ജീവശാസ്ത്രം

ക്ലാസ് XI

ദേശീയ വിദ്യാഭ്യാസ ഗവേഷണ പരിശീലന സമിതി

സംസ്ഥാന വിദ്യാഭ്യാസ ഗവേഷണ പരിശീലന സമിതി, (എസ്.സി.ഇ.ആർ.ടി.), കേരളം

2019

First Edition
February 2006 Phalguna 1927

Reprinted
June 2014

PD 250T RPS

© National Council of Educational Research and Training, 2006

Printed on 80 GSM paper

Published by the SCERT, Thiruvananthapuram
Department of Education,
Government of Kerala
&
Printed at:
Centre for Advanced Printing and Training (C-apt),
(Government of Kerala), Thiruvananthapuram

ALL RIGHTS RESERVED

- No part of this publication may be reproduced, stored in a retrieval system or transmitted, in any form or by any means, electronic, mechanical, photocopying, recording or otherwise without the prior permission of the publisher.
- This book is sold subject to the condition that it shall not, by way of trade, be lent, re-sold, hired out or otherwise disposed of without the publisher's consent, in any form of binding or cover other than that in which it is published.
- The correct price of this publication is the price printed on this page. Any revised price indicated by a rubber stamp or by a sticker or by any other means is incorrect and should be unacceptable.

ആമുഖം

ഏതു വിജ്ഞാനവും മാതൃഭാഷയിൽ പഠിക്കാനും പ്രകാശനം ചെയ്യാനും സാധിക്കും. അതിനുള്ള അവസരം പഠിതാക്കൾക്ക് ഒരുക്കേണ്ടത് ഏതൊരു ഭരണ സമ്പ്രദായത്തിന്റെയും അനിവാര്യതയാണ്. അതിന്റെ തുടക്കമെന്ന നിലയ്ക്കാണ് ഹയർസെക്കന്ററി തലത്തിൽ മാനവിക വിഷയങ്ങളിലെ പാഠപുസ്തകങ്ങൾ മലയാളത്തിൽ പ്രസിദ്ധീകരിക്കുന്നത്.

മാതൃഭാഷയിലൂടെയുള്ള വിദ്യാഭ്യാസം, ജ്ഞാനനിർമ്മാണത്തിനുള്ള സ്വാഭാവികമാർഗം എന്നതിനോടൊപ്പം സാംസ്കാരികതനിമയുടെ തിരിച്ചറിയൽ കൂടിയാണ്. അതുകൊണ്ടാണ് വികസിതരാജ്യങ്ങൾ മാതൃഭാഷയെ മുഖ്യബോധന മാധ്യമമായി സ്വീകരിച്ചിരിക്കുന്നത്. ഇന്ത്യയിലാകട്ടെ, ദേശീയതലത്തിലുള്ള പ്രധാന പരീക്ഷകളെല്ലാം പ്രാദേശിക ഭാഷകളിൽക്കൂടി നടത്തുന്നതിനുള്ള സംവിധാനവും ഉണ്ടായി വരികയാണ്. ഈയൊരു സാഹചര്യത്തിൽ നമ്മുടെ കുട്ടികളും മാതൃഭാഷയുടെ ശക്തിസാധ്യതകൾ തിരിച്ചറിഞ്ഞ് വിവിധ വിഷയങ്ങളിൽ ജ്ഞാനനിർമ്മിതിയിൽ ഏർപ്പെടേണ്ടതുണ്ട്. അതിന് അവരെ സജ്ജരാക്കുകയാണ് ഈ പാഠപുസ്തകങ്ങളുടെ മുഖ്യ ലക്ഷ്യം.

പരിഭാഷപ്പെടുത്തിയ പുസ്തകങ്ങളിൽ അതത് വിഷയങ്ങളിലെ സാങ്കേതിക പദങ്ങൾ പരമാവധി മലയാളത്തിലാക്കിയിട്ടുണ്ട്. നമ്മുടെ ഭാഷയിൽ ചിരപരിചിതമായ ഇംഗ്ലീഷ് പദങ്ങളെ അതേപടി സ്വീകരിച്ചിട്ടുമുണ്ട്. വിവർത്തനത്തിന് തീർത്തും വഴങ്ങാത്ത പദങ്ങളെ അതേരീതിയിൽ തന്നെ ഉപയോഗിച്ചിരിക്കുന്നു. മാതൃഭാഷയിൽ പഠിക്കുന്നവർക്ക് ആശയഗ്രഹണം സുഗമമാക്കുന്ന വിധത്തിലാണ് പാഠപുസ്തകരചന നടത്തിയിരിക്കുന്നത്. അതോടൊപ്പം മലയാളഭാഷയുടെ വളർച്ചയ്ക്കും ഈ പ്രവർത്തനം സഹായകമാകുമെന്ന് കരുതുന്നു.

പാഠപുസ്തകവിവർത്തന രംഗത്ത് നമ്മുടെ രാജ്യത്ത് നടന്ന വലിയൊരു കാൽവെപ്പാണ് ഇത്. പ്രഥമ സംരംഭമെന്നനിലയിൽ പല പരിമിതികളും പരിഭാഷയിൽ വന്നിട്ടുണ്ടാകാം. ക്ലാസ്മുറിയിൽ പ്രയോഗത്തിൽ വരുമ്പോഴാണ് അവയെല്ലാം കൂടുതൽ ബോധ്യപ്പെടുക. തുടർന്ന് വരുന്ന ഘട്ടങ്ങളിൽ അവയൊക്കെ പരിഹരിക്കുന്നതിന് എല്ലാ അക്കാദമികമേഖലകളിൽ നിന്നും വിശിഷ്യ അധ്യാപകർ, വിദ്യാർത്ഥികൾ എന്നിവരിൽ നിന്നും അഭിപ്രായങ്ങളും നിർദേശങ്ങളും പ്രതീക്ഷിക്കുന്നു.

ഡോ. ജെ. പ്രസാദ്

ഡയറക്ടർ,

എസ്.സി.ഇ.ആർ.ടി. കേരളം

FOREWORD

The National Curriculum Framework (NCF) 2005, recommends that children's life at school must be linked to their life outside the school. This principle marks a departure from the legacy of bookish learning which continues to shape our system and causes a gap between the school, home and community. The syllabi and textbooks developed on the basis of NCF signify an attempt to implement this basic idea. They also attempt to discourage rote learning and the maintenance of sharp boundaries between different subject areas. We hope these measures will take us significantly further in the direction of a child-centred system of education outlined in the National Policy on Education (1986).

The success of this effort depends on the steps that school principals and teachers will take to encourage children to reflect on their own learning and to pursue imaginative activities and questions. We must recognise that, given space, time and freedom, children generate new knowledge by engaging with the information passed on to them by adults. Treating the prescribed textbook as the sole basis of examination is one of the key reasons why other resources and sites of learning are ignored. Inculcating creativity and initiative is possible if we perceive and treat children as participants in learning, not as receivers of a fixed body of knowledge.

These aims imply considerable change in school routines and mode of functioning. Flexibility in the daily time-table is as necessary as rigour in implementing the annual calendar so that the required number of teaching days are actually devoted to teaching. The methods used for teaching and evaluation will also determine how effective this textbook proves for making children's life at school a happy experience, rather than a source of stress or boredom. Syllabus designers have tried to address the problem of curricular burden by restructuring and reorienting knowledge at different stages with greater consideration for child psychology and the time available for teaching. The textbook attempts to enhance this endeavour by giving higher priority and space to opportunities for contemplation and wondering, discussion in small groups, and activities requiring hands-on experience.

The National Council of Educational Research and Training (NCERT) appreciates the hard work done by the textbook development committee responsible for this book. We wish to thank the Chairperson of the advisory group in science and mathematics, Professor J.V. Narlikar and the Chief Advisor for this book, Professor K. Muralidhar, Department of Zoology, University of Delhi, Delhi for guiding the work of this committee.

Several teachers contributed to the development of this textbook. We are grateful to their principals for making this possible. We are indebted to the institutions and organisations which have generously permitted us to draw upon their resources, material and personnel. We are especially grateful to the members of the National Monitoring Committee, appointed by the Department of Secondary and Higher Education, Ministry of Human Resource Development under the Chairpersonship of Professor Mrinal Miri and Professor G.P. Deshpande, for their valuable time and contribution.

As an organisation committed to systemic reform and continuous improvement in the quality of its products, NCERT welcomes comments and suggestions which will enable us to undertake further revision and refinement.

Director
National Council of Educational
Research and Training

New Delhi
20 December 2005

Textbook Development Committee

Chairperson, Advisory Group for Textbooks in Science and Mathematics

J.V. Narlikar, *Emeritus Professor*, Chairman, Advisory Committee, Inter University Centre for Astronomy and Astrophysics (IUCAA), Pune University, Pune

Chief Advisor

K. Muralidhar, *Professor*, Department of Zoology, University of Delhi, Delhi

Members

Ajit Kumar Kavathekar, *Reader* (Botany), Sri Venkateswara College, University of Delhi, Delhi

B.B.P. Gupta, *Professor*, Department of Zoology, North-Eastern Hill University, Shillong

C.V. Shimray, *Lecturer*, Department of Education in Science and Mathematics, NCERT

Dinesh Kumar, *Reader*, Department of Education in Science and Mathematics, NCERT

J.S. Gill, *Professor*, Department of Education in Science and Mathematics, NCERT

K. Sarath Chandran, *Reader* (Zoology), Sri Venkateswara College, University of Delhi, Delhi

Nalini Nigam, *Reader* (Botany), Ramjas College, University of Delhi, Delhi

Pratima Gaur, *Professor*, Department of Zoology, University of Allahabad, Allahabad

Ramam Kaul Watal, *Reader* (Botany), Zakir Hussain College, University of Delhi, Delhi

R.K. Seth, *UGC Scientist - C*, Department of Zoology, University of Delhi, Delhi

R.P. Singh, *Lecturer* (Biology), Rajkiya Pratibha Vikas Vidyalaya, Kishan Ganj, Delhi

Sangeeta Sharma, *PGT* (Biology), Kendriya Vidyalaya, JNU, New Delhi

Savithri Singh, *Principal*, Acharya Narendra Dev College, University of Delhi; *Former Fellow*, Centre for Science Education and Communication, University of Delhi, Delhi

S.C. Jain, *Professor*, Department of Education in Science and Mathematics, NCERT

Sunaina Sharma, *Lecturer* (Biology), Rajkiya Pratibha Vikas Vidyalaya, Dwarka, New Delhi

Tejinder Chawla, *PGT* (Biology), Guru Harkrishan Public School, Vasant Vihar, New Delhi

T.N. Lakhanpal, *Professor* (Retd.), Department of Bio Sciences, Himachal Pradesh University, Shimla

U.K. Nanda, *Professor*, Regional Institute of Education, Bhubaneshwar

Member-Coordinator

B.K. Tripathi, *Reader*, Department of Education in Science and Mathematics, NCERT

പരിഭാഷാശിൽപ്പശാലയിൽ പങ്കെടുത്തവർ

ഡോ. ശ്രീരഞ്ജിത് കുമാർ സി.വി.
അസിസ്റ്റന്റ് പ്രൊഫസർ (സുവോളജി)
ഗവ. വിക്ടോറിയ കോളേജ്, പാലക്കാട്

ഡോ. കെ.എസ്.സാജൻ
അസിസ്റ്റന്റ് പ്രൊഫസർ (സുവോളജി)
എൻ.എസ്.എസ്.ട്രെയിനിംഗ് കോളേജ്,
ഒറ്റപ്പാലം, പാലക്കാട്

ഡോ. അനിൽ കുമാർ വി.എസ്.
അസിസ്റ്റന്റ് പ്രൊഫസർ (ബോട്ടണി)
ഗവ. കോളേജ്, കാസർഗോഡ്

അനിൽ കുമാർ എം.ആർ.
അസിസ്റ്റന്റ് പ്രൊഫസർ (മലയാളം),
ശ്രീ നീലകണ്ഠ ഗവ. സംസ്കൃത
കോളേജ്, പട്ടാമ്പി, പാലക്കാട്

ഡോ. ജോസ്കുട്ടി ഇ.ജെ.
അസിസ്റ്റന്റ് പ്രൊഫസർ (ബോട്ടണി)
ഗവ. ബ്രണ്ണൻ കോളേജ്, തലശേരി,
കണ്ണൂർ

ഡോ. മനോ മോഹൻ ആന്റണി
അസിസ്റ്റന്റ് പ്രൊഫസർ (സുവോളജി)
യൂണിവേഴ്സിറ്റി കോളേജ്,
തിരുവനന്തപുരം

ഫാസില ഇ.ആർ.
ഗവ. വി.എച്ച്.എസ്.എസ്. കരകുളം

ഉണ്ണികൃഷ്ണൻ എസ്.
ജി.എച്ച്.എസ്.എസ്. വെസ്റ്റ് കല്ലട, കൊല്ലം

ഗീതാറാണി ആർ.എസ്.
ജി.എച്ച്.എസ്.എസ്. പൂവത്തൂർ, തിരുവനന്തപുരം

ഗീതാനായർ എസ്.
ജി.വി.എച്ച്.എസ്.എസ്. ഫോർ ഗേൾസ്,
നടക്കാവ്, കോഴിക്കോട്

ബിജുക്കുട്ടൻ എ.കെ.
ജി.എച്ച്.എസ്.എസ്. അയ്യൻകോയിക്കൽ, കൊല്ലം

ബിനോയ് വി.എം.
നവജീവൻ എച്ച്.എസ്.എസ്. പെർടാല, കാസർഗോഡ്

ശ്രീകുമാരി കെ.ജി.
ബി.എച്ച്.എസ്.എസ്. കരുനാഗപള്ളി, കൊല്ലം

സജിറാണി ആർ.
മുഹമ്മദൻ ഗവ. എച്ച്.എസ്.എസ്. ഇടത്തറ,
പത്തനാപുരം, കൊല്ലം

സുനിൽ കുമാർ ആർ.
ജി.എച്ച്.എസ്.എസ്. കരുനാഗപള്ളി, കൊല്ലം

ഡോ. ചന്ദ്രകുമാർ കെ.
ജി.പി.എച്ച്.എസ്.എസ്. കുളനട, പത്തനംതിട്ട

പ്രിയേഷ് എൻ.പി.
ടി.എസ്.എൻ.എം. എച്ച്.എസ്.എസ്., കുണ്ടൂർകുന്ന്,
പാലക്കാട്

മടവൂർ ശശി
(റിട്ട. എച്ച്.എസ്.എ.), തിരുവനന്തപുരം

അക്കാദമിക് കോഡിനേറ്റർ

നിഷി കെ.എ.
റിസർച്ച് ഓഫീസർ, എസ്.സി.ഇ.ആർ.ടി. കേരളം

ACKNOWLEDGEMENTS

National Council of Educational Research and Training (NCERT) gratefully acknowledges the contribution of the individuals and organisations involved in the development of the Biology textbook for Class XI. The Council is grateful to Arvind Gupte, *Principal (Retd.)*, Government Collegiate Education Services, Madhya Pradesh; Shailaja Hittalmani, *Associate Professor* (Genetics), University of Agricultural Sciences, Bangalore; K.R. Shivanna, *Professor (Retd.)*, Department of Botany, University of Delhi, Delhi; R.S. Bedwal, *Professor*, Department of Zoology, University of Rajasthan, Jaipur; P.S. Srivastava, *Professor*, Department of Biotechnology, Hamdard University, New Delhi and Pramila Shivanna, *former Teacher*, D.A.V. School, Delhi, for their valuable suggestions. The Council is also thankful to V.K. Bhasin, *Professor and Head*, Department of Zoology, University of Delhi, Delhi; P.P. Bakre, *Professor and Head*, Department of Zoology, University of Rajasthan, Jaipur and Savithri Singh, *Principal*, Acharya Narendra Dev College, New Delhi for their support. The Council is also grateful to B.K. Gupta, *Scientist*, Central Zoo Authority, New Delhi for providing pictures of zoological parks and Sameer Singh for the pictures on the front and back cover. All the other photographs used in the book provided by Savithri Singh and taken at either at NCERT, IARI Campus or Acharya Narendra Dev College is gratefully acknowledged.

NCERT sincerely acknowledges the contributions of the members who participated in the review of the manuscripts – M.K. Tiwari, *PGT* (Biology), Kendriya Vidyalaya, Mandsaur, Madhya Pradesh; Maria Gracias Fernandes, *PGT* (Biology), G.V.M.S. Higher Secondary, Ponda, Goa; A.K. Ganguly, *PGT* (Biology), Jawahar Navodaya Vidyalaya, Roshnabad, Haridwar; Shivani Goswami, *PGT* (Biology), The Mother's International School, New Delhi and B.N. Pandey, *Principal*, Ordinance Factory Sr. Sec. School, Dehradun.

The Council is highly thankful to M. Chandra, *Professor and Head*, DESM, Hukum Singh, *Professor*, DESM, NCERT for their valuable support throughout the making of this book.

The Council also gratefully acknowledges the contribution of Deepak Kapoor, *Incharge*, Computer Station; Mohd. Khalid Raza and Arvind Sharma, *DTP operators*, Saswati Banerjee, *Copy Editor*; Archana Srivastava, *Proof Reader* and APC office and administrative staff of DESM, NCERT.

The efforts of the Publication Department, NCERT in bringing out this publication are also appreciated.

A Note for the Teachers and Students

Biology is the science of life. It is the story of life on earth. It is the science of life forms and living processes. Biological systems, often appear to challenge physical laws that govern the behaviour of matter and energy in our world. Historically, biological knowledge was ancillary to knowledge of human body and its function. The latter as we know, is the basis of medical practice. However, parts of biological knowledge developed independent of human application. Fundamental questions about origin of life, the origin and growth of biodiversity, the evolution of flora and fauna of different habitats, etc., caught the imagination of biologists.

The very description of living organisms, be it from morphological perspective, physiological perspective, taxonomical perspective, etc., engaged scientists to such an extent that for sheer convenience, if not for anything else, the subject matter got artificially divided into the sub-disciplines of botany and zoology and later into even microbiology. Meanwhile, physical sciences made heavy inroads into biology, and established biochemistry and biophysics as new sub-disciplines of biology. Mendel's work and its rediscovery in the early twentieth century led to the promotion of study of genetics. The discovery of the double-helical structure of DNA and the deciphering of three dimensional structures of many macromolecules led to the establishment of and phenomenal growth in the dominating area of molecular biology. In a sense, functional disciplines laying emphasis on mechanisms underlying living processes, received more attention, support, intellectual and social recognition. Biology, unfortunately, got divided into classical and modern biology. To the majority of practising biologists, pursuit of biological research became more empirical rather than a curiosity and hypothesis driven intellectual exercise as is the case with theoretical physics, experimental physics, structural chemistry and material science. Fortunately and quietly, general unifying principles of biology were also being discovered, rediscovered and emphasised. The work of Mayr, Dobhzhansky, Haldane, Perutz, Khorana, Morgan, Darlington, Fisher and many others brought respect and seriousness to both classical and molecular biological disciplines. Ecology and Systems biology got established as unifying biological disciplines. Every area of biology began developing interface with not only other areas of biology but also other disciplines of science and mathematics. Pretty soon, the boundaries became porous. They are now on the verge of disappearing altogether. Progress in human biology, biomedical sciences, especially the structure, functioning and evolution of human brain brought in respect, awe and philosophical insights to biology. Biology even stepped out of laboratories, museums and natural parks and raised social, economic and cultural issues capturing the imagination of general public and hence political attention. Educationists did not lag behind and realised that biology should be taught as an interdisciplinary and integrating science at all stages of educational training especially at school and undergraduate levels. A new synthesis of all areas of basic and applied areas of biology is the need of the hour. Biology has come of age. It has an independent set of concepts which are universal just like physics and chemistry and mathematics.

The present volume is the first time presentation of the integrated biology for the school level children. One of the lacunae in biology teaching and study is the absence of integration

with other disciplinary knowledge of physics, chemistry etc. Further many processes in plants, animals and microbes are similar when looked from physico-chemical perspective. Cell biology has brought out the unifying common cellular level activities underlying apparently diverse phenomena across plants, animals and microbes. Similarly, molecular science (e.g. biochemistry or molecular biology) has revealed the similar molecular mechanisms in all these apparently diverse organisms like plants, animals and microbes. Phenomena like respiration, metabolism, energy utilisation, growth, reproduction and development can be discussed in a unifying manner rather than as separate unrelated processes in plants and animals. An attempt has been made to unify such diverse disciplines in the book. The integration achieved however, is partial and not complete. Hopefully along with changes in the teaching and learning context, to be brought out in the next few years, the next edition of this book will reveal more integration of botany, zoology and microbiology and truly reflect the true nature of biology – the future science of man by man and for man.

This new textbook of Biology for class XI is a completely rewritten book in view of the syllabus revision and restructuring. It is also in accordance with the spirit of the National Curriculum Framework (2005) guidelines. The subject matter is presented under twenty-two chapters which are grouped under five thematic units. Each unit has a brief write up preceding the unit highlighting the essence of the chapters to follow under that unit. Each unit also has a biographical sketch of a prominent scientist in that area. Each chapter has, on the first page, a detailed table of contents giving sub-headings within the chapter. Decimal system using arabic numerals has been employed to indicate these sub-headings. At the end of each chapter a brief summary is provided. This brings to the notice of the student, what she/he is supposed to have learnt by studying the chapter. A set of questions is also provided at the conclusion of each chapter. These questions are essentially to enable the student to test herself/himself as to how much she/he has understood the subject matter. There are questions which are purely of information recall type; there are questions which need analytical thinking to answer and hence test true understanding; there are questions which are problems to solve and finally there are questions which need analysis and speculation as there is no one to answer to such questions. This tests the critical understanding of the subject matter in the mind of the student.

Special emphasis has been given on the narrative style, illustrations, activity exercises, clarity of expression, coverage of topics within the available time in school. A large number of extremely talented and dedicated people including practising teachers helped in bringing out this beautiful book. Our main purpose was to make sure that school level biology is not a burden for students and teachers. We sincerely wish that teaching biology and learning biology would become an enjoyable activity.

Professor K. Muralidhar
Department of Zoology
University of Delhi

ഉള്ളടക്കം

G6W1E4

യൂണിറ്റ് I		**ജീവലോകത്തെ വൈവിധ്യം**	**13 - 90**
അധ്യായം	1 :	ജീവിയലോകം	15
അധ്യായം	2 :	വർഗീകരണം-ജീവികളിൽ	30
അധ്യായം	3 :	സസ്യലോകം	47
അധ്യായം	4 :	ജന്തുലോകം	68
യൂണിറ്റ് II		**സസ്യങ്ങളിലെയും ജന്തുക്കളിലെയും ഘടനാവ്യവസ്ഥ**	**91 - 162**
അധ്യായം	5 :	സപുഷ്പികളുടെ ബാഹ്യഘടനാസവിശേഷതകൾ	93
അധ്യായം	6 :	സപുഷ്പികളിലെ ആന്തരികഘടന	116
അധ്യായം	7 :	ജന്തുക്കളിലെ ഘടനാവ്യവസ്ഥ	134
യൂണിറ്റ് III		**കോശം : ഘടനയും ധർമവും**	**163 - 222**
അധ്യായം	8 :	കോശം : ജീവന്റെ അടിസ്ഥാനഘടകം	165
അധ്യായം	9 :	ജൈവതന്മാത്രകൾ	186
അധ്യായം	10 :	കോശചക്രവും കോശവിഭജനവും	210

യൂണിറ്റ് IV സസ്യശരീരധർമ ശാസ്ത്രം **223 - 324**

അധ്യായം 11 : സംവഹനം സസ്യങ്ങളിൽ 225

അധ്യായം 12 : ധാതുപോഷണം 250

അധ്യായം 13 : പ്രകാശസംശ്ലേഷണം-ഉയർന്ന തലത്തിലുള്ള സസ്യങ്ങളിൽ 266

അധ്യായം 14 : ശ്വസനം സസ്യങ്ങളിൽ 290

അധ്യായം 15 : സസ്യവളർച്ചയും വികാസവും 305

യൂണിറ്റ് V മനുഷ്യ ശരീരധർമശാസ്ത്രം **325 - 434**

അധ്യായം 16 : ദഹനവും ആഗിരണവും 327

അധ്യായം 17 : ശ്വസനവും വാതകവിനിമയവും 340

അധ്യായം 18 : ശരീരദ്രവങ്ങളും അവയുടെ പര്യയനവും 352

അധ്യായം 19 : വിസർജ്യവസ്തുക്കളും അവയുടെ നിർമാർജനവും 370

അധ്യായം 20 : ചലനവും സഞ്ചാരവും 384

അധ്യായം 21 : നാഡീയ നിയന്ത്രണവും ഏകോപനവും 401

അധ്യായം 22 : രാസീയ ഏകോപനവും ഉദ്ഗ്രഥനവും 420

പദാവലി 435

യൂണിറ്റ് 1

ജീവലോകത്തെ വൈവിധ്യം
(DIVERSITY IN THE LIVING WORLD)

അധ്യായം 1
ജീവിയലോകം

അധ്യായം 2
വർഗീകരണം ജീവികളിൽ

അധ്യായം 3
സസ്യലോകം

അധ്യായം 4
ജന്തുലോകം

ജീവികളെക്കുറിച്ചും ജീവൽ പ്രവർത്തനങ്ങളെക്കുറിച്ചുമുള്ള പഠനമാണ് ജീവശാസ്ത്രം. അതിശയകരമായ ജൈവ വൈവിധ്യമുള്ളതാണ് ജീവലോകം. നിർജീവ വസ്തുക്കളുടെയും ജീവികളുടെയും വ്യത്യാസങ്ങൾ മനസ്സിലാക്കാൻ ആദ്യകാല മനുഷ്യർക്ക് വളരെ വേഗം സാധിച്ചിരുന്നു. ചില നിർജീവപ്രതിഭാസങ്ങളെയും (കാറ്റ്, കടൽ, അഗ്നി, മുതലാവയവ) ചില സസ്യമൃഗാദികളെയും പ്രാചീനമനുഷ്യൻ ആരാധിച്ചിരുന്നു. ഇവയുടെ പ്രവർത്തനം വിശദീകരിക്കാനും, മനസ്സിലാക്കാനും സാധിക്കാതിരുന്നതും, ഇവയുടെ ഭീകരരൂപവും മനുഷ്യരിൽ ഭയഭക്തികൾ ഉളവാക്കിയിരുന്നു. മനുഷ്യൻ ഉൾപ്പെടെയുള്ള ജീവജാലങ്ങളെ മനസ്സിലാക്കാനും വിവരിക്കാനും മനുഷ്യർക്ക് സാധിച്ചത് വളരെ പിന്നീടാണ്. ജീവശാസ്ത്രത്തോട് മനുഷ്യകേന്ദ്രീകൃത കാഴ്ചപ്പാട് വച്ചുപുലർത്തിയ സമൂഹങ്ങൾക്ക് ജൈവ പരിജ്ഞാനം പരിമിതമായിരുന്നു. അനിവാര്യതകളെ അടിസ്ഥാനമാക്കി ജീവികളെക്കുറിച്ചുള്ള വ്യവസ്ഥിത ബൃഹത് വിശദീകരണം അവയുടെ തിരിച്ചറിയൽ, നാമകരണം, തരംതിരിക്കൽ എന്ന സമഗ്ര സമ്പ്രദായത്തിന് വഴി തെളിച്ചു. ജീവികൾ തമ്മിൽ ജീവലോകത്ത് നേരിട്ടും അല്ലാതെയും പങ്കുവെയ്ക്കുന്ന സാമ്യതകളെ തിരിച്ചറിയാൻ സാധിക്കുന്നു എന്നതാണ് ഇത്തരം പഠനങ്ങളുടെ ഏറ്റവും വലിയ സവിശേഷത. വർത്തമാന കാലഘട്ടത്തിലെ ജീവികൾ തമ്മിൽത്തമ്മിലും ഈ ഭൂമിയിൽ ഇന്നോളം നിലനിന്നിരുന്ന മറ്റുജീവികളോടും അഭേദ്യമായി ബന്ധപ്പെട്ടിരിക്കുന്നു എന്ന തിരിച്ചറിവാണ് ജൈവവൈവിധ്യസംരക്ഷണത്തിനുവേണ്ടിയുള്ള സാംസ്കാരിക സംരംഭങ്ങൾക്ക് വഴിതെളിച്ചത്. ഒരു വർഗീകരണ ശാസ്ത്രജ്ഞന്റെ കാഴ്ചപ്പാടിൽനിന്നുകൊണ്ട് ജന്തുക്കളുടെയും സസ്യങ്ങളുടെയും തരംതിരിക്കൽ ഉൾപ്പെടെയുള്ള വിശദീകരണം ഈ യൂണിറ്റിലെ തുടർന്നുള്ള അധ്യായങ്ങളിൽ പ്രതിപാദിക്കുന്നു.

ഏണസ്റ്റ് മേയർ
(1904 – 2004)

ഏണസ്റ്റ് മേയർ 1904 ജൂലൈ 5 ന് ജർമനിയിലെ കെംപ്ടൻ എന്ന സ്ഥലത്ത് ജനിച്ചു. ഹാർവാർഡ് യൂണിവേഴ്സിറ്റിയിലെ പരിണാമ ജീവശാസ്ത്രജ്ഞനായ അദ്ദേഹം 'ഇരുപതാം നൂറ്റാണ്ടിലെ ഡാർവിൻ' എന്നറിയപ്പെട്ടു. എക്കാലത്തെയും ഏറ്റവും മഹാൻമാരായ നൂറു ശാസ്ത്രജ്ഞൻമാരിൽ ഒരാളായിരുന്നു ഇദ്ദേഹം. 1953 – ൽ ഹാർവാർഡ് ഫാക്കൽറ്റി ഓഫ് ആർട്സ് ആന്റ് സയൻസിൽ മേയർ ജോലിയിൽ ചേർന്നു. 1975 – ൽ വിരമിച്ച ശേഷം അദ്ദേഹം "അലക്സാണ്ടർ അഗാസിസ് പ്രൊഫസർ ഓഫ് സുവോളജി എമറിറ്റസ്" എന്ന പദവിയിൽ തുടർന്നു. 80 വർഷത്തെ ഔദ്യോഗിക ജീവിതം പിന്നിട്ടപ്പോഴേക്കും, അദ്ദേഹത്തിന്റെ ഗവേഷണങ്ങൾ പക്ഷിശാസ്ത്രം (Ornithology) വർഗീകരണശാസ്ത്രം (Taxonomy), ജന്തുവിന്യാസ ഭൂമിശാസ്ത്രം (Zoogeography), പരിണാമം, സിസ്റ്റമാറ്റിക്സ്, ജീവശാസ്ത്രത്തിന്റെ ചരിത്രവും തത്വശാസ്ത്രവും, എന്നീ ശാഖകളെ ആകർഷകമാക്കി. പരിണാമജീവശാസ്ത്രത്തിൽ ഇന്ന് നിലനിൽക്കുന്ന സ്പീഷീസ് വൈവിധ്യത്തിന്റെ ഉൽപത്തി മുഖ്യപ്രശ്നമായി ഉയർത്തിക്കൊണ്ടുവന്നത് ഇദ്ദേഹമാണ്. ജീവിവർഗസ്വഭാവത്തെക്കുറിച്ച് നിലവിൽ അംഗീകരിച്ചിട്ടുള്ള നിർവചനം ആദ്യമായി മുന്നോട്ടുവച്ചത് അദ്ദേഹമായിരുന്നു. ജീവശാസ്ത്രത്തിലെ ത്രയമകുടങ്ങൾ എന്നറിയപ്പെടുന്ന മൂന്ന് ബഹുമതികൾ മേയർക്ക് ലഭിക്കുകയുണ്ടായി : 1983 – ലെ ബാൽസാൻ പുരസ്കാരം, 1994– ൽ ബയോളജിക്കുള്ള അന്തരാഷ്ട്ര പുരസ്കാരം, 1999– ൽ ക്രഫോർഡ് പുരസ്കാരം. 2004–ൽ 100 –ാം വയസ്സിൽ അദ്ദേഹം വിടവാങ്ങി.

W4R5N5

അധ്യായം 1

ജീവിയലോകം
(THE LIVING WORLD)

1.1 'ജീവിക്കുക' എന്നാലെന്ത്?

1.2 ജീവലോകത്തെ വൈവിധ്യം

1.3 വർഗീകരണ വിഭാഗങ്ങൾ

1.4 വർഗീകരണ ഉപാധികൾ

എത്ര അദ്ഭുതകരമാണ് ജീവലോകം! ജീവജാലങ്ങളുടെ വിശാലശ്രേണി വളരെ ആശ്ചര്യകരമാണ്. തികച്ചും അസാധാരണ ആവാസവ്യവസ്ഥകളിൽപോലും നമുക്ക് ജീവികളെ കണ്ടെത്താനാകും, ഉദാഹരണമായി മഞ്ഞുമൂടിയ പർവതങ്ങൾ, ഇലപൊഴിയും കാടുകൾ, സമുദ്രങ്ങൾ, ശുദ്ധജലതടാകങ്ങൾ, മരുഭൂമികൾ, ഉഷ്ണ നീരുറവകൾ തുടങ്ങിയ എണ്ണിയാലൊടുങ്ങാത്ത ഇടങ്ങളിൽ ജീവൻ നിലനിൽക്കുന്നു. കുതിച്ചുപായുന്ന കുതിര, ദേശാടനപ്പക്ഷികൾ, പൂക്കൾ നിറഞ്ഞ താഴ്‌വര എന്നിവയുടെ സൗന്ദര്യവും സ്രാവിന്റെ ആക്രമണസ്വഭാവവും നമ്മളിൽ വിസ്മയങ്ങൾ ഉളവാക്കുന്നു. ജീവലോകത്തെ ജീവികൾക്കിടയിലുള്ള പാരിസ്ഥിതിക സംഘർഷവും പരസ്പരാശ്രയവും മാത്രമല്ല ഒരു കോശത്തിനുള്ളിലെ തന്മാത്രാ സംവഹനവും ജീവൻ എന്താണെന്ന് നമ്മെ ആഴത്തിൽ ചിന്തിപ്പിക്കുന്നു. ഈ ചോദ്യത്തിൽ അന്തർലീനമായി രണ്ടു ഉപചോദ്യങ്ങൾ ഉണ്ട്. ആദ്യത്തെത് സാങ്കേതികമാണ്; അതായത്, ജീവനുള്ളവ ജീവനില്ലാത്തവയിൽ നിന്ന് എങ്ങനെ വ്യത്യാസപ്പെട്ടിരിക്കുന്നു. എന്നാൽ രണ്ടാമത്തേത് തത്ത്വചിന്താപരമാണ്; അതായത്, ജീവന്റെ ഉദ്ദേശ്യമെന്താണെന്നുള്ള അന്വേഷണമാണത്. രണ്ടാമത്തെ ചോദ്യത്തിന് ഉത്തരം നൽകാൻ ശ്രമിക്കുന്നതിനു പകരം, ശാസ്ത്രജ്ഞർ എന്ന നിലയിൽ എന്താണ് ജീവൻ എന്ന് വിശദീകരിക്കാൻ നമുക്ക് ശ്രമിക്കാം.

1.1 'ജീവിക്കുക' എന്നാലെന്താണ്?

'ജീവിക്കുക' എന്നാലെന്തെന്ന് നിർവചിക്കുന്നതിന്, ജീവജാലങ്ങൾ പ്രകടിപ്പിക്കുന്ന പ്രത്യേകമായ സ്വഭാവസവിശേഷതകളെ വിശകലനം ചെയ്യുകയാണ് പരമ്പരാഗതമായി നാം ചെയ്യാറുള്ളത്. ജീവജാലങ്ങളുടെ അനന്യസവിശേഷതകളായ വളർച്ച, പ്രത്യുൽപ്പാദനം, ചുറ്റുപാടുകളെ മനസ്സിലാക്കി അതിനനുസരിച്ചു പ്രതികരിക്കൽ തുടങ്ങിയവയാണ് നമ്മുടെ മനസ്സിൽ ആദ്യം എത്തുന്നത്. കൂടുതൽ സവിശേഷതകളായ ഉപാപചയം, സ്വയം ഇരട്ടിക്കാനുള്ള കഴിവ്, സ്വയസംഘാ

ടനം, ആവിർഭാവം, പ്രതിപ്രവർത്തനം, തുടങ്ങിയവ ഇതിനോടൊപ്പം കൂട്ടിച്ചേർക്കാവുന്നതാണ്. ഇവ ഓരോന്നും നമുക്ക് മനസ്സിലാക്കാൻ ശ്രമിക്കാം.

ജീവനുള്ളവ വളരുന്നു. പിണ്ഡത്തിലും എണ്ണത്തിലും ഉണ്ടാകുന്ന വർധനവാണ് ജീവികളിലുണ്ടാകുന്ന വളർച്ചയുടെ രണ്ട് പ്രധാന സവിശേഷതകൾ. ഒരു ബഹുകോശജീവി കോശവിഭജനം വഴിയാണ് വളരുന്നത്. സസ്യങ്ങളിൽ കോശവിഭജനം വഴിയുള്ള വളർച്ച ജീവിതകാലം മുഴുവൻ തുടർന്നു കൊണ്ടിരിക്കുന്നു. എന്നാൽ ജന്തുക്കളിൽ ഈ വളർച്ച ഒരു നിശ്ചിതപ്രായംവരെ മാത്രമേ സംഭവിക്കുന്നുള്ളു. എന്നിരുന്നാലും ചില കലകളിൽ നഷ്ടപ്പെട്ട കോശങ്ങൾ വീണ്ടെടുക്കാൻ കോശവിഭജനം സഹായിക്കുന്നു. ഏകകോശജീവികൾ കോശവിഭജനത്തിലൂടെ ഇരട്ടിക്കുന്നു. സൂക്ഷ്മദർശിനിയിലൂടെ **ജീവികൾക്കുള്ളിലല്ലാതെ** (*invitro* culture) നടക്കുന്ന വളർച്ച നിരീക്ഷിക്കുവാനാകും. ഇതിനായി കോശങ്ങളുടെ എണ്ണത്തിലുണ്ടാകുന്ന വർധനവ് കണക്കാക്കിയാൽ മതിയാകും. ഭൂരിഭാഗം മൃഗങ്ങളിലും സസ്യങ്ങളിലും വളർച്ചയും പ്രത്യുൽപ്പാദനവും പരസ്പരം നിഷേധിക്കാനാവാത്ത പ്രവർത്തനങ്ങളാണ്. ശരീരഭാരം കൂടുന്നത് വളർച്ചയുടെ മാനദണ്ഡമായി കണക്കാക്കാവുന്നതാണ്. ഇങ്ങനെ നോക്കിയാൽ ജീവനില്ലാത്തവയും വളരുന്നതായി കണക്കാക്കേണ്ടിവരും. ഭാരം കൂടുന്നത് വളർച്ചയുടെ മാനദണ്ഡമായി കരുതിയാൽ പർവതങ്ങൾ, പാറകൾ, മണൽക്കുന്ന് എന്നിവയും വളരുകയാണ്. എന്നാൽ ഈ അജൈവ വസ്തുക്കളുടെ വളർച്ച ഉപരിതലത്തിൽ വസ്തുക്കൾ അടിഞ്ഞുകൂടുന്നതിനാലാണ് ഉണ്ടാകുന്നത്. ജീവജാലങ്ങളുടെ വളർച്ച അന്തർഭാഗത്തു നിന്നാണ്. അതിനാൽ ജീവനുള്ളവയുടെ നിർവചന സ്വഭാവമായി വളർച്ചയെ കണക്കാക്കുവാനാകില്ല. ഏതൊക്കെ സാഹചര്യങ്ങളിലാണ് ജീവജാലങ്ങളിൽ വളർച്ച നിരീക്ഷിക്കാനാകുന്നതെന്ന് വിശദീകരിക്കേണ്ടതുണ്ട്. അതിനുശേഷമേ വളർച്ച ജീവനുള്ളവയുടെ സവിശേഷതയായി മനസ്സിലാക്കാനാവുകയുള്ളൂ. അതുപോലെതന്നെ ജീവൻ നഷ്ടപ്പെട്ടാൽ അത് വളരുകയുമില്ല.

പ്രത്യുൽപ്പാദനവും ജീവനുള്ളവയുടെ മറ്റൊരു സവിശേഷതയാണ്. ബഹുകോശ ജീവികളിൽ മാതാപിതാക്കളുടെ ഏകദേശം സമാനമായ സ്വഭാവങ്ങളോടു കൂടിയ സന്താനങ്ങളുടെ ഉൽപ്പാദനത്തെ പ്രത്യുൽപ്പാദനം എന്നു വിളിക്കാം. പ്രത്യുൽപ്പാദനം എന്നത് ലൈംഗിക പ്രത്യുൽപ്പാദനമാണ് എന്നുതോന്നുമെങ്കിലും ജീവജാലങ്ങൾ അലൈംഗിക പ്രത്യുൽപ്പാദനവും നടത്താറുണ്ട്. പൂപ്പലുകൾ (Fungus) അവ പുറപ്പെടുവിക്കുന്ന ദശലക്ഷക്കണക്കിന് രേണുക്കൾ (Spores) ഉപയോഗിച്ച് വളരെ വേഗം പെരുകുകയും വികസിക്കുകയും ചെയ്യുന്നു. ചെറു ജീവജാലങ്ങളായ യീസ്റ്റ്, ഹൈഡ്ര എന്നിവ മുകുളനം (Budding) വഴി പ്രത്യുൽപ്പാദനം നടത്തുന്നു. പരന്നവിരയിൽ (Planaria) യഥാർഥ പുനരുൽപ്പാദനം നിരീക്ഷിക്കാൻ കഴിയുന്നു. അതായത് മുറിഞ്ഞു നഷ്ടപ്പെട്ട ഭാഗം പരന്നവിര വീണ്ടും സൃഷ്ടിക്കുകയും ഒരു പുതിയ ജീവിയുണ്ടാവുകയും ചെയ്യുന്നു. പൂപ്പലുകൾ, നാരുപോലുള്ള ആൽഗകൾ, അമീബ, മോസ്സുകളുടെ പ്രോട്ടോണിമ ഇവയെല്ലാം ഖണ്ഡനത്തിലൂടെ (Fragmentation) എളുപ്പത്തിൽ വർധിക്കുന്നു. ബാക്ടീരിയ, ഏകകോശ ആൽഗകൾ, അമീബ തുടങ്ങിയ ഏകകോശജീവികളിൽ പ്രത്യുൽപ്പാദനവും വളർച്ചയും സമാനമാണ്. അതായത്, കോശങ്ങളുടെ എണ്ണത്തിലുണ്ടാകുന്ന വർധനവ്. കോശങ്ങളുടെ എണ്ണമോ, ശരീര പിണ്ഡമോ വർധിക്കുന്നതാണ് വളർച്ചയെന്ന് ഇതിനകം നിർവചിച്ചു. അതിനാൽ ഏകകോശജീവികളിൽ

വളർച്ചയും പ്രത്യുൽപ്പാദനവും ഏതർഥത്തിൽ ഉപയോഗിക്കുമെന്നതിന് വ്യക്തതയില്ല. കൂടാതെ പല ജീവിവർഗവും പ്രത്യുൽപ്പാദനം നടത്താറില്ല. ഉദാഹരണത്തിന് കോവർകഴുത (Mule), തൊഴിലാളിത്തേനീച്ച (Sterile worker bees) വന്ധ്യതയുള്ള ദമ്പതികൾ തുടങ്ങിയവർ. അതിനാൽ പ്രത്യുൽപ്പാദനവും ജീവനുള്ളവയുടെ സ്ഥിരമായ ഒരു സ്വഭാവസവിശേഷതയായി കരുതാനാവില്ല. ജീവനില്ലാത്തവയ്ക്ക് തീർച്ചയായും സ്വന്തമായി പ്രത്യുൽപ്പാദനം നടത്തുന്നതിനോ ഇരട്ടിക്കുന്നതിനോ കഴിയുകയുമില്ല.

ജീവനുള്ളവയുടെ മറ്റൊരു സവിശേഷതയാണ് ഉപാപചയ പ്രവർത്തനം. എല്ലാ ജീവജാലങ്ങളും രാസപദാർത്ഥങ്ങൾകൊണ്ടു നിർമിക്കപ്പെട്ടിരിക്കുന്നു. ഇവ വിവിധ വിഭാഗങ്ങളിലുള്ളവയും വിവിധ ധർമങ്ങളുള്ളവയുമാണ്. ഈ പദാർത്ഥങ്ങൾ നിരന്തരം രാസപ്രവർത്തനത്തിലൂടെയും ഉപാപചയപ്രവർത്തനത്തിലൂടെയും ഉൽപ്പാദിപ്പിക്കപ്പെടുകയും മറ്റ് ജൈവ തന്മാത്രകളായി മാറ്റപ്പെടുകയും ചെയ്യുന്നു. ഏകകോശജീവി ആയാലും ബഹുകോശജീവി ആയാലും ആയിരക്കണക്കിന് ഉപാപചയ പ്രവർത്തനങ്ങളാണ് ഇവയുടെ ശരീരത്തിൽ ഒരേ സമയം നടക്കുന്നത്. സസ്യങ്ങൾ, ജന്തുക്കൾ, പൂപ്പലുകൾ, സൂക്ഷ്മജീവികൾ തുടങ്ങിയ എല്ലാ ജീവജാലങ്ങളിലും ഉപാപചയ പ്രവർത്തനങ്ങൾ നടക്കുന്നു. ശരീരത്തിൽ നടക്കുന്ന എല്ലാ രാസപ്രവർത്തനങ്ങളുടേയും ആകെത്തുകയാണ് ഉപാപചയം. ജീവനില്ലാത്ത ഒരു വസ്തുവിലും ഉപാപചയ പ്രവർത്തനം നടക്കുന്നില്ല. ശരീരത്തിനു പുറത്ത്, കോശരഹിത വ്യവസ്ഥകളിൽ (Cell free system) ഉപാപചയ പ്രവർത്തനങ്ങൾ ചെയ്ത് ബോധ്യപ്പെടുത്താൻ സാധിക്കും. ഇങ്ങനെ ഒരു ടെസ്റ്റ്ട്യൂബിൽ നടത്തപ്പെടുന്ന ഉപാപചയ പ്രവർത്തനം ഒറ്റപ്പെട്ടതാണ്. ഇത് ജീവനുള്ളതുമല്ല ജീവനില്ലാത്തതുമല്ല. അതിനാൽ ഉപാപചയ പ്രവർത്തനം ജീവനുള്ളവയുടെ സവിശേഷസ്വഭാവമായി കണക്കാക്കാം. കോശത്തിനുപുറത്ത് ടെസ്റ്റ് ട്യൂബിൽ (Test tube) നടത്തുന്ന ഉപാപചയ പ്രവർത്തനം ജീവനുള്ളതല്ല, എന്നാൽ തീർച്ചയായും അതൊരു ജീവൽ പ്രവർത്തനമാണ്. അതിനാൽ ശരീരത്തിലെ **കോശരൂപീകരണം (cellular organisation) ജീവനുള്ളവയുടെ ഒരു നിർവചന സവിശേഷതയായി കരുതാം.**

ഒരു പക്ഷേ, എല്ലാ ജീവജാലങ്ങളുടെയും ഏറ്റവും വ്യക്തവും എന്നാൽ സാങ്കേതിക്മായി സങ്കീർണവുമായ സവിശേഷത അവരുടെ ചുറ്റുപാടുകളെ മനസ്സിലാക്കി ആ ചുറ്റുപാടുകളിലെ ഭൗതികവും (Physical), രാസീയവും (Chemical), ജൈവപരവുമായ (Biological) പ്രചോദനങ്ങൾക്കനുസരിച്ച് പ്രതികരിക്കാനുള്ള കഴിവാണ്. നാം നമ്മുടെ ജ്ഞാനേന്ദ്രിയങ്ങളിലൂടെ നമ്മുടെ ചുറ്റുപാടുകളെക്കുറിച്ച് മനസ്സിലാക്കുന്നു. പ്രകാശം, ജലം, താപം, മറ്റ് ജീവജാലങ്ങൾ, മാലിന്യങ്ങൾ തുടങ്ങിയ ബാഹ്യ ഉദ്ദീപനങ്ങളോട് സസ്യങ്ങളും പ്രതികരിക്കുന്നു. വ്യക്തമായ കോശമർമസ്തരമില്ലാത്ത പ്രോക്കാരിയോട്ടുകൾ മുതൽ സങ്കീർണ ഘടനയുള്ള യൂക്കാരിയോട്ടുകൾ വരെയുള്ള എല്ലാ ജീവികളും പ്രകൃതിയിലെ സൂചനകളെ തിരിച്ചറിഞ്ഞ് പ്രതികരിക്കുന്നു. ഋതുഭേദങ്ങൾക്കനുസരിച്ച് പ്രത്യുൽപ്പാദനം നടത്തുന്ന ജന്തുക്കളുടെയും സസ്യങ്ങളുടെയും പ്രത്യുൽപ്പാദനത്തെ പ്രകാശദൈർഘ്യം (Photoperiod) സ്വാധീനിക്കുന്നു. എല്ലാ ജീവിവർഗങ്ങളും തങ്ങളുടെ ശരീരത്തിലേക്കു കടക്കുന്ന രാസവസ്തുക്കളെ നേരിടുന്നു. എല്ലാ ജീവജാലങ്ങളും അവയുടെ ചുറ്റുപാടുകളെക്കുറിച്ച് 'ബോധം' ഉള്ളവരാണ്. എന്നാൽ തന്നെക്കുറിച്ച്

തന്നെ അവബോധമുള്ള ഒരേ ഒരു ജീവി മനുഷ്യനാണ്. അതായത് - സ്വയംബോധം. **അതിനാൽ ബോധം ജീവജാലങ്ങളുടെ ഒരു നിർവചന സ്വഭാവമായി കണക്കാക്കാം.**

മനുഷ്യരെ സംബന്ധിച്ചിടത്തോളം ജീവനുള്ള അവസ്ഥ നിർവചിക്കാൻ വളരെ പ്രയാസമാണ്. ഹൃദയത്തിനും ശ്വാസകോശങ്ങൾക്കും പകരം യന്ത്രങ്ങളുടെ സഹായത്തോടെ ആതുരാലയങ്ങളിൽ പാർക്കുന്ന അബോധാവസ്ഥയിലുള്ള രോഗികൾക്കും മസ്തിഷ്ക മരണം സംഭവിച്ച രോഗികൾക്കും സ്വയംബോധമില്ല. ഒരിക്കലും സാധാരണ ജീവിതത്തിലേക്ക് തിരിച്ചുവരാത്ത അവർ ജീവനുള്ളവയോ അതോ ജീവനില്ലാത്തവയോ?

എല്ലാ ജീവജാലങ്ങളിലും ജീവൽ പ്രവർത്തനങ്ങൾ അന്തർലീനമായ പരസ്പര പ്രവർത്തനങ്ങളിലൂടെയാണ് നടക്കുന്നതെന്ന് നിങ്ങൾക്ക് ഉയർന്ന ക്ലാസുകളിൽ പഠിക്കാം. ഏതെങ്കിലും ഒരു ഘടകകോശത്തിന്റെ പ്രത്യേകതയല്ല, മറിച്ച് എല്ലാ ഘടകകോശങ്ങളുടെയും പരസ്പര പ്രവർത്തന ഫലമായാണ് കലകളുടെ സവിശേഷതകൾ രൂപപ്പെടുന്നത്. ഇത്പോലെ കോശാംഗങ്ങളുടെ (Cellular organelles) സവിശേഷത കോശാംഗങ്ങളുടെ തന്മാത്രാഘടകങ്ങളിൽ കാണപ്പെടുന്നില്ല. എന്നാൽ കോശാംഗങ്ങളിലുള്ള തന്മാത്രാഘടകങ്ങളുടെ ഇടപെടലുകളുടെ ഫലമായി കോശാംഗങ്ങളുടെ സവിശേഷത ഉണ്ടാകുകയും ചെയ്യുന്നു. ഈ പരസ്പര പ്രവർത്തനം ഉയർന്ന തലത്തിൽ ഘടനാവ്യവസ്ഥയുള്ള സവിശേഷതകളുടെ രൂപീകരണത്തിന് ഇടയാകുന്നു. ഈ പ്രതിഭാസം ഘടനാതലത്തിലുള്ള സങ്കീർണതയുടെ ശ്രേണിയിൽ എല്ലാ തലങ്ങളിലും കാണപ്പെടുന്നു. അതിനാൽ ജീവനുളളവ സ്വയം ഇരട്ടിക്കുകയും, മാറ്റങ്ങൾക്ക് വിധേയമാകുകയും സ്വയം ക്രമീകൃതമായി പരസ്പരം ഇടപെടലുകൾ നടത്തുകയും ബാഹ്യപ്രചോദനങ്ങൾക്കനുസരിച്ച് പ്രതികരിക്കുകയും ചെയ്യുന്ന ഒരു സംവിധാനമാണെന്ന് നമുക്ക് പറയാം. ഭൂമിയിലെ ജീവന്റെയും ജീവികളുടെ പരിണാമത്തിന്റെയും കഥയാണ് ജീവശാസ്ത്രം. പൊതുവായതും എന്നാൽ പലയളവിൽ വ്യത്യസ്തവുമായ ജനിതഘടകങ്ങൾ പങ്കുവച്ചിരിക്കുന്നതിനാൽ, ഭൂതകാലത്തുണ്ടായിരുന്നതും ഇന്നുള്ളതും ഭാവിയിലുണ്ടാവുന്നതുമായ എല്ലാ ജീവജാലങ്ങളും പരസ്പരം ബന്ധമുള്ളവയാണ്.

1.2 ജീവലോകത്തെ വൈവിധ്യം

നിങ്ങൾ ചുറ്റുപാടും നോക്കിയാൽ വിവിധതരത്തിലുള്ള ജീവജാലങ്ങളെ കാണാൻ സാധിക്കും. ഷഡ്പദങ്ങൾ, പക്ഷികൾ, നിങ്ങളുടെ വളർത്തുമൃഗങ്ങൾ, മറ്റു ജന്തുക്കൾ, സസ്യങ്ങൾ തുടങ്ങിയവ. ഇതുകൂടാതെ നഗ്നനേത്രങ്ങളാൽ കാണാൻ കഴിയാത്ത നിരവധി ജീവികളും നിങ്ങൾക്ക് ചുറ്റിനുമുണ്ട്. നിങ്ങളുടെ നിരീക്ഷണപരിധി വർധിപ്പിച്ചാൽ കാണുന്ന ജീവജാലങ്ങളുടെ എണ്ണവും വൈവിധ്യവും വർധിക്കും. ഒരു നിബിഡവനമാണ് സന്ദർശിക്കുന്നതെങ്കിൽ അസംഖ്യം ജീവജാലങ്ങളെ അവിടെ കാണുവാനാകും. നിങ്ങൾ കാണുന്ന ഓരോ തരം സസ്യവും, ജന്തുവും, ജീവിയും ഒരു ജീവവർഗത്തെ പ്രതിനിധാനം ചെയ്യുന്നു. ഇന്ന് അറിയപ്പെടുന്നതും, വിവരിച്ചിട്ടുള്ളതുമായ ജീവിവർഗങ്ങളുടെ എണ്ണം 1.7 മുതൽ 1.8 ദശലക്ഷം വരെയാണ്. ഇത് **ജൈവവൈവിധ്യത്തെ** അല്ലെങ്കിൽ ഭൂമിയിൽ സന്നിഹിതരായിട്ടുള്ള ജീവജാലങ്ങളുടെ എണ്ണത്തെയും അവയുടെ ഇനങ്ങളെയും സൂചിപ്പിക്കുന്നു. ഭൂമിയിൽ പണ്ട് പര്യവേക്ഷണം നടത്തിയിരുന്നതും ഇപ്പോൾ

പുതുതായി പര്യവേക്ഷണം നടന്നുകൊണ്ടിരിക്കുന്നതുമായ ഇടങ്ങളിലെല്ലാം പുതിയ ജീവികളെ കണ്ടെത്തിക്കൊണ്ടേയിരിക്കുന്നു എന്നത് ഈ അവസരത്തിൽ നാം പ്രത്യേകമായി ഓർക്കേണ്ടതാണ്.

മുമ്പ് പറഞ്ഞതുപോലെ ദശലക്ഷക്കണക്കിന് സസ്യങ്ങളും ജന്തുക്കളും ഭൂമിയിൽ ഉണ്ട്. നമ്മുടെ പ്രദേശത്തെ സസ്യങ്ങളെയും ജന്തുക്കളെയും അവരുടെ പ്രാദേശിക പേരുകളിലാണ് നാം അറിയുന്നത്. പ്രാദേശികമായ ഈ പേരുകൾ ഒരു രാജ്യത്തിനകത്തു തന്നെ വിവിധ സ്ഥലങ്ങളിൽ വ്യത്യസ്തമായിരിക്കും. ജീവജാലങ്ങളെ പരാമർശിക്കുമ്പോൾ എല്ലാവർക്കും മനസ്സിലാകുന്ന ഒരു ഏകീകൃതമാർഗം കണ്ടെത്തിയില്ലെങ്കിൽ അത് പലവിധ ബുദ്ധിമുട്ടുകളും നമുക്കുണ്ടാക്കും.

അതിനാൽ ഒരു ജീവിയുടെ പേര് ലോകമെങ്ങും ഒരുപോലെ അറിയപ്പെടാൻ ഒരു പ്രത്യേക ക്രമീകരണം ജീവികളുടെ പേരു കൊടുക്കുന്നതിൽ സ്വീകരിക്കേണ്ടതുണ്ട്. ഈ പ്രക്രിയയ്ക്ക് **നാമകരണ പദ്ധതി (Nomenclature)** എന്നു പറയുന്നു. ഇങ്ങനെ നൽകുന്ന പേര് ഏത് ജീവിയെ സംബന്ധിക്കുന്നതാണെന്ന് വ്യക്തമാക്കുകയും ആ ജീവിയെ കൃത്യമായി വിവരിക്കുകയും ചെയ്യുന്നതിനെ **തിരിച്ചറിയൽ (Identification)** എന്ന് പറയുന്നു.

പഠനത്തിനു സഹായകമാകുന്ന രീതിയിൽ ഓരോ ജീവിയുടെയും ശാസ്ത്രീയനാമം നിശ്ചയിക്കാൻ ശാസ്ത്രജ്ഞർക്ക് ഒരു നടപടിക്രമമുണ്ട്. ഇത് ലോകമെമ്പാടുമുള്ള ജീവശാസ്ത്രജ്ഞർക്ക് സ്വീകാര്യമാണ്. ഇന്റർനാഷണൽ കോഡ് ഫോർ ബൊട്ടാണിക്കൽ നോമൻക്ലേച്ചർ (International Code for Botanical Nomenclature-ICBN) നൽകിയിരിക്കുന്ന അംഗീകൃത തത്ത്വങ്ങളെയും മാനദണ്ഡങ്ങളെയും അടിസ്ഥാനമാക്കിയാണ് സസ്യങ്ങൾക്ക് ശാസ്ത്രീയനാമം നൽകുന്നത്. ജന്തുക്കൾക്ക് പേരു നൽകാൻ ജന്തു വർഗീകരണ ശാസ്ത്രജ്ഞർ (Animal Taxonomist) ഇന്റർനാഷണൽ കോഡ് ഫോർ സുവോളജിക്കൽ നോമൻക്ലേച്ചർ (International Code for Zoological Nomenclature-ICZN) എന്ന മാർഗരേഖ രൂപപ്പെടുത്തിയിട്ടുണ്ട്. ശാസ്ത്രീയനാമം, ഒരു ജീവിക്ക് ഒരു പേര് മാത്രമേ ഉള്ളൂ എന്ന് ഉറപ്പാക്കുന്നു. മാത്രമല്ല അത്തരമൊരു നാമം മറ്റേതെങ്കിലും അറിയപ്പെടുന്ന ജീവിക്ക് ഉപയോഗിച്ചിട്ടില്ല എന്നും ഉറപ്പു വരുത്തുന്നു.

ജീവശാസ്ത്രജ്ഞർ ജീവികൾക്ക് ശാസ്ത്രീയ നാമം നൽകുവാൻ സാർവത്രികമായ അംഗീകൃത തത്ത്വങ്ങൾ പാലിക്കുന്നു. ഓരോ പേരിനും രണ്ട് പദങ്ങൾ ഉണ്ട്. ഒന്നാം പദം **ജീനസിനേയും** രണ്ടാം പദം **സ്പീഷീസിനെയും** സൂചിപ്പിക്കുന്നു. ഇങ്ങനെ ഒരു ജീവിക്ക് രണ്ട് നാമങ്ങൾ ചേർത്ത് പേര് നൽകുന്ന സംവിധാനത്തിന് **ദ്വിനാമ പദ്ധതി (Binomial nomenclature)** എന്ന് വിളിക്കുന്നു. കാൾ ലിനേയസ് തുടങ്ങിവച്ച ഈ നാമകരണ സംവിധാനം ലോകമെമ്പാടുമുള്ള ജീവശാസ്ത്രജ്ഞർ ഉപയോഗിക്കുന്നു. രണ്ട് പദങ്ങൾ ചേർത്തുള്ള ഈ നാമകരണപദ്ധതി വളരെ സൗകര്യപ്രദമാണ്. ഇത് മനസ്സിലാക്കാൻ മാവിന് (Mango) പേരു നൽകുന്നത് എങ്ങനെ എന്ന് നമുക്ക് നോക്കാം. മാവിന്റെ ശാസ്ത്രീയ നാമം *മാഞ്ചിഫെറ ഇൻഡിക്ക (Mangifera indica)* എന്നാണ്. ഇത് എങ്ങനെയാണ് ദ്വിനാമമാകുന്നതെന്ന് നോക്കാം. ഇതിൽ *മാഞ്ചിഫെറ* എന്നത് ജീനസ് നാമവും *ഇൻഡിക്ക* എന്നത് പ്രത്യേക സ്പീഷീസിനേയും സൂചിപ്പിക്കുന്നു.

നാമകരണത്തിന്റെ സാർവത്രികമായ മറ്റ് നിയമങ്ങൾ ഇവയാണ്:

1. ശാസ്ത്രനാമങ്ങൾ സാധാരണ ലാറ്റിൻ അല്ലെങ്കിൽ ലാറ്റിനാക്കിയതോ ലാറ്റിനിൽ നിന്നും ഉരുത്തിരിയുന്നതോ ആയിരിക്കും. ഇവ ചരിച്ച് (Italics) എഴുതപ്പെടുകയും ചെയ്യുന്നു.
2. ഒരു ശാസ്ത്രനാമത്തിന്റെ ആദ്യവാക്ക് ജീനസിനെ പ്രതിനിധാനം ചെയ്യുന്നു, രണ്ടാമത്തേത് സ്പീഷീസിനെ സൂചിപ്പിക്കുന്നു.
3. ഒരു ശാസ്ത്രനാമം കൈയെഴുത്താണെങ്കിൽ അതിലെ രണ്ട് വാക്കുകളും വേർതിരിച്ച് അടിവരയിടുകയും അച്ചടിക്കുകയാണെങ്കിൽ ചരിഞ്ഞ അക്ഷരങ്ങൾ ഉപയോഗിക്കുകയും ചെയ്യും.
4. ജീനസ് നാമത്തിലെ ആദ്യക്ഷരം ഇംഗ്ലീഷിലെ വലിയ അക്ഷരത്തിൽ ആരംഭിക്കുന്നു. സ്പീഷീസ് നാമം ചെറിയ അക്ഷരത്തിൽ ആരംഭിക്കുന്നു. ഉദാഹരണമായി *മാഞ്ചിഫെറ ഇൻഡിക്ക (Mangifera indica).*

   ശാസ്ത്രനാമം കണ്ടെത്തിയ ആളിന്റെ പേര് ചുരുക്കരൂപത്തിൽ സ്പീഷീസ് നാമത്തിനുശേഷം ചേർക്കാവുന്നതാണ്. ഉദാഹരണം *മാഞ്ചിഫെറ ഇൻഡിക്ക* ലിൻ *(Mangifera indica* Linn). ഇതിനർഥം ഈ വർഗത്തെ ആദ്യമായി വിവരിച്ചത് ലിനേയസ് ആണെന്നാണ്.

എല്ലാ ജീവജാലങ്ങളെയും പഠിക്കുക അസാധ്യമായതിനാൽ, ഇത് സാധ്യമാക്കാൻ ചില മാർഗങ്ങൾ കണ്ടുപിടിക്കേണ്ടത് ആവശ്യമാണ്. ഈ പ്രക്രിയയാണ് **തരംതിരിക്കൽ (Classification)**. എളുപ്പത്തിൽ നിരീക്ഷിക്കാവുന്ന ചില സ്വഭാവങ്ങളുടെ അടിസ്ഥാനത്തിൽ സൗകര്യപ്രദമായ വിഭാഗങ്ങളിലേക്ക് ജീവജാലങ്ങളെ ഒന്നിച്ചാക്കുന്ന പ്രക്രിയയാണ് തരംതിരിക്കൽ. ഉദാഹരണമായി സസ്യങ്ങൾ, മൃഗങ്ങൾ, നായ്ക്കൾ, പൂച്ചകൾ, പ്രാണികൾ തുടങ്ങിയ വിഭാഗങ്ങളെ നാം എളുപ്പത്തിൽ തിരിച്ചറിയുന്നു. ഈ പേര് പറയുമ്പോൾതന്നെ ആ വിഭാഗത്തിലുള്ള ജീവികളുടെ ചില സവിശേഷതകൾ നമ്മുടെ മനസ്സിൽ തെളിയും. നിങ്ങൾ ഒരു നായയെക്കുറിച്ച് ചിന്തിക്കുമ്പോൾ എന്തു ചിത്രമാണ് നിങ്ങൾ കാണുന്നത്? തീർച്ചയായും നമ്മൾ ഓരോരുത്തരും 'നായ്ക്കളെ' ആണ് കാണുന്നത് അല്ലാതെ 'പൂച്ചകളെ' അല്ല. നമ്മൾ 'അൾസേഷ്യനെ'യാണ് ചിന്തിക്കുന്നതെങ്കിൽ എന്തിനെക്കുറിച്ചാണ് നാം പ്രതിപാദിക്കുന്നതെന്ന് നമുക്കറിയാം. ഇതുപോലെ തന്നെ 'സസ്തനികൾ' എന്നു പറയുമ്പോൾ ബാഹ്യകർണവും രോമാവൃതമായ ശരീരവുമുള്ള മൃഗങ്ങളെയായിരിക്കും നാം ഓർക്കുക. അതുപോലെ സസ്യങ്ങളിൽ ഗോതമ്പിനെക്കുറിച്ച് സംസാരിക്കാൻ ശ്രമിച്ചാൽ നിങ്ങളുടെ മനസ്സിലേക്കു വരുന്ന ചിത്രം ഗോതമ്പ് ചെടി മാത്രമായിരിക്കും, നെല്ലോ, മറ്റൊരു സസ്യമോ ആയിരിക്കില്ല. അതിനാൽ ഇവയെല്ലാം-'നായകൾ', 'പൂച്ചകൾ', 'സസ്തനികൾ', 'ഗോതമ്പ്', 'നെല്ല്', 'സസ്യങ്ങൾ', 'ജന്തുക്കൾ' തുടങ്ങിയവയെല്ലാം-ജീവികളെ പഠിക്കാൻ നാം സാധാരണയായി ഉപയോഗിക്കുന്ന വിഭാഗങ്ങളാണ്. ഈ വിഭാഗങ്ങളെ സൂചിപ്പിക്കുന്ന ശാസ്ത്രീയപദമാണ് **ടാക്സ (Taxa)**. വിവിധതലത്തിലുള്ള വിഭാഗങ്ങളെ സൂചിപ്പിക്കുന്നതിന് ടാക്സ ഉപയോഗിക്കുന്നു. 'സസ്യങ്ങൾ' (Plants) എന്നത് ഒരു ടാക്സയാണ്. 'ഗോതമ്പും' ഒരു ടാക്സയാണ്. ഇതുപോലെ, 'ജന്തുക്കൾ', 'സസ്തനികൾ', 'നായകൾ' എന്നിവ എല്ലാം ടാക്സയാണ്. പക്ഷേ നായ ഒരു സസ്തനിയും, സസ്തനികൾ മൃഗങ്ങളുമാണെന്ന് നിങ്ങൾക്കറിയാം. അതുകൊണ്ടുതന്നെ 'മൃഗങ്ങൾ', 'സസ്തനികൾ', 'നായകൾ', എന്നിവ വിവിധതലങ്ങളിലുള്ള ടാക്സയെ പ്രതിനിധാനം ചെയ്യുന്നു.

അതിനാൽ സ്വഭാവ സവിശേഷതകളെ അടിസ്ഥാനപ്പെടുത്തി എല്ലാ ജീവജാലങ്ങളെയും വ്യത്യസ്ത ടാക്സയായി തിരിക്കാം. ഇങ്ങനെ ജീവജാലങ്ങളെ തരംതിരിക്കുന്ന പ്രക്രിയയാണ് **വർഗീകരണശാസ്ത്രം (Taxonomy).** ജീവികളുടെ ബാഹ്യ-ആന്തരിക ഘടനയോടൊപ്പം കോശത്തിന്റെ ഘടന, വികാസപ്രക്രിയ (Development process), കൂടാതെ ജീവികളുടെ പാരിസ്ഥിതിക വിവരങ്ങൾ എന്നിവയും ആധുനിക വർഗീകരണശാസ്ത്ര പഠനങ്ങളുടെ അടിത്തറയാണ്.

അതുകൊണ്ടുതന്നെ സ്വഭാവസവിശേഷത വർണിക്കൽ (Characterisation), തിരിച്ചറിയൽ (Identification), തരംതിരിക്കൽ (Classification),നാമകരണം (Nomenclature) എന്നിവയാണ് വർഗീകരണത്തിന്റെ അടിസ്ഥാന പ്രക്രിയകൾ.

വർഗീകരണശാസ്ത്രം ഒരു നൂതന പ്രക്രിയയല്ല. വ്യത്യസ്തങ്ങളായ ജീവികളെക്കുറിച്ച് കൂടുതലറിയാൻ മനുഷ്യർ എക്കാലത്തും താൽപ്പര്യപ്പെട്ടിരുന്നു, പ്രത്യേകിച്ച് മനുഷ്യന് ഉപകാരപ്പെടുന്ന ജീവികളെക്കുറിച്ച്. ആദ്യകാലങ്ങളിൽ ഭക്ഷണം, വസ്ത്രം, പാർപ്പിടം എന്നീ അടിസ്ഥാന ആവശ്യങ്ങളുടെ ഉറവിടം കണ്ടെത്തേണ്ടതുണ്ടായിരുന്നു. അതിനാൽ ആദ്യകാലങ്ങളിൽ ജീവികളെ അവയുടെ 'ഉപയോഗം' അടിസ്ഥാനമാക്കിയാണ് വർഗീകരിച്ചിരുന്നത്.

മനുഷ്യർ വളരെക്കാലം മുമ്പുതന്നെ വിവിധങ്ങളായ ജീവികളെക്കുറിച്ചും അവയുടെ വൈവിധ്യത്തെക്കുറിച്ചും അവ തമ്മിലുള്ള പരസ്പരബന്ധത്തെക്കുറിച്ചും അറിവുള്ളവരായിരുന്നു. ഇത്തരം പഠനശാഖയെ **ക്രമാനുഗതമായ വർഗീകരണം** അഥവാ **സിസ്റ്റമാറ്റിക്സ്** എന്നു വിളിക്കുന്നു. ലാറ്റിൻ പദമായ 'സിസ്റ്റമ' ('Systema') എന്നവാക്കിൽ നിന്നാണ് ഈ പേര് രൂപം കൊണ്ടത്. ഇതിനർഥം വ്യവസ്ഥിതമായി ജീവികളെ ക്രമീകരിക്കുകയെന്നാണ്. ലിനേയസ് അദ്ദേഹത്തിന്റെ പ്രസിദ്ധീകരണത്തിന് 'സിസ്റ്റമ നാച്ചുറേ' (*Systema Naturae*) എന്ന പേര് ഉപയോഗിച്ചു. പിന്നീട് തിരിച്ചറിയൽ, നാമകരണം, തരംതിരിക്കൽ എന്നിവ ഉൾപ്പെടുത്തി സിസ്റ്റമാറ്റിക്സിന്റെ വ്യാപ്തി വികസിപ്പിച്ചു. ജീവികൾ തമ്മിലുള്ള പരിണാമബന്ധങ്ങൾ കൂടി വർഗീകരണ ശാസ്ത്രം കണക്കിലെടുക്കുന്നു.

1.3 വർഗീകരണ വിഭാഗങ്ങൾ (Taxonomic Categories)

ജീവികളെ തരംതിരിക്കുന്നത് ഒറ്റ ഘട്ടം മാത്രമുള്ള ഒരു ലളിത പ്രക്രിയായല്ല, മറിച്ച് സ്ഥാനത്തെയോ (Rank) വിഭാഗത്തെയോ (Category) അടിസ്ഥാനപ്പെടുത്തി വിവിധ ഘട്ടങ്ങളിലൂടെ ഉയർന്ന ശ്രേണിയിലേക്കെത്തുന്ന ഒരു പ്രക്രിയയാണിത്. ഇത് മൊത്തം വർഗീകരണ വ്യവസ്ഥയുടെ ഒരു ഭാഗമായതിനാൽ ഇതിനെ **വർഗീകരണ വിഭാഗം (Taxonomic category)** എന്നു വിളിക്കുന്നു. എല്ലാ വിഭാഗങ്ങളെയും ഒന്നിച്ച് **വർഗീകരണ സ്ഥാനശ്രേണി (Taxonomic hierarchy)** എന്നു പറയാം. ഓരോ വിഭാഗവും വർഗീകരണത്തിന്റെ ഒരു ഏകകം (Unit) ആയി കണക്കാക്കപ്പെടുന്നു, വാസ്തവത്തിൽ ഇത് ഒരു സ്ഥാനത്തെ (Rank) പ്രതിനിധീകരിക്കുന്നു. ഇതിനെ പൊതുവെ **ടാക്സോൺ (Taxon)** (ബഹു: ടാക്സ) എന്നു പറയുന്നു.

വർഗീകരണ വിഭാഗങ്ങളും സ്ഥാനശ്രേണിയും ഒരു ഉദാഹരണത്തിലൂടെ വ്യക്തമാക്കാം. മൂന്നു ജോഡി ഖണ്ഡിതപാദങ്ങൾ പൊതുസവിശേഷതയായുള്ള ഒരു കൂട്ടം ജീവികളെയാണ് ഷഡ്പദങ്ങൾ (Insects) പ്രതിനിധീകരിക്കുന്നത്. അതായത്

ഷഡ്പദങ്ങളെ വ്യക്തമായ തനത് സ്വഭാവങ്ങളുടെ അടിസ്ഥാനത്തിൽ ഒരു വിഭാഗമായോ (Group), അല്ലെങ്കിൽ സ്ഥാനമായോ വർഗീകരിക്കാൻ സാധിക്കും. ഇത്തരത്തിൽ മറ്റു വിഭാഗങ്ങളിൽപ്പെട്ട ജീവികളുടെ പേരുകൾ നിർദേശിക്കാമോ? ഓർക്കുക, ഗണങ്ങൾ (Groups) വിഭാഗത്തെ പ്രതിനിധീകരിക്കുന്നു. വിഭാഗം സ്ഥാനത്തെ സൂചിപ്പിക്കുന്നു. ഒരു സ്ഥാനം അല്ലെങ്കിൽ ടാക്സോൺ വാസ്തവത്തിൽ, വർഗീകരണത്തിന്റെ ഒരു ഏകകത്തെയാണ് സൂചിപ്പിക്കുന്നത്. ഈ വർഗീകരണ ഗണങ്ങൾ അല്ലെങ്കിൽ വിഭാഗങ്ങൾ സ്പഷ്ടമായ ജീവശാസ്ത്രപരമായ അസ്തിത്വം (Biological entities) ഉള്ളവയാണ്; മറിച്ച് വെറും രൂപശാസ്ത്രപരമായ കൂട്ടങ്ങളല്ല (Morphological aggregates).

അറിയപ്പെടുന്ന എല്ലാ ജീവികളുടെയും വർഗീകരണ പഠനങ്ങൾ, കിംങ്ഡം, ഫൈലം അല്ലെങ്കിൽ ഡിവിഷൻ (സസ്യങ്ങളിൽ), ക്ലാസ്, ഓർഡർ, ഫാമിലി ജീനസ്, സ്പീഷീസ് തുടങ്ങിയ പൊതു വിഭാഗങ്ങൾ രൂപപ്പെടുന്നതിന് വഴിതെളിച്ചു. സസ്യ-ജന്തുലോകങ്ങൾ ഉൾപ്പെടെ, എല്ലാ ജീവജാലങ്ങളിലും, സ്പീഷീസ് ആണ് ഏറ്റവും അടിസ്ഥാന വിഭാഗം. ഇപ്പോൾ നിങ്ങളുടെ മനസ്സിൽ ഒരു ചോദ്യം ഉയരാം, ഒരു ജീവിയെ എങ്ങനെയാണ് വിവിധ വിഭാഗങ്ങളിൽ ഉൾപ്പെടുത്തേണ്ടത്? ഒരു ജീവിയുടെ, അല്ലെങ്കിൽ ഒരു വിഭാഗത്തിന്റെ സ്വഭാവസവിശേഷതകളെക്കുറിച്ചുള്ള അറിവാണ് ഇതിന് ആധാരം. ഒരേ തരം ജീവികളുടെ സാമ്യവ്യത്യാസങ്ങൾ മനസ്സിലാക്കുന്നതോടൊപ്പം തന്നെ മറ്റ് തരത്തിലുള്ള ജീവികളുമായുള്ള സാമ്യവ്യത്യാസങ്ങളും തിരിച്ചറിയുന്നതിന് ഇത്തരം അറിവ് സഹായിക്കും.

1.3.1 സ്പീഷീസ് (Species)

ഒരു വംശത്തിൽപ്പെട്ട, അടിസ്ഥാനപരമായ സമാനതകളുള്ള ഒരു കൂട്ടം ജീവികളെയാണ് വർഗീകരണ പഠനത്തിൽ **സ്പീഷീസ്** ആയി കണക്കാക്കുന്നത്. വ്യക്തമായ ബാഹ്യരൂപവ്യത്യാസങ്ങളുടെ അടിസ്ഥാനത്തിൽ ഒരു സ്പീഷീസിനെ അടുത്ത ബന്ധമുള്ള മറ്റ് സ്പീഷീസുകളിൽ നിന്നും ഒരു വ്യക്തിക്ക് വേർതിരിച്ചറിയാൻ സാധിക്കണം. ഉദാഹരണമായി നമുക്ക് *മാഞ്ചിഫെറ ഇൻഡിക്ക, സോളാനം ട്യൂബറോസം* (*ഉരുളക്കിഴങ്ങ്, Potato*), *പാന്തിറാ ലിയോ* (സിംഹം) എന്നിവ പരിഗണിക്കാം. *ഇൻഡിക്ക, ട്യൂബറോസം, ലിയോ എന്നിവ* സ്പീഷീസിന്റെ പേരിനെ പ്രതിനിധാനം ചെയ്യുന്നു. എന്നാൽ ഇവയിലെ ആദ്യവാക്കുകളായ *മാഞ്ചിഫെറ, സൊളാനം, പാന്തിറ* എന്നിവ ജീനസിനെ സൂചിപ്പിക്കുന്നു. അതായത് അവയുടെ ഉയർന്ന തലത്തിലുള്ള ടാക്സോൺ അല്ലെങ്കിൽ വിഭാഗത്തെ പ്രതിനിധീകരിക്കുന്നു. ഓരോ ജീനസിലും വ്യത്യസ്ത ജീവികളെ പ്രതിനിധീകരിക്കുന്ന ഒന്നോ ഒന്നിലധികമോ സ്പീഷീസുകൾ കാണാം. വ്യത്യസ്തരാണെങ്കിലും അവയ്ക്കെല്ലാം ബാഹ്യരൂപത്തിൽ സാമ്യങ്ങൾ ഉണ്ടായിരിക്കും. ഉദാഹരണത്തിന് *പാന്തിറ* എന്ന ജീനസിൽ *ടൈഗ്രിസ്* എന്ന സ്പീഷീസും *സൊളാനം* എന്ന ജീനസിൽ *നൈഗ്രം, മെലോംഗിന* എന്ന സ്പീഷീസുകളും ഉൾപ്പെടുന്നു. മനുഷ്യർ ഉൾപ്പെടുന്ന സ്പീഷീസ് *സാപിയൻസും* അവരുടെ ജീനസ് *ഹോമോയു*മാണ്. അതിനാൽ മനുഷ്യരുടെ ശാസ്ത്രീയനാമം *ഹോമോ സാപിയൻസ്* (*Homo sapiens*) എന്നാണ്.

1.3.2 ജീനസ് (Genus) (ബഹുവചനം : ജനിറ, Pl.Genera)

പരസ്പരബന്ധമുള്ള സ്പീഷീസുകളുടെ കൂട്ടമാണ് **ജീനസ്**. അവ മറ്റ് ജനിറകളിലെ സ്പീഷീസുകളുമായി താരതമ്യപ്പെടുത്തുമ്പോൾ കൂടുതൽ പൊതുവായ സ്വഭാവസവിശേഷതകൾ പ്രകടിപ്പിക്കുന്നു. അടുത്ത ബന്ധമുള്ള സ്പീഷീസുകളുടെ കൂട്ടങ്ങളാണ് ജനിറകൾ. ഉദാഹരണമായി ഉരുളക്കിഴങ്ങ്, വഴുതന എന്നിവ രണ്ട് വ്യത്യസ്ത സ്പീഷീസുകളാണ്. എന്നാൽ ഇവ രണ്ടും *സൊളാനം* എന്ന ജീനസിലാണ് ഉൾപ്പെടുന്നത്. *പാന്തിറ (Panthera)* എന്ന ജീനിസിൽപെടുന്ന സിംഹം *(പാന്തിറ ലിയോ)*, പുള്ളിപ്പുലി *(പാന്തിറ പാർഡസ്)*, കടുവ *(പാന്തിറ ടൈഗ്രിസ്)* എന്നിവയ്ക്കെല്ലാം ധാരാളം പൊതുവായ സ്വഭാവങ്ങൾ ഉണ്ട്. *പാന്തിറ* എന്ന ജീനസ് പൂച്ചകളെ ഉൾക്കൊള്ളുന്ന *ഫെലിസ്* എന്ന ജീനസിൽ നിന്നും ഏറെ വ്യത്യാസം കാണിക്കുന്നു.

1.3.3 കുടുംബം (Family)

സ്പീഷീസിനോടും ജീനസിനോടും താരതമ്യപ്പെടുത്തുമ്പോൾ വളരെ കുറച്ചു മാത്രം സമാനതകളുള്ള പരസ്പര ബന്ധത്തോടു കൂടിയ ഒരു കൂട്ടം ജനിറകൾ ഉൾപ്പെടുന്നതാണ് **കുടുംബം**. കായിക സവിശേഷതകളെയും പ്രത്യുൽപ്പാദന സവിശേഷതകളെയും അടിസ്ഥാനപ്പെടുത്തി സസ്യസ്പീഷീസുകളെ കുടുംബങ്ങളായി വർഗീകരിച്ചിരിക്കുന്നു. ഉദാഹരണമായി സസ്യങ്ങളിൽ മൂന്ന് വ്യത്യസ്ത ജനിറകളായ *സൊളാനം* (*Solanum*), *പെറ്റ്യൂണിയ* (*Petunia*), *ഡട്യൂറ* (*Datura*) എന്നിവ സൊളാനേസിയേ (Solanaceae) എന്ന കുടുംബത്തിലാണ് ഉൾപ്പെടുത്തിയിരിക്കുന്നത്. മൃഗങ്ങളിൽ സിംഹം, കടുവ, പുള്ളിപുലി എന്നിവയെ ഉൾക്കൊള്ളുന്ന *പാന്തിറ* എന്ന ജീനസും, പൂച്ചയെ ഉൾക്കൊള്ളുന്ന *ഫെലിസ്* എന്ന ജീനസും ഫെലിഡേ (Felidae) എന്ന കുടുംബത്തിലാണ് ഉൾപ്പെടുത്തിയിരിക്കുന്നത്. അതുപോലെ പൂച്ചയെയും നായയെയും കണ്ടാൽ ചില സാമ്യങ്ങളും ചില വ്യത്യാസങ്ങളും നിങ്ങൾക്ക് കാണാം. അതിനാൽ ഇവയെ രണ്ടു വ്യത്യസ്ത കുടുംബങ്ങളിലായി തിരിച്ചിരിക്കുന്നു-യഥാക്രമം ഫെലിഡേയും കാനിഡേയും.

1.3.4 ഓർഡർ

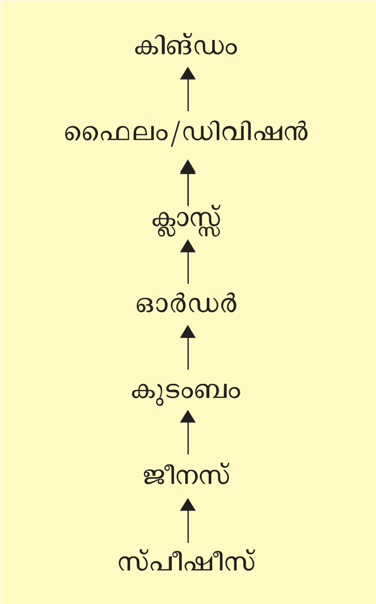
സ്പീഷീസ്, ജീനസ്, കുടുംബം എന്നിവയെ സമാനസ്വഭാവങ്ങളുടെ അടിസ്ഥാനത്തിലാണ് വർഗീകരിച്ചിരിക്കുന്നത്. സാധാരണയായി, ഒരു കൂട്ടം സ്വഭാവസവിശേഷതകളെ അടിസ്ഥാനമാക്കിയാണ് ഓർഡറും മറ്റ് ഉയർന്ന വർഗീകരണ വിഭാഗങ്ങളും തിരിച്ചറിയുന്നത്. ഓർഡർ എന്ന ഉയർന്ന വർഗീകരണവിഭാഗം, ചുരുക്കം ചില സമാനസ്വഭാവങ്ങൾ പ്രകടിപ്പിക്കുന്ന കുടുംബങ്ങളുടെ കൂട്ടായ്മയാണ്. ഒരു കുടുംബത്തിൽ ഉൾപ്പെടുന്ന വ്യത്യസ്ത ജനിറകളെ താരതമ്യം ചെയ്യുമ്പോൾ അവയ്ക്കിടയിലുള്ള സമാനതകൾ കുറവായിരിക്കും. കൺവോൾവുലേസിയേ (Convolvulacea), സൊളാനേസിയേ (Solanacea), എന്നീ സസ്യകുടുംബങ്ങളെ (ഫാമിലി) പോളിമോണിയേൽസ് (Polymoniales) എന്ന ഓർഡറിൽ ഉൾപ്പെടുത്തിയിരിക്കുന്നത് പ്രധാനമായും പുഷ്പസ്വഭാവങ്ങളെ (Floral characters) അടിസ്ഥാനമാക്കിയാണ്. മൃഗങ്ങളിൽ, കാർണിവോറ (Carnivora) എന്ന ഓർഡറിൽ ഫെലിഡേ (Felidae), കാനിഡേ (Canidae) എന്നീ കുടുംബങ്ങൾ ഉൾപ്പെടുന്നു.

1.3.5 ക്ലാസ് (Class)

ഈ വിഭാഗത്തിൽ പരസ്പര ബന്ധമുള്ള ഓർഡറുകൾ ഉൾപ്പെടുന്നു. ഉദാഹരണത്തിന് കുരങ്ങ്, ഗോറില്ല, ഗിബ്ബൺ എന്നിവ ഉൾപ്പെടുന്ന പ്രൈമേറ്റ (Primata) എന്ന ഓർഡറും, കടുവ, പൂച്ച, നായ് എന്നിവ ഉൾപ്പെടുന്ന കാർണിവോറ (Carnivora) എന്ന ഓർഡറും മമേലിയ (സസ്തനികൾ) (Mammalia) എന്ന ക്ലാസിലാണ് ഉൾകൊള്ളിച്ചിട്ടുള്ളത്. സസ്തനികൾ എന്ന ക്ലാസിൽ മറ്റു ഓർഡറുകളുമുണ്ട്.

1.3.6 ഫൈലം (Phylum)

മത്സ്യങ്ങൾ, ഉഭയജീവികൾ, ഇഴജന്തുക്കൾ, സസ്തനികൾ, പക്ഷികൾ മുതലായ മൃഗങ്ങൾ ഉൾപ്പെടുന്ന ക്ലാസുകൾ ചേർന്ന അടുത്ത ഉയർന്ന വിഭാഗമാണ് ഫൈലം. പ്രാഗ്കശേരു (Notochord), മുതുകുഭാഗത്തുള്ള പൊള്ളയായ നാഡീ വ്യവസ്ഥ എന്നീ പൊതുവായ സവിശേഷ സ്വഭാവങ്ങളുള്ള ജീവികളെ ഫൈലം കോർഡേറ്റയിൽ (കശേരുകികൾ) (Chordata) ഉൾപ്പെടുത്തിയിരിക്കുന്നു. സസ്യങ്ങളുടെ കാര്യത്തിൽ ഏതാനും ചില സമാനസ്വഭാവമുള്ള ക്ലാസുകളെ ഡിവിഷൻ (Division) എന്ന ഉയർന്ന വിഭാഗത്തിൽ ഉൾപ്പെടുത്തിയിരിക്കുന്നു.



ചിത്രം 1.1 ആരോഹണക്രമത്തിൽ ക്രമീകരിച്ചിരിക്കുന്ന വർഗീകരണ വിഭാഗങ്ങൾ

1.3.7 കിങ്ഡം (Kingdom)

വിവിധ ഫൈലങ്ങളിലുള്ള എല്ലാ ജന്തുക്കളെയും വർഗീകരണ സംവിധാനത്തിൽ കിങ്ഡം അനിമേലിയ എന്നറിയപ്പെടുന്ന ഏറ്റവും ഉയർന്ന വിഭാഗത്തിൽ ഉൾപ്പെടുത്തിയിരിക്കുന്നു. അതേസമയം സസ്യങ്ങളിൽ വ്യത്യസ്ത ഡിവിഷനുകളിൽ നിന്നുള്ള എല്ലാ സസ്യങ്ങളേയും കിങ്ഡം പ്ലാന്റേയിൽ ഉൾക്കൊള്ളിച്ചിരിക്കുന്നു. ഈ രണ്ടു വിഭാഗങ്ങളും ജന്തുലോകം, സസ്യലോകം എന്നും അറിയപ്പെടുന്നു.

സ്പീഷീസ് മുതൽ കിങ്ഡം വരെയുള്ള വർഗീകരണ വിഭാഗങ്ങൾ ആരോഹണക്രമത്തിൽ ചിത്രം 1.1 ൽ കാണിച്ചിരിക്കുന്നു. ഇവയൊക്കെ വിശാല വിഭാഗങ്ങളാണ്. എന്നിരുന്നാലും വിവിധ ടാക്സയെ കൂടുതൽ കൃത്യമായും ശാസ്ത്രീയമായും ക്രമീകരിക്കുന്നതിനായി വർഗീകരണ ശാസ്ത്രജ്ഞർ ഈ ശ്രേണിയിൽ ഉപവിഭാഗങ്ങൾ കൂടി വികസിപ്പിച്ചിട്ടുണ്ട്.

ചിത്രം 1.1 സൂചിപ്പിച്ചിരിക്കുന്ന വർഗീകരണ സ്ഥാനശ്രേണി പരിശോധിക്കുക. ക്രമീകരണത്തിന്റെ അടിസ്ഥാനം എന്താണെന്ന് നിങ്ങൾക്ക് ഓർമ്മിക്കുവാൻ കഴിയുന്നുണ്ടോ? ഉദാഹരണത്തിന് നമ്മൾ സ്പീഷിസിൽ നിന്ന് ഉയർന്ന വിഭാഗമായ കിങ്ഡത്തിലേയ്ക്ക് പോകുംതോറും പൊതു സ്വഭാവസവിശേഷതകൾ കുറയുന്നതായി കാണാം. ടാക്സ താഴും തോറും ഒരു ടാക്സോണിലെ അംഗങ്ങൾ പങ്കിടുന്ന പൊതു സ്വഭാവസവിശേഷതകൾ കൂടുന്നതായി കാണാം. വിഭാഗതലങ്ങൾ ഉയരും തോറും ഒരേ തലത്തിലുള്ള വിവിധ ടാക്സ തമ്മിലുള്ള ബന്ധം കണ്ടുപിടിക്കുക പ്രയാസമാണ്. അതിനാൽ വർഗീകരണ പ്രക്രിയ കൂടുതൽ സങ്കീർണവുമാകും.

പട്ടിക **1.1** ജീവികളും അവയുടെ വർഗീകരണ വിഭാഗങ്ങളും.

സാധാരണ പേര്	ശാസ്ത്രീയനാമം	ജീനസ്	കുടുംബം (ഫാമിലി)	ഓർഡർ	ക്ലാസ്	ഫൈലം/ഡിവിഷൻ
മനുഷ്യൻ	*ഹോമോ സാപിയൻസ്*	*ഹോമോ*	ഹൊമിനിഡേ	പ്രൈമേറ്റ	മമ്മേലിയ	കോർഡേറ്റ
ഈച്ച	*മസ്ക ഡൊമസ്റ്റിക്ക*	*മസ്ക്ക*	മ്യുസിഡേ	ഡിപ്റ്റിറ	ഇൻസക്റ്റ	ആർത്രോപോഡ
മാവ്	*മാഞ്ചിഫെറ ഇൻഡിക്ക*	*മാഞ്ചിഫെറ*	അനകാർഡിയേസിയെ	സാപിൻഡേൽസ്	ഡൈക്കോട്ടിലിഡണേ	ആൻജിയോസ്പേർമേ
ഗോതമ്പ്	*ട്രിറ്റിക്കം ഏസ്റ്റിവം*	*ട്രിറ്റിക്കം*	പോയേസിയേ	പോയേൽസ്	മോണോകോട്ട് ലിഡണേ	ആൻജിയോസ്പേർമേ

പട്ടിക 1:1 സാധാരണ ജീവികളായ, ഈച്ച, മനുഷ്യൻ, മാവ്, ഗോതമ്പ് എന്നിവ ഉൾപ്പെടുന്ന വർഗീകരണ വിഭാഗങ്ങളെ സൂചിപ്പിക്കുന്നു.

1.4 വർഗീകരണ ഉപാധികൾ (Taxonomical Aids)

വിവിധ സസ്യങ്ങളുടെയും ജന്തുക്കളുടെയും മറ്റ് ജീവജാലങ്ങളുടെയും വർഗീകരണശാസ്ത്ര പഠനങ്ങൾ കൃഷി, വനം, വ്യവസായം എന്നിവയുടെ വിപുലീകരണത്തിനു മാത്രമല്ല നമ്മുടെ ജൈവവിഭവങ്ങളെക്കുറിച്ചും അവയുടെ വൈവിധ്യത്തെക്കുറിച്ചും അറിയുന്നതിനും നമ്മെ സഹായിക്കും. ഈ പഠനങ്ങൾക്കെല്ലാം ജീവികളുടെ ശരിയായ വർഗീകരണവും തിരിച്ചറിയലും ആവശ്യമാണ്. ജീവികളുടെ തിരിച്ചറിയലിന് പരീക്ഷണശാല തലത്തിലും ഫീൽഡ് തലത്തിലുമുള്ള ഗൗരവമേറിയ പഠനങ്ങളും ആവശ്യമാണ്. സസ്യങ്ങളുടെയും മൃഗങ്ങളുടെയും താദൃശങ്ങൾ (Actual specimens) ഇതിന് അത്യാന്താപേക്ഷിതമാണ്. ഇതാണ് വർഗീകരണശാസ്ത്ര പഠനത്തിന്റെ മുഖ്യസ്രോതസ്സ്. ഈ സ്പെസിമനുകൾ വർഗീകരണശാസ്ത്ര പഠനത്തിന് അടിസ്ഥാനവും വർഗീകരണ പരിശീലനത്തിൽ അത്യന്താപേക്ഷിതവുമാണ്. ഇത് ഒരു ജീവിയുടെ വർഗീകരണത്തിന് ഉപയോഗിക്കുകയും ശേഖരിച്ച വിവരങ്ങൾ സ്പെസിമനോടൊപ്പം (Specimen) സൂക്ഷിക്കുകയും ചെയ്യുന്നു. ചിലപ്പോൾ ഭാവിപഠനങ്ങൾക്കായി ഇവയെ സംരക്ഷിക്കാറുമുണ്ട്.

വർഗീകരണശാസ്ത്രപഠനങ്ങളിൽ ലഭിച്ച വിവരങ്ങളും സ്പെസിമനുകളും സംരക്ഷിച്ചു സൂക്ഷിക്കുന്നതിന് ചില നടപടിക്രമങ്ങളും, സാങ്കേതിക വിദ്യകളും ശാസ്ത്രജ്ഞർ വികസിപ്പിച്ചിട്ടുണ്ട്. വർഗീകരണ ഉപാധികളുടെ ഉപയോഗം മനസ്സിലാക്കുന്നതിന് ഇവയിൽ ചിലത് താഴെ വിവരിക്കാം.

1.4.1 ഹെർബേറിയം (Herbarium)

സസ്യത്തെയോ, സസ്യഭാഗങ്ങളെയോ ശേഖരിച്ച്, ഉണക്കി, അമർത്തി പേപ്പർ ഷീറ്റുകളിൽ സൂക്ഷിക്കുന്ന സസ്യസ്പെസിമനുകളുടെ ഒരു സംഭരണശാലയാണ് ഹെർബേറിയം. സാർവത്രികമായി അംഗീകരിച്ചിട്ടുള്ള ഒരു വർഗീകരണ വ്യവസ്ഥ അനുസരിച്ചാണ് ഷീറ്റുകൾ ക്രമീകരിക്കുന്നത്. ഹെർബേറിയം ഷീറ്റിലെ വിവരണത്തോടൊപ്പമുള്ള സ്പെസിമനുകളും ഭാവിയിലെ ഉപയോഗത്തിനുള്ള ഒരു കലവറ അല്ലെങ്കിൽ സംഭരണശാലയായി മാറുന്നു (ചിത്രം 1.2).

ചിത്രം 1.2 ശേഖരിച്ച മാതൃകകൾ ഉൾക്കൊള്ളുന്ന ഹെർബേറിയം

ഇംഗ്ലീഷ്-പ്രാദേശിക നാമങ്ങൾ, ശാസ്ത്രനാമങ്ങൾ, സസ്യകുടുംബം, ശേഖരിച്ച യാളിന്റെ പേര്, ശേഖരിച്ച് സ്ഥലം, തീയതി എന്നീ വിവരങ്ങൾ ഓരോ ഹെർബേറിയം ഷീറ്റിലും സൂചകങ്ങളായി ഉൾക്കൊള്ളിച്ചിരിക്കുന്നു. വർഗീകരണശാസ്ത്രപഠനങ്ങളിൽ വളരെപ്പെട്ടെന്നുള്ള ഒരു പരിശോധനസംവിധാനമായി ഹെർബേറിയം ഉപയോഗപ്പെടുന്നു.

1.4.2 സസ്യ ഉദ്യാനങ്ങൾ (Botanical Gardens)

വർഗീകരണശാസ്ത്ര പഠനങ്ങൾക്കും ശേഖരണത്തിനുമായി സസ്യങ്ങളെ കൂട്ടമായി നട്ടുവളർത്തുന്ന ഒരു പ്രത്യേക ഉദ്യാനമാണ് സസ്യ ഉദ്യാനങ്ങൾ. ഈ ഉദ്യാനത്തിൽ, സസ്യങ്ങളെ തിരിച്ചറിയുന്നതിനായി ഓരോ സസ്യത്തിലും അതിന്റെ ശാസ്ത്രീയനാമവും, കുടുംബവും സൂചിപ്പിക്കുന്ന ഫലകങ്ങൾ ഉണ്ടാകും. ഇംഗ്ലണ്ടിലെ ക്യൂ ഗാർഡൻ (Kew), ഹൗറയിലെ ഇന്ത്യൻ ബൊട്ടാണിക്കൽ ഗാർഡൻ (ഇന്ത്യ), ലക്നൗവിലെ നാഷണൽ ബൊട്ടാണിക്കൽ റിസർച്ച് ഇൻസ്റ്റിറ്റ്യൂട്ട് (ഇന്ത്യ) തുടങ്ങിയവ പ്രശസ്തമായ സസ്യ ഉദ്യാനങ്ങളാണ്.

1.4.3 കാഴ്ചബംഗ്ലാവ് (Museum)

സ്കൂളുകൾ, കോളേജുകൾ തുടങ്ങിയ വിദ്യാഭ്യാസസ്ഥാപനങ്ങളിൽ സാധാരണയായി ബയോളജിക്കൽ മ്യൂസിയങ്ങൾ സ്ഥാപിച്ചിട്ടുണ്ടാകും. പഠനത്തിനും, വിവരശേഖരണത്തിനും വേണ്ടിയുള്ള സസ്യങ്ങളുടെയും ജന്തുക്കളുടെയും ശേഖരമാണ് മ്യൂസിയങ്ങൾ. സംഭരണികളിലോ സ്ഫടികക്കുപ്പികളിലോ സംരക്ഷിതലായനികളിൽ സ്പെസിമനുകൾ കേടുകൂടാതെ സൂക്ഷിച്ചിരിക്കുന്നു. സസ്യങ്ങളു

ടെയും ജന്തുക്കളുടെയും മാതൃകകൾ ഉണക്കിയും സൂക്ഷിക്കാം. ഷഡ്പദങ്ങളെ ശേഖരിച്ച്, മൃതാവസ്ഥയിലാക്കി പ്രത്യേകം തയാറാക്കിയ പെട്ടികളിൽ (Insect boxes) ശാസ്ത്രീയമായി പിൻചെയ്ത് (Pinning) സൂക്ഷിക്കുന്നു. സാധാരണയായി പക്ഷികൾ, സസ്തനികൾ പോലുള്ള വലിയ മൃഗങ്ങൾ എന്നിവയെ ഉണക്കി, ഉള്ളിൽ പഞ്ഞിപോലുള്ള വസ്തുക്കൾ നിറച്ച് (Stuffed) സൂക്ഷിക്കുന്നു. മ്യൂസിയത്തിൽ പലപ്പോഴും പല മൃഗങ്ങളുടെയും അസ്ഥികൂടങ്ങളുടെ ശേഖരവുമുണ്ടാകാറുണ്ട്.

1.4.4 മൃഗശാലകൾ (Zoological Parks)

മനുഷ്യപരിചരണത്തിനു കീഴിൽ സംരക്ഷിതമായ പരിസ്ഥിതികളിൽ വന്യജീവികളെ സൂക്ഷിച്ചിരിക്കുന്ന പ്രദേശങ്ങളാണ് മൃഗശാലകൾ. ഇവ ജന്തുക്കളുടെ ഭക്ഷണരീതിയും പെരുമാറ്റവുമെല്ലാം പഠിക്കാൻ സഹായിക്കുന്ന സ്ഥലങ്ങളാണ്. ഒരു മൃഗശാലയിലെ എല്ലാ മൃഗങ്ങൾക്കും അവയുടെ സ്വാഭാവിക ആവാസ വ്യവസ്ഥകൾക്ക് സമാനമായ അവസ്ഥകൾ ഒരുക്കിയിരിക്കും. മൃഗശാലകൾ സന്ദർശിക്കുന്നത് കുട്ടികൾക്ക് വളരെ ഇഷ്ടമാണ് (ചിത്രം 1.3).

ചിത്രം 1.3 ഇന്ത്യയിലെ വിവിധ മൃഗശാലകളിൽ സംരക്ഷിച്ചിരിക്കുന്ന മൃഗങ്ങളുടെ ചിത്രങ്ങൾ

1.4.5 വർഗീകരണ വഴികാട്ടി (Key)

സമാനതകളും വൈരുധ്യങ്ങളും അടിസ്ഥാനമാക്കി സസ്യങ്ങളെയും ജന്തുക്കളെയും തിരിച്ചറിയാൻ ഉപയോഗിക്കുന്ന മറ്റൊരു വർഗീകരണ ഉപാധിയാണ് വർഗീകരണ വഴികാട്ടി അഥവാ കീ. കപ്ലറ്റ് (Couplet)എന്ന് അറിയപ്പെടുന്ന ഒരു ജോഡി വൈരുധ്യസ്വഭാവങ്ങളെ അടിസ്ഥാനമാക്കിയുള്ളതാണ് കീ. ഇതിലെ ഓരോ സൂചകവും രണ്ട് തിരഞ്ഞെടുക്കൽ സാധ്യതകൾ ഉൾക്കൊള്ളുന്നവയാണ്. ഇതിൽ ഒന്നിനെ സ്വീകരിക്കുകയും മറ്റൊന്നിനെ തിരസ്കരിക്കുകയും ചെയ്യുന്നു. തിരിച്ചറിയേണ്ട ജീവിയുടെ സവിശേഷതകൾ തിരഞ്ഞെടുത്ത് ക്രമമായി മുന്നോട്ടു പോകുന്നതിലൂടെ ജീവിയെ തിരിച്ചറിയാനും തരംതിരിക്കാനും കഴിയുന്നു. ഇതിലെ ഓരോ പ്രസ്താവനയും മുന്നോട്ടുനയിക്കുന്നവ (Lead) ആണ്. ഫാമിലി, ജീനസ്, സ്പീഷീസ് തുടങ്ങിയ ഓരോ വർഗീകരണ വിഭാഗത്തിനും പ്രത്യേകം വർഗീകരണ വഴികാട്ടികൾ ഉണ്ട്. പൊതുവെ വിശകലന സ്വഭാവം ഉള്ളവയാണ് കീകൾ.

സസ്യജാലവിവരണം (Flora), ലഘുഗ്രന്ഥങ്ങൾ (Manuals), ഏക വിഷയപ്രബന്ധങ്ങൾ (Monograph), സൂചികകൾ (Catalogues) തുടങ്ങിയവ മറ്റു തരത്തിലുള്ള രേഖപ്പെടുത്തലുകൾ അടങ്ങിയ വർഗീകരണ ഉപാധികളാണ്. ഇവയെല്ലാം ശരിയായ തിരിച്ചറിയലിന് സഹായിക്കും. ഒരു പ്രദേശത്തെ സസ്യങ്ങളുടെ വ്യാപനവിവരവും ആവാസവ്യവസ്ഥയും സംബന്ധിച്ച യഥാർഥ വിവരണം സസ്യജാല വിവരണത്തിൽ അടങ്ങിയിരിക്കുന്നു. ഇത് ഒരു പ്രത്യേക പ്രദേശത്ത് കാണപ്പെടുന്ന സസ്യ ഇനങ്ങളുടെ സൂചന നൽകുന്നു. ഒരു പ്രദേശത്ത് കാണപ്പെടുന്ന ജീവികളുടെ പേരുകൾ തിരിച്ചറിയാൻ ലഘുഗ്രന്ഥങ്ങൾ അഥവാ മാനുവലുകൾ സഹായിക്കുന്നു. ഏക വിഷയപ്രബന്ധങ്ങളിൽ ഏതെങ്കിലും ഒരു ടാക്സോണിനെക്കുറിച്ചുള്ള പൂർണവിവരങ്ങൾ അടങ്ങിയിരിക്കുന്നു.

സംഗ്രഹം

ജീവലോകം വളരെ വൈവിധ്യമുള്ളതാണ്. ദശലക്ഷകണക്കിന് സസ്യങ്ങളെയും ജന്തുക്കളെയും തിരിച്ചറിയുകയും വിവരിക്കുകയും ചെയ്തിട്ടുണ്ട്. എങ്കിലും അനേകമെണ്ണം ഇപ്പോഴും അജ്ഞാതമായി തുടരുന്നു. വലുപ്പം, നിറം, ആവാസവ്യവസ്ഥ, ശരീരധർമം, ബാഹ്യരൂപം എന്നിവയിൽ വ്യത്യസ്ത നിലവാരത്തിൽ നിലകൊള്ളുന്ന ജീവജാലങ്ങളുടെ വൻനിര നമ്മെ ജീവനുള്ളവയുടെ സവിശേഷതകൾ നിർവചിക്കുവാൻ പ്രേരിപ്പിക്കുന്നു. ജൈവവൈവിധ്യങ്ങളെക്കുറിച്ചു പഠിക്കുന്നതിനായി ജീവികളെ തിരിച്ചറിയുന്നതിനും, നാമകരണം ചെയ്യുന്നതിനും, വർഗീകരിക്കുന്നതിനും ജീവശാസ്ത്രജ്ഞർ ചില നിയമങ്ങളും തത്വങ്ങളും രൂപപ്പെടുത്തിയിട്ടുണ്ട്. ഈ വിവരങ്ങൾ കൈകാര്യം ചെയ്യുന്ന അറിവിന്റെ ശാഖയെ വർഗീകരണശാസ്ത്രം (ടാക്സോണമി) എന്നു പറയുന്നു. പലതരത്തിലുള്ള സസ്യജന്തുജാതികളെക്കുറിച്ചുള്ള പഠനം, കൃഷി, വനവൽക്കരണം, വ്യവസായം എന്നിവയെ സഹായിക്കുന്നതോടൊപ്പം സസ്യങ്ങളുടെയും ജന്തുക്കളുടെയും വൈവിധ്യത്തെക്കുറിച്ചും പ്രകൃതിവിഭവങ്ങളെക്കുറിച്ചും അറിയുന്നതിന് ഉപകാരിക്കുന്നു. അന്താരാഷ്ട്ര മാർഗരേഖകളുടെ കീഴിൽ വർഗീകരണത്തിന്റെ അടിസ്ഥാനങ്ങളായ തിരിച്ചറിയൽ, നാമകരണം, തരംതിരിക്കൽ എന്നിവയെ സാർവത്രികമായി വികസിപ്പിക്കുന്നു. സാമ്യങ്ങളും വ്യത്യാസങ്ങളും അടിസ്ഥാനമാക്കി ഓരോ ജീവികളെയും തിരിച്ചറിയുകയും, അവയ്ക്ക് കൃത്യമായ ശാസ്ത്രീയ നാമം നൽകുകയും ചെയ്യുന്ന ദ്വിനാമപദ്ധതിയിൽ രണ്ട് നാമങ്ങൾ ഉൾക്കൊള്ളുന്നു. വർഗീകരണ സംവിധാനത്തിൽ ഒരു ജീവി ഒരു സ്ഥാനമോ, ഒരു പദവിയോ പ്രതിനിധീകരിക്കുന്നു. പൊതുവെ

വർഗീകരണ വിഭാഗങ്ങൾ അല്ലെങ്കിൽ ടാക്സ എന്നറിയപ്പെടുന്ന നിരവധി വിഭാഗങ്ങളുണ്ട്. എല്ലാ വർഗീകരണ വിഭാഗങ്ങളും ചേരുന്നതാണ് വർഗീകരണ ശ്രേണി.

ജീവജാലങ്ങളെ തിരിച്ചറിയുന്നതും പേരു നൽകുന്നതും വർഗീകരിക്കുന്നതും എളുപ്പമാക്കുന്നതിന് വർഗീകരണ ശാസ്ത്രജ്ഞർ വിവിധതരം വർഗീകരണ ഉപാധികൾ വികസിപ്പിച്ചിട്ടുണ്ട്. ഈ പഠനങ്ങളിൽ യഥാർഥ ജീവികളുടെ സ്പെസിമനുകൾ ശേഖരിക്കുകയും ഹെർബേറിയം, കാഴ്ചബംഗ്ലാവുകൾ, സസ്യ ഉദ്യാനങ്ങൾ, മൃഗശാലകൾ എന്നിവിടങ്ങളിൽ പുനപരിശോധനയ്ക്കും പഠനത്തിനുമായി സംരക്ഷിക്കുകയും ചെയ്യുന്നു. ഹെർബേറിയം, കാഴ്ചബംഗ്ലാവ് എന്നിവിടങ്ങളിൽ സ്പെസിമനുകളെ ശേഖരിക്കുന്നതിനും സൂക്ഷിക്കുന്നതിനും പ്രത്യേക സാങ്കേതികവിദ്യകൾ ആവശ്യമാണ്. മൃഗശാലകളിലും സസ്യ ഉദ്യാനങ്ങളിലും സസ്യങ്ങളുടെയും, ജന്തുക്കളുടെയും ജീവനുള്ള സ്പെസിമനുകളാണ് സൂക്ഷിക്കുന്നത്. വർഗീകരണ ശാസ്ത്രജ്ഞർ കൂടുതൽ വർഗീകരണ പഠനത്തിനായി വിവരങ്ങൾ ലഘുഗ്രന്ഥങ്ങളിലൂടെയും ഏകവിഷയ പ്രബന്ധങ്ങളിലൂടെയും തയാറാക്കി വിതരണം ചെയ്യുന്നു. സവിശേഷതകളെ അടിസ്ഥാനമാക്കി ജീവികളെ തിരിച്ചറിയാൻ സഹായിക്കുന്ന ഉപകരണങ്ങളാണ് വർഗീകരണ വഴികാട്ടികൾ.

പരിശീലന പ്രവർത്തനങ്ങൾ

1. ജീവജാലങ്ങളെ വർഗീകരിക്കുന്നത് എന്തിനുവേണ്ടിയാണ്?
2. വർഗീകരണ സംവിധാനം എപ്പോഴും മാറിക്കൊണ്ടിരിക്കുന്നത് എന്തുകൊണ്ടാണ്?
3. നിങ്ങൾ പലപ്പോഴും കണ്ടുമുട്ടുന്ന ആളുകളെ തരംതിരിക്കാൻ എന്ത് വ്യത്യസ്ത മാനദണ്ഡങ്ങൾ തിരഞ്ഞെടുക്കും?
4. ജീവികളെയും, ജീവിഗണങ്ങളെയും തിരിച്ചറിയുന്നതിലൂടെ നമ്മൾ എന്താണ് പഠിക്കുന്നത്?
5. മാവിന്റെ ശാസ്ത്രീയനാമം താഴെ തന്നിരിക്കുന്നു. ഇതിൽ ശരിയായ രീതിയിൽ എഴുതിയത് ഏത്?

   Mangifera Indica

   Mangifera indica
6. ടാക്സോൺ എന്തെന്ന് നിർവചിക്കുക? വിവിധ വർഗീകരണ സ്ഥാനശ്രേണിയിലുള്ള ടാക്സയ്ക്ക് ഉദാഹരണങ്ങൾ നൽകുക?
7. വർഗീകരണ വിഭാഗങ്ങളുടെ ശരിയായ ശ്രേണി കണ്ടെത്തുക?

   എ) സ്പീഷീസ് → ഓർഡർ → ഫൈലം → കിങ്ഡം

   ബി) ജീനസ് → സ്പീഷീസ് → ഓർഡർ → കിങ്ഡം

   സി) സ്പീഷീസ് → ജീനസ് → ഓർഡർ → ഫൈലം
8. സ്പീഷീസ് എന്ന വാക്കിന് നിലവിൽ അംഗീകരിക്കപ്പെട്ടിട്ടുള്ള അർഥങ്ങൾ ശേഖരിക്കാൻ ശ്രമിക്കുക. സ്പീഷീസിന്റെ അർഥം ഉയർന്ന ജന്തുക്കളെയും സസ്യങ്ങളെയും സംബന്ധിച്ചുള്ളതും ബാക്ടീരിയകളെ സംബന്ധിച്ചുള്ളതും എന്നിവ അധ്യാപകരുമായി ചേർന്ന് ചർച്ച ചെയ്യുക:
9. താഴെ തന്നിരിക്കുന്നവ നിർവചിക്കുകയും മനസ്സിലാക്കുകയും ചെയ്യുക:

   (i) ഫൈലം (ii) ക്ലാസ് (iii) ഫാമിലി (iv) ഓർഡർ (v) ജീനസ്
10. ജീവികളുടെ തിരിച്ചറിയലിനും, വർഗീകരണത്തിനും വർഗീകരണ വഴികാട്ടി/'കീ' എങ്ങനെ സഹായകമാകും?
11. ഏതെങ്കിലുമൊരു സസ്യത്തിന്റെയും ജന്തുവിന്റെയും അനുയോജ്യമായ ഉദാഹരണങ്ങളിലൂടെ വർഗീകരണസ്ഥാന ശ്രേണി ചിത്രീകരിക്കുക.

C2L9X6

അധ്യായം 2

വർഗീകരണം- ജീവികളിൽ

(Biological Classification)

2.1 കിങ്ഡം മൊനീറ
2.2 കിങ്ഡം പ്രോട്ടിസ്റ്റ
2.3 കിങ്ഡം ഫൻജൈ
2.4 കിങ്ഡം പ്ലാന്റേ
2.5 കിങ്ഡം അനിമേലിയ
2.6 വൈറസ്, വൈറോയിഡുകൾ, ലൈക്കൺ

ജീവജാലങ്ങളെ വർഗീകരിക്കുന്നതിന് സംസ്ക്കാരങ്ങളുടെ തുടക്കത്തിൽ തന്നെ ധാരാളം ശ്രമങ്ങൾ നടന്നിരുന്നു. ശാസ്ത്രീയമായ മാനദണ്ഡങ്ങൾക്കനുസരിച്ചല്ല, മറിച്ച് ഭക്ഷണം, പാർപ്പിടം, വസ്ത്രം എന്നീ പ്രാഥമികമായ ആവശ്യങ്ങൾക്ക് ജീവികളെ ഉപയോഗിക്കുന്നതിനു വേണ്ടിയായിരുന്നു വർഗീകരണം നടത്തിയിരുന്നത്.വർഗീകരണത്തിന് ഒരു ശാസ്ത്രീയ അടിത്തറ നൽകുവാനുള്ള ആദ്യ ശ്രമം നടത്തിയത് അരിസ്റ്റോട്ടിൽ ആയിരുന്നു. ലഘു ബാഹ്യഘടനാ പ്രത്യേകതകളനുസരിച്ച് സസ്യങ്ങളെ ഓഷധികൾ (Herbs), കുറ്റിച്ചെടികൾ (Shrubs), മരങ്ങൾ എന്നിങ്ങനെ മൂന്നായും ജന്തുക്കളെ ചുവന്ന രക്തമുള്ളവ, ചുവന്ന രക്തമില്ലാത്തവ എന്നിങ്ങനെ രണ്ടായും അദ്ദേഹം തരംതിരിച്ചു.

ലിനേയസിന്റെ കാലഘട്ടത്തിൽ, എല്ലാ സസ്യങ്ങളെയും ഉൾപ്പെടുത്തി **പ്ലാന്റേ** എന്നും ജന്തുക്കളെ ഉൾപ്പെടുത്തി **അനിമേലിയ** എന്നുമുള്ള **രണ്ടു കിങ്ഡം** വർഗീകരണ രീതി വികസിപ്പിച്ചു. ഈ രീതിയിൽ ജീവികളെ യൂക്കാരിയോട്ട്-പ്രോക്കാരിയോട്ട് ജീവികൾ, ഏകകോശ-ബഹുകോശജീവികൾ, പ്രകാശസംശ്ലേഷണശേഷിയുള്ളവ (ഹരിത ആൽഗകൾ)- ഇല്ലാത്തവ (ഫംഗസുകൾ) എന്നിങ്ങനെ വേർതിരിച്ചിരുന്നില്ല. ജീവികളെ സസ്യങ്ങൾ, ജന്തുക്കൾ എന്ന് വർഗീകരിക്കാനും മനസ്സിലാക്കനും എളുപ്പമായിരുന്നുവെങ്കിലും ധാരാളം ജീവികൾ ഈ രണ്ടു വിഭാഗത്തിലും ഉൾപ്പെടാതെ നിന്നിരുന്നു. അതിനാൽ വളരെക്കാലമായി ഉപയോഗിച്ചു വന്നിരുന്ന രണ്ടു കിങ്ഡം വർഗീകരണം അപര്യാപ്തമാണെന്ന് കണ്ടു. മാത്രമല്ല മൊത്തം ബാഹ്യഘടനയ്ക്ക് പുറമേ കോശഘടന, കോശഭിത്തിയുടെ പ്രകൃതം, പോഷണരീതി, ആവാസം, പ്രത്യുൽപ്പാദന രീതി, പരിണാമബന്ധങ്ങൾ എന്നിവ കൂടി വർഗീകരണത്തിന് ഉപയോഗിക്കണമെന്ന ആവശ്യകതയുമുണ്ടായി. അതിനാൽ ജീവജാലങ്ങളുടെ വർഗീകരണ രീതികളിൽ കാലാനുസൃതമായി മാറ്റങ്ങൾ ഉണ്ടായിട്ടുണ്ട്. വ്യത്യസ്തമായ എല്ലാ വർഗീകരണ രീതിയിലും സസ്യലോകവും ജന്തുലോകവും മാറ്റമില്ലാതെ നിൽക്കുന്നു. എങ്കിലും

പട്ടിക 2.1 അഞ്ച് കിങ്ഡം വർഗീകരണത്തിന്റെ സവിശേഷതകൾ

സ്വഭാവങ്ങൾ	അഞ്ച് കിങ്ഡങ്ങൾ				
	മൊനീറ	പ്രോട്ടിസ്റ്റ	ഫൻജൈ	പ്ലാന്റേ	അനിമേലിയ
കോശവിഭാഗം	പ്രോക്കാരിയോട്ട്	യൂക്കാരിയോട്ട്	യൂക്കാരിയോട്ട്	യൂക്കാരിയോട്ട്	യൂക്കാരിയോട്ട്
കോശഭിത്തി	സെല്ലുല്ലോസ് നിർമിതമല്ല (പോളി സാക്കറൈഡ് + അമിനോ അമ്ലം)	ചിലതിൽ കാണപ്പെടുന്നു	കാണപ്പെടുന്നു (സെല്ലുലോസ് ഇല്ലാതെ) കൈറ്റിൻ ഉണ്ട്.	കാണപ്പെടുന്നു (സെല്ലുലോസ്)	ഇല്ല
മർമസ്തരം	ഇല്ല	ഉണ്ട്	ഉണ്ട്	ഉണ്ട്	ഉണ്ട്
ശരീര രൂപീകരണം	ഏകകോശം	ഏകകോശം	ബഹുകോശം/ A b ª l e ł Ä	കലകൾ/അവയവം	കലകൾ/അവയവം/അവയവവ്യൂഹം
പോഷണ രീതി	സ്വപോഷികളും (രാസസംശ്ലേഷണം, പ്രകാശസംശ്ലേഷണം) പരപോഷികളും (ശവോപജീവികൾ/പരാദങ്ങൾ)	സ്വപോഷികളും (പ്രകാശസംശ്ലേഷണം) പരപോഷികളും	] c‡] mj ł Ä (i t h mj P oh n l Ä/] cnZ§ Ä)	സ്വപോഷികൾ (പ്രകാശസംശ്ലേഷണം)	പരപോഷികൾ (ജന്തുപോഷണം/ശവോപജീവികൾ തുടങ്ങിയവ)

ഏതൊക്കെ ജീവികൾ/വിഭാഗങ്ങൾ ഇവ ഓരോന്നിലും ഉൾപ്പെടുന്നു എന്നത് ഓരോ രീതിയിലും വ്യത്യസ്തമാണ്. കാലാകാലങ്ങളായി കിങ്ഡങ്ങളുടെ എണ്ണവും സ്വഭാവസവിശേഷതകളും വ്യത്യസ്ത ശാസ്ത്രജ്ഞർ വ്യത്യസ്ത രീതിയിൽ മനസ്സിലാക്കി വരുന്നു.

ആർ.എച്ച്.വിറ്റാക്കർ (R.H.Whittaker) 1969ൽ **അഞ്ച് കിങ്ഡം വർഗീകരണം** ആവിഷ്കരിച്ചു. **മൊനീറ, പ്രോട്ടിസ്റ്റ, ഫൻജൈ, പ്ലാന്റേ, അനിമേലിയ** എന്നിങ്ങനെ അഞ്ച് കിങ്ഡങ്ങളായി അദ്ദേഹം ജീവികളെ തരംതിരിച്ചു. കോശഘടന, ശരീരഘടന നിർമാണം, പോഷണരീതി, പ്രത്യുൽപ്പാദനം, പരിണാമബന്ധങ്ങൾ (Phylogenetic relationships) എന്നിവയായിരുന്നു വർഗീകരണത്തിനായി അദ്ദേഹം ഉപയോഗിച്ച പ്രധാന മാനദണ്ഡങ്ങൾ. പട്ടിക 2.1 ൽ അഞ്ച് കിങ്ഡങ്ങളുടെയും വിവിധ സവിശേഷതകളുടെ താരതമ്യം നൽകിയിരിക്കുന്നു.

കിങ്ഡം മൊനീറയെ വിഭജിച്ച് രണ്ടു ഡൊമയ്നുകളായും (Domain) ബാക്കിയുള്ള യൂക്കാരിയോട്ടിക് കിങ്ഡങ്ങളെ മൂന്നാമത്തെ ഡൊമയ്നായും തരംതിരിച്ച് കൊണ്ട് നിർദേശിക്കപ്പെട്ട മൂന്നു ഡൊമയ്ൻ സമ്പ്രദായത്തിലൂടെ ആറ് കിങ്ഡം വർഗീകരണം രൂപപ്പെട്ടു. ഈ രീതിയെക്കുറിച്ച് ഉയർന്ന ക്ലാസുകളിൽ നിങ്ങൾ വിശദമായി പഠിക്കും.

വർഗീകരണ സമ്പ്രദായത്തെ സ്വാധീനിച്ച പ്രശ്നങ്ങളും പരിഗണിച്ച വസ്തുതകളും മനസ്സിലാക്കുന്നതിനായി അഞ്ച് കിങ്ഡം വർഗീകരണത്തെ കുറിച്ച് നമുക്ക് ചർച്ച ചെയ്യാം. ബാക്ടീരിയ, നീല-ഹരിത ആൽഗകൾ, ഫംഗസുകൾ, മോസ്സുകൾ, ഫേണുകൾ (പന്നൽച്ചെടികൾ), അനാവൃതബീജസസ്യങ്ങൾ, ആവൃത ബീജസസ്യങ്ങൾ എന്നിവയെ 'സസ്യ'ലോകത്തിലാണ് (പ്ലാന്റേ) നേരത്തെയുള്ള വർഗീകരണ രീതികളിൽ ഉൾപ്പെടുത്തിയിരുന്നത്. ഇവയുടെയെല്ലാം കോശത്തിന് കോശഭിത്തിയുണ്ട് എന്നതായിരുന്നു ഇവ ഏകീകരിക്കപ്പെടുന്നതിനുള്ള കാരണം. മറ്റ് സ്വഭാവസവിശേഷതകളിൽ വളരെയേറെ വ്യത്യസ്തത പുലർത്തിയിരുന്ന ജീവികളെല്ലാം കോശഭിത്തിയുള്ളതിനാൽ സസ്യലോകത്തിലുൾപ്പെട്ടു. പ്രോക്കാരിയോട്ട് ജീവികളായ ബാക്ടീരിയ, നീല-ഹരിത ആൽഗകൾ (സയനോബാക്ടീരിയകൾ) എന്നിവ യൂക്കാരിയോട്ട് ജീവികളോടൊപ്പം ചേർക്കപ്പെട്ടു. ഏകകോശജീവികളും ബഹുകോശജീവികളും തമ്മിൽ വേർതിരിവുണ്ടായില്ല. ഉദാ: *ക്ലാമിഡോമോണസ് (Chlamydomonas)*, *സ്പൈറോഗൈറ (Spirogyra)* എന്നിവ ആൽഗവിഭാഗത്തിൽ ഉൾപ്പെട്ടു. പരപോഷികളായ കൈറ്റിൻ നിർമിത കോശഭിത്തി ഉള്ള ഫംഗസുകളെയും, സ്വപോഷികളായ സെല്ലുലോസ് നിർമിത കോശഭിത്തിയുള്ള സസ്യങ്ങളെയും ഒരേ വിഭാഗത്തിലായിരുന്നു ഉൾപ്പെടുത്തിയിരുന്നത്. ഈ സവിശേഷതകൾ കണക്കിലെടുത്തപ്പോൾ ഫംഗസുകൾ ഒരു പ്രത്യേക കിങ്ഡമായി തരംതിരിക്കപ്പെട്ടു-കിങ്ഡം ഫൻജൈ. പ്രോക്കാരിയോട്ടിക് ജീവികളെല്ലാം കിങ്ഡം മൊനീറയിലും, ഏകകോശ യൂക്കാരിയോട്ടിക് ജീവികൾ പ്രോട്ടിസ്റ്റയിലും തരംതിരിക്കപ്പെട്ടു. *ക്ലാമിഡോമോണസ്*, *ക്ലോറല്ല* (നേരത്തെയുള്ള വർഗീകരണത്തിൽ, കോശഭിത്തിയുള്ളതിനാൽ പ്ലാന്റേയിലെ ആൽഗവിഭാഗത്തിലുൾപ്പെട്ടിരുന്നവ) എന്നിവ *പാരമീസിയം*, *അമീബ* (കോശഭിത്തിയില്ലാത്തതിനാൽ അനിമേലിയ കിങ്ഡത്തിലുൾപ്പെട്ടിരുന്നവ) തുടങ്ങിയവയോടൊപ്പം കിങ്ഡം പ്രോട്ടിസ്റ്റയിലെ അംഗങ്ങളായി. നേരത്തെയുള്ള വർഗീകരണ രീതിയിൽ വ്യത്യസ്ത കിങ്ഡങ്ങളിലായിരുന്ന ജീവികൾ ഒരേ വിഭാഗത്തിൽ വന്നു. വർഗീകരണത്തിന്റെ മാനദണ്ഡങ്ങൾ മാറിയതാണ് ഇതിനു കാരണം. സ്വഭാവസവിശേഷതകളെക്കുറിച്ചും പരിണാമബന്ധങ്ങളെക്കുറിച്ചും കൂടുതൽ മനസ്സിലാക്കുന്നതിനനുസരിച്ച് ഭാവിയിലും വർഗീകരണരീതിയിൽ മാറ്റങ്ങൾ സംഭവിക്കും. ബാഹ്യഘടനാപരവും, ശരീരധർമപരവും, പ്രത്യുൽപ്പാദനപരവുമായ സമാനതകൾക്കു പുറമേ പരിണാമബന്ധങ്ങളെ അടിസ്ഥാനമാക്കിയുള്ള വർഗീകരണ രീതികളും കാലാനുസൃതമായി നടപ്പിലാക്കാൻ ശ്രമങ്ങൾ നടക്കുന്നു.

വിറ്റാക്കറുടെ വർഗീകരണരീതിയിലെ കിങ്ഡം മൊനീറ, പ്രോട്ടിസ്റ്റ, ഫൻജൈ എന്നിവയുടെ സ്വഭാവസവിശേഷതകളെക്കുറിച്ച് ഈ അധ്യായത്തിൽ നമുക്ക് പഠിക്കാം. സസ്യലോകമെന്ന കിങ്ഡം പ്ലാന്റേ, ജന്തുലോകമെന്ന കിങ്ഡം അനിമേലിയ എന്നിവയെക്കുറിച്ച് അധ്യായം 3 ലും 4 ലും പ്രതിപാദിക്കുന്നു.

2.1 കിങ്ഡം മൊനീറ (Kingdom Monera)

ബാക്ടീരിയകളാണ് കിങ്ഡം മൊനീറയിലെ അംഗങ്ങൾ. ഏറ്റവും കൂടുതലായി കാണുന്ന സൂക്ഷ്മജീവികളാണവ. ബാക്ടീരിയകളെ മിക്കവാറും എല്ലായിടത്തും കാണാം. ഒരുപിടി മണ്ണിൽ നൂറുകണക്കിന് ബാക്ടീരിയകളെ കാണാൻ സാധി

ചിത്രം2.1 വിവിധ ആകൃതിയിലുള്ള ബാക്ടീരിയകൾ

ക്കും. അതി കഠിനമായ ആവാസങ്ങളായ ചൂട് നീരുറവ (Hot springs), മരുഭൂമികൾ, മഞ്ഞ്, ആഴക്കടൽ തുടങ്ങി ജീവസാന്നിധ്യം വളരെ കുറവായ സാഹചര്യങ്ങളിലും അവ കാണപ്പെടുന്നു. മിക്ക ബാക്ടീരിയകളും ജീവികൾക്കുള്ളിലോ പുറത്തോ പരാദങ്ങളായി ജീവിക്കുന്നു.

ബാക്ടീരിയകളെ അവയുടെ ആകൃതിക്കനുസരിച്ച് നാലു വിഭാഗങ്ങളായി തരംതിരിച്ചിരിക്കുന്നു. ഗോളാകൃതിയിലുള്ളവ (കോക്കസ്-*Coccus*), ദണ്ഡിന്റെ ആകൃതിയിലുള്ളവ (ബാസില്ലസ്-*Bacillus*), കോമയുടെ ആകൃതിയിലുള്ളവ (വിബ്രിയം-*Vibrium*), സർപ്പിളാകൃതിയിലുള്ളവ (സ്പൈറില്ലം - *Spirillum*) (ചിത്രം 2.1).

ലഘുകോശഘടന ഉള്ളവയാണെങ്കിലും ബാക്ടീരിയകൾ സ്വഭാവത്തിൽ സങ്കീർണത കാണിക്കുന്നു. മറ്റു ജീവികളെ അപേക്ഷിച്ച്, ബാക്ടീരിയകൾ ഒരു വിഭാഗം എന്ന നിലയിൽ ഉപാപചയ പ്രവർത്തനങ്ങളിൽ വളരെയേറെ വൈവിധ്യം പുലർത്തുന്നു. ചില ബാക്ടീരിയകൾ സ്വപോഷികളാണ്, അതായത് അവ അകാർബണിക അഭികാരകങ്ങളുപയോഗിച്ച് സ്വന്തമായി ആഹാരം നിർമിക്കുന്നു. അവ പ്രകാശസംശ്ലേഷണ സ്വപോഷികളോ, രാസസംശ്ലേഷണ സ്വപോഷികളോ ആകാം. ബഹുഭൂരിപക്ഷം ബാക്ടീരിയകളും പരപോഷികളാണ്, അതായത് അവ സ്വയം ആഹാരം നിർമിക്കുന്നില്ല പകരം മറ്റ് ജീവികളെയോ മൃതവസ്തുക്കളെയോ ഭക്ഷണത്തിനായി ആശ്രയിക്കുന്നു.

2.1.1 ആർക്കിബാക്ടീരിയ (Archaebacteria)

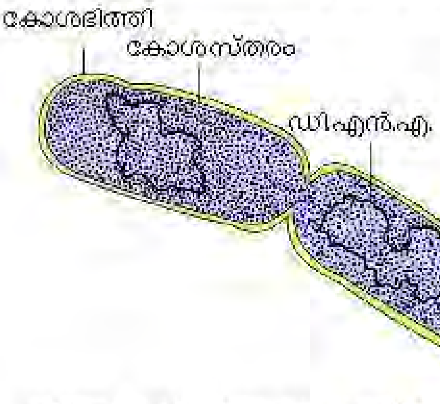
കഠിനമായ ആവാസങ്ങളായ ഉപ്പുരസം കൂടുതലുള്ള സ്ഥലങ്ങൾ (ഹാലോഫൈലുകൾ), ചൂടു നീരുറവകൾ (തെർമോഅസിഡോഫൈലുകൾ), ചതുപ്പു നിലങ്ങൾ (മെതനോജനുകൾ) എന്നിവിടങ്ങളിൽ കാണുന്ന പ്രത്യേക തരം ബാക്ടീരിയകളാണിവ. അതികഠിന സാഹചര്യങ്ങളെ അതിജീവിക്കാൻ സഹായിക്കുന്ന കോശഭിത്തിയുടെ പ്രത്യേക ഘടനയാണ് ആർക്കിബാക്ടീരിയകളെ മറ്റു ബാക്ടീരിയകളിൽ നിന്ന് വ്യത്യസ്തരാക്കുന്നത്. പശു, എരുമ മുതലായ അയവിറക്കുന്ന ജീവികളുടെ (Ruminants) അന്നപഥത്തിൽ ഇവ കാണപ്പെടുന്നു. അത്തരം ജീവികളുടെ ചാണകത്തിൽ നിന്ന് മീഥേൻ (ബയോഗ്യാസ്) ഉണ്ടാകുന്നതിന് കാരണം ഈ ബാക്ടീരിയകളാണ്.

ചിത്രം 2.2 തന്തുക്കളുടെ രൂപത്തിലുള്ള ഒരു നീല-ഹരിത ആൽഗ- *നോസ്റ്റോക്ക് (Nostoc)*

2.1.2 യൂബാക്ടീരിയ (Eubacteria)

വ്യത്യസ്തങ്ങളായ ആയിരക്കണക്കിന് **യൂബാക്ടീരിയകൾ** അഥവാ 'യഥാർഥ ബാക്ടീരിയകൾ' പ്രകൃതിയിലുണ്ട്. ഉറപ്പുള്ള കോശഭിത്തി, ചലിക്കുന്നവയാണെങ്കിൽ ഫ്ളജെല്ലയുടെ സാന്നിധ്യം എന്നിവയാണ് ഇവയുടെ സവിശേഷതകൾ. **സയനോബാക്ടീരിയ**കൾക്ക് (നീല-ഹരിത ആൽഗകളെന്നും അറിയപ്പെടുന്നവ) ഹരിത സസ്യങ്ങളിലേതുപോലെയുള്ള ഹരിതകം a ഉള്ളതിനാൽ ഇവ **പ്രകാശസംശ്ലേഷണ ശേഷിയുള്ള സ്വപോഷികളാണ്** (Photosynthetic autotrophs) (ചിത്രം 2.2). ഇവ ഏകകോശങ്ങളായോ കോളനിയായോ തന്തുക്കളുടെ രൂപത്തിലോ ശുദ്ധജലത്തിൽ/സമുദ്രജലത്തിൽ അല്ലെങ്കിൽ കരയിൽ കാണപ്പെടുന്ന ആൽഗകളാണ്. ജലാറ്റിൻ ആവരണത്താൽ കോളനികൾ ആവരണം ചെയ്ത് കാണപ്പെടുന്നു. മലിനജലസ്രോതസ്സുകളിൽ ഇവയുടെ എണ്ണം വളരെപ്പെട്ടെന്ന് പെരുകുന്നു (Blooms). ഇവയിൽ ചിലതിന് **ഹെറ്ററോസിസ്റ്റ്** (Heterocyst) എന്നറിയപ്പെടുന്ന പ്രത്യേകതരം കോശങ്ങളിൽ അന്തരീക്ഷ നൈട്രജനെ സ്ഥിരീകരിക്കുവാൻ കഴിയും. ഉദാ. *നോസ്റ്റോക്ക്(Nostoc), അനബീന (Anabaena)*. ATP നിർമാണത്തിനായി നൈട്രേറ്റ്, നൈട്രൈറ്റ്, അമോണിയ മുതലായ അകാർബണിക പദാർഥങ്ങളെ ഓക്സീകരിച്ച്, അവയിൽ നിന്നുള്ള ഊർജം ഉപയോഗിക്കുന്ന ബാക്ടീരിയകളാണ് **രാസസംശ്ലേഷണശേഷിയുള്ള സ്വപോഷികൾ (Chemosynthetic autotrophs)**. നൈട്രജൻ, ഫോസ്ഫറസ്, ഇരുമ്പ്, സൾഫർ തുടങ്ങിയ പോഷകങ്ങളുടെ പുനചംക്രമണം നടത്തുന്നതിൽ ഇവ വളരെ വലിയ പങ്ക് വഹിക്കുന്നു.

പരപോഷി ബാക്ടീരിയകളാണ് (Heterotrophic bacteria) പ്രകൃതിയിലധികവും. ഇവയിൽ ഭൂരിഭാഗവും വിഘാടകരാണ്. മനുഷ്യജീവിതത്തിൽ ബാക്ടീരിയകൾ വലിയ സ്വാധീനം ചെലുത്തുന്നു. പാലിൽ നിന്നുള്ള തൈരുൽപ്പാദനം, ആന്റിബയോട്ടിക്കുകളുടെ നിർമാണം, പയർ ചെടികളുടെ വേരുകളിലെ നൈട്രജൻ സ്ഥിരീകരണം തുടങ്ങിയ പ്രവർത്തനങ്ങളെ ബാക്ടീരിയകൾ സഹായിക്കുന്നു. മനുഷ്യർ, വിളകൾ, കാലികൾ, വളർത്തുമൃഗങ്ങൾ എന്നിവയ്ക്ക് ചില ബാക്ടീരിയകൾ അസുഖങ്ങളുണ്ടാക്കുന്നു. കോളറ, ടൈഫോയിഡ്, ടെറ്റനസ്, സിട്രസ് ക്യാങ്കർ (Citrus canker) എന്നിവ വ്യത്യസ്ത ബാക്ടീരിയകൾ ഉണ്ടാക്കുന്ന രോഗങ്ങളാണ്.



ചിത്രം 2.3 വിഭജിക്കുന്ന ബാക്ടീരിയകോശം

ബാക്ടീരിയ പ്രധാനമായും വിഭജനത്തിലൂടെയാണ് (Fission) പ്രത്യുൽപ്പാദനം നടത്തുന്നത് (ചിത്രം 2.3). ചില പ്രതികൂല സാഹചര്യങ്ങളിൽ അവ രേണുക്കൾ (Spores) ഉൽപ്പാദിപ്പിക്കുന്നു. ഒരു കോശത്തിൽ നിന്ന് മറ്റൊന്നിലേക്ക് ജനിതക വസ്തു (ഡി.എൻ.എ) കൈമാറ്റം നടത്തുന്ന പ്രാകൃത രീതിയിലുള്ള ഒരുതരം ലൈംഗിക പ്രത്യുൽപ്പാദനവും ചില ബാക്ടീരിയകളിൽ കണ്ടുവരുന്നു.

പൂർണമായും കോശഭിത്തിയില്ലാത്ത ജീവികളാണ് **മൈക്കോപ്ലാസ്മകൾ** (Mycoplasma). അറിയപ്പെടുന്ന ജീവകോശങ്ങളിൽ വച്ച് ഏറ്റവും ചെറിയ ജീവികളായ ഇവ ഓക്സിജന്റെ അഭാവത്തിലും ജീവിക്കുന്നു. മിക്കവാറും എല്ലാ മൈക്കോപ്ലാസ്മകളും ജന്തുക്കളിലും സസ്യങ്ങളിലും അസുഖങ്ങളുണ്ടാക്കുന്നവയാണ്.

2.2 കിങ്ഡം പ്രോട്ടിസ്റ്റ (Kingdom Protista)

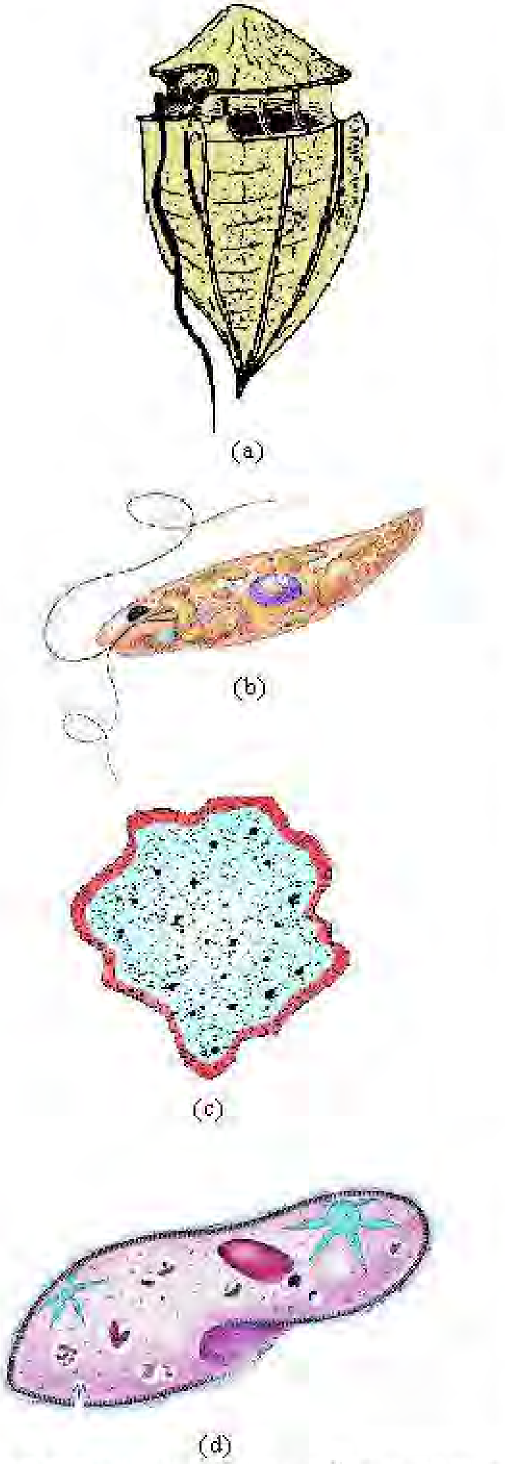
യൂക്കാരിയോട്ടുകളായ എല്ലാ ഏകകോശ ജീവികളെയും **പ്രോട്ടിസ്റ്റ** വിഭാഗത്തിൽ ഉൾപ്പെടുത്തിയിട്ടുണ്ടെങ്കിലും ഈ കിങ്ഡത്തിന്റെ അതിർവരമ്പുകൾ വ്യക്തമല്ല. ഒരു ജീവശാസ്ത്രജ്ഞൻ 'പ്രകാശസംശ്ലേഷണ ശേഷിയുള്ള ഒരു പ്രോട്ടിസ്റ്റ' എന്ന് കരുതിയത് മറ്റൊരാൾക്ക് 'ഒരു സസ്യം' ആകാം. ഈ പുസ്തകത്തിൽ ക്രൈസോഫൈറ്റുകൾ, ഡൈനോഫ്ളജല്ലേറ്റുകൾ, യൂഗ്ലിനോയിഡുകൾ, സ്ലൈം മോൾഡുകൾ, പ്രോട്ടോസോവകൾ എന്നിവയെ പ്രോട്ടിസ്റ്റ കിങ്ഡത്തിലുൾപ്പെടുത്തിയിരിക്കുന്നു. പ്രോട്ടിസ്റ്റ അംഗങ്ങൾ പ്രധാനമായും ജലത്തിൽ ജീവിക്കുന്നവയാണ്. സസ്യങ്ങൾ, ജന്തുക്കൾ, ഫംജൈ എന്നീ കിങ്ഡങ്ങളിൽ ഉൾപ്പെടുന്ന ജീവികളെ ബന്ധിപ്പിക്കുന്ന കണ്ണിയായി ഈ കിങ്ഡം നിലനിൽക്കുന്നു. യൂക്കാരിയോട്ടുകളായതിനാൽ പ്രോട്ടിസ്റ്റയുടെ കോശങ്ങൾക്ക്, വ്യക്തമായ മർമവും, സ്തരത്താൽ പൊതിഞ്ഞ മറ്റ് കോശാംഗങ്ങളുമുണ്ട്. ചിലതിന് ഫ്ളജല്ലയോ സീലിയയോ കാണുന്നു. പ്രോട്ടിസ്റ്റകൾ അലൈംഗിക രീതിയിലൂടെയോ കോശസംയോജനവും സിക്താണ്ഡ രൂപീകരണവും ഉൾപ്പെടുന്ന ലൈംഗിക രീതിയിലൂടെയോ പ്രത്യുൽപ്പാദനം നടത്തുന്നു.

2.2.1 ക്രൈസോഫൈറ്റുകൾ (Chrysophytes)

ഡയാറ്റമുകളും സുവർണ ആൽഗകളും (ഡെസ്മിഡുകൾ- Desmids) ഈ വിഭാഗത്തിലുൾപ്പെടുന്നു. ഇവ ശുദ്ധജലത്തിലും സമുദ്രജലത്തിലും കാണപ്പെടുന്നു. സൂക്ഷ്മജീവികളായ ഇവ ജലതരംഗങ്ങളോടൊപ്പം നിഷ്ക്രിയമായി നീങ്ങുന്ന പ്ലവകങ്ങളാണ് (Planktons). സോപ്പുപെട്ടിയും അടപ്പും തമ്മിൽ ചേർന്നിരിക്കുന്നതുപോലെ ഒന്നിനു മുകളിൽ ഒന്നായി കാണുന്ന രണ്ട് നേർത്ത തോടുകൾ ചേർന്നതാണ് ഡയാറ്റമുകളുടെ കോശഭിത്തി. സിലിക്ക നിർമിതമായതിനാൽ കോശഭിത്തി നശിക്കാത്തവയാണ്. അതിനാൽ, ഡയാറ്റമുകളുടെ ആവാസത്തിൽ ഇവയുടെ കോശഭിത്തികൾ വൻതോതിൽ അടിഞ്ഞു കൂടുന്നു. ശതകോടി വർഷങ്ങളോളം ഇങ്ങനെ ശേഖരിക്കപ്പെടുന്ന കോശഭിത്തി ഭാഗങ്ങൾ 'ഡയാറ്റമിക മണ്ണ്' (Diatomaceous earth) എന്നറിയപ്പെടുന്നു. തരികളുള്ളതിനാൽ ഈ മണ്ണ് പോളിഷ് ചെയ്യുന്നതിനും എണ്ണ, സിറപ്പ് എന്നിവ ശുദ്ധീകരിക്കുന്നതിനും ഉപയോഗിക്കുന്നു. ഡയാറ്റമുകൾ സമുദ്രത്തിലെ പ്രധാന 'ഉൽപ്പാദകരാണ്'.

2.2.2 ഡൈനോഫ്ളജല്ലേറ്റുകൾ (Dinoflagellates)

മിക്കവാറും സമുദ്രജലത്തിൽ കാണുന്ന ഈ ജീവികൾ പ്രകാശസംശ്ലേഷണശേഷിയുള്ളവയാണ്. കോശത്തിലടങ്ങിയിരിക്കുന്ന വർണവസ്തുവിനനുസരിച്ച് ഇവ മഞ്ഞ, പച്ച, തവിട്ട്, നീല, ചുവപ്പ് നിറങ്ങളിൽ കാണപ്പെടുന്നു. കോശഭിത്തിക്കു



ചിത്രം 2.4 (a) ഡൈനോഫ്ളജല്ലേറ്റുകൾ
(b) യൂഗ്ലീന
(c) സ്ലൈം മോൾഡ്
(d) പാരമീസിയം

പുറത്ത് ഉറപ്പുള്ള സെല്ലുലോസ് പാളികൾ കാണപ്പെടുന്നു. മിക്കവാറും എല്ലാ ഡൈനോഫ്ളജല്ലേറ്റുകൾക്കും രണ്ട് ഫ്ളജല്ലകൾ ഉണ്ട്- കോശഭിത്തിയുടെ പാളികൾക്കിടയിൽ ഉള്ള വിടവിൽ ഒന്ന് കുറുകെയും മറ്റൊന്ന് നെടുകെയും കാണപ്പെടുന്നു. ചുവന്ന ഡൈനോഫ്ളജല്ലേറ്റുകൾ (ഉദാ: *ഗോണിയാലാക്സ് Gonyaulax*) മിക്കപ്പോഴും തുടർച്ചയായി വിഭജിക്കുകയും സമുദ്രത്തെ ചുവപ്പു നിറത്തിലാക്കുകയും ചെയ്യുന്നു (ചുവന്ന തിരമാല, Red tides). ഇത്തരം ജീവികളുടെ വലിയ കൂട്ടം ഉൽപ്പാദിപ്പിക്കുന്ന വിഷവസ്തുക്കൾക്ക് മത്സ്യങ്ങളെപ്പോലുള്ള മറ്റു കടൽജീവികളെ കൊല്ലാൻ കഴിയും (ചിത്രം 2.4 a).

2.2.3 യൂഗ്ലിനോയിഡുകൾ (Euglenoids)

മിക്കവാറും യൂഗ്ലിനോയിഡുകൾ കെട്ടി നിൽക്കുന്ന ശുദ്ധജലത്തിൽ കാണപ്പെടുന്നു. കോശഭിത്തിക്കു പകരം മാംസ്യസമ്പന്നമായ പെല്ലിക്കിൾ (Pellicle) എന്ന പാളിയുള്ളതിനാൽ ഇവയുടെ കോശശരീരം വഴക്കമുള്ളതാണ്. ഇവയ്ക്ക് രണ്ടു ഫ്ളജല്ലകളുണ്ട്- ഒന്ന് നീളം കുറഞ്ഞതും മറ്റൊന്ന് നീളം കൂടിയതും. സൂര്യപ്രകാശത്തിന്റെ സാന്നിധ്യത്തിൽ ഇവ പ്രകാശസംശ്ലേഷണശേഷിയുള്ളവ ആണെങ്കിലും പ്രകാശത്തിന്റെ അസാന്നിധ്യത്തിൽ മറ്റു ചെറു ജീവികളെ ഭക്ഷിക്കുന്ന പരപോഷികളായി വർത്തിക്കുന്നു. ഉയർന്ന തരം സസ്യങ്ങളിൽ കാണപ്പെടുന്ന വർണവസ്തുക്കൾക്ക് സമാനമായ വർണവസ്തുവാണ് യൂഗ്ലിനോയിഡുകളിലും കാണപ്പെടുന്നത്. ഉദാ: *യൂഗ്ലീന (Euglena)* (ചിത്രം 2.4 b).

2.2.4 സ്ലൈം മോൾഡുകൾ (Slime Moulds)

സ്ലൈം മോൾഡുകൾ ശവോപജീവികളായ (Saprophytic) പ്രോട്ടിസ്റ്റകളാണ്. ഇവ അഴുകുന്ന സസ്യഭാഗങ്ങളിലൂടെ (ഇല, കാണ്ഡം) സഞ്ചരിച്ച് ജൈവപദാർഥങ്ങൾ ആഗിരണം ചെയ്യുന്നു. അനുകൂല സാഹചര്യങ്ങളിൽ ഇവ കൂടിച്ചേർന്ന് വളർന്ന് അധികം സ്ഥലങ്ങളിലേക്ക് വ്യാപിക്കുന്നു. ഈ കൂട്ടത്തെ പ്ലാസ്മോഡിയം (Plasmodium) എന്നറിയപ്പെടുന്നു. പ്രതികൂല സാഹചര്യങ്ങളിൽ പ്ലാസ്മോഡിയത്തിന് രൂപമാറ്റം സംഭവിച്ച് അഗ്രഭാഗങ്ങളിൽ രേണുക്കൾ വഹിക്കുന്ന ഫ്രൂട്ടിങ് ബോഡികളായി (Fruiting bodies) മാറുന്നു. രേണുക്കൾക്ക് യഥാർഥ കോശഭിത്തി കാണപ്പെടുന്നു. അവ പ്രതികൂല സാഹചര്യങ്ങളെ അതിജീവിക്കാൻ കഴിവുള്ളവയും അനേകം വർഷം നിലനിൽക്കുന്നവയുമാണ്. രേണുക്കളുടെ വിതരണം കാറ്റിലൂടെ നടക്കുന്നു (ചിത്രം 2.4 c).

2.2.5 പ്രോട്ടോസോവകൾ (Protozoans)

എല്ലാ പ്രോട്ടോസോവകളും പരപോഷികളാണ്. അവ ഇരപിടിയന്മാരായോ, പരാദങ്ങളായോ ജീവിക്കുന്നു. ഇവ ജന്തുക്കളുടെ പൂർവബന്ധുക്കളാണെന്ന് വിശ്വസിക്കപ്പെടുന്നു. പ്രധാനമായും നാലുവിഭാഗം പ്രോട്ടോസോവകളുണ്ട്.

അമീബോയിഡ് പ്രോട്ടോസോവകൾ (Amoeboid Protozoans): ഇവ ശുദ്ധജലം, സമുദ്രജലം, ഈർപ്പമുള്ള മണ്ണ് എന്നിവിടങ്ങളിൽ ജീവിക്കുന്നു. ചലിക്കുന്നതിനും ഇരപിടിക്കുന്നതിനും ഇവ കപടപാദങ്ങൾ (Pseudopodia) ഉപയോഗിക്കുന്നു. ഉദാ: *അമീബ*. സമുദ്രജലത്തിൽ കാണുന്നവയ്ക്ക് സിലിക്ക നിർമിതമായ പുറംതോട് ഉണ്ട്. *എന്റമീബ (Entamoeba)* പോലുള്ള ചില ജീവികൾ പരാദങ്ങളാണ്.

ഫ്ളജല്ലേറ്റഡ് പ്രോട്ടോസോവകൾ (Flagellated Protozoans): സ്വതന്ത്രമായി ജീവിക്കുന്നവയോ പരാദങ്ങളോ ആണ് ഈ വിഭാഗത്തിൽപ്പെട്ട ജീവികൾ. ഇവയ്ക്ക് ഫ്ളജല്ല ഉണ്ട്. സ്ലീപ്പിങ് സിക്ക്നസ്സ് (Sleeping sickness) പോലുള്ള അസുഖങ്ങൾക്ക് കാരണം പരാദങ്ങളായ ചില ഫ്ളജല്ലേറ്റഡ് പ്രോട്ടോസോവകളാണ് (ഉദാ: *ട്രിപനോസോമ- Trypanosoma*).

സീലിയേറ്റഡ് പ്രോട്ടോസോവകൾ (Ciliated Protozoans): ആയിരക്കണക്കിന് സീലിയകളുടെ സഹായത്താൽ സജീവമായി ചലിക്കാൻ കഴിയുന്ന ജലജീവികളാണ് ഇവ. കോശോപരിതലത്തിൽ നിന്ന് പുറത്തേക്ക് തുറക്കുന്ന ഒരു അറ (ഗളറ്റ്-gullet) ഇവയുടെ കോശത്തിലുണ്ട്. സീലിയ നിരകളുടെ ഏകോപന ചലനം വെള്ളത്തോടൊപ്പമുള്ള ഭക്ഷണത്തെ ഗളറ്റിനുള്ളിലേക്ക് കടത്തിവിടുന്നു. ഉദാഹരണം: *പാരമീസിയം (Paramoecium)* ചിത്രം (2.4d).

സ്പോറോസോവകൾ (Sporozoans): രോഗം പരത്താൻ കഴിവുള്ള രേണുക്കൾ പോലുള്ള (Spore-like) ഒരു ഘട്ടം ജീവിത ചക്രത്തിലുള്ള വ്യത്യസ്തതരം ജീവികൾ ഇതിൽ ഉൾപ്പെടുന്നു. ഒരുകാലത്ത് മനുഷ്യഗണത്തെ പരുങ്ങലിലാക്കുംവിധം പടർന്നു പിടിച്ച മലമ്പനി (Malaria) എന്ന മാരക രോഗത്തിന് കാരണമായ *പ്ലാസ്മോഡിയം (Plasmodium*-Malarial Parasite*)* ഈ ജീവിവിഭാഗത്തിൽപ്പെടുന്നു.

2.3 കിങ്ഡം ഫൻജൈ (Kingdom Fungi)

പരപോഷിജീവികളെ ഉൾക്കൊള്ളുന്ന ഒരു സവിശേഷ കിങ്ഡമാണ് ഫൻജൈ. ബാഹ്യഘടനയിലും ആവാസത്തിലും ഇവ വളരെയേറെ വൈവിധ്യം പുലർത്തുന്നു. ഈർപ്പമുള്ള ബ്രഡിലും അഴുകിയ ഫലവർഗങ്ങളിലും നിങ്ങൾ ഫംഗസുകളെ കണ്ടിട്ടുണ്ടാകും. ഭക്ഷ്യയോഗ്യമായ സാധാരണ കൂണുകളും വിഷകൂണുകളും (Toad stools) ഫംഗസുകളാണ്. കടുക് ചെടിയുടെ ഇലകളിൽ കാണുന്ന വെളുത്ത പുള്ളികൾക്ക് കാരണം പരാദ ഫംഗസുകളാണ്. യീസ്റ്റ് പോലുള്ള ഏകകോശ ഫംഗസുകളെ ബ്രഡ്, ബിയർ മുതലായവയുടെ ഉൽപ്പാദനത്തിനുപയോഗിക്കുന്നു. ചില ഫംഗസുകൾ സസ്യങ്ങളിലും ജന്തുക്കളിലും രോഗങ്ങളുണ്ടാക്കുന്നു - ഗോതമ്പ് ചെടിയിൽ റസ്റ്റ് രോഗം (Rust disease) ഉണ്ടാക്കുന്ന *പക്സീനിയ (Puccinia)* ഒരു ഉദാഹരണമാണ്. ചിലത് ആന്റിബയോട്ടിക്കുകളുടെ സ്രോതസ്സുകളാണ്. ഉദാ: *പെനിസീലിയം (Penicillium)*. ഫംഗസുകൾ സർവവ്യാപികളാണ് - വായു, ജലം, മണ്ണ് എന്നിവിടങ്ങളിലും സസ്യങ്ങളിലും ജന്തുക്കളിലും

അവ കാണപ്പെടുന്നു. ചെറുചൂടും ഈർപ്പവുമുള്ള സാഹചര്യങ്ങളിൽ ഇവ വളരുന്നു. എന്തിനാണ് നമ്മൾ ആഹാരസാധനങ്ങൾ റഫ്രിജറേറ്ററിൽ സൂക്ഷിക്കുന്നതെന്ന് നിങ്ങൾ ചിന്തിച്ചിട്ടുണ്ടോ? ആഹാരപദാർഥങ്ങളിൽ ബാക്ടീരിയ, ഫംഗസ് മുതലായവ ബാധിക്കുന്നത് മുഖേനയുള്ള നാശം തടയുന്നതിനാണ് ഇങ്ങനെ ചെയ്യുന്നത്.

ഏകകോശജീവിയായ യീസ്റ്റ് ഒഴികെ, മിക്കവാറും എല്ലാ ഫംഗസുകളും തന്തുക്കൾ പോലുള്ളവയാണ്. ഫംഗസിന്റെ ശരീരത്തിന് നീണ്ടു നേർത്ത നാരുപോലുള്ള ഘടനയാണ്. ഇവ ഹൈഫ (Hypha) എന്നറിയപ്പെടുന്നു. ഇത്തരം ഹൈഫകളുടെ ശൃംഖലയാണ് മൈസീലിയം (Mycelium). ചില ഹൈഫകൾ അനേകം മർമങ്ങളുള്ള കോശദ്രവ്യം നിറഞ്ഞ ട്യൂബുകളുടെ തുടർച്ചയായി കാണപ്പെടുന്നു. ഇവയെ ബഹുമർമ ഹൈഫകൾ (Coenocytic hyphae) എന്ന് വിളിക്കുന്നു. ചില ഹൈഫകൾ കുറുകെ ഭിത്തിയുള്ളവയാണ് (Septate). കൈറ്റിനും പോളിസാക്കറൈഡുകളും ചേർന്നാണ് കോശഭിത്തി നിർമിച്ചിട്ടുള്ളത്.

മിക്ക ഫംഗസുകളും പരപോഷികളാണ്. ജീർണാവശിഷ്ടങ്ങളിലെ ലേയ കാർബണിക പദാർഥങ്ങളിൽ നിന്ന് ആഹാരം ആഗിരണം ചെയ്യുന്ന ഫംഗസുകൾ **ശവോപജീവികൾ (Saprophytes)** എന്നറിയപ്പെടുന്നു. ജീവനുള്ള സസ്യങ്ങളെയും ജന്തുക്കളെയും ആശ്രയിക്കുന്നവ **പരാദങ്ങൾ (Parasites)** എന്നറിയപ്പെടുന്നു. ഫംഗസുകൾ **സഹജീവികളായും (Symbionts)** വർത്തിക്കുന്നു. ഇവ ആൽഗകളുമായി ചേർന്ന് **ലൈക്കനുകളായും (Lichens)** ഉയർന്ന തലത്തിലുള്ള സസ്യങ്ങളുടെ വേരുകളുമായി ചേർന്ന് **മൈക്കോറൈസകളായും (Mycorrhiza)** ജീവിക്കുന്നു.

കായിക പ്രത്യുൽപ്പാദന രീതിയിലൂടെ ഫംഗസിന് പ്രത്യുൽപ്പാദനം നടത്തുവാൻ സാധിക്കും - കഷണങ്ങളാകൽ (Fragmentation), വിഭജനം (Fission), മുകുളനം (Budding) മുതലായ രീതികൾ ഫംഗസിൽ കാണപ്പെടുന്നു. കൊനീഡിയ (Conidia), സ്പൊറാഞ്ചിയോസ്പോറുകൾ (Sporangiospores), സൂസ്പോറുകൾ അഥവാ സ്വചലരേണുക്കൾ (Zoospores) മുതലായ രേണുക്കളുടെ ഉൽപ്പാദനത്തിലൂടെ ഇവ അലൈംഗിക പ്രത്യുൽപ്പാദനം നടത്തുന്നു. ഊസ്പോറുകൾ (Oospores), ആസ്കോസ്പോറുകൾ (Ascospores), ബസീഡിയോസ്പോറുകൾ (Basidiospores) എന്നിവ ഉൽപ്പാദിപ്പിച്ച് ലൈംഗിക പ്രത്യുൽപ്പാദനവും നടത്തുന്നു. വ്യത്യസ്ത സ്പോറുകൾ ഫ്രൂട്ടിങ് ബോഡികളെന്നറിയപ്പെടുന്ന നിശ്ചിത ഭാഗങ്ങളിലാണുണ്ടാകുന്നത്. ലൈംഗിക ചക്രത്തിൽ താഴെ പറയുന്ന മൂന്നു ഘട്ടങ്ങൾ ഉൾപ്പെടുന്നു:

(i) ചലിക്കുന്നതോ ചലിക്കാത്തതോ ആയ രണ്ട് ബീജ കോശങ്ങളുടെ ജീവദ്രവ്യങ്ങൾ സംയോജിക്കുന്നു – **പ്ലാസ്മോഗമി** (Plasmogamy).

(ii) രണ്ട് മർമങ്ങളുടെ സംയോഗം–**കാരിയോഗമി** (Karyogamy)

(iii) സിക്താണ്ഡത്തിന് ഊനഭംഗം നടന്ന് ഏകപ്ലോയിഡ് രേണുക്കളുടെ രൂപീകരണം.

ഫംഗസിന്റെ ലൈംഗികപ്രത്യുൽപ്പാദന സമയത്ത്, അനുയോജ്യമായ രണ്ടു ഏകപ്ലോയിഡ് ഹൈഫകൾ അടുത്ത് വരികയും സംയോജിക്കുകയും ചെയ്യുന്നു. ചില ഫംഗസുകളിൽ രണ്ട് ഏകപ്ലോയിഡ് കോശങ്ങളുടെ സംയോഗഫലമായി ഉടനെ തന്നെ ദ്വിപ്ലോയിഡ് (2n) കോശങ്ങൾ ഉണ്ടാകുന്നു. എന്നാൽ, മറ്റു ചില

ഫംഗസുകളിൽ (ആസ്കോമൈസീറ്റ്സ്, ബസീഡിയോമൈസീറ്റ്സ്), ഒരു ദ്വികാരിയോട്ടിക് ഘട്ടം (n+n, അതായത് ഒരു കോശത്തിൽ 2 മർമങ്ങൾ നിലനിൽക്കുന്ന അവസ്ഥ) ഇടയിൽ ഉണ്ടാകുന്നു. ഈ അവസ്ഥ **ഡൈകാരിയോൺ (Dikaryon)** എന്നും, ഈ ഘട്ടത്തെ **ഡൈകാരിയോഘട്ടം (Dikaryophase)** എന്നും അറിയപ്പെടുന്നു. പിന്നീട്, ഈ മാതൃ മർമങ്ങൾ കൂടിച്ചേർന്ന് ദ്വിപ്ലോയിഡ് കോശങ്ങളുണ്ടാകുന്നു. ഫംഗസുകൾ ഫ്രൂട്ടിങ് ബോഡികൾ രൂപീകരിക്കുകയും അവയിൽ ഊനഭംഗം നടന്ന് ഏകപ്ലോയിഡ് രേണുക്കൾ ഉണ്ടാകുകയും ചെയ്യുന്നു.

മൈസീലിയത്തിന്റെ ബാഹ്യഘടന, രേണുക്കളും ഫ്രൂട്ടിങ് ബോഡികളുമുണ്ടാകുന്നവിധം എന്നിവയെ അടിസ്ഥാനമാക്കി കിങ്ഡം ഫംജൈയെ വ്യത്യസ്ത ക്ലാസ്സുകളായി വിഭജിച്ചിരിക്കുന്നു.

(a)

(b)

(c)

ചിത്രം 2.5 ഫംഗസുകൾ (a) *മ്യൂക്കർ* (b) *ആസ്പർജില്ലസ്* (c) *അഗാരിക്കസ്*

2.3.1 ഫൈക്കോമൈസീറ്റുകൾ (Phycomycetes)

ജല ആവാസങ്ങൾ, ഈർപ്പവും നനവുമുള്ള സ്ഥലങ്ങളിലെ അഴുകുന്ന തടി എന്നിവിടങ്ങളിലും സസ്യങ്ങളിൽ പൂർണ പരാദങ്ങളായും (Obligate Parasites) ഫൈക്കോമൈസീറ്റുകളിലെ അംഗങ്ങൾ കാണപ്പെടുന്നു. മൈസീലിയം കുറുകെ ഭിത്തിയില്ലാത്തവയും (Aseptate) സീനോസിറ്റിക്ക് അവസ്ഥയിലുള്ളതുമാണ്. ചലിക്കുന്ന സൂസ്പോറുകൾ വഴിയോ ചലിക്കാത്ത അപ്ലാനോസ്പോറുകൾ (Aplanospores) വഴിയോ ഇവ അലൈംഗിക പ്രത്യുൽപ്പാദനം നടത്തുന്നു. രേണുപേടകത്തിനുള്ളിലാണ് (Sporangium) രേണുക്കൾ ഉൽപ്പാദിപ്പിക്കപ്പെടുന്നത് (Endogenous). രണ്ടു ബീജകോശങ്ങളുടെ സംയോഗം വഴി സൈഗോസ്പോർ (Zygospore) രൂപപ്പെടുന്നു. ബീജകോശങ്ങൾ ബാഹ്യഘടനയിൽ സാമ്യമുള്ളവയോ (Isogamous) സാമ്യമില്ലാത്തവയോ (Anisogamous or Oogamous) ആയിരിക്കും.

മ്യൂക്കർ (Mucor) (ചിത്രം 2.5a), *റൈസോപസ് (Rhizopus*-നേരത്തെ സൂചിപ്പിച്ച റൊട്ടി പൂപ്പൽ), *ആൽബ്യൂഗോ (Albugo*-കടുക് ചെടിയിലെ പരാദ ഫംഗസ്) എന്നിവ ഉദാഹരണങ്ങളാണ്.

2.3.2 ആസ്കോമൈസീറ്റുകൾ (Ascomycetes)

സാധാരണയായി സഞ്ചി ഫംഗസുകളെന്നറിയപ്പെടുന്ന (Sac Fungi) ഇവ മിക്കവാറും ബഹുകോശജീവികളാണ് ഉദാ: *പെനിസീലിയം*. അപൂർവമായി ഏകകോശജീവികളുമുണ്ട് ഉദാ: യീസ്റ്റ് *(സക്കാരോമൈസസ്- Saccharomyces)*. ശവോപജീവികൾ, വിഘാടകർ, പരാദങ്ങൾ, ചാണകത്തിൽ ജീവിക്കുന്നവ (Coprophilous) എന്നിങ്ങനെയെല്ലാം ഇവ കാണപ്പെടുന്നു. മൈസീലിയം ശാഖകളോടു കൂടിയതും കുറുകെ ഭിത്തിയുള്ളതുമാണ് (Septate). പ്രത്യേക മൈസീലിയങ്ങളായ കൊനീഡിയോഫോറുകളിൽ പുറമേ ഉണ്ടാകുന്ന കൊനീഡിയ (Conidia)ആണ് ഇവയിലെ അലൈംഗിക രേണുക്കൾ. കൊനീഡിയ പുതിയ മൈസീലിയകളായി വളരുന്നു. ലൈംഗിക

രേണുക്കൾ സഞ്ചിപോലുള്ള ആസ്കകൾക്കുള്ളിൽ (Asci) (Endogeneous) (ഏകവചനം : ആസ്കസ്) ഉണ്ടാകുന്നു. ഈ ആസ്കകൾ ആസ്ക്കോകാർപ്പുകളെന്നറിയപ്പെടുന്ന വ്യത്യസ്ത ഫ്രൂട്ടിങ് ബോഡികളിൽ ക്രമീകരിച്ചിരിക്കുന്നു. *ആസ്പർജില്ലസ് (Aspergillus* ചിത്രം 2.5b), *ക്ലാവിസെപ്സ് (Claviceps), ന്യൂറോസ്പോറ (Neurospora)* എന്നിവ ഉദാഹരണങ്ങളാണ്. ജൈവരാസീയ, ജനിതക പഠനങ്ങൾക്കായി *ന്യൂറോസ്പോറ* വ്യാപകമായി ഉപയോഗിക്കപ്പെടുന്നു. മോറൽ (Morels), ട്രഫിൾ (Truffles) തുടങ്ങിയ ഭക്ഷ്യയോഗ്യമായവയെ വിശിഷ്ട ഭോജ്യമായി കരുതപ്പെടുന്നു.

2.3.3 ബസീഡിയോമൈസീറ്റുകൾ (Basidiomycetes)

കുമിളുകൾ (Mushrooms), ബ്രായ്ക്കറ്റ് ഫംഗസുകൾ, പഫ്ബാളുകൾ എന്നിവയാണ് ബസീഡിയോമൈസീറ്റുകളിലെ സാധാരണ അംഗങ്ങൾ. അവ മണ്ണ്, തടി, മരക്കുറ്റികൾ എന്നിവിടങ്ങളിലോ ജീവനുള്ള സസ്യങ്ങളിൽ പരാദങ്ങളായോ (ഉദാ. റസ്റ്റ്, സ്മട്ട്) കാണപ്പെടുന്നു. മൈസീലിയം ശാഖകളോടു കൂടിയതും കുറുകെ ഭിത്തിയുള്ളതുമാണ്. അലൈംഗിക രേണുക്കൾ സാധാരണ കാണാറില്ല. എന്നാൽ കഷണങ്ങളാകൽ (Fragmentation) രീതിയിലുള്ള കായിക പ്രത്യുൽപ്പാദനം സാധാരണമാണ്.. ലൈംഗിക അവയവങ്ങൾ ഇല്ലാത്തതിനാൽ വ്യത്യസ്ത ജീനോടൈപ്പിലുള്ളതോ വ്യത്യസ്ത തരത്തിലുള്ളതോ (Strain) ആയ കായികകോശങ്ങളുടെ സംയോഗം വഴി പ്ലാസ്മോഗമി നടക്കുന്നു. ഇതിന്റെ ഫലമായി ഉണ്ടാകുന്ന ദ്വികാരിയോട്ട് ഘടന ബസീഡിയം (Basidium) ആയിമാറുന്നു. ബസീഡിയത്തിൽ കാരിയോഗമിയും ഊനഭംഗവും നടക്കുന്നതിന്റെ ഫലമായി നാല് ബസീഡിയോസ്പോറുകളുണ്ടാകുന്നു. ബസീഡിയോസ്പോറുകൾ ബസീഡിയത്തിന് പുറത്താണ് ഉണ്ടാകുന്നത് (Exogenous). ബസീഡിയോകാർപ്പുകളെന്ന ഫ്രൂട്ടിങ് ബോഡികളിലാണ് ബസീഡിയകൾ ക്രമീകരിച്ചിരിക്കുന്നത്. *അഗാരിക്കസ്* (കുമിൾ) (ചിത്രം 2.5c), *അസ്റ്റിലാഗോ (Ustilago*- Smut), *പക്സീനിയ (Puccinia*- rust) എന്നിവ ഉദാഹരണങ്ങളാണ്.

2.3.4 ഡ്യൂട്ടിറോമൈസീറ്റുകൾ (Deuteromycetes)

ഇത്തരം ഫംഗസുകളുടെ കായിക-അലൈംഗിക ഘട്ടങ്ങൾ മാത്രം അറിയപ്പെടുന്നതുകൊണ്ട് ഇവ സാധാരണയായി അപൂർണ ഫംഗസുകളെന്നറിയപ്പെടുന്നു (Imperfect fungi). ലൈംഗികപ്രത്യുൽപ്പാദനരീതികൾ കണ്ടെത്തുമ്പോൾ ഇവ ഉൾപ്പെടേണ്ട യഥാർഥ ക്ലാസ്സുകളിലേക്ക് ഇവയെ മാറ്റാൻ കഴിയും. കായിക, അലൈംഗിക ഘട്ടങ്ങൾക്ക് ഒരു പേര് നൽകാനും (ഡ്യൂട്ടിറോമൈസീറ്റുകൾക്ക് കീഴിൽ) ലൈംഗിക ഘട്ടത്തിന് മറ്റൊരു പേര് നൽകാനും സാധ്യമാണ് (മറ്റൊരു ക്ലാസ്സിന് കീഴിൽ). പിന്നീട് ബന്ധങ്ങൾ സ്ഥിരീകരിച്ച് ഫംഗസുകളെ കൃത്യമായി തിരിച്ചറിഞ്ഞ് ഡ്യൂട്ടിറോമൈസീറ്റുകളിൽ നിന്ന് മാറ്റുന്നു. ഡ്യൂട്ടിറോമൈസീറ്റുകളിലെ അംഗങ്ങളുടെ പൂർണമായ (ലൈംഗിക) ഘട്ടങ്ങൾ കണ്ടെത്തിയാൽ അവയെ ആസ്ക്കോമൈസീറ്റുകളിലോ ബസീഡിയോമൈസീറ്റുകളിലോ ഉൾപ്പെടുത്തുന്നു. അലൈംഗിക രേണുക്കളായ കൊനീഡിയ വഴി മാത്രമാണ് ഡ്യൂട്ടിറോമൈസീറ്റുകൾ പ്രത്യുൽപ്പാദനം നടത്തുന്നത്. മൈസീലിയം കുറുകെ ഭിത്തിയുള്ളവയും

ശാഖകളുള്ളവയുമാണ്. ശവോപജീവികളായോ, പരാദങ്ങളായോ കാണപ്പെടുന്നതിനു പുറമേ, വലിയൊരു വിഭാഗം വിഘാടകരായി വർത്തിക്കുന്നതിനാൽ ധാതുക്കളുടെ ചാക്രിക പ്രവാഹത്തിന് സഹായിക്കുന്നു. *ആൾട്ടർനേറിയ (Alternaria), കോലിറ്റോട്രിക്കം (Colletotrichum), ട്രൈക്കോഡെർമ (Trichoderma)* എന്നിവ ഉദാഹരണങ്ങളാണ്.

2.4 കിങ്ഡം പ്ലാന്റേ (Kingdom Plantae)

സാധാരണയായി സസ്യങ്ങളെന്നറിയപ്പെടുന്ന, ഹരിതകമുള്ള എല്ലാ യൂക്കാരിയോട്ടുകളും ഈ വിഭാഗത്തിൽപ്പെടുന്നു. ഷഡ്പദഭോജികളായും പരാദങ്ങളായും കാണപ്പെടുന്ന സസ്യങ്ങൾ ഭാഗികപരപോഷികളാണ്. ബ്ലാഡർവേർട്ട് (Bladderwort), വീനസ് ഫ്ളൈ ട്രാപ്പ് (Venus fly trap) എന്നിവ ഷഡ്പദഭോജികളായ സസ്യങ്ങൾക്ക് ഉദാഹരണങ്ങളാണ്. മൂടില്ലാത്താളി (*Cuscuta*) ഒരു പരാദസസ്യമാണ്. യൂക്കാരിയോട്ട് ഘടനയുള്ള സസ്യകോശത്തിന് വ്യക്തമായ ഹരിതകണവും സെല്ലുലോസ് നിർമിത കോശഭിത്തിയുമുണ്ട്. അധ്യായം 8-ൽ യൂക്കാരിയോട്ട് കോശത്തിന്റെ ഘടന നിങ്ങൾ വിശദമായി പഠിക്കും. കിങ്ഡം പ്ലാന്റേയിൽ ആൽഗ, ബ്രയോഫൈറ്റുകൾ, ടെറിഡോഫൈറ്റുകൾ, അനാവൃതബീജസസ്യങ്ങൾ, ആവൃതബീജസസ്യങ്ങൾ എന്നിവ ഉൾപ്പെടുന്നു.

സസ്യങ്ങളുടെ ജീവിതചക്രത്തിൽ വ്യക്തമായ രണ്ട് ജീവിതഘട്ടങ്ങളുണ്ട്. - ദ്വിപ്ലോയിഡ് സ്പോറോഫൈറ്റിക് ഘട്ടവും (Sporophytic), ഏകപ്ലോയിഡ് ഗാമീറ്റോഫൈറ്റിക്ക് ഘട്ടവും (Gametophytic). ഇവ ഒന്നിടവിട്ടു നടക്കുന്നു. ഏകപ്ലോയിഡ്, ദ്വിപ്ലോയിഡ് ഘട്ടങ്ങളുടെ ദൈർഘ്യം, ഈ ഘട്ടങ്ങൾ സ്വതന്ത്രമായി നിലനിൽക്കുന്നതാണോ മറ്റുള്ളവയെ ആശ്രയിക്കുന്നതാണോ എന്നതെല്ലാം വ്യത്യസ്ത സസ്യവിഭാഗങ്ങളിൽ വ്യത്യസ്തമായിരിക്കും. ഈ പ്രതിഭാസത്തെ **തലമുറകളുടെ അനുവർത്തനം (Alternation of generations)** എന്ന് വിളിക്കുന്നു. ഈ കിങ്ഡത്തെക്കുറിച്ച് വിശദമായി അധ്യായം 3-ൽ നിങ്ങൾ പഠിക്കും.

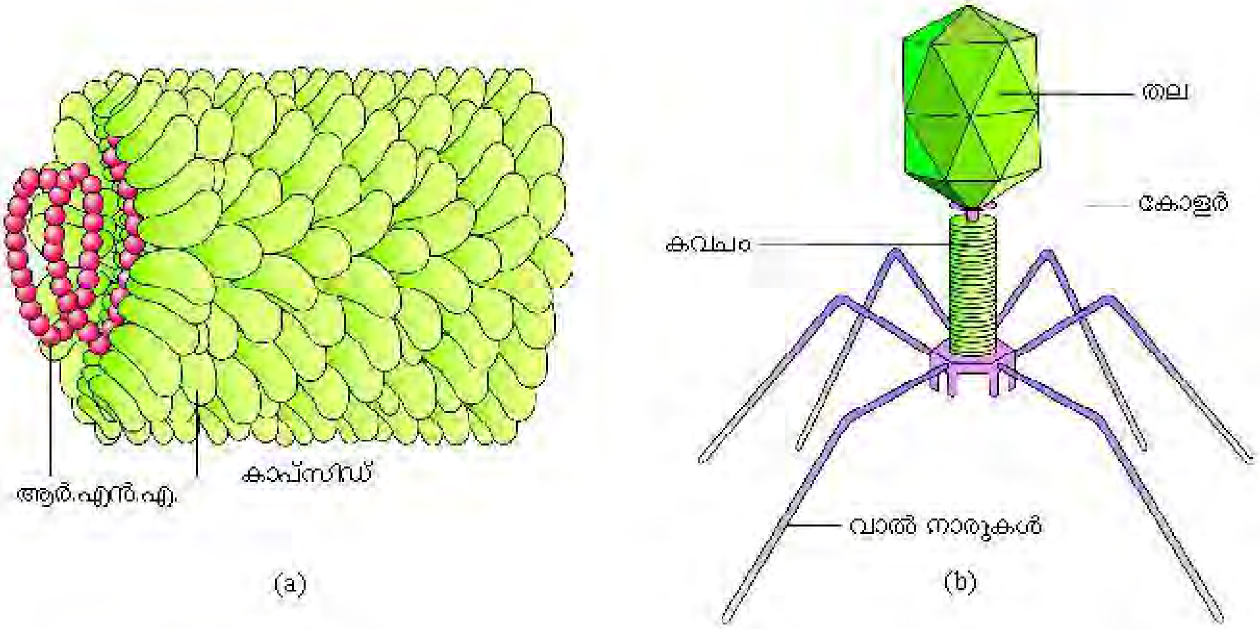
2.5 കിങ്ഡം അനിമേലിയ (Kingdom Animalia)

പരപോഷികളായ യൂക്കാരിയോട്ട് ജീവികളാണ് ഈ കിങ്ഡത്തിന്റെ സവിശേഷത. കോശങ്ങളിൽ, കോശഭിത്തിയില്ലാത്ത ബഹുകോശജീവികളാണ് ഇവ. ഇവ സസ്യങ്ങളെ നേരിട്ടോ അല്ലാതെയോ ആഹാരത്തിനായി ആശ്രയിക്കുന്നു. ശരീരത്തിനുള്ളിലെ അറയിൽ ഭക്ഷണത്തെ ദഹിപ്പിച്ച് ഗ്ലൈക്കോജൻ അല്ലെങ്കിൽ കൊഴുപ്പിന്റെ രൂപത്തിൽ അവയെ സംഭരിക്കുന്നു. അവ ഭക്ഷണം മുഴുവനായി ഉള്ളിലേക്കെടുക്കുന്ന രീതിയിലുള്ള (Holozoic) പോഷണമാണ് നടത്തുന്നത്. വ്യക്തമായ വളർച്ചാരീതികൾ പിന്തുടരുന്ന ഇവ പൂർണവളർച്ചയെത്തുമ്പോൾ കൃത്യമായ ആകൃതിയിലും വലുപ്പത്തിലും കാണപ്പെടുന്നു. ഉയർന്ന തലത്തിലുള്ള ജീവികളിൽ വിശാലമായ ഇന്ദ്രിയ-നാഡീപേശീയ സംവിധാനങ്ങൾ കാണപ്പെടുന്നു. മിക്കവാറും എല്ലാ ജീവികളും ചലിക്കാൻ കഴിവുള്ളവയാണ്. ലൈംഗിക പ്രത്യുൽപ്പാദനത്തിൽ ആൺ പെൺ ജീവികളുടെ ഇണചേരലും തുടർന്നുള്ള ഭ്രൂണവികാസവും ഉൾപ്പെടുന്നു. വ്യത്യസ്ത ഫൈലങ്ങളുടെ സവിശേഷതകൾ അധ്യായം 4- ൽ വിശദീകരിച്ചിട്ടുണ്ട്.

2.6 വൈറസ്, വൈറോയിഡുകൾ, പ്രയോണുകൾ, ലൈക്കനുകൾ (Virus, Viroids, Prions, Lichens)

വിറ്റാക്കറുടെ അഞ്ച് കിങ്ഡം വർഗീകരണത്തിൽ കോശരഹിത ജീവികളായ വൈറസുകൾ, വൈറോയിഡുകൾ, പ്രയോണുകൾ എന്നിവയെക്കുറിച്ച് ഒരു സൂചനയും നൽകിയിട്ടില്ല. അവയെക്കുറിച്ച് ഇവിടെ ചുരുക്കത്തിൽ പ്രതിപാദിക്കുന്നു.

നമുക്കിടയിൽ സാധാരണയായി ഉണ്ടാകുന്ന അസുഖമാണ് ജലദോഷം അഥവാ ഫ്ളൂ. അസുഖകരമായ ഈ അവസ്ഥയ്ക്ക് കാരണമാകുന്ന വൈറസുകൾ നമ്മുടെ ശരീരത്തിലുണ്ടാക്കുന്ന ദോഷവശങ്ങളെക്കുറിച്ച് നമുക്കറിയാം. ജീവനുള്ളവയ്ക്ക് കോശഘടന ഉണ്ടാകും എന്നാണ് നാം മനസ്സിലാക്കുന്നതെങ്കിൽ വർഗീകരണത്തിൽ വൈറസുകൾക്ക് സ്ഥാനം ഉണ്ടായിരിക്കുകയില്ല, കാരണം അവ യഥാർഥത്തിൽ 'ജീവിക്കുന്നില്ല'. ജീവനുള്ള കോശത്തിന് വെളിയിൽ പരൽ പോലുള്ള (Crystalline) ഘടനയുള്ള വൈറസുകൾ നിർജീവവും (Inert) കോശരഹിതവുമാണ് (Non-cellular). എന്നാൽ ജീവനുള്ള ഒരു കോശത്തിനകത്ത് പ്രവേശിച്ചാൽ അവ ആ കോശത്തിന്റെ നിയന്ത്രണമേറ്റെടുത്ത് ആതിഥേയ കോശത്തിനുള്ളിൽ വിഭജിച്ച് അനേകം പതിപ്പുകളുണ്ടാക്കുകയും ആ കോശത്തെ നശിപ്പിക്കുകയും ചെയ്യുന്നു. നിങ്ങൾ വൈറസുകളെ ജീവനുള്ളവ എന്നാണോ, ജീവനില്ലാത്തവ എന്നാണോ വിളിക്കുന്നത്?



ചിത്രം 2.6 (a) ടുബാക്കോ മൊസൈക്ക് വൈറസ് (TMV) (b) ബാക്ടീരിയോഫേജ്

വിഷം അഥവാ ദോഷകരമായ ദ്രാവകം എന്ന് അർഥമുള്ള വൈറസ് എന്ന പേര് നൽകിയത് പാസ്ചർ ആണ് (Pasteur). പുകയിലച്ചെടിയിലെ മൊസൈക്ക് രോഗത്തിന് കാരണമാകുന്നത് ചില സൂക്ഷ്മജീവികളാണെന്ന് ഡി.ജെ.ഇവാനോസ്കി (D.J.Ivanowsky) 1892-ൽ തിരിച്ചറിഞ്ഞു (ചിത്രം 2.6 a). ഇവ ബാക്ടീരിയകൾക്ക് കടന്നു പോകാൻ കഴിയാത്ത തരം അരിപ്പകളിലൂടെ കടന്നു പോകുന്ന സൂക്ഷ്മജീവികളാണെന്ന് കണ്ടെത്തി. രോഗം ബാധിച്ച പുകയിലച്ചെടിയുടെ സത്ത് ആരോഗ്യമുള്ള സസ്യങ്ങളിൽ രോഗമുണ്ടാക്കുന്നു എന്ന് എം.ഡബ്ല്യൂ.ബെയ്ജറിനെക്ക് (M.W.Beijerinek) 1898-ൽ തെളിയിച്ചു. അദ്ദേഹം ആ ദ്രാവകത്തെ *കണ്ടാജിയം വൈവം ഫ്ളൂയിഡം (Contagium vivum fluidum)* (സാംക്രമിക ജീവദ്രാവകം Infectious living fluid) എന്നു വിളിച്ചു. വൈറസുകളെ പരലുകളാക്കാൻ കഴിയുമെന്നും പരലുകൾ കൂടുതലും മാംസ്യനിർമിതമാണെന്നും ഡബ്ല്യൂ.എം.സ്റ്റാൻലി (W.M.Stanley 1935) കണ്ടെത്തി. വൈറസുകളുടെ നിശ്ചിത ആതിഥേയ കോശങ്ങൾക്ക് വെളിയിൽ അവ നിഷ്ക്രിയമാണ്. വൈറസുകൾ പൂർണ പരാദങ്ങളാണ്.

മാംസ്യത്തിനു പുറമേ ജനിതക വസ്തുക്കളായ ആർ.എൻ.എയോ ഡി.എൻ.എയോ വൈറസുകളിൽ കാണാറുണ്ട്. എന്നാൽ ഒരു വൈറസിലും ഡി.എൻ.എയും ആർ.എൻ.എയും ഒരുമിച്ച് കാണാറില്ല. വൈറസ് ന്യൂക്ലിയോപ്രോട്ടീൻ നിർമിതവും അതിന്റെ ജനിതകവസ്തു രോഗപ്പകർച്ചാകാരിയുമാണ്. സാധാരണയായി സസ്യങ്ങളെ ആക്രമിക്കുന്ന വൈറസുകൾക്ക് ഒറ്റ ഇഴയുള്ള ആർ.എൻ.എ യും ജന്തുക്കളെ ആക്രമിക്കുന്ന വൈറസുകൾക്ക് ഒറ്റ അല്ലെങ്കിൽ ഇരട്ട ഇഴകളുള്ള ആർ.എൻ.എ അല്ലെങ്കിൽ ഇരട്ട ഇഴകളുള്ള ഡി.എൻ.എ ആണ് ഉള്ളത്. ബാക്ടീരിയകളെ ബാധിക്കുന്ന ബാക്ടീരിയോഫേജുകൾ മിക്കതും ഇരട്ട ഇഴകളുള്ള ഡി.എൻ.എ ഉള്ളവയാണ് (ചിത്രം 2.6 b). കാപ്സോമിയറുകൾ (Capsomeres) എന്നറിയപ്പെടുന്ന ഉപഘടകങ്ങൾ കൊണ്ട് ഉണ്ടാക്കിയ കാപ്സിഡ് (Capsid) എന്ന മാംസ്യാവരണമാണ് വൈറസുകളുടെ ജനിതകവസ്തുവിനെ സംരക്ഷിക്കുന്നത്. ഈ കാപ്സോമിയറുകൾ ഹെലിക്കൽ അല്ലെങ്കിൽ പോളിഹെഡ്രൽ ജ്യാമിതീയ രീതിയിലാണ് ക്രമീകരിച്ചിട്ടുള്ളത്. മുണ്ടിനീര് (Mumps), വസൂരി (Small pox), ഹെർപിസ് (Herpes), ജലദോഷം (Influenza) എന്നിവ വൈറസ് രോഗങ്ങളാണ്. മനുഷ്യരിൽ എയ്ഡ്സ് രോഗമുണ്ടാക്കുന്നതും വൈറസാണ്. മൊസൈക്ക് രൂപീകരണം, ഇല ചുരുളൽ, ഇല മഞ്ഞളിക്കൽ, ഞരമ്പ് ചീയൽ, വളർച്ച മുരടിക്കൽ എന്നിവ സസ്യങ്ങളിലെ വൈറസ് രോഗലക്ഷണങ്ങളാണ്.

വൈറോയിഡുകൾ (Viroids)

1971 ൽ ടി.ഒ.ഡൈനർ (T.O.Diener) ഉരുളക്കിഴങ്ങ് ചെടിയിൽ സ്പിൻഡിൽ ട്യൂബർ രോഗത്തിന് കാരണമാകുന്ന ചെറിയ സൂക്ഷ്മജീവികളെ തിരിച്ചറിഞ്ഞു. ഇവ വൈറസുകളെക്കാൾ ചെറുതാണ്. ഇവ സ്വതന്ത്ര ആർ.എൻ.എകളാണ്. ഇവയ്ക്ക് വൈറസിലേതുപോലെയുള്ള മാംസ്യാവരണമില്ല. അതിനാൽ വൈറോയിഡുകളെന്നറിയപ്പെടുന്നു. വളരെച്ചെറിയ തന്മാത്രാഭാരമുള്ള ആർ.എൻ.എകളാണ് വൈറോയിഡുകളിലുള്ളത്.

പ്രയോണുകൾ : ചില സാംക്രമിക നാഡീരോഗങ്ങൾ, അസ്വാഭാവികമായ മടക്കുകൾ ഉള്ള മാംസ്യക്രമീകരണത്തോടുകൂടിയ ചില ഏജന്റുകൾ വഴി പകരുന്നതായി ആധുനിക വൈദ്യശാസ്ത്രം കണ്ടെത്തിയിട്ടുണ്ട്. ഈ ഏജന്റുകൾ വലുപ്പത്തിൽ വൈറസുകളോട് സാമ്യമുള്ളവയാണ്. ഇത്തരം ഏജന്റുകളെ പ്രയോണുകളെന്നറിയപ്പെടുന്നു. കന്നുകാലികളിലെ ബൊവൈൻ സ്പോഞ്ചിഫോം എൻസെഫലോപ്പതി (Bovine Spongiform Encephalopathy - BSE) അഥവാ ഭ്രാന്തിപ്പശുരോഗവും, അതിന് സമാനമായി മനുഷ്യരിൽ കാണപ്പെടുന്ന ക്രൂസ്ഫെൽറ്റ് - ജേക്കബ് ഡിസീസ് (Cr-Jacob Disease - CJD) എന്നിവയെല്ലാം പ്രയോണുകൾ മൂലമുണ്ടാകുന്ന രോഗങ്ങളാണ്.

ലൈക്കനുകൾ (Lichens)

ലൈക്കനുകൾ സഹജീവന ബന്ധമാണ്. അതായത് ആൽഗകളും ഫംഗസുകളും പരസ്പരം ഉപകാരം ചെയ്തുകൊണ്ടുള്ള സഹവാസം. ആൽഗ വിഭാഗത്തിലെ സ്വപോഷി ജീവിയെ **ഫൈക്കോബയോന്റ്** (Phycobiont) എന്നും ഫംഗസ് വിഭാഗത്തിലെ പരപോഷി ജീവിയെ **മൈക്കോബയോന്റ്** (Mycobiont) എന്നും അറിയപ്പെടുന്നു. ആൽഗ, ഫംഗസിനായി ഭക്ഷണം നിർമിച്ചു നൽകുന്നു. ഫംഗസ്, പാർപ്പിടമൊരുക്കുകയും ധാതുപോഷകങ്ങളും ജലവും പങ്കാളിക്കായി ആഗിരണം ചെയ്യുകയും ചെയ്യുന്നു. രണ്ടു ജീവികളുടെ സഹവാസമാണെന്ന് തിരിച്ചറിയാൻ കഴിയാത്ത വിധത്തിലാണ് ലൈക്കനുകളുടെ രൂപകല്പന. മലിനമായ അന്തരീക്ഷത്തിൽ ലൈക്കനുകൾ കാണപ്പെടുന്നില്ല എന്നതിനാൽ അവ മലിനീകരണ സൂചികകളാണ്.

സംഗ്രഹം

ലഘുബാഹ്യഘടനയുടെ അടിസ്ഥാനത്തിൽ സസ്യങ്ങളെയും മൃഗങ്ങളെയും ആദ്യമായി വർഗീകരണം നടത്തിയത് അരിസ്റ്റോട്ടിലാണ്. ലിനേയസ് പിന്നീട് ജീവജാലങ്ങളെ രണ്ട് കിങ്ഡമായി വിഭജിച്ചു - പ്ലാന്റേ, അനിമേലിയ. ആർ.എച്ച്. വിറ്റാക്കർ വളരെ വിശാലമായ മറ്റൊരു വർഗീകരണ രീതി വിഭാവനം ചെയ്തു - മൊനീറ, പ്രോട്ടിസ്റ്റ, ഫൻജൈ, പ്ലാന്റേ, അനിമേലിയ എന്ന അഞ്ചു കിങ്ഡങ്ങളായി ജീവജാലങ്ങളെ തരംതിരിച്ചു. കോശഘടന, ശരീരഘടന, പോഷണരീതി, പ്രത്യുൽപ്പാദന രീതി, പരിണാമ ബന്ധങ്ങൾ എന്നിവയായിരുന്നു ഈ വർഗീകരണ രീതിയുടെ പ്രധാന മാനദണ്ഡങ്ങൾ.

അഞ്ചു കിങ്ഡം വർഗീകരണത്തിൽ ബാക്ടീരിയകൾ മൊനീറ വിഭാഗത്തിൽപ്പെടുന്നു. അവ സർവവ്യാപികളാണ്. ഉപാപചയ പ്രവർത്തനങ്ങളിൽ വളരെയധികം വൈവിധ്യം പുലർത്തുന്ന ജീവികളാണ് ബാക്ടീരിയ. ഇവയിലെ പോഷണം പരപോഷണമോ സ്വപോഷണമോ ആണ്. ക്രൈസോഫൈറ്റുകൾ, ഡൈനോഫ്ളജല്ലേറ്റുകൾ, യുഗ്ലിനോയിഡുകൾ, സ്ലൈംമോൾഡുകൾ, പ്രോട്ടോസോവകൾ തുടങ്ങിയ ഏകകോശ യൂക്കാരിയോട്ടുകൾ ഉൾപ്പെടുന്നതാണ് കിങ്ഡം പ്രോട്ടിസ്റ്റ. വ്യക്തമായ മർമ്മസ്തരാവരണമുള്ള കോശാംഗങ്ങൾ എന്നിവ പ്രോട്ടിസ്റ്റുകളുടെ പ്രത്യേകതയാണ്. ഈ ജീവികളിൽ ലൈംഗിക, അലൈംഗിക പ്രത്യുൽപ്പാദനരീതികൾ കാണപ്പെടുന്നു. ഘടനയിലും ആവാസത്തിലും വളരെയേറെ വ്യത്യസ്തതയുള്ള ജീവികളാണ് കിങ്ഡം ഫംജൈയിലുള്ളത്. മിക്കവാറും ഫംഗസുകൾ ശവോപജീവികളായി കാണപ്പെടുന്നു. ഇവ ലൈംഗിക, അലൈംഗിക രീതികളിലൂടെ പ്രത്യുൽപ്പാദനം നടത്തുന്നു. ഫൈക്കോമൈസീറ്റുകൾ, ആസ്കോമൈസീറ്റുകൾ, ബസീഡിയോമൈസീറ്റുകൾ, ഡ്യൂറ്റിരോമൈസീറ്റുകൾ എന്നിങ്ങനെ നാല് ക്ലാസ്സുകളാണ് കിങ്ഡം ഫംജൈയിൽ ഉൾപ്പെടുന്നത്. ഹരിതകമുള്ള എല്ലാ യൂക്കാരിയോട്ടിക് ബഹുകോശ ജീവികളും കിങ്ഡം പ്ലാന്റേ വിഭാഗത്തിൽപ്പെടുന്നു. ആൽഗകൾ, ബ്രയോഫൈറ്റുകൾ, ടെറിഡോഫൈറ്റുകൾ, അനാവൃത ബീജസസ്യങ്ങൾ, ആവൃതബീജ സസ്യങ്ങൾ എന്നിവയാണ് കിങ്ഡം പ്ലാന്റേയിലുള്ളത്. ഗാമീറ്റോഫൈറ്റ് - സ്പോറോഫൈറ്റ് തലമുറകളുടെ അനുവർത്തനം സസ്യങ്ങളുടെ പ്രത്യേകതയാണ്. യൂക്കാരിയോട്ടിക് ബഹുകോശ, പരപോഷി ജീവികളാണ് കിങ്ഡം അനിമേലിയയിലുള്ളത്. ഇവയുടെ കോശങ്ങളിൽ കോശ ഭിത്തി കാണപ്പെടുന്നില്ല. വായിലൂടെ ഭക്ഷണമെടുക്കുന്നതാണ് ഇവയുടെ പോഷണരീതി. ലൈംഗിക പ്രത്യുൽപ്പാദനമാണ് പൊതുവെ അനിമേലിയയിലുള്ളത്. ലൈക്കനുകൾ, കോശരഹിത ജീവികളായ വൈറസ്, വൈറോയിഡുകൾ, പ്രയോണുകൾ എന്നിവ അഞ്ചു കിങ്ഡം വർഗീകരണ രീതിയിൽ ഉൾപ്പെട്ടിട്ടില്ല.

പരിശീലന പ്രശ്നങ്ങൾ

1. വർഗീകരണത്തിൽ കാലാനുസൃതമായി വന്നിട്ടുള്ള മാറ്റങ്ങളെക്കുറിച്ച് ചർച്ച ചെയ്യുക.
2. പരപോഷി ബാക്ടീരിയ, ആർക്കിബാക്ടീരിയ എന്നിവയുടെ രണ്ട് സാമ്പത്തിക പ്രാധാന്യം വീതം എഴുതുക.
3. ഡയാറ്റമുകളുടെ കോശഭിത്തിയുടെ സ്വഭാവം എന്താണ്?
4. ആൽഗൽ ബ്ലൂം, ചുവന്ന തിരമാല എന്നിവ വിശദീകരിക്കുക.
5. വൈറസുകളും വൈറോയിഡുകളും തമ്മിലുള്ള വ്യത്യാസമെന്ത്?
6. പ്രോട്ടോസോവയുടെ നാലു വ്യത്യസ്ത വിഭാഗങ്ങളെക്കുറിച്ച് വിശദീകരിക്കുക.
7. സസ്യങ്ങൾ സ്വപോഷികളാണ്. ഇതിൽ നിന്ന് വ്യത്യസ്തമായി ഭാഗികമായി പരപോഷികളായ സസ്യങ്ങളെ കണ്ടെത്തുക.
8. ഫൈക്കോബയോന്റ്, മൈക്കോബയോന്റ് എന്നീ പദങ്ങൾ എന്തിനെ സുചിപ്പിക്കുന്നു?
9. പോഷണരീതി, പ്രത്യുൽപാദനരീതി എന്നിവയുടെ അടിസ്ഥാനത്തിൽ കിങ്ഡം ഫംജൈയുടെ നാലു ക്ലാസ്സുകളെ വിശകലനം ചെയ്യുക.
10. യുഗ്ലിനോയിഡുകളുടെ സ്വഭാവ സവിശേഷതകളെന്തെല്ലാം?
11. ഘടന, ജനിതകവസ്തു എന്നിവയുടെ അടിസ്ഥാനത്തിൽ വൈറസുകളെക്കുറിച്ച് ഒരു ലഘു വിവരണം തയാറാക്കുക. നാല് വൈറൽ രോഗങ്ങൾക്ക് ഉദാഹരണം കണ്ടെത്തുക.
12. വൈറസുകൾ ജീവനുള്ളവയോ, ജീവനില്ലാത്തവയോ - ചർച്ച ചെയ്യുക.

D4V3P1

അധ്യായം 3

സസ്യലോകം (Plant Kingdom)

3.1 ആൽഗകൾ

3.2 ബ്രയോഫൈറ്റുകൾ

3.3 ടെറിഡോഫൈറ്റുകൾ

3.4 അനാവൃതബീജസസ്യങ്ങൾ

3.5 ആവൃതബീജസസ്യങ്ങൾ

3.6 സസ്യങ്ങളുടെ ജീവിതചക്രവും തലമുറകളുടെ ഏകാന്തരണവും

ആർ.എച്ച്.വിറ്റാക്കർ (1969) ആവിഷ്കരിച്ച ജീവികളുടെ വർഗീകരണത്തിൽ ജീവികളെ മൊണീറ, പ്രോട്ടിസ്റ്റ, ഫംഗസുകൾ, സസ്യങ്ങൾ, ജന്തുക്കൾ എന്നിങ്ങനെ അഞ്ച് കിങ്ഡങ്ങളായി തരംതിരിച്ചിരിക്കുന്നു എന്ന് നമ്മൾ കഴിഞ്ഞ അധ്യായത്തിൽ മനസ്സിലാക്കിയല്ലോ. ഈ അധ്യായത്തിൽ നമുക്ക് സസ്യലോകത്തെക്കുറിച്ച് അവയുടെ വർഗീകരണത്തിലൂടെ വിശദമായി പഠിക്കാം.

സസ്യലോകത്തെക്കുറിച്ചുള്ള നമ്മുടെ അറിവ് കാലാനുസൃതമായി മാറിക്കൊണ്ടിരിക്കുന്നു. മുൻകാല വർഗീകരണങ്ങളിൽ സസ്യലോകത്തിൽ ഉൾപ്പെടുത്തിയിരുന്ന കോശഭിത്തിയുള്ള ഫംഗസുകൾ, മൊണീറയിലെയും പ്രോട്ടിസ്റ്റയിലെയും അംഗങ്ങൾ തുടങ്ങിയവയെ ഇപ്പോൾ ഈ വിഭാഗത്തിൽ നിന്ന് ഒഴിവാക്കിയിരിക്കുന്നു. അതിനാൽ നീല-ഹരിത ആൽഗകൾ എന്നറിയപ്പെട്ടിരുന്ന സയനോബാക്ടീരിയകൾ ഇപ്പോൾ 'ആൽഗകൾ' അല്ല. ഈ അധ്യായത്തിൽ സസ്യലോകത്തെ ആൽഗകൾ (Algae), ബ്രയോഫൈറ്റുകൾ (Bryophytes), ടെറിഡോഫൈറ്റുകൾ (Pteridophytes), അനാവൃതബീജസസ്യങ്ങൾ (Gymnosperms), ആവൃതബീജസസ്യങ്ങൾ (Angiosperms) എന്നിവയെക്കുറിച്ച് വിശദീകരിക്കാം.

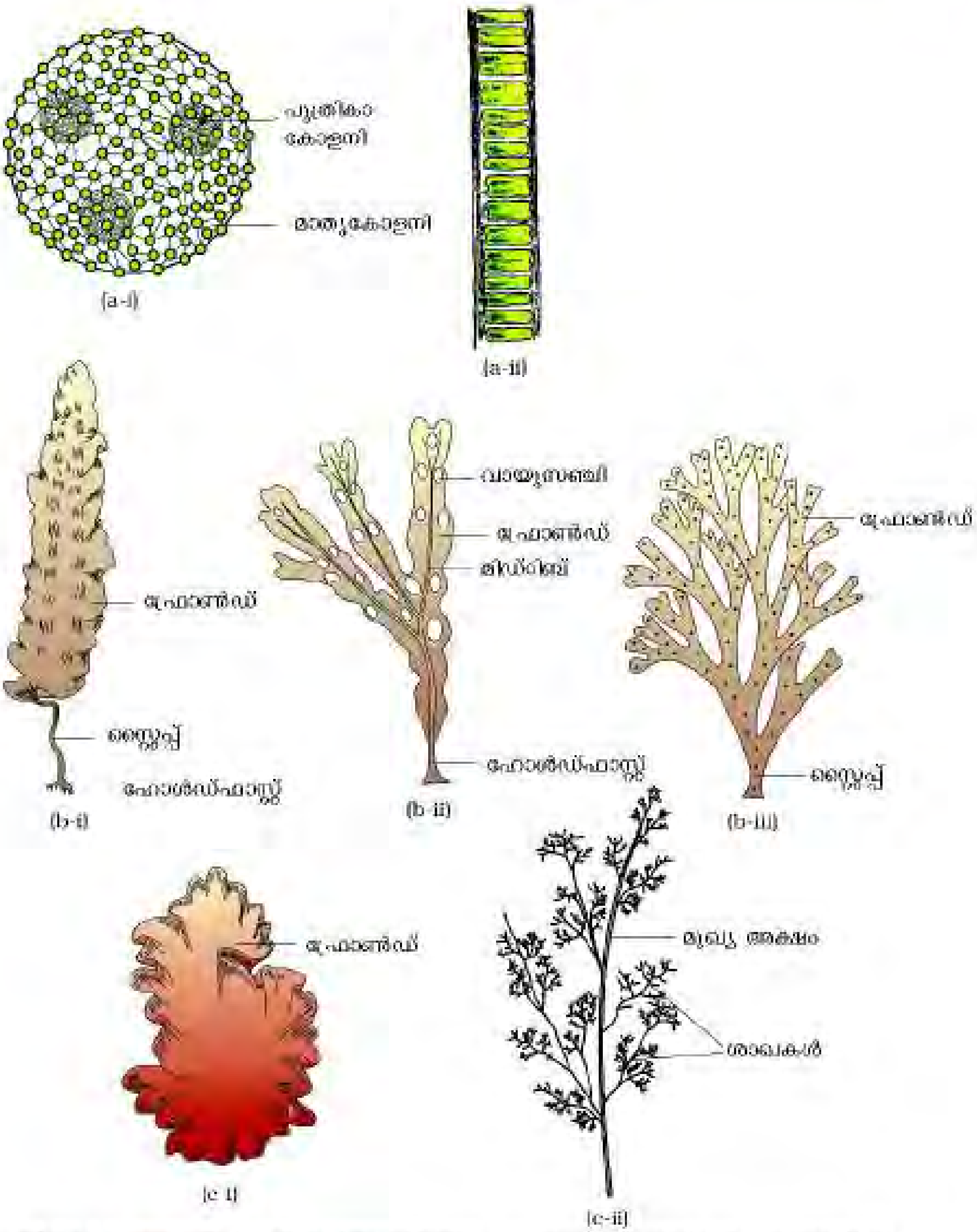
കൂടാതെ ആവൃതബീജസസ്യങ്ങളുടെ വർഗീകരണം വിശദമായി പരിശോധിച്ചാൽ വർഗീകരണ സമ്പ്രദായത്തെ സ്വാധീനിച്ച ചില വസ്തുതകൾകൂടി മനസ്സിലാക്കുവാൻ നമുക്ക് കഴിയും. മുൻകാല വർഗീകരണസമ്പ്രദായം സസ്യങ്ങളുടെ സ്വഭാവം, നിറം, ഇലകളുടെ എണ്ണം, ആകൃതി തുടങ്ങിയ ബാഹ്യസ്വഭാവങ്ങളെ മാത്രം അടിസ്ഥാനമാക്കിയായിരുന്നു. ഇവ പ്രധാനമായും കായികസ്വഭാവങ്ങളോ (Vegetative characters), കേസരപുടങ്ങളുടെ എണ്ണമോ (ലിനേയസിന്റെ വർഗീകരണം) അടിസ്ഥാനമാക്കിയായിരുന്നു. ഇത്തരം

വർഗീകരണത്തെ **കൃത്രിമ വർഗീകരണം (Artificial classification)** എന്ന് പറയാം. ഇത്തരം വർഗീകരണം കുറച്ച് സ്വഭാവങ്ങളുടെ അടിസ്ഥാനത്തിൽ ആയത് കൊണ്ട് വളരെ അടുത്ത ബന്ധമുള്ള സ്പീഷിസുകൾപോലും വേർതിരിഞ്ഞ അവസ്ഥയിലായിരുന്നു. കൂടാതെ കൃത്രിമ വർഗീകരണത്തിൽ കായികസ്വഭാവങ്ങൾക്കും ലൈംഗികസ്വഭാവങ്ങൾക്കും തുല്യപരിഗണനയാണ് നൽകിയിരുന്നത്. കായികസ്വഭാവങ്ങൾക്ക് പാരിസ്ഥിതിക മാറ്റങ്ങൾക്കനുസരിച്ച് വ്യതിയാനം സംഭവിക്കാവുന്നതുകൊണ്ട് ഈ വർഗീകരണ സമ്പ്രദായം സ്വീകാര്യമല്ല. ഇതിൽനിന്ന് വ്യത്യസ്തമായി നിലവിൽവന്ന വർഗീകരണ സമ്പ്രദായമാണ് **നാച്ചുറൽ വർഗീകരണ സമ്പ്രദായങ്ങൾ (Natural classification systems)**. ജീവികൾ തമ്മിലുള്ള പ്രകൃതിദത്തമായ സാമ്യങ്ങൾ, ബാഹ്യസവിശേഷതകളെ കൂടാതെ ആന്തരികസ്വഭാവങ്ങളായ സൂക്ഷ്മഘടന (Ultra structure), ആന്തരഘടന (Anatomy), ഭ്രൂണശാസ്ത്രം (Embryology), സസ്യരസതന്ത്രം (Phytochemistry) എന്നിവ അടിസ്ഥാനമാക്കിയുള്ളതാണ് നാച്ചുറൽ വർഗീകരണ വ്യവസ്ഥ. സപുഷ്പികൾക്ക് ഇങ്ങനെയുള്ള ഒരു വർഗീകരണം നൽകിയത് ജോർജ് ബെന്തവും (George Bentham) ജോസഫ് ഡാൽട്ടൺ ഹുക്കറും (Joseph Dalton Hooker) ചേർന്നാണ്.

വിവിധ ജീവികളുടെ പരിണാമ ബന്ധങ്ങളെ അടിസ്ഥാനമാക്കിയുള്ള **ഫൈലോജനറ്റിക് വർഗീകരണ വ്യവസ്ഥ (Phylogenetic classification system)** നിലവിൽ സ്വീകാര്യമാണ്. ഒരേ ടാക്സയിൽ വരുന്ന ജീവജാലങ്ങൾക്ക് ഒരു പൊതു മുൻഗാമി ഉണ്ടായിരിക്കും എന്ന അനുമാനത്തിലാണ് ഈ വർഗീകരണം. മറ്റ് ശാസ്ത്രങ്ങളിൽ നിന്ന് ലഭിക്കുന്ന അറിവുകളും ജീവികളുടെ വർഗീകരണത്തിലെ ബുദ്ധിമുട്ടുകൾ പരിഹരിക്കുന്നതിനായി ഉപയോഗിച്ചു വരുന്നു. ഇവയ്ക്ക് പലപ്പോഴും പ്രാധാന്യമേറുന്നത് ഇവയുടെ ജീവാശ്മക (Fossils) തെളിവുകളുടെ അഭാവത്തിലാണ്. നിരീക്ഷണവിധേയമായ എല്ലാ സവിശേഷതകളെയും അടിസ്ഥാനമാക്കിയുള്ളതാണ് **ന്യൂമറിക്കൽ ടാക്സോണമി (Numerical taxonomy)**. ഇതിൽ നിരീക്ഷിക്കാൻ കഴിയുന്ന എല്ലാ സ്വഭാവസവിശേഷതകൾക്കും അക്കങ്ങളും കോഡുകളും നൽകിയതിനു ശേഷം വിവരങ്ങളെ കമ്പ്യൂട്ടറിന്റെ സഹായത്താൽ അപഗ്രഥിക്കുന്നു. ഇതിലൂടെ എല്ലാ സ്വഭാവങ്ങൾക്കും തുല്യപ്രാധാന്യം നൽകികൊണ്ട് നൂറുകണക്കിന് സ്വഭാവങ്ങളെ ചുരുങ്ങിയ സമയത്തിനുള്ളിൽ പരിഗണിക്കുവാൻ കഴിയും. ക്രോമസോമുകളുടെ എണ്ണം,ഘടന,സ്വഭാവം എന്നിവയെ അടിസ്ഥാനമാക്കി ജീവികളെ വർഗീകരിക്കുന്നതിനെ **സൈറ്റോടാക്സോണമി (Cytotaxonomy)** എന്ന് പറയുന്നു. വർഗീകരണ വ്യവസ്ഥയിലെ ആശയക്കുഴപ്പങ്ങൾ പരിഹരിക്കുന്നതിന് സസ്യങ്ങളുടെ രാസഘടകങ്ങളെ അടിസ്ഥാനമാക്കിയുള്ള **കീമോടാക്സോണമിയും (Chemotaxonomy)** ഇപ്പോൾ ഉപയോഗിക്കാറുണ്ട്.

3.1 ആൽഗകൾ

ശരീരം താലസ് പോലെയുള്ളതും ഹരിതകണങ്ങൾ ഉള്ളതും, സ്വപോഷികളായി ജലത്തിൽ (ശുദ്ധജലത്തിലും/സമുദ്രജലത്തിലും) ജീവിക്കുകയും ചെയ്യുന്ന സസ്യങ്ങളാണ് ആൽഗകൾ. ഈർപ്പമുള്ള കല്ലുകൾ, മണ്ണ്, തടി തുടങ്ങിയ



ചിത്രം 3.1 ആൽഗകൾ : (a) ഹരിതആൽഗകൾ (i) *വോൾവോക്സ്* (ii) *യുലോത്രിക്സ്*
(b) തവിട്ട് ആൽഗകൾ (i) *ലാമിനേറിയ* (ii) *ഫ്യൂക്കസ്* (iii) *ഡിക്റ്റിയോട്ട*
(c) ചുവന്ന ആൽഗകൾ (i) *പോർഫൈറ* (ii) *പോളിസൈഫോണിയ*

വൈവിധ്യമാർന്ന മറ്റ് ആവാസങ്ങളിലും ആൽഗകളെ കാണുവാൻ കഴിയുന്നു. ചില ആൽഗകൾ മറ്റു ജീവികളുമായി ചേർന്ന് ജീവിക്കുന്നതായും കാണാം. ഉദാ:ഫംഗസുകളുമായും (ലൈക്കൻ), ജന്തുക്കളുമായും (ഉദാഹരണം-മടിയൻ കരടിയുടെ (**Sloth bear**) പുറത്ത്)

രൂപത്തിലും,ആകൃതിയിലും വലുപ്പത്തിലും വളരെയേറെ വൈവിധ്യം പുലർത്തുന്നവയാണ് ആൽഗകൾ. കോളനി രൂപത്തിലുള്ള *വോൾവോക്സ് (Volvox)*, നാരുകൾ പോലെയുള്ള *യൂലോത്രിക്സ് (Ulothrix)*, *സ്പൈറോഗൈറ (Spirogyra)* തുടങ്ങി വിവിധ രൂപങ്ങളിൽ ആൽഗകളെ കാണുവാൻ കഴിയും (*ചിത്രം 3.1*). സമുദ്രത്തിൽ കാണുന്ന കെൽപ്പുകൾ പോലെയുള്ളവ ഭീമൻ ആൽഗകളാണ്.

കായികപ്രത്യുൽപ്പാദനം, അലൈംഗികപ്രത്യുൽപ്പാദനം, ലൈംഗിക പ്രത്യുൽപ്പാദനം എന്നിങ്ങനെയുള്ള പ്രത്യുൽപ്പാദന രീതികൾ ആൽഗകളിൽ കണ്ടുവരുന്നു. കായികപ്രത്യുൽപ്പാദനം പ്രധാനമായും കഷണങ്ങളാകൽ അഥവാ ഖണ്ഡനം (**Fragmentation**) വഴിയാണ്. ഓരോ കഷണവും ഓരോ താലസായി വളരുന്നു. അലൈംഗികപ്രത്യുൽപ്പാദനം പലതരത്തിലുള്ള രേണുക്കളിലൂടെയാണ് (Spores) നടക്കുന്നത്. ഇതിൽ ഏറ്റവും പ്രധാനപ്പെട്ടത് **സചലരേണുക്കൾ (Zoospores)** ആണ്. ഫ്ളജെല്ല ഉള്ളതിനാൽ ഇവ ചലിക്കുന്നവയാണ്. ഈ രേണുക്കൾ മുളച്ച് പുതിയ ആൽഗകൾ ഉണ്ടാകുന്നു. ലൈംഗിക പ്രത്യുൽപ്പാദനം നടക്കുന്നത് രണ്ട് ബീജകോശങ്ങളുടെ സംയോജനം വഴിയാണ്.ബീജകോശങ്ങൾ ഒരേ വലുപ്പത്തിലുള്ളതും ഫ്ളജെല്ല ഉള്ളതും ആകാം. (ഉദാഹരണം: *യൂലോത്രിക്സ്*) അല്ലെങ്കിൽ ഒരേ വലുപ്പത്തിലുള്ളതും ഫ്ളജെല്ല ഇല്ലാത്തതും ആകാം (ഉദാഹരണം: *സ്പൈറോഗൈറ*). ഇത്തരത്തിലുള്ള ബീജകോശങ്ങളുടെ സംയോജനമാണ് **ഐസോഗമി (Isogamy)**. *യൂഡോറിനയുടെ (Eudorina)* സ്പീഷീസുകളിൽ വ്യത്യസ്ത വലുപ്പത്തിലുള്ള രണ്ട് ബീജകോശങ്ങളുടെ സംയോജനം ആണ് നടക്കുന്നത്. ഇതിനെ **അനൈസോഗമി (Anisogamy)** എന്ന് വിളിക്കുന്നു. ചലനശേഷിയില്ലാത്ത (**Static**) വലുപ്പം കൂടിയ പെൺബീജകോശവും ചലനശേഷിയുള്ള വലുപ്പം കുറഞ്ഞ പുംബീജകോശവും തമ്മിലുള്ള സംയോജനത്തെ **ഊഗമി (Oogamy)** എന്ന് വിളിക്കുന്നു. ഉദാഹരണം: *വോൾവോക്സ് (Volvox)*, *ഫ്യൂക്കസ് (Fucus)*.

ആൽഗകൾ മനുഷ്യന് പലതരത്തിലും ഉപയോഗപ്രദമാണ്. പ്രകാശ സംശ്ലേഷണത്തിലൂടെ ഭൂമിയിലെ മൊത്തം CO_2 സ്ഥിരീകരണത്തിന്റെ പകുതിയും നടത്തുന്നത് ആൽഗകൾ ആണ്. കൂടാതെ പ്രകാശസംശ്ലേഷണത്തിലൂടെ അവയുടെ സമീപപരിസരത്തുള്ള വെള്ളത്തിൽ ലയിച്ചുചേർന്നിരിക്കുന്ന ഓക്സിജന്റെ അളവും ഇവ വർധിപ്പിക്കുന്നു. ഊർജസമ്പന്നമായ സംയുക്തങ്ങളുടെ പ്രാഥമിക ഉൽപ്പാദകർ എന്ന നിലയിൽ ആൽഗകൾ പരമപ്രധാന്യം അർഹിക്കുന്നു. എല്ലാ ജലജീവികളുടെയും ഭക്ഷ്യശൃംഖലയുടെ അടിസ്ഥാനം ഇവ തന്നെയാണ്. *പോർഫൈറ, ലമിനേറിയ, സർഗാസം* തുടങ്ങി 70 ൽ പരം സമുദ്ര ആൽഗകളെ ഭക്ഷണമായി ഉപയോഗിക്കുന്നു. വ്യാവസായിക പ്രാധാന്യമുള്ള പല വസ്തുക്കളും ആൽഗകൾ ഉൽപ്പാദിപ്പിക്കുന്നു. ഉദാ:ചില തവിട്ട് ആൽഗകളും

ചുവന്ന ആൽഗകളും വലിയതോതിൽ ഹൈഡ്രോ കൊളോയിഡുകളെ (ഉദാ: **ആൽജിൻ (Algin)** (തവിട്ട് ആൽഗകൾ), **കാരാജീൻ (Carrageen)** (ചുവന്ന ആൽഗകൾ) ഉൽപ്പാദിപ്പിക്കുന്നു. *ഗ്രാസിലേറിയ (Gracilaria) ജെലിഡിയം (Gelidium)*, തുടങ്ങിയ ആൽഗകൾ ഉൽപ്പാദിപ്പിക്കുന്ന മറ്റൊരു വ്യാവസായിക പ്രാധാന്യമുള്ള ഉൽപ്പന്നമാണ് അഗാർ (Agar) സൂക്ഷ്മജീവികളെ കൾച്ചർ ചെയ്യുന്നതിനും ഐസ് ക്രീം, ജെല്ലികൾ എന്നിവയുടെ നിർമാണത്തിലും അഗാർ ഉപയോഗിക്കുന്നു. *ക്ലോറെല്ല (Chlorella)* എന്ന ഏകകോശ ആൽഗയിൽ ധാരാളം മാംസ്യം അടങ്ങിയിരിക്കുന്നതിനാൽ ബഹിരാകാശസഞ്ചാരികൾ ആഹാരമായി (Food supplement) ഇത് ഉപയോഗിക്കുന്നു.

ആൽഗകളെ **ക്ലോറോഫൈസിയേ (Chlorophyceae), ഫിയോഫൈസിയേ (Phaeophyceae), റോഡോഫൈസിയേ (Rhodophyceae)** എന്നിങ്ങനെ മൂന്ന് ക്ലാസുകളായി തരംതിരിച്ചിരിക്കുന്നു.

3.1.1 ക്ലോറോഫൈസിയേ (Chlorophyceae)

ഈ വിഭാഗത്തിൽപ്പെടുന്ന ആൽഗകളെ **ഹരിതആൽഗകൾ (Green algae)** എന്നാണ് സാധാരണയായി അറിയപ്പെടുന്നത്. ഏകകോശമായോ, കോളനിയായോ, തന്തുക്കളുടെ രൂപത്തിലുള്ളതോ ആയ ശരീരമാണിവക്കുള്ളത്. ഹരിതകം a, ഹരിതകം b എന്നീ വർണ വസ്തുക്കളുടെ സാന്നിധ്യംമൂലം ഇവ പച്ചനിറത്തിൽ കാണപ്പെടുന്നു. വർണവസ്തുക്കൾ വ്യക്തമായ ഹരിതകണങ്ങൾക്കുള്ളിൽ കാണപ്പെടുന്നു. ഈ ഹരിതകണങ്ങൾ വിവിധ സ്പീഷീസുകളിൽ ഡിസ്കിന്റെ ആകൃതിയിലോ ജാലികയായോ (Reticulate) കപ്പിന്റെ ആകൃതിയിലോ (Cup shaped) സർപ്പിളാകൃതിയിലോ (Spiral shaped) റിബൺപോലെയോ (Ribbon shaped) ആകാം. ബഹുഭൂരിപക്ഷം അംഗങ്ങളിലും ഹരിതകണങ്ങളിൽ ആഹാരം ശേഖരിച്ചുവയ്ക്കുന്ന ഒന്നോ അതിലധികമോ പൈറിനോയിഡുകൾ (Pyrenoids) എന്ന് വിളിക്കുന്ന സംഭരണകേന്ദ്രങ്ങൾ ഉണ്ട്. പൈറിനോയ്ഡുകളിൽ അന്നജത്തെ കൂടാതെ മാംസ്യവും കാണപ്പെടുന്നു. ചില ആൽഗകൾ ആഹാരം എണ്ണക്കണികകളുടെ (Oil droplets) രൂപത്തിൽ ശേഖരിച്ചുവയ്ക്കുന്നു. ഹരിതആൽഗകൾക്ക് ആന്തരപാളി സെല്ലുലോസ് കൊണ്ടും ബാഹ്യപാളി പെക്ടോസ് കൊണ്ടും നിർമ്മിച്ചിരിക്കുന്ന ദൃഢമായ ഒരു കോശഭിത്തിയുണ്ട്.

കായിക പ്രത്യുൽപ്പാദനം സാധാരണയായി കഷണങ്ങളാകൽ (Fragmentation) വഴിയോ, വിവിധ തരത്തിലുള്ള രേണുക്കൾ ഉണ്ടാകുന്നത് വഴിയോ ആണ് നടക്കുന്നത്. സചലരേണുധാനിയിൽ (Zoosporangium) ഉൽപ്പാദിപ്പിക്കപ്പെടുന്ന ഫ്ലജെല്ല ഉള്ള സചലരേണുക്കൾ (Zoospores) വഴിയാണ് അലൈംഗിക പ്രത്യുൽപ്പാദനം സാധ്യമാകുന്നത്. ലൈംഗിക പ്രത്യുൽപ്പാദനത്തിൽ ലൈംഗികകോശങ്ങൾ അവയുടെ തരത്തിലും രൂപീകരണത്തിലും വ്യക്തമായ വ്യതിയാനങ്ങൾ കാണിക്കുന്നു. ഇത് ഐസോഗാമസ്, അനൈസോഗാമസ്, ഊഗാമസ് എന്നീ തരത്തിലുള്ളതാകാം. സാധാരണ കാണുന്ന ഹരിത ആൽഗകളാണ് *ക്ലാമിഡോമോണാസ് (Chlamydomonas), വോൾവോക്സ്, യുലോത്രിക്സ്, സ്പൈറോഗൈറ, കാര (Chara)* എന്നിവ (ചിത്രം 3.1a).

3.1.2 ഫിയോഫൈസിയേ (Phaeophyceae)

ഇവയെ പൊതുവെ **തവിട്ടു ആൽഗകൾ (Brown algae)** എന്ന് പറയുന്നു. ഇവ പ്രധാനമായും കടലിലാണ് കാണപ്പെടുന്നത്. ഈ വിഭാഗത്തിൽപ്പെടുന്ന ആൽഗകൾ വലുപ്പത്തിലും ആകൃതിയിലും വൈവിധ്യമുള്ളവയാണ്. തന്തുക്കളുടെ രൂപത്തിലുള്ള ഇവയുടെ ശരീരം ചിതറിയ ശാഖകളോടു കൂടിയതോ *എക്ടോകാർപ്പസ് (Ectocarpus)* അല്ലെങ്കിൽ കെൽപ്പുകളിൽ കാണുന്ന പോലെ ധാരാളമായ ശാഖകളോടു കൂടിയതോ ആകാം. കെൽപ്പുകളുടെ ഉയരം ചിലപ്പോൾ 100 മീറ്റർ വരെ ആകാറുണ്ട്. ഈ വിഭാഗത്തിൽ വരുന്ന ആൽഗകളിൽ ഹരിതകം a യും c യും കൂടാതെ സാന്തോഫിൽ (Xanthophyll), കരോട്ടിനോയ്ഡ് (Carotenoids) എന്നിവയും കാണുന്നു. ഫ്യൂക്കോസാന്തിൻ എന്ന സാന്തോഫിൽ വർണവസ്തുവിന്റെ അളവിനനുസരിച്ച് ഇവയുടെ നിറങ്ങൾ ഒലിവ് പച്ച മുതൽ തവിട്ടുനിറത്തിന്റെ പല നിറഭേദങ്ങൾ വരെയാകാറുണ്ട്. ആഹാരം ശേഖരിച്ചിരിക്കുന്നത് സങ്കീർണ ധാന്യകങ്ങളായ ലാമിനാറിൻ (Laminarin) അല്ലെങ്കിൽ മാനിറ്റോൾ (Mannitol) എന്ന രൂപത്തിലാണ്. ഇവയുടെ കായിക കോശങ്ങളിൽ സെല്ലുലോസ് കൊണ്ട് നിർമിച്ച ഭിത്തിയും ഇതിന് പുറത്തായി **ആൽജിൻ (Algin)** കൊണ്ടുള്ള പശിമയുള്ള ഒരു ആവരണവും കാണപ്പെടുന്നു. ജീവദ്രവ്യത്തിൽ ഹരിതകണങ്ങൾ കൂടാതെ മധ്യഭാഗത്തായി ഫേനവും മർമവും കാണപ്പെടുന്നു. ഇവയുടെ സസ്യശരീരത്തെ പ്രതലത്തിൽ ഉറപ്പിച്ചു നിർത്തുന്നതിനായുള്ള **ഹോൾഡ്ഫാസ്റ്റ് (Holdfast), സ്റ്റൈപ്പ് (Stipe)** എന്ന തണ്ട്, പ്രകാശസംശ്ലേഷണം നിർവഹിക്കുന്ന ഇല പോലെയുള്ള **ഫ്രോണ്ട് (Frond)** എന്നിങ്ങനെയുള്ള ഭാഗങ്ങൾ കാണുവാൻ കഴിയുന്നു. ഖണ്ഡനങ്ങൾ വഴിയാണ് ഇവ കായിക പ്രത്യുൽപ്പാദനം നടത്തുന്നത്. മിക്ക തവിട്ട് ആൽഗകളിലും അലൈംഗിക പ്രത്യുൽപ്പാദനം ഇരട്ട ഫ്ളജല്ലകൾ ഉള്ള (Biflagellated) സചലരേണുക്കൾ (Zoospores) വഴിയാണ് നടക്കുന്നത്. ഇവ പിയർ ആകൃതിയുള്ളതും ഇവയുടെ ഫ്ളജല്ലകൾ തുല്യമല്ലാത്തതും പാർശ്വഭാഗത്ത് കാണുന്നവയുമാണ്.

ഐസോഗാമസ്, അനൈസോഗാമസ്, ഊഗാമസ് എന്നീ തരത്തിലുള്ള ലൈംഗിക പ്രത്യുൽപ്പാദനം ഇവയിൽ കാണുന്നു. ബീജകോശങ്ങളുടെ സംയോഗം ജലത്തിൽ വച്ചോ ഊഗോണിയത്തിൽ (Oogonium) വച്ചോ (ഊഗാമസ് സ്പീഷിസുകളിൽ) നടക്കുന്നു. ഇവയുടെ ബീജകോശങ്ങൾ പൈറിഫോമും (Pyriform- കുടത്തിന്റെ ആകൃതിയുള്ളത്) പാർശ്വഭാഗത്ത് രണ്ട് ഫ്ളജല്ലകളോടു കൂടിയതും ആണ്. *എക്ടോകാർപ്പസ് (Ectocarpus), ഡിക്റ്റിയോട്ട (Dictyota), ലാമിനേറിയ (Laminaria), സർഗാസം (Sargassum), ഫ്യൂക്കസ് (Fucus)* എന്നിവ സാധാരണ കണ്ടു വരുന്ന തവിട്ട് ആൽഗകളാണ് (ചിത്രം 3.1 b).

3.1.3 റോഡോഫൈസിയേ (Rhodophyceae)

ഈ ഗ്രൂപ്പിൽ വരുന്ന ആൽഗകളെ സാധാരണയായി **ചുവന്ന ആൽഗകൾ (Red algae)** എന്നു വിളിക്കുന്നു. ഇവയ്ക്ക് ചുവപ്പ് നിറം ഉണ്ടാകുവാൻ കാരണം ഇവയുടെ ശരീരത്തിൽ കൂടുതലായി കണ്ടുവരുന്ന r-ഫൈക്കോഎറിത്രിൻ (r-phycoerythrin) എന്ന വർണവസ്തുവാണ്. ഭൂരിപക്ഷം ചുവന്ന ആൽഗകളും

കടലിൽ മിതോഷ്ണ ഭാഗങ്ങളിലാണ് അധിവസിക്കുന്നത്. സമുദ്രത്തിൽ പ്രകാശം കൂടുതൽ ലഭിക്കുന്ന ജലോപരിതലത്തിന് വളരെ അടുത്തും പ്രകാശം താരതമ്യേന വളരെ കുറച്ച് ലഭിക്കുന്ന ആഴക്കടലിലും ഇവ കാണപ്പെടുന്നു.

ബഹുഭൂരിപക്ഷം ചുവന്ന ആൽഗകളുടെയും ശരീരം ബഹുകോശങ്ങളാൽ നിർമിതമാണ്. ഇവയിൽ ചിലത് സങ്കീർണമായ ശരീരഘടനയോടുകൂടിയവ ആണ്. ഘടനയിൽ അമൈലോപെക്റ്റിനോടും (Amylopectin) ഗ്ലൈക്കോജനോടും (Glycogen) വളരെയേറെ സാദൃശ്യമുള്ള ഫ്ളോറിഡിയൻ സ്റ്റാർച്ചിന്റെ (Floridean starch) രൂപത്തിലാണ് ഇവയിൽ ആഹാരം സംഭരിച്ചിരിക്കുന്നത്.

സാധാരണയായി ചുവന്ന ആൽഗകൾ കായിക പ്രത്യുൽപ്പാദനം നടത്തുന്നത് കഷണങ്ങളാകൽ വഴിയാണ്. അലൈംഗികപ്രത്യുൽപ്പാദനം ചലനശേഷിയില്ലാത്ത രേണുക്കൾ വഴിയും ലൈംഗികപ്രത്യുൽപ്പാദനം ചലനശേഷിയില്ലാത്ത ബീജകോശങ്ങൾ വഴിയുമാണ്. ഊഗാമസ് രീതിയിലുള്ള ലൈംഗിക പ്രത്യുൽപ്പാദനത്തെ തുടർന്ന് സങ്കീർണമായ ബീജസംയോഗാനന്തര (Post fertilisation) വികാസങ്ങളും നടക്കുന്നു. *പോളിസൈഫോണിയ (Polysiphonia)*, *പോർഫൈറ (Porphyra)* (ചിത്രം 3.1.c), *ഗ്രാസിലേറിയ (Gracilaria)*, *ജെലിഡിയം (Gelidium)* തുടങ്ങിയവ ചുവന്ന ആൽഗകളുടെ ഉദാഹരണങ്ങളാണ്.

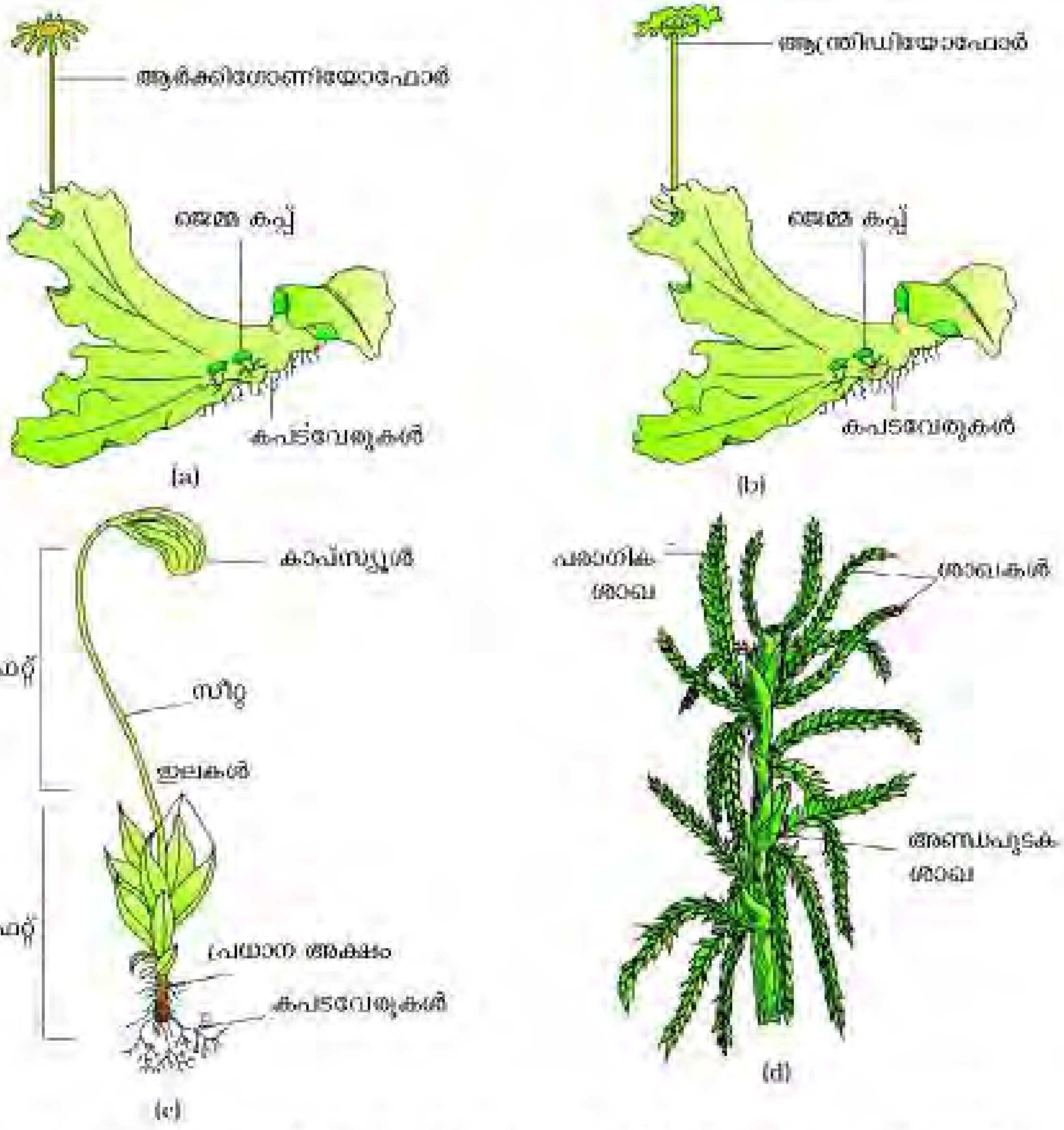
പട്ടിക 3.1 ആൽഗകളുടെ വിവിധ വിഭാഗങ്ങളും അവയുടെ പ്രധാന സ്വഭാവ സവിശേഷതകളും

ക്ലാസ്	പൊതുനാമം	പ്രധാന വർണകങ്ങൾ	സംഭരിക്കപ്പെട്ട ആഹാരം	കോശഭിത്തി	ഫ്ളജല്ലയുടെ എണ്ണവും ഉറപ്പിച്ചിരിക്കുന്ന സ്ഥാനവും	ആവാസം
ക്ലോറോഫൈസിയെ	ഹരിത ആൽഗകൾ	ഹരിതകം a, b	അന്നജം	സെല്ലുലോസ്	2-8, തുല്യമായവ, ശീർഷീയം	ശുദ്ധജലം, നേരിയ ഉപ്പുരസമുള്ളജലം, കടൽ ജലം
ഫിയോഫൈസിയെ	തവിട്ട് ആൽഗകൾ	ഹരിതകം a, c, ഫ്യൂക്കോസാന്തിൻ	ലാമിനാറിൻ, മാനിറ്റോൾ	സെല്ലുലോസ്, ആൽജിൻ	2,തുല്യമല്ലാത്തവ, പാർശ്വങ്ങളിൽ കാണുന്നവ	ശുദ്ധജലം (അപൂർവമായി), നേരിയ ഉപ്പുരസമുള്ളജലം, കടൽ ജലം (മുഖ്യമായും)
റോഡോഫൈസിയെ	ചുവന്ന ആൽഗകൾ	ഹരിതകം a, d ഫൈക്കോ എറിത്രിൻ	ഫ്ളോറിഡിയൻ സ്റ്റാർച്ച്	സെല്ലുലോസ്, പെക്റ്റിൻ, പോളിസൾഫേറ്റ് എസ്റ്ററുകൾ	ഇല്ല	ശുദ്ധജലം(ചിലത്), നേരിയ ഉപ്പുരസമുള്ള ജലം, കടൽ ജലം (മുഖ്യമായും)

3.2 ബ്രയോഫൈറ്റുകൾ (Bryophytes)

ഈർപ്പമുള്ളതും നേരിട്ട് വെയിൽ ഏൽക്കാത്തതുമായ കുന്നുകളിൽ കാണപ്പെടുന്ന ഇവ മോസ്സുകൾ (Mosses), ലിവർവേർട്ടുകൾ (Liverworts) എന്നിങ്ങനെ രണ്ട് വിഭാഗങ്ങളിൽപ്പെടുന്നു (ചിത്രം 3.2). മണ്ണിൽ ജീവിക്കാൻ

കഴിയുന്ന ഇവയ്ക്ക് ലൈംഗിക പ്രത്യുൽപ്പാദനം നടത്തുവാൻ ജലം ആവശ്യമായതിനാൽ ഇവയെ സസ്യലോകത്തെ ഉഭയജീവികൾ (Amphibians) എന്നും വിളിക്കുന്നു. ഇവ സാധാരണ നനഞ്ഞതും ഈർപ്പമുള്ളതും തണൽ ഉള്ളതുമായ പ്രദേശങ്ങളിലാണ് കാണപ്പെടുന്നത്. ഇവ പാറകളിൽ/മണ്ണിൽ ഉണ്ടാകുന്ന സസ്യ അനുക്രമത്തിൽ (Succession) പ്രധാന പങ്ക് വഹിക്കുന്നു.



ചിത്രം 3.2 ബ്രയോഫൈറ്റുകൾ: ലിവർവേർട്ട് : *മാർക്കാൻഷ്യ (Marchantia)* (a) പെൺ താലസ് (b) ആൺ താലസ്. മോസ്സുകൾ - (c) *ഫ്യുണേറിയ (Funaria)* -ഗാമിറ്റോഫൈറ്റും സ്പോറോഫൈറ്റും (d) *സ്ഫാഗ്നം (Sphagnum)*-ഗാമിറ്റോഫൈറ്റ്.

ഈ സസ്യങ്ങളുടെ ശരീരം ആൽഗകളുടേതിനെക്കാൾ വളരെയേറെ വൈവിധ്യവൽക്കരിക്കപ്പെട്ടിരിക്കുന്നു. തിരശ്ചീനമായോ (Prostrate) നിവർന്നോ (Erect) കാണപ്പെടുന്ന താലസ് പോലെയുള്ള ഇവ ഏകകോശമോ ബഹുകോശമോ ആയ മൂലാഭവേരുകൾ (Rhizoids) കൊണ്ട് പ്രതലങ്ങളിൽ പറ്റിപ്പിടിച്ചിരിക്കുന്നു. ഇവയിൽ യഥാർഥമായ വേരോ തണ്ടോ ഇലയോ കാണുന്നില്ല. എന്നാൽ വേര് പോലെയുള്ള, ഇല പോലെയുള്ള, തണ്ട് പോലെയുള്ള ഭാഗങ്ങൾ കാണുവാൻ കഴിയും. ബ്രയോഫൈറ്റിന്റെ പ്രധാന സസ്യശരീരം ഏകപ്ലോയിഡ് (Haploid) ആണ്. ഇവയെ ബീജങ്ങളെ ഉൽപ്പാദിപ്പിക്കുന്നവ ആയതിനാൽ **ഗാമിറ്റോഫൈറ്റുകൾ (Gametophytes)** എന്ന് പറയുന്നു. ഇവയുടെ ലൈംഗികാവയവങ്ങൾ ബഹുകോശങ്ങൾ കൊണ്ടാണ് നിർമിച്ചിട്ടുള്ളത്. ആൺ ലൈംഗികാവയവം **പരാഗികം (Antheridium)** ആണ്. പരാഗികം രണ്ട് ഫ്ലജെല്ലയോടുകൂടിയ **ആന്ത്രോസോയിഡുകൾ (Antherozoids)** ഉൽപ്പാദിപ്പിക്കുന്നു. കുപ്പിയുടെ ആകൃതിയുള്ള (Flask shaped) പെൺ ലൈംഗികാവയവത്തെ **അണ്ഡപുടകം (Archegonium)** എന്ന് വിളിക്കുന്നു. ഇതിൽ ഒരു അണ്ഡം (Egg) ഉൽപ്പാദിപ്പിക്കപ്പെടുന്നു. ജലത്തിലേക്ക് സ്വതന്ത്രമാക്കപ്പെടുന്ന ആന്ത്രോസോയിഡുകൾ അവിടെവെച്ച് അണ്ഡപുടകവുമായി സമ്പർക്കത്തിൽ ആകുന്നു. ഒരു ആന്ത്രോസോയിഡ് അണ്ഡവുമായി സംയോജിച്ച് സിക്താണ്ഡം ഉണ്ടാകുന്നു. ഇത്തരം സിക്താണ്ഡങ്ങൾ ഉടനെതന്നെ ഊനഭംഗത്തിന് വിധേയമാകുന്നില്ല. ഇവ ഒരു ബഹുകോശ **രേണുജസസ്യം** അഥവാ **സ്പോറോഫൈറ്റ് (Sporophyte)** ആയി മാറുന്നു. സ്പോറോഫൈറ്റ് സ്വതന്ത്രമായി ജീവിക്കാതെ പ്രകാശ സംശ്ലേഷണ ശേഷിയുള്ള ഗാമിറ്റോഫൈറ്റിൽ പറ്റിപ്പിടിച്ച് വളരുകയും അവയിൽ നിന്ന് പോഷണം സ്വീകരിക്കുകയും ചെയ്യുന്നു. ഈ സ്പോറോഫൈറ്റിലെ ചില കോശങ്ങൾ ഊനഭംഗത്തിന് (Meiosis) വിധേയമായി ഏകപ്ലോയിഡ് ആയിട്ടുള്ള രേണുക്കളെ (Spore) ഉൽപ്പാദിപ്പിക്കുന്നു. ഈ രേണുക്കൾ വളർന്ന് ഗാമിറ്റോഫൈറ്റുകൾ ആയി മാറുന്നു.

ബ്രയോഫൈറ്റുകൾക്ക് പൊതുവെ വാണിജ്യപ്രാധാന്യം കുറവാണെങ്കിലും ചിലയിനം മോസ്സുകൾ സസ്യഭുക്കുകളായ സസ്തനികൾ, പക്ഷികൾ, മറ്റ് ജന്തുക്കൾ എന്നിവയ്ക്ക് ആഹാരമാകുന്നു. ഒരിനം മോസ്സായ സ്ഫാഗ്നത്തിൽ നിന്നും ലഭിക്കുന്ന പീറ്റ് (Peat) ഇന്ധനമായി ഉപയോഗിക്കുന്നു. കൂടാതെ ഇവയ്ക്ക് ജലം ശേഖരിച്ച് നിർത്തുവാൻ കഴിവുള്ളതിനാൽ ജീവനുള്ള വസ്തുക്കളെ ഒരു സ്ഥലത്ത് നിന്നും മറ്റൊരു സ്ഥലത്തേക്ക് കൊണ്ടു പോകുവാനുള്ള പായ്ക്കിംഗ് വസ്തുവായി ഉപയോഗിക്കുന്നു. ലൈക്കനുകളോടൊപ്പം മോസ്സുകളും ചേർന്ന് പാറകളിലെ ആദ്യ അധിനിവേശ വിഭാഗങ്ങളായി മാറുന്നതിനാൽ ഇവയ്ക്ക് പാരിസ്ഥിതികമായി വളരെ പ്രാധാന്യമുണ്ട്. ഇവ പാറകളെ വിഘടിപ്പിച്ച് ആ പ്രതലത്തെ ഉയർന്ന തലത്തിലുള്ള സസ്യങ്ങൾക്ക് വസിക്കാൻ അനുയോജ്യമാക്കിത്തീർക്കുന്നു. മോസ്സുകൾ മണ്ണിന്റെ ഉപരിതലത്തിൽ കട്ടിയുള്ള ഒരു മെത്ത പോലെ വളരുന്നതിനാൽ മഴവെള്ളം വീഴുമ്പോഴുള്ള ആഘാതം ഇല്ലാതാക്കുന്നതിനും മണ്ണൊലിപ്പ് തടയുന്നതിനും സഹായിക്കുന്നു. ബ്രയോഫൈറ്റുകളെ **ലിവർവേർട്ടുകൾ (Liverworts)** എന്നും **മോസ്സുകൾ (Mosses)** എന്നും രണ്ടായി തരം തിരിച്ചിരിക്കുന്നു.

3.2.1 ലിവർവേർട്ടുകൾ (Liverworts)

അരുവികളുടെ തീരം, ചതുപ്പുനിലങ്ങൾ, ഈർപ്പമുള്ള മണ്ണ്, മരത്തിന്റെ തൊലി, വനത്തിന്റെ ഉൾഭാഗം തുടങ്ങി ഈർപ്പമുള്ളതും തണലുള്ളതുമായ ആവാസങ്ങളിലാണ് ലിവർവേർട്ടുകൾ സാധാരണയായി വളരുന്നത്. ലിവർവേർട്ടുകളുടെ സസ്യശരീരം താലോയിഡ് (**Thalloid**) ആണ്. ഉദാഹരണം: മാർക്കാൻഷ്യ (*Marchantia*). താലസ് ഉപരിതല അധോതലഭിന്നമായ (**Dorsiventral**) ഇവ പ്രതലത്തോട് വളരെയധികം ചേർന്നാണ് കാണപ്പെടുന്നത്. ഈ വിഭാഗത്തിലെ ചില അംഗങ്ങളിൽ തണ്ട് പോലുള്ള ഭാഗങ്ങളിൽ രണ്ട് നിരയായി ചെറിയ ഇലകൾ പോലുള്ള ഭാഗങ്ങൾ കാണുന്നു.

ലിവർവേർട്ടുകൾ കായിക പ്രത്യുൽപ്പാദനം നടത്തുന്നത് കഷണങ്ങളാകൽ വഴിയോ താലസിൽ ഉണ്ടാകുന്ന പ്രത്യേക ഭാഗങ്ങൾ ആയ **ജെമ്മകൾ (Gemmae)** വഴിയോ ആണ്. പച്ചനിറത്തിലുള്ളതും ബഹുകോശങ്ങളാൽ നിർമ്മിച്ചിട്ടുള്ളതുമായ അലൈംഗിക മുകുളങ്ങളായ ജെമ്മകൾ താലസിലെ ചെറിയ റിസപ്റ്റക്കിളിലാണ് (**Receptacles**) ഉണ്ടാകുന്നത്. ഇവയെ ജെമ്മ കപ്പുകൾ (**Gemma Cups**) എന്ന് പറയുന്നു. ജെമ്മകൾ മാതൃശരീരത്തിൽ നിന്ന് വേർപെട്ട് മുളച്ച് പുതിയ സസ്യങ്ങളായിത്തീരുന്നു. ലൈംഗികപ്രത്യുൽപ്പാദനത്തിൽ ആൺ പെൺ ലൈംഗിക അവയവങ്ങൾ ഒരേ താലസിലോ വ്യത്യസ്തങ്ങളായ താലസുകളിലോ ആണ് ഉണ്ടാകുന്നത്. ഇവയുടെ സ്പോറോഫൈറ്റ് ഫൂട്ട് (**Foot**), സീറ്റ (**Seta**), കാപ്സ്യൂൾ (**Capsule**) എന്നീ മൂന്ന് ഭാഗങ്ങളായി വൈവിധ്യവൽക്കരിച്ചിരിക്കുന്നു. കാപ്സ്യൂളിനുള്ളിൽ ഊനഭംഗത്തെ തുടർന്ന് രേണുക്കൾ ഉണ്ടാകുന്നു. ഈ രേണുക്കൾ മുളച്ച് സ്വതന്ത്രമായി ജീവിക്കുന്ന ഗാമീറ്റോഫൈറ്റുകൾ ഉണ്ടാകുന്നു.

3.2.2 മോസ്സുകൾ (Mosses)

ഈ വിഭാഗത്തിൽപ്പെട്ടവയുടെ ജീവിതചക്രത്തിലെ പ്രധാന അവസ്ഥയായ ഗാമീറ്റോഫൈറ്റിന് രണ്ട് ഘട്ടങ്ങൾ ഉണ്ട്. ഇതിൽ രേണുക്കളിൽ നിന്ന് നേരിട്ട് ഉണ്ടാകുന്ന ആദ്യഘട്ടമാണ് **പ്രോട്ടോണിമ (Protonema)** ഘട്ടം. ഇത് മണ്ണിൽ പടർന്ന് വളരുന്നതും പച്ച നിറമുള്ളതും ശാഖകളോടുകൂടിയതും തന്തുക്കൾ പോലെ കാണുന്നതുമായ ഘട്ടമാണ്. രണ്ടാമത്തെ ഘട്ടമാണ് **ലീഫി സ്റ്റേജ് (Leafy stage)**. ഇവ സെക്കന്ററി പ്രോട്ടോണിമയിൽ നിന്ന് പാർശ്വമുകുളങ്ങളായിട്ടാണ് ഉണ്ടാകുന്നത്. ഇവയ്ക്ക് വർത്തുളാകൃതിയിൽ (**Spiral**) ക്രമീകരിച്ചിരിക്കുന്ന ഇലകളെ വഹിക്കുന്ന മെലിഞ്ഞ നിവർന്ന തണ്ടുകൾ ഉണ്ട്. ഇവയെ മണ്ണിൽ ഉറപ്പിച്ചുനിർത്തുന്നത് ബഹുകോശമുള്ളതും ശാഖകളോടുകൂടിയതുമായ കപടവേരുകൾ ആണ്. ഈ ഘട്ടം ലൈംഗിക അവയവങ്ങളെ വഹിക്കുന്നു.

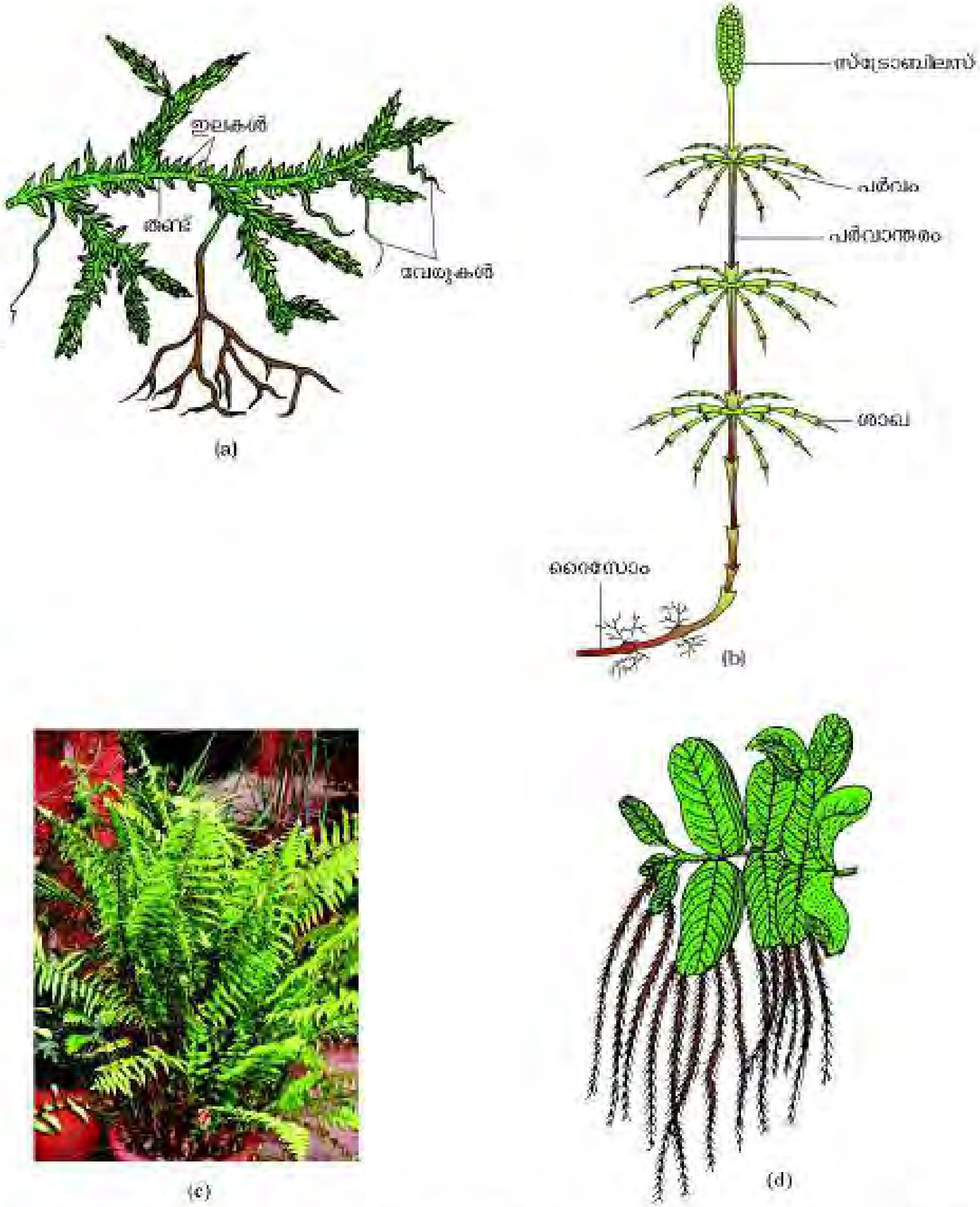
ഇവ കായിക പ്രത്യുൽപ്പാദനം നടത്തുന്നത് കഷണങ്ങളാകൽ വഴിയോ സെക്കന്ററി പ്രോട്ടോണിമയിൽ നടക്കുന്ന മുകുളനം വഴിയോ ആണ്. ലൈംഗിക പ്രത്യുൽപ്പാദനത്തിൽ ലൈംഗിക അവയവങ്ങളായ പരാഗികങ്ങളും, അണ്ഡപുടകങ്ങളും ഇലകളുള്ള തണ്ടിന്റെ അഗ്രഭാഗത്താണ് ഉണ്ടാകുന്നത്. ബീജസംയോഗത്തിന് ശേഷം സിക്താണ്ഡം വളർന്ന് ഫൂട്ട്, സീറ്റ, കാപ്സ്യൂൾ എന്നീ ഭാഗങ്ങളുള്ള സ്പോറോഫൈറ്റായി മാറുന്നു. ഇവയുടെ സ്പോറോഫൈ

റ്റുകൾ ലിവർവർട്ടുകളെക്കാൾ വികാസം പ്രാപിച്ചവയാണ്. കാപ്സ്യൂളിൽ രേണുക്കൾ കാണപ്പെടുന്നു. ഊനഭംഗം വഴിയാണ് രേണുക്കൾ ഉണ്ടാകുന്നത്. മോസ്സുകളിൽ രേണുക്കളുടെ വിതരണത്തിന് വിശാലമായ രീതികൾ കാണുവാൻ കഴിയും. മോസ്സുകൾക്ക് ഉദാഹരണങ്ങളാണ് *ഫ്യൂണേറിയ (Funaria)*, *പോളിട്രിക്കം (Polytrichum)*, *സ്ഫാഗ്നം (Sphagnum)* എന്നിവ (ചിത്രം 3.2).

3.3 ടെറിഡോഫൈറ്റുകൾ (Pteridophytes)

ഹോഴ്സ്ടെയിലുകളും (Horsetails), പന്നൽച്ചെടികളും (Ferns) ഉൾപ്പെടുന്ന വിഭാഗമായ ടെറിഡോഫൈറ്റുകൾ ഔഷധങ്ങളായും, മണ്ണിനെ തടഞ്ഞു നിർത്തുന്നതിനും ഉപയോഗിക്കുന്നു. സാധാരണയായി ഇവയെ അലങ്കാര ചെടികളായും വളർത്താറുണ്ട്. പരിണാമപരമായി ഇവയാണ് സംവഹന കലകളായ സൈലവും, ഫ്ളോയവും (Xylem, Phloem) ഉള്ള കരയിലെ ആദ്യത്തെ സസ്യങ്ങൾ. ഈ കലകളെക്കുറിച്ച് ആറാമത്തെ അധ്യായത്തിൽ നിങ്ങൾ കൂടുതലായി പഠിക്കും. തണുപ്പും ഈർപ്പവുമുള്ള തണൽപ്രദേശങ്ങളിലാണ് ടെറിഡോഫൈറ്റുകൾ സാധാരണ കാണപ്പെടുന്നത്. പൂഴിനിറഞ്ഞ മണ്ണിലും ചിലത് തഴച്ചുവളരാറുണ്ട്.

ബ്രയോഫൈറ്റുകളുടെ ജീവിതചക്രത്തിലെ പ്രധാനഘട്ടം ഗാമിറ്റോഫൈറ്റായ സസ്യശരീരം ആണെന്ന് നിങ്ങൾക്ക് ഓർമ്മയുണ്ടല്ലോ. എന്നാൽ ടെറിഡോഫൈറ്റുകളുടെ ജീവിതചക്രത്തിലെ പ്രധാനഘട്ടമായ രേണുജസസ്യം അഥവാ സ്പോറോഫൈറ്റിൽ യഥാർഥ ഇലകൾ, തണ്ട്, വേര് എന്നീ ഭാഗങ്ങൾ കാണുവാൻ കഴിയുന്നു (ചിത്രം 3.3.). ഈ ഭാഗങ്ങളിൽ വികാസം പ്രാപിച്ച സംവഹന കലകൾ ഉണ്ട്. ടെറിഡോഫൈറ്റുകളുടെ ഇലകൾ *സെലാജിനെല്ല (Selaginella)* പോലുള്ളവയിൽ ചെറുതും (സൂക്ഷ്മപത്രികകൾ- Microphylls) പന്നൽ ചെടികളിൽ (Ferns) വലുതും (സ്ഥൂലപത്രികകൾ-Macrophylls) ആയിരിക്കും. രേണുജസസ്യങ്ങളിലെ ഇലകളിൽ ആണ് രേണുപേടകങ്ങൾ അഥവാ സ്പൊറാഞ്ചിയ (Sporangia) ഉണ്ടാകുന്നത്. ഈ ഇലകളെ **രേണുപത്രികകൾ** അഥവാ **സ്പോറോഫിൽ (Sporophylls)** എന്നു പറയുന്നു. ചില അവസരങ്ങളിൽ ഈ സ്പോറോഫില്ലുകളെ ഞെരുക്കി അടുക്കി സ്ട്രോബിലസുകൾ (Strobili) അഥവാ കോണുകൾ (Cones) രൂപപ്പെടുന്നു, (*സെലാജിനെല്ല Equisetum*). രേണുപേടകങ്ങളിൽ കാണുന്ന രേണുമാതൃ കോശങ്ങളിൽ (Spore mother cells) നടക്കുന്ന ഊനഭംഗഫലമായി രേണുക്കൾ ഉണ്ടാകുന്നു. ഈ രേണുക്കൾ മുളയ്ക്കുമ്പോൾ ബഹുകോശങ്ങളോടു കൂടിയ, സ്വതന്ത്രമായി ജീവിക്കുന്ന പ്രകാശസംശ്ലേഷണ ശേഷിയുള്ള താലസ് പോലെയുള്ള ചെറിയ ഗാമിറ്റോഫൈറ്റുകൾ ഉണ്ടാകുന്നു. ഇവയെ **പ്രോതാലസ് (Prothallus)** എന്ന് പറയുന്നു. ഈ ഗാമിറ്റോഫൈറ്റുകൾക്ക് വളരുന്നതിന് തണുപ്പും ഈർപ്പവുമുള്ള തണൽസ്ഥലങ്ങൾ ആവശ്യമാണ്. ഇത്തരം പ്രത്യേകവും പരിമിതവുമായ സാഹചര്യങ്ങൾ ആവശ്യമായതിനാലും ബീജസംയോഗത്തിന് ജലം അനിവാര്യമായതിനാലുമാണ് ടെറിഡോഫൈറ്റുകൾ ചില പ്രത്യേക ഭൂപ്രദേശങ്ങളിൽ മാത്രമായി ഒതുങ്ങിപ്പോകുന്നത്. ഗാമിറ്റോഫൈറ്റുകളിൽ ആൺ പെൺ ലൈംഗികാവയവങ്ങളായ പരാഗികവും അണ്ഡപുടകവും യഥാക്രമം കാണുന്നു. പരാഗികത്തിൽ നിന്ന് പുറത്തുവരുന്ന ആൺബീജങ്ങളായ



ചിത്രം 3.3 ടെറിഡോഫൈറ്റുകൾ : (a) *സെലാജിനെല്ല (Selaginella)* (b) *ഇക്വിസീറ്റം (Equisetum)* (c) പന്നൽ ചെടികൾ (d) *സാൽവീനിയ (Salvinia)*

ആന്ത്രോസോയിഡുകൾക്ക് അണ്ഡപുടകത്തിലേക്ക് പ്രവേശിക്കുന്നതിന് ജലം ആവശ്യമാണ്. അണ്ഡപുടകത്തിലെ അണ്ഡവും ആൺബീജവും തമ്മിൽ സംയോജിക്കുന്നതിന്റെ ഫലമായി സിക്താണ്ഡം ഉണ്ടാകുന്നു. സിക്താണ്ഡം വളർന്ന് ടെറിഡോഫൈറ്റുകളുടെ ജീവിത പരിവൃത്തിയിലെ പ്രധാന ഘട്ടമായ ബഹുകോശവും വൈവിധ്യഭാഗങ്ങളുമുള്ള രേണുജസസ്യം ഉണ്ടാകുന്നു. ബഹുഭൂരിപക്ഷം ടെറിഡോഫൈറ്റുകളിലും ഉണ്ടാകുന്ന രേണുക്കൾ ഒരേ തരത്തിലുള്ളതാണ്. ഇതിനെ **സമരേണുത്വം (Homosporous)** എന്നു പറയുന്നു. എന്നാൽ *സെലാജിനെല്ല, സാൽവീനിയ (Salvinia)* എന്നിവ പോലുള്ള ജീനസുകളിൽ രണ്ട് തരത്തിലുള്ള രേണുക്കൾ ഉണ്ടാകുന്നു, സ്ഥൂലരേണുക്കളും (Megaspores), സൂക്ഷ്മരേണുക്കളും (Microspores). ഇതിനെ **ഭിന്നരേണുത്വം (Heterosporous)** എന്ന് പറയുന്നു. ഇവയിൽ സ്ഥൂലരേണുക്കൾ വളർന്ന് പെൺഗാമിറ്റോഫൈറ്റും സൂക്ഷ്മരേണുക്കൾ വളർന്ന് ആൺഗാമിറ്റോഫൈറ്റും ഉണ്ടാകുന്നു. പെൺഗാമിറ്റോഫൈറ്റുകൾ ഏതാനും കാലം മാതൃരേണുജസസ്യത്തിൽ നിലനിൽക്കുന്നു. പെൺഗാമിറ്റോഫൈറ്റിനുള്ളിലാണ് സിക്താണ്ഡം വളർന്ന് ഭ്രൂണമായി മാറുന്നത്. ഈ വിശേഷ സംഭവത്തെ **വിത്ത് സ്വഭാവത്തിന്റെ (Seed habit)** മുന്നോടിയായി കണക്കാക്കാം. അതുകൊണ്ടു തന്നെ ഈ സംഭവത്തിന് പരിണാമപ്രക്രിയയിൽ വളരെയേറെ പ്രാധാന്യം ഉണ്ട്.

ടെറിഡോഫൈറ്റുകളെ നാല് ക്ലാസ്സുകളായി തരംതിരിച്ചിരിക്കുന്നു. സൈലോപ്സിഡ (Psilopsida) [ഉദാ: *സൈലോട്ടം (Psilotum)*], ലൈക്കോപ്സിഡ (Lycopsida) [ഉദാ: *സെലാജിനെല്ല, ലൈക്കോപോഡിയം*], സ്ഫീനോപ്സിഡ (Sphenopsida) [ഉദാ: *ഇക്വിസെറ്റം (Equisetum)*], ടീറോപ്സിഡ (Pteropsida) [ഉദാ: *ഡ്രയോപ്ടെറിസ് (Dryopteris), ടെറിസ് (Pteris), അഡിയാന്റം (Adiantum)*]

3.4 അനാവൃതബീജസസ്യങ്ങൾ (Gymnosperms)

അനാവൃതബീജസസ്യങ്ങളുടെ (*gymnos* – naked, *sperma* – seeds) ഓവ്യൂൾ (Ovule) അണ്ഡാശയഭിത്തി (Ovary wall) കൊണ്ട് ആവരണം ചെയ്തു കാണുന്നില്ല. ആയതിനാൽ ബീജസംയോഗത്തിന് മുമ്പും ശേഷവും ഓവ്യൂൾ അനാവൃതമായി കാണപ്പെടുന്നു. ബീജസംയോഗത്തിനു ശേഷം ഇവയുടെ വിത്തുകളും ഫലത്തിനുള്ളിൽ പൊതിയാതെയാണ് കാണപ്പെടുന്നത്, അതായത് അനാവൃതമാണ്. അനാവൃതബീജസസ്യങ്ങളിൽ ചെറിയമരങ്ങൾ, വലിയമരങ്ങൾ, കുറ്റിച്ചെടികൾ എന്നിവ ഉൾപ്പെടുന്നു (ചിത്രം 3.4). ലോകത്തിലെ ഏറ്റവും വലിയ മരങ്ങളിൽ ഒന്നായ റെഡ്‌വുഡ് മരം (Red wood tree) എന്നറിയപ്പെടുന്ന *സെക്കോയ (Sequoia)* ഈ വിഭാഗത്തിലാണ് വരുന്നത്. ഇവയുടെ വേരുകൾ പൊതുവെ തായ് വേരുകളാണ് (Tap root). **മൈക്കോറൈസ** (Mycorrhiza) എന്ന രൂപത്തിൽ ഫംഗസുകളുമായുള്ള സഹവർത്തിത്വം പല ജനുസുകളിലെയും വേരുകളിൽ കാണുവാൻ കഴിയുന്നു [ഉദാ: *പൈനസ് (Pinus)*]. എന്നാൽ *സൈക്കസ് (Cycas)* പോലെയുള്ള ചില അംഗങ്ങളിൽ നൈട്രജൻ സ്ഥിരീകരണ സയനോബാക്ടീരിയകൾ ഉൾപ്പെടുന്ന പ്രത്യേകതരത്തിലുള്ള കോറലോയിഡ് വേരുകൾ (Coralloid roots) കാണുവാൻ കഴിയുന്നു. ഇവയുടെ കാണ്ഡം ശാഖകളില്ലാത്തതോ (*സൈക്കസ്*) ശാഖകളോടു കൂടിയതോ [*പൈനസ്, സിഡ്രസ്*

(a) (b) (c)

ചിത്രം 3.4 അനാവൃതബീജസസ്യങ്ങൾ (a) *സൈക്കസ്* (b) *പൈനസ്* (c) *ജിങ്കോ*

(Cedrus)] ആകാം. ഇലകൾ ലഘുവായതോ (Simple) ബഹുപത്രമായതോ (Compound) ആകാം. സൈക്കസിൽ കാണുന്ന പിന്നേറ്റ് ഇലകൾ (Pinnate leaves) അനേകവർഷം നിലനിൽക്കുന്നു. അനാവൃതബീജസസ്യങ്ങളുടെ ഇലകൾ ചൂട്, ഈർപ്പം, കാറ്റ് തുടങ്ങിയ പ്രതികൂല സാഹചര്യങ്ങളെ അതിജീവിക്കുവാൻ അനുകൂലനങ്ങൾ നേടിയവയാണ്. കൂടാതെ സ്തൂപികാഗ്ര (Conifers) വിഭാഗത്തിൽ വരുന്ന സസ്യങ്ങളിൽ സൂചിപോലെയുള്ള ഇലകൾ അവയുടെ ഉപരിതല വിസ്തീർണം കുറയ്ക്കുന്നു. കട്ടിയുള്ള ക്യൂട്ടിക്കിളും (Cuticle) താഴ്ന്ന് കാണുന്ന ആസ്യരന്ധ്രങ്ങളും (Sunken stomata) ഇവയുടെ ജലനഷ്ടം കുറയ്ക്കുവാൻ സഹായിക്കുന്നു.

അനാവൃതബീജസസ്യങ്ങൾ ഭിന്നരേണുത്വം കാണിക്കുന്നവയാണ്. ഏകപ്ലോയിഡ് ആയിട്ടുള്ള സൂക്ഷ്മരേണുക്കളും (Microspores) സ്ഥൂലരേണുക്കളും (Megaspores) ഇവ ഉൽപ്പാദിപ്പിക്കുന്നു. ഈ രണ്ടു തരം രേണുക്കളും സ്പോറോഫില്ലുകളിലെ സ്പൊറാഞ്ചിയക്കുള്ളിലാണ് രൂപം കൊള്ളുന്നത്. സ്പോറോഫില്ലുകൾ അഥവാ രേണുപത്രികകൾ ഒരു ദണ്ഡിൽ സർപ്പിളമായ രീതിയിൽ (Spiral arrangement) അടുക്കി **കോണുകൾ** അഥവാ **സ്ട്രോബിലസുകളായാണ്** കാണപ്പെടുന്നത്. **സൂക്ഷ്മരേണുപത്രികകളെയും** (Microsporophylls) **സൂക്ഷ്മരേണുപേടകങ്ങളെയും (Microsporangia)** വഹിക്കുന്ന കോണുകളെ മൈക്രോ സ്പൊറാഞ്ചിയേറ്റ് അഥവാ **ആൺ സ്ട്രോബിലസുകൾ (Male Strobili)** എന്നു പറയുന്നു. സൂക്ഷ്മരേണുക്കൾ നിശ്ചിത എണ്ണം കോശങ്ങളോട് കൂടിയതും ദൈർഘ്യം കുറഞ്ഞതുമായ ആൺ ഗാമിറ്റോഫൈറ്റിക് തലമുറയായി മാറുന്നു. ഈ ദൈർഘ്യം കുറഞ്ഞ ആൺ ഗാമിറ്റോഫൈറ്റുകളെ **പരാഗരേണുക്കൾ (Pollen grains)** എന്നുപറയുന്നു. പരാഗരേണുക്കൾ സൂക്ഷ്മരേണുപേടകങ്ങൾക്കുള്ളിലാണ് വികാസം പ്രാപിക്കുന്നത്. ഓവ്യൂളുകൾ അഥവാ **സ്ഥൂലരേണുപേടകങ്ങളെ (Megasporangia)** വഹിക്കുന്ന സ്ഥൂലരേണുപത്രികകൾ (Megasporophylls) ഉള്ള കോണുകളെ മെഗാസ്പൊറാഞ്ചിയേറ്റ് അഥവാ **പെൺ സ്ട്രോബിലസുകൾ (Female strobili)** എന്ന് പറയുന്നു. ആൺ സ്ട്രോബിലസുകളും പെൺ സ്ട്രോബിലസുകളും ഒരേ സസ്യത്തിൽ കാണപ്പെടാം (*പൈനസ്*). എന്നാൽ *സൈക്കസിൽ* ആൺ കോണുകളും സ്ഥൂലരേണുപത്രികകളും വ്യത്യസ്ത മരങ്ങളിലാണ് ഉണ്ടാകുന്നത്. ഓവ്യൂളിൽ കാണുന്ന ന്യൂസെല്ലസിലെ അനേകം കോശങ്ങളിൽ ഒന്ന്

സ്ഥൂലരേണുക്കളെ ഉണ്ടാക്കുന്നതിനുള്ള സ്ഥൂലരേണുമാതൃകോശമായി (Megaspore mother cell) വ്യത്യസ്തപ്പെടുന്നു. ന്യൂസെല്ലസ് ആവരണങ്ങളാൽ സംരക്ഷിക്കപ്പെട്ടിരിക്കുന്നു. ഈ ഘടനയെ **ഒവ്യൂൾ** എന്ന് വിളിക്കുന്നു. ഒവ്യൂളുകളെ വഹിക്കുന്ന സ്ഥൂലരേണുപത്രികകൾ കൂടി ചേർന്ന് പെൺസ്ട്രോബിലസുകൾ ഉണ്ടാകുന്നു. സ്ഥൂലരേണുമാതൃകോശത്തിൽ ഊനഭംഗം നടന്ന് നാല് സ്ഥൂലരേണുക്കൾ ഉണ്ടാകുന്നു. സ്ഥൂലരേണുപേടകത്തിനുള്ളിൽ കാണുന്ന വലിയരേണുക്കളിൽ ഒന്ന്, രണ്ടോ അതിൽ കൂടുതലോ **അണ്ഡപുടകങ്ങളെ (Archegonia)** അല്ലെങ്കിൽ പെൺ ലൈംഗിക അവയവങ്ങളെ വഹിക്കുന്ന ബഹുകോശ പെൺ ഗാമീറ്റോഫൈറ്റാകുന്നു. ഈ ബഹുകോശ പെൺ ഗാമീറ്റോഫൈറ്റിനെ സ്ഥൂലരേണുപേടകത്തിൽ നിലനിർത്തുകയും ചെയ്യുന്നു.

ബ്രയോഫൈറ്റുകളിൽ നിന്നും ടെരിഡോഫൈറ്റുകളിൽ നിന്നും വ്യത്യസ്തമായി അനാവൃതബീജസസ്യങ്ങളിലെ ആൺ, പെൺ ഗാമീറ്റോഫൈറ്റുകൾക്ക് സ്വതന്ത്രമായി ജീവിക്കുവാൻ കഴിയുകയില്ല. ഇവ സ്പോറോഫൈറ്റുകളിലെ രേണുപേടകങ്ങൾക്കുള്ളിൽ നിലനിൽക്കുകയാണ് ചെയ്യുന്നത്. സൂക്ഷ്മരേണുപേടകത്തിൽ നിന്നും പരാഗരേണുക്കൾ സ്വതന്ത്രമാക്കപ്പെടുന്നു. ഇവ കാറ്റിലൂടെ ഒവ്യൂളുകളുടെ തുറന്നഭാഗത്ത് എത്തപ്പെടുന്നു. ആൺ ബീജങ്ങളെ വഹിക്കുന്ന പരാഗനാളി ഒവ്യൂളിലെ അണ്ഡപുടകത്തിലേക്ക് വളരുകയും ഇവയിൽ അടങ്ങിയിട്ടുള്ള വസ്തുക്കളെ അണ്ഡപുടകത്തിന്റെ തുറന്ന ഭാഗത്ത് നിക്ഷേപിക്കുകയും ചെയ്യുന്നു. ബീജസംയോഗത്തിനുശേഷം സിക്താണ്ഡം വളർന്ന് ഭ്രൂണമാവുകയും ഒവ്യൂളുകൾ വളർന്ന് വിത്തുകളാവുകയും ചെയ്യുന്നു. ഈ വിത്തുകൾ അനാവൃതമായാണ് കാണപ്പെടുന്നത്.

3.5 ആവൃതബീജസസ്യങ്ങൾ (Angiosperms)

അനാവൃത ഒവ്യൂളുകളുള്ള അനാവൃതബീജസസ്യങ്ങളിൽ നിന്ന് വ്യത്യസ്തമായി ആവൃതബീജസസ്യങ്ങളിൽ അഥവാ പുഷ്പിക്കുന്ന സസ്യങ്ങളിൽ പരാഗരേണുക്കളും (Pollen grains) ഒവ്യൂളുകളും (Ovules) **പൂക്കളിലാണ്** ഉണ്ടാകുന്നത്. ആവൃതബീജസസ്യങ്ങളിൽ വിത്തുകൾ ഫലങ്ങൾക്കുള്ളിൽ കാണപ്പെടുന്നു. വളരെ വ്യത്യസ്തങ്ങളായ ആവാസവ്യവസ്ഥകളിൽ കാണുന്ന വലിയ ഒരു കൂട്ടം സസ്യങ്ങളാണ് ഇവ. ചെറിയ സസ്യമായ *വുൾഫിയ (Wolffia)* മുതൽ *യൂക്കാലിപ്റ്റസ് (Eucalyptus)* (100 മീറ്ററിന് മുകളിൽ) മരങ്ങൾ വരെ ഈ വിഭാഗത്തിൽ ഉൾപ്പെടുന്നു. ആഹാരം, കാലിത്തീറ്റ, ഇന്ധനം, ഔഷധങ്ങൾ എന്നിവ കൂടാതെ പല വ്യാവസായിക ആവശ്യങ്ങൾക്കും വേണ്ട ഉൽപ്പന്നങ്ങളും ആവൃതബീജസസ്യങ്ങളിൽ നിന്ന് ലഭിക്കുന്നു. ഇവയെ **ദ്വിബീജപത്രസസ്യങ്ങൾ (Dicotyledons), ഏകബീജപത്രസസ്യങ്ങൾ (Monocotyledons)** എന്നിങ്ങനെ രണ്ട് ഗ്രൂപ്പുകളായി തിരിച്ചിരിക്കുന്നു (ചിത്രം.3.5). രണ്ട് ബീജപത്രങ്ങൾ ഉള്ള വിത്തുകൾ, ജാലികാ സിരാവിന്യാസമുള്ള ഇലകൾ, ടെട്രാമിറസ് അല്ലെങ്കിൽ പെന്റാമിറസ് പൂക്കൾ, അതായത് ഓരോ പുഷ്പമണ്ഡലത്തിലും നാലോ അഞ്ചോ അംഗങ്ങൾ തുടങ്ങിയവയാണ് ദ്വിബീജപത്രസസ്യങ്ങളുടെ സവിശേഷതകൾ. ഒരു ബീജപത്രം ഉള്ള വിത്തുകൾ, സമാന്തര സിരാവിന്യാസമുള്ള ഇലകൾ, ട്രൈമിറസ് പൂക്കൾ (ഓരോ പുഷ്പമണ്ഡലത്തിലും മൂന്ന് അംഗങ്ങൾ) തുടങ്ങിയവ

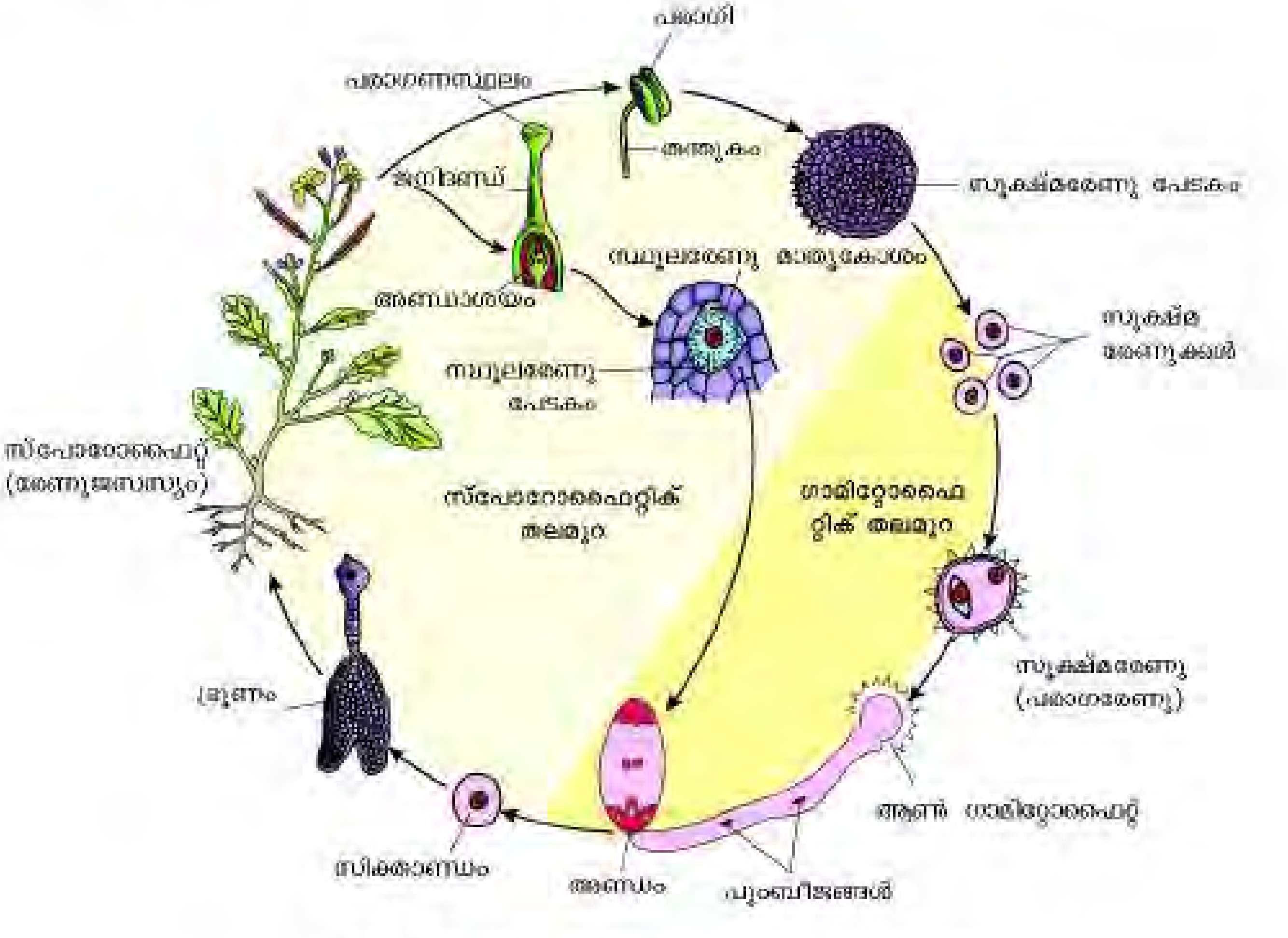
യാണ് ഏകബീജപത്രസസ്യങ്ങളുടെ സവിശേഷതകൾ. പുഷ്പങ്ങളിൽ കാണുന്ന ആൺലൈംഗികാവയവങ്ങളാണ് കേസരങ്ങൾ (Stamens). ഓരോ കേസരത്തിനും ഒരു നേർത്ത തന്തുകവും (Filament) അതിന്റെ അഗ്രഭാഗത്തായി പരാഗിയും (Anther) കാണുന്നു. പരാഗിക്കുള്ളിലെ പരാഗരേണു മാതൃകോശത്തിൽ (Pollen mother cell) നടക്കുന്ന ഊനഭംഗത്തിന്റെ ഫലമായി പരാഗരേണുക്കൾ ഉത്പാദിപ്പിക്കപ്പെടുന്നു. പുഷ്പങ്ങളിൽ കാണുന്ന പെൺ ലൈംഗികാവയവമാണ് ജനി (Pistil). താഴ്ഭാഗത്ത് കാണുന്ന അണ്ഡാശയം (Ovary), നേർത്ത നീണ്ട ജനിദണ്ഡ് (Style), പരാഗണസ്ഥലം (Stigma) എന്നീ ഭാഗങ്ങളാണ് ജനിക്കുള്ളത്. അണ്ഡാശയത്തിൽ ധാരാളം ഓവ്യൂളുകളും കാണപ്പെടുന്നു. ഓരോ ഓവ്യൂളിലുമുള്ള സ്ഥൂലരേണുമാതൃകോശം ഊനഭംഗം വഴി നാല് ഏകപ്ലോയിഡ് സ്ഥൂലരേണുക്കൾ ഉണ്ടാക്കുന്നു. ഇവയിൽ മൂന്നെണ്ണം നശിക്കുകയും ഒന്ന് വിഭജിച്ച് ഭ്രൂണസഞ്ചിയായി (Embryo sac) മാറുകയും ചെയ്യുന്നു. ഓരോ ഭ്രൂണസഞ്ചിയിലും മൂന്ന് കോശങ്ങൾ ചേർന്ന് എഗ് അപ്പാരറ്റസ് (Egg apparatus) ഉണ്ട്. ഇതിൽ ഒരു **അണ്ഡം (Egg cell)**, രണ്ട് **സൈനർജിഡുകൾ (Synergids)**, മൂന്ന് **ആന്റിപോഡലുകൾ (Antipodals)**, രണ്ട് **പോളാർമർമങ്ങൾ (Polar nuclei)** എന്നിവ കാണുന്നു.

(a) (b)

ചിത്രം 3.5 ആവൃതബീജസസ്യങ്ങൾ (a) ദ്വിബീജപത്രസസ്യം (b) ഏകബീജപത്രസസ്യം

പോളാർമർമങ്ങൾ പിന്നീട് സംയോജിച്ച് ഡിപ്ലോയിഡ് ആയിട്ടുള്ള ദ്വിതീയ മർമമായി മാറുന്നു. പരാഗിയിൽനിന്ന് പരാഗരേണുക്കൾ വിതരണം ചെയ്യപ്പെട്ടുകഴിഞ്ഞാൽ കാറ്റിനാലോ മറ്റ് ഏജൻസികൾ മുഖേനയോ ജനിയുടെ പരാഗണസ്ഥലത്ത് ഇവ എത്തുന്നു. ഈ പ്രക്രിയയ്ക്ക് പരാഗണം (Pollination) എന്നു പറയുന്നു. പരാഗണസ്ഥലത്ത് വച്ച് പരാഗരേണുക്കൾ മുളച്ച് പരാഗനാളികൾ ഉണ്ടാവുകയും ഇവ ജനിദണ്ഡിലൂടെ (Style) വളർന്ന് ഓവ്യൂളിൽ എത്തുകയും ചെയ്യുന്നു. ഭ്രൂണസഞ്ചിയിലേക്ക് പ്രവേശിക്കുന്ന പരാഗനാളികൾ രണ്ട് പുംബീജങ്ങളെ

അവിടെ നിക്ഷേപിക്കുന്നു. ഇതിൽ ഒരു പുംബീജം അണ്ഡവുമായി സംയോജിച്ച് സിക്താണ്ഡം (Zygote) ഉണ്ടാകുന്നു (സിൻഗമി). മറ്റൊരു പുംബീജം ദ്വിപ്ലോയിഡ് ആയിട്ടുള്ള ദ്വിതീയ മർമവുമായി സംയോജിച്ച് ട്രിപ്ലോയിഡ് ആയിട്ടുള്ള പ്രാഥമിക ബീജാന്ന മർമം (Primary Endosperm Nucleus -PEN) ആയി മാറുന്നു. ഇങ്ങനെ രണ്ടു തവണ ബീജസംയോഗം (അതായത്, സിൻഗമിയും ട്രിപ്പിൾ ഫ്യൂഷനും) നടക്കുന്നതിനാൽ ഇതിനെ **ദ്വിബീജസംയോഗം (Double fertilisation)** എന്ന് പറയുന്നു. ആവൃതബീജസസ്യങ്ങളുടെ മാത്രം ഒരു സവിശേഷതയാണിത്. സിക്താണ്ഡം വളർന്ന് ഭ്രൂണമായും (ഒന്നോ അല്ലെങ്കിൽ രണ്ടോ ബീജപത്രങ്ങളോടുകൂടി) പ്രാഥമിക ബീജാന്നമർമം വളർന്ന് ഭ്രൂണത്തിനാവശ്യമായ പോഷണം നൽകുന്ന ബീജാന്നമായും (Endosperm) മാറുന്നു. സിനർജിഡുകളും ആന്റിപോഡലുകളും ബീജസംയോഗത്തിനുശേഷം നശിച്ചു പോകുന്നു. ഇതിനെത്തുടർന്ന് ഓവ്യൂളുകൾ വിത്തുകളായും അണ്ഡാശയങ്ങൾ ഫലങ്ങളായും മാറുന്നു. ആവൃതബീജസസ്യങ്ങളുടെ ജീവിതചക്രം ചിത്രം 3.6 ൽ കാണിച്ചിരിക്കുന്നു.



ചിത്രം 3.6 ആവൃതബീജസസ്യങ്ങളുടെ ജീവിതചക്രം

ചിത്രം 3.7 ജീവിതചക്ര മാതൃകകൾ
(a) ഹാപ്ലോണ്ടിക് (b) ഡിപ്ലോണ്ടിക്
(c) ഹാപ്ലോ-ഡിപ്ലോണ്ടിക്

3.6 സസ്യങ്ങളുടെ ജീവിത ചക്രവും തലമുറകളുടെ അനുവർത്തനവും (Alternation of generations)

സസ്യങ്ങളിൽ ഏകപ്ലോയിഡ് കോശങ്ങൾക്കും ദ്വിപ്ലോയിഡ് കോശങ്ങൾക്കും ക്രമഭംഗം വഴി വിഭജിക്കുവാൻ കഴിയുന്നു. ഇത് ഏകപ്ലോയിഡ്, ദ്വിപ്ലോയിഡ് സസ്യങ്ങളുടെ രൂപീകരണത്തിന് കാരണമാകുന്നു. ഏകപ്ലോയിഡ് സസ്യങ്ങൾ ക്രമഭംഗം വഴിയാണ് ബീജങ്ങൾ ഉൽപ്പാദിപ്പിക്കുന്നത്. ഈ സസ്യങ്ങൾ ഗാമിറ്റോഫൈറ്റുകളെ പ്രതിനിധീകരിക്കുന്നു. ബീജകോശങ്ങളുടെ സംയോജന ഫലമായി രൂപം കൊള്ളുന്ന സിക്താണ്ഡം ക്രമഭംഗത്തിലൂടെ ദ്വിപ്ലോയിഡ് രേണുജസസ്യത്തെ ഉണ്ടാക്കുന്നു. ഈ രേണുജസസ്യത്തിൽ ഊനഭംഗം വഴി ഏകപ്ലോയിഡ് രേണുക്കളുണ്ടാവുകയും ചെയ്യുന്നു. ഈ രേണുക്കൾ ക്രമഭംഗത്തിലൂടെ വിഭജിച്ച് വീണ്ടും ഏകപ്ലോയിഡ് സസ്യങ്ങൾ രൂപംകൊള്ളുന്നു. ലൈംഗിക പ്രത്യുൽപ്പാദനം നടത്തുന്ന സസ്യങ്ങളുടെ ജീവിത ചക്രത്തിൽ ബീജങ്ങൾ ഉൽപ്പാദിപ്പിക്കുന്ന ഏകപ്ലോയിഡ് ഗാമിറ്റോ ഫൈറ്റുകളും രേണുക്കൾ ഉൽപ്പാദിപ്പിക്കുന്ന ദ്വിപ്ലോയിഡ് രേണുജസസ്യങ്ങളും തമ്മിൽ തലമുറകളുടെ അനുവർത്തനം കാണുവാൻ കഴിയുന്നു.

എന്നിരുന്നാലും വ്യത്യസ്ത സസ്യവിഭാഗങ്ങളിലും അവയെ പ്രതിനിധീകരിക്കുന്ന അംഗങ്ങളിലും താഴെ പറയും പ്രകാരമുള്ള വ്യത്യസ്തങ്ങളായ മാതൃകകൾ കാണുവാൻ കഴിയുന്നു.

i. ചില സസ്യങ്ങളിൽ രേണുജസസ്യ തലമുറയെ പ്രതിനിധാനം ചെയ്യുന്നത് ഒരു കോശം മാത്രമുള്ള സിക്താണ്ഡമാണ്. ഈ വിഭാഗത്തിൽ സ്വതന്ത്രമായി ജീവിക്കുന്ന രേണുജസസ്യങ്ങൾ ഇല്ല. സിക്താണ്ഡം ഊനഭംഗം വഴി വിഭജിച്ച് ഏകപ്ലോയിഡ് രേണുക്കൾ ഉണ്ടാകുന്നു. ഈ രേണുക്കൾ ക്രമഭംഗം വഴി വിഭജിച്ച് ഗാമിറ്റോഫൈറ്റുകൾ ആകുന്നു. ഇത്തരം സസ്യങ്ങളുടെ പ്രധാനഘട്ടം പ്രകാശസംശ്ലേഷണ ശേഷിയുള്ളതും സ്വതന്ത്രമായി ജീവിക്കുന്നതുമായ ഗാമിറ്റോഫൈറ്റുകൾ ആണ്. ഇത്തരം ജീവിതചക്രങ്ങളെ **ഹാപ്ലോണ്ടിക്** എന്നു പറയുന്നു. ചില ആൽഗകളായ വോൾവോക്സ്,

സ്പൈറോഗൈറ, ക്ലമിഡോമോണസിന്റെ ചില സ്പീഷിസുകൾ തുടങ്ങിയവ ഈ രീതി കാണിക്കുന്നു (ചിത്രം 3.7 a).

2. എന്നാൽ, പ്രകാശസംശ്ലേഷണ ശേഷിയുള്ളതും സ്വതന്ത്രമായി ജീവിക്കുന്നതുമായ ഡിപ്ലോയിഡ് രേണുജസസ്യങ്ങൾക്ക് പ്രാധാന്യം ഉള്ളവയാണ് മറ്റൊരുവിഭാഗം. ഇവയിൽ ഗാമീറ്റോഫൈറ്റിക് ഘട്ടത്തെ പ്രതിനിധീകരിക്കുന്നത് ഏകകോശമോ ബഹുകോശമോ ആയിട്ടുള്ള ഏകപ്ലോയിഡ് ഗാമീറ്റോഫൈറ്റാണ്. ഇത്തരം ജീവിതചക്രങ്ങളെ **ഡിപ്ലോൺടിക് ജീവിതചക്രം** എന്നുപറയുന്നു. ഫ്യൂക്കസ് (*Fucus*) എന്ന ആൽഗ ഇതിനെ പ്രതിനിധീകരിക്കുന്നു (ചിത്രം 3.7 ബി). ഇതിനെ കൂടാതെ എല്ലാ ബീജസസ്യങ്ങളും, അതായത്, അനാവൃതബീജസസ്യങ്ങളും ആവൃതബീജസസ്യങ്ങളും ചെറിയ മാറ്റത്തിലുള്ള വ്യതിയാനങ്ങളോടെ ഈ മാതൃക പിന്തുടരുന്നു. ഇവയുടെ ഗാമീറ്റോഫൈറ്റിക് ഘട്ടം ഏതാനും കോശങ്ങളാലോ ബഹുകോശങ്ങളാലോ നിർമിതമായിരിക്കും.

3. ബ്രയോഫൈറ്റുകളിലും ടെറിഡോഫൈറ്റുകളിലും ഇതിന് മധ്യേയുള്ള അവസ്ഥയാണ് കാണുന്നത് (**ഹാപ്ലോ-ഡിപ്ലോൺടിക**). ഇവിടെ രണ്ട് ഘട്ടങ്ങളും ബഹുകോശങ്ങളാൽ നിർമിതമാണ്. എന്നിരുന്നാലും ഇവയുടെ പ്രധാനഘട്ടങ്ങൾ വ്യത്യസ്തപ്പെടാം.

ബ്രയോഫൈറ്റുകളിൽ പ്രബലമായതും സ്വതന്ത്രമായതും പ്രകാശസംശ്ലേഷണശേഷിയുള്ളതും താലസ്സോടുകൂടിയതും നിവർന്ന് നിൽക്കുവാൻ കഴിവുള്ളതുമായ ഘട്ടമാണ് ഗാമീറ്റോഫൈറ്റ്. ഇവയെ അനുവർത്തനം ചെയ്യുന്ന രേണുജസസ്യം കുറഞ്ഞകാലം ജീവിക്കുന്നതും ബഹുകോശമുള്ളതും പൂർണമായോ ഭാഗികമായോ താങ്ങിനും പോഷണത്തിനും ഗാമീറ്റോഫൈറ്റിനെ ആശ്രയിക്കുന്നതുമാണ്. എല്ലാ ബ്രയോഫൈറ്റുകളും ഈ മാതൃക പിൻതുടരുന്നവയാണ്.

ടെറിഡോഫൈറ്റുകളിൽ സ്വതന്ത്രമായതും പ്രകാശസംശ്ലേഷണ ശേഷിയുള്ളതും സംവഹനകലകൾ ഉള്ളതുമായ ഡിപ്ലോയിഡ് രേണുജസസ്യങ്ങളാണ് പ്രബലമായി കാണപ്പെടുന്നത്. ഇവയെ അനുവർത്തനം ചെയ്യുന്ന ഗാമീറ്റോഫൈറ്റുകൾ കുറഞ്ഞകാലം ജീവിക്കുന്നതും, ഏകപ്ലോയ്ഡ് ആയിട്ടുള്ളതും ശവോപജീവികളായോ (Saprophytes) സ്വപോഷികളായോ കാണപ്പെടുന്നവയും ആകുന്നു. ഇത്തരത്തിലുള്ള ജീവിതചക്രമാണ് ഹാപ്ലോ-ഡിപ്ലോൺടിക്. എല്ലാ ടെറിഡോഫൈറ്റുകളും ഈ മാതൃക പിൻതുടരുന്നവയാണ് (ചിത്രം 3.7 c).

രസകരമായ വസ്തുത ബഹുഭൂരിപക്ഷം ആൽഗകളും ഹാപ്ലോൺടിക് ആയിരിക്കുമ്പോൾ *എക്ടോകാർപ്പസ്, പോളിസൈഫോണിയ,* കെൽപ്പുകൾ എന്നിവ ഹാപ്ലോ-ഡിപ്ലോൺടിക്കും ഫ്യൂക്കസ് ഡിപ്ലോൺടിക്കും ആയിരിക്കും എന്നതാണ്.

സസ്യലോകം

സസ്യലോകത്തിൽ ആൽഗകൾ, ബ്രയോഫൈറ്റുകൾ, ടെറിഡോഫൈറ്റുകൾ, ആവൃതബീജസസ്യങ്ങൾ, അനാവൃതബീജസസ്യങ്ങൾ എന്നിവ ഉൾപ്പെട്ടിരിക്കുന്നു. ഹരിതകമുള്ളതും ലഘു ഘടനയോടുകൂടി താലസ് പോലുള്ളതും സ്വപോഷികളുമായ ആൽഗകൾ ബഹുഭൂരിപക്ഷവും ജലാശയത്തിൽ കാണപ്പെടുന്ന സസ്യങ്ങളാണ്. വർണവസ്തുക്കളുടെയും സംഭൃതാഹാരത്തെയും അടിസ്ഥാനമാക്കി ആൽഗകളെ ക്ലോറോഫൈസിയേ, ഫിയോഫൈസിയേ, റോഡോഫൈസിയേ എന്നിങ്ങനെ മൂന്നായി തരംതിരിച്ചിരിക്കുന്നു. സാധാരണയായി ആൽഗകൾ കായിക പ്രത്യുൽപാദനം നടത്തുന്നത് ഖണ്ഡങ്ങളാകൽ പ്രക്രിയ വഴിയും അലൈംഗിക പ്രത്യുൽപാദനം നടത്തുന്നത് വൈവിധ്യങ്ങളായ രേണുക്കളുടെ രൂപീകരണത്തിലൂടെയും, ലൈംഗികപ്രത്യുൽപാദനം ബീജകോശങ്ങളുടെ രൂപീകരണത്തിലൂടെയും ആണ്. ലൈംഗിക പ്രത്യുൽപാദനം ഐസോഗമി, അനൈസോഗമി , ഊഗമി എന്നിവയിലൂടെയാണ് നടക്കുന്നത്.

കരയിൽ കാണപ്പെടുന്നവയും എന്നാൽ ലൈംഗിക പ്രത്യുൽപാദനം നടത്തുവാൻ ജലം ആവശ്യമുള്ളവയുമായ ജീവികളാണ് ബ്രയോഫൈറ്റുകൾ. ഇവയുടെ സസ്യശരീരം ആൽഗകളെക്കാൾ വൈവിധ്യവൽക്കരിക്കപ്പെട്ടിരിക്കുന്നു. ഇവയുടെ താലസ് തിരശ്ചീനമായതോ നിവർന്നതോ ആകാം. ഇവ പ്രതലങ്ങളിൽ റൈസോയിഡുകൾ കൊണ്ട് പറ്റിപ്പിടിച്ച് വളരുന്നു. ഇവയ്ക്ക് വേര് പോലെയും ഇല പോലെയും കാണ്ഡം പോലെയും ഉള്ള ഭാഗങ്ങൾ ഉണ്ട്. ബ്രയോഫൈറ്റുകളെ ലിവർവേർട്ടുകൾ എന്നും മോസ്സുകൾ എന്നും രണ്ടായി തരംതിരിച്ചിരിക്കുന്നു. ലിവർവേർട്ടുകളുടെ സസ്യശരീരം താലസ് രൂപത്തിലുള്ളതും ഉപരിതലവും അധോതലവും ഭിന്നമായും കാണുന്നു. മോസ്സുകളിൽ നിവർന്ന് നിൽക്കുന്ന നേർത്ത തണ്ടുപോലെയുള്ള ഭാഗങ്ങളിൽ ഇലകൾ സർപ്പിളമായ രീതിയിൽ ക്രമീകരിച്ചിരിക്കുന്നു. ബ്രയോഫൈറ്റുകളിലെ പ്രധാന സസ്യങ്ങൾ ബീജങ്ങളെ ഉൽപാദിപ്പിക്കുന്ന ഗാമീറ്റോഫൈറ്റു കളാണ്. ഇവയിൽ ആൺലൈംഗികാവയവങ്ങളായ പരാഗികളും പെൺലൈംഗികാവയവങ്ങളായ അണ്ഡപുടകങ്ങളും കാണപ്പെടുന്നു. ആൺ പെൺ ബീജകോശങ്ങളുടെ സംയോഗ ഫലമായി സിക്താണ്ഡം രൂപം കൊള്ളുന്നു. ഇവയിൽ നിന്നാണ് ബഹുകോശ രേണുജസസ്യങ്ങൾ രൂപംകൊള്ളുന്നത്. ഇവ ഏകപ്ലോയിഡ് ആയിട്ടുള്ള രേണുക്കളെ ഉൽപാദിപ്പിക്കുകയും അവ വളർന്ന് ഗാമീറ്റോഫൈറ്റുകളായി തീരുകയും ചെയ്യുന്നു.

ടെറിഡോഫൈറ്റുകളിൽ പ്രധാന സസ്യം രേണുജസസ്യങ്ങളാണ്. ഇവ സംവഹനകലകൾ ഉള്ള സസ്യങ്ങളാണ്. ഇവയ്ക്ക് ഇല, തണ്ട്, വേര് എന്നീ ഭാഗങ്ങൾ കാണുന്നു. രേണുജസസ്യങ്ങളിൽ കാണുന്ന രേണുപേടകത്തിൽ ആണ് രേണുക്കൾ ഉണ്ടാകുന്നത്. രേണുക്കൾ വളർന്ന് ഗാമീറ്റോഫൈറ്റുകളുണ്ടാകുന്നു. ഇവയ്ക്ക് വളരുവാൻ തണുപ്പും ഈർപ്പവുമുള്ള സ്ഥലങ്ങൾ ആവശ്യമാണ്. ഗാമീറ്റോഫൈറ്റുകളിലാണ് ആൺ ലൈംഗികാവയവങ്ങളായ പരാഗികളും പെൺലൈംഗികാവയവങ്ങളായ അണ്ഡപുടകങ്ങളും ഉണ്ടാകുന്നത്. അണ്ഡപുടകത്തിലേക്ക് എത്തുന്നതിന് ആൺബീജങ്ങൾക്ക് ജലം ആവശ്യമാണ്. അണ്ഡപുടകത്തിൽ എത്തുന്ന ആൺ ബീജം അണ്ഡവുമായി സംയോജിച്ച് സിക്താണ്ഡം രൂപംകൊള്ളുന്നു. ഈ സിക്താണ്ഡത്തിൽ നിന്ന് രേണുജസസ്യം ഉണ്ടാകുന്നു.

അനാവൃതബീജസസ്യങ്ങളുടെ ഓവ്യൂളുകൾ അണ്ഡാശയം കൊണ്ട് ആവരണം ചെയ്തു കാണുന്നില്ല. ആയതിനാൽ ബീജസംയോഗത്തിന് ശേഷവും ഇവയുടെ വിത്തുകൾ അനാവൃതമായി കാണപ്പെടുന്നതിനാൽ ഇവയെ അനാവൃതബീജസസ്യങ്ങൾ എന്ന് വിളിക്കുന്നു. അനാവൃതബീജസസ്യങ്ങളിൽ സൂക്ഷ്മരേണുക്കളും സ്ഥൂലരേണുക്കളും യഥാക്രമം മൈക്രോസ്പൊറാഞ്ചിയങ്ങളിലും മാക്രോസ്പൊറാഞ്ചിയങ്ങളിലും ആണ് കാണപ്പെടുന്നത്. സ്പൊറാഞ്ചിയയെ വഹിക്കുന്ന ഇലകളാണ് സ്പോറോഫില്ലുകൾ. സ്പോറോഫില്ലുകളെ സർപ്പിളമായ രീതിയിൽ ഒരു അക്ഷത്തിൽ അടുക്കി കോണുകളായി കാണപ്പെടുന്നു. പരാഗരേണുക്കൾ മുളച്ചുണ്ടാകുന്ന പരാഗനാളി പുംബീജത്തെ ഓവ്യൂളിൽ നിക്ഷേപിക്കുന്നു. ഇവിടെ ഇവ അണ്ഡവുമായി സംയോജിക്കുന്നു. ബീജസംയോഗത്തിന് ശേഷം സിക്താണ്ഡം വളർന്ന് ഭ്രൂണമായും ഓവ്യൂൾ വിത്തായും മാറുന്നു.

ആവൃതബീജസസ്യങ്ങളിൽ ആൺലൈംഗികാവയവങ്ങളും (കേസരങ്ങൾ) പെൺലൈംഗികാവയവങ്ങളും (ജനി) പൂക്കളിലാണ് ഉണ്ടാകുന്നത്. ഓരോ കേസരത്തിനും പരാഗി,തന്തുകം എന്നീ ഭാഗങ്ങൾ കാണുന്നു. പരാഗിയിൽ ഊനഭംഗം നടന്ന് പരാഗരേണുക്കൾ (ഗാമീറ്റോഫൈറ്റുകൾ) ഉണ്ടാകുന്നു. ജനിയിൽ അണ്ഡാശയവും അതിൽ ഒന്നോ അതിലധികമോ ഓവ്യൂളുകളും കാണുന്നു. ഓവ്യൂളിൽ കാണുന്ന പെൺ ഗാമീറ്റോഫൈറ്റിൽ അഥവാ ഭ്രൂണസഞ്ചിയിലാണ് അണ്ഡം കാണപ്പെടുന്നത്. പരാഗനാളി ഭ്രൂണസഞ്ചിയിൽ പ്രവേശിച്ച് രണ്ട് പുംബീജങ്ങളെ ഓവ്യൂളിനുള്ളിൽ നിക്ഷേപിക്കുന്നു. ഇതിൽ ഒരു പുംബീജം അണ്ഡവുമായി ചേർന്ന് സിക്താണ്ഡമാകുകയും (സിൻഗമി) മറ്റൊന്ന് ദ്വിപ്ലോയിഡ് ആയ ദ്വിതീയ മർമവുമായി സംയോജിക്കുകയും (ട്രിപ്പിൾ ഫ്യൂഷൻ) ചെയ്യുന്നു. ഇതിനെ ദ്വിബീജസംയോഗം (**Double fertilisation**) എന്ന് പറയുന്നു. ആവൃതബീജസസ്യങ്ങളുടെ ഒരു

സവിശേഷതയാണിത്. ആവൃതബീജസസ്യങ്ങളെ ദ്വിബീജപത്രസസ്യങ്ങൾ **(Dicotyledons)**, ഏകബീജപത്രസസ്യങ്ങൾ **(Monocotyledons)** എന്നിങ്ങനെ രണ്ട് ക്ലാസ്സുകളായി തിരിച്ചിരിക്കുന്നു.

ലൈംഗിക പ്രത്യുത്പാദനം നടത്തുന്ന സസ്യങ്ങളുടെ ജീവിതചക്രത്തിൽ ബീജങ്ങളെ ഉത്പാദിപ്പിക്കുന്ന ഏകപ്ലോയിഡ് ആയിട്ടുള്ള ഗാമീറ്റോഫൈറ്റുകളുടെയും രേണുക്കളെ ഉത്പാദിപ്പിക്കുന്ന ദ്വിപ്ലോയിഡ് ആയിട്ടുള്ള രേണുജസസ്യങ്ങളുടെയും തലമുറകളുടെ അനുവർത്തനം കാണുവാൻ കഴിയുന്നു. എന്നിരുന്നാലും വ്യത്യസ്തങ്ങളായ സസ്യഗ്രൂപ്പുകളിലും സസ്യങ്ങളിലും വ്യത്യസ്ത തരത്തിലുള്ള ജീവിത ചക്രങ്ങളായ ഹാപ്ലോൺടിക്, ഡിപ്ലോൺടിക്, ഇവയ്ക്ക് ഇടനിലയിലുള്ളത് എന്നിവ കാണിക്കുന്നു.

പരിശീലന പ്രവർത്തനങ്ങൾ

1. ആൽഗകളുടെ വർഗീകരണത്തിന്റെ അടിസ്ഥാനം എന്താണ്?
2. ലിവർവർട്ട്, മോസ്സ്, പന്നൽച്ചെടി, ആവൃതബീജസസ്യം, അനാവൃതബീജസസ്യം തുടങ്ങിയവയുടെ ജീവിതചക്രങ്ങളിൽ എപ്പോഴാണ് ഊനഭംഗം നടക്കുന്നത്? എവിടെ വച്ചാണ് ഊനഭംഗം നടക്കുന്നത്?
3. അണ്ഡപുടകങ്ങൾ കാണുന്ന മൂന്ന് സസ്യവിഭാഗങ്ങളുടെ പേരെഴുതുക? ഇവയിലേതെങ്കിലും ഒന്നിന്റെ ജീവിതചക്രം ചുരുക്കി വിവരിക്കുക.
4. താഴെ പറയുന്നവയുടെ പ്ലോയിഡി എഴുതുക.
   മോസ്സിലെ പ്രോട്ടോനിമ കോശം, ദ്വിബീജപത്രസസ്യങ്ങളിലെ പ്രാഥമിക ബീജാന്ന മർമം, മോസ്സിന്റെ ഇലയിലെ കോശം, പന്നൽച്ചെടിയുടെ പ്രോതാലസ് കോശം, മാർക്കൻഷിയയുടെ ജെമ്മകോശം, ഏകബീജപത്രസസ്യങ്ങളുടെ മെരിസ്റ്റംകോശം, ലിവർവർട്ടിന്റെ അണ്ഡം, പന്നൽച്ചെടിയുടെ സിക്താണ്ഡം.
5. ആൽഗകളുടെയും അനാവൃതബീജസസ്യങ്ങളുടെയും വാണിജ്യപ്രാധാന്യം എഴുതുക.
6. ആവൃതബീജസസ്യങ്ങളും, അനാവൃതബീജസസ്യങ്ങളും വിത്ത് ഉത്പാദിപ്പിക്കുന്നവയാണ് എന്തുകൊണ്ടാണ് ഇവയെ രണ്ട് വിഭാഗത്തിൽപ്പെടുത്തി വർഗീകരിച്ചിരിക്കുന്നത്?
7. എന്താണ് ഭിന്നരേണുത്വം? ഇതിന്റെ പ്രാധാന്യം രണ്ട് ഉദാഹരണസഹിതം ചുരുക്കി എഴുതുക.
8. താഴെ പറയുന്ന പദങ്ങൾ ഉദാഹരണസഹിതം ചുരുക്കി എഴുതുക.

(i)	പ്രോട്ടോനിമ	(ii)	പുംധാനികം	(iii)	അണ്ഡപുടകം
(iv)	ഡിപ്ലോൺടിക്	(v)	സ്പോറോഫിൽ	(vi)	ഐസോഗമി

9. താഴെ പറയുന്നവയുടെ വ്യത്യാസം എഴുതുക.
   (എ) ചുവന്ന ആൽഗയും തവിട്ട് ആൽഗയും
   (ബി) ലിവർവർട്ടും മോസ്സും
   (സി) ടെറിഡോഫൈറ്റുകളിലെ സമരേണുത്വവും ഭിന്നരേണുത്വവും
   (ഡി) സിൻഗമിയും ട്രിപ്പിൾ ഫ്യൂഷനും
10. ഏകബീജപത്രസസ്യങ്ങളും ദ്വിബീജപത്രസസ്യങ്ങളും തമ്മിൽ എങ്ങനെ വേർതിരിച്ചറിയും?
11. കോളം I ഉം II ഉം തമ്മിൽ ചേരുംപടി ചേർക്കുക.

	കോളം I		കോളം II
എ)	*ക്ലാമിഡോമോണാസ്*	(i)	മോസ്സ്
ബി)	*സൈക്കസ്*	(ii)	ടെറിഡോഫൈറ്റ്
സി)	*സെലാജിനെല്ല*	(iii)	ആൽഗകൾ
ഡി)	*സ്ഫാഗ്നം*	(iv)	അനാവൃതബീജസസ്യം

12. അനാവൃതബീജസസ്യങ്ങളുടെ പ്രധാനപ്പെട്ട സ്വഭാവസവിശേഷതകൾ വിശദീകരിക്കുക.

T2Q7Y2

അധ്യായം 4

ജന്തുലോകം (Animal Kingdom)

4.1 വർഗീകരണത്തിന്റെ അടിസ്ഥാനം
4.2 ജന്തുക്കളുടെ വർഗീകരണം

ചുറ്റുപാടും നിരീക്ഷിച്ചാൽ വ്യത്യസ്തമായ ഘടനകളോടും, രൂപങ്ങളോടും കൂടിയ നിരവധി ജീവികളെ നമുക്ക് ദർശിക്കാനാകും. ഏകദേശം ഒരു ദശലക്ഷത്തോളം ജീവിവർഗങ്ങളെ ശാസ്ത്രലോകം ഇതുവരെ വിശദീകരിച്ചിട്ടുണ്ട്. ആയതിനാൽ വർഗീകരണത്തിന്റെ ആവശ്യകതയും ഏറുന്നു. കൂടാതെ പുതുതായി കണ്ടെത്തുന്ന ഓരോ ജീവിയുടെയും വർഗീകരണ ക്രമീകരണത്തിലെ സ്ഥാനം നിർണയിക്കാൻ വർഗീകരണശാസ്ത്രം നമ്മെ സഹായിക്കും.

4.1 വർഗീകരണത്തിന്റെ അടിസ്ഥാനം

വിവിധ ജന്തുക്കളുടെ ഘടനയും രൂപവും വ്യത്യസ്തമാണെങ്കിലും അവയുടെ അടിസ്ഥാനസ്വഭാവങ്ങളിൽ സാദൃശ്യം കണ്ടെത്താനാവും. കോശങ്ങളുടെ ക്രമീകരണം, സമമിതി (Symmetry), സീലത്തിന്റെ (Coelom) പ്രത്യേകത, ദഹനേന്ദ്രിയ വ്യവസ്ഥ, രക്തപര്യയനവ്യവസ്ഥ, പ്രത്യുൽപ്പാദന വ്യവസ്ഥ എന്നിവയുടെ ഘടന തുടങ്ങിയ സവിശേഷതകളാണ് ജന്തുക്കളെ വർഗീകരിക്കുന്നതിന് അടിസ്ഥാനമാക്കുന്നത്. ഇവയിൽ ചിലത് നമുക്ക് ഇവിടെ ചർച്ച ചെയ്യാം.

4.1.1 ജീവികളുടെ സംഘടനാതലങ്ങൾ (Levels of Organisation)

ജന്തുലോകത്തിലുള്ള (Animal kingdom) എല്ലാ ജീവികളും ബഹുകോശജീവികളാണെങ്കിലും കോശങ്ങളുടെ രൂപീകരണത്തിൽ ഇവ ഒരേ ക്രമം കാണിക്കുന്നില്ല. ഉദാഹരണമായി സ്പോഞ്ചുകൾ സംഘടിതമല്ലാത്ത കോശസമൂഹങ്ങൾ ചേർന്നുണ്ടായവയാണ്. അതിനാൽ ഇവയെ **കോശതലത്തിലുള്ള (Cellular level)** ജീവികളെന്നു പറയാം. കോശങ്ങൾക്കിടയിൽ ചെറിയ തോതിലുള്ള ധർമ വിഭജനങ്ങൾ (Division of labour) കാണാം. സീലന്ററേറ്റുകളിൽ കോശങ്ങളുടെ ക്രമീകരണം കുറച്ചുകൂടി സങ്കീർണമാണ്, ഓരോ ധർമനിർവഹണത്തിനും വെവ്വേറെ കോശവിഭാഗങ്ങളുണ്ട്. ഒരു പ്രത്യേകധർമം നിർവഹിക്കുന്നതിനായി രൂപം

കൊള്ളുന്ന കോശസമൂഹത്തെ കല എന്നു പറയുന്നു. വിവിധ കലകൾ ഉപയോഗിച്ചാണ് സീലന്ററേറ്റുകൾ ജീവധർമ്മങ്ങൾ നിർവഹിക്കുന്നത്. അതിനാൽ ഇവയെ **കലാതലത്തിലുള്ള (Tissue level)** ജീവികളായി കരുതുന്നു.

പരന്ന വിരകൾ ഉൾപ്പെടുന്ന പ്ലാറ്റിഹെൽമിന്തസിലും മറ്റ് ഉയർന്ന ഫൈലങ്ങളിലും കുറേക്കൂടി സങ്കീർണ്ണഘടനയാണുള്ളത്. ഇവയിൽ വിവിധ കലകൾ ഒന്നിച്ചു ചേർന്ന് അവയവങ്ങളായി രൂപം പ്രാപിച്ചിരിക്കുന്നു. ഇത്തരം ജീവികൾ അവയവങ്ങൾ ഉപയോഗിച്ചാണ് ശരീരധർമ്മങ്ങൾ നിർവഹിക്കുന്നത്. ഇവ **അവയവതലത്തിലെത്തിയ (Organ level)** ജീവികൾ എന്നറിയപ്പെടുന്നു. അനലിഡ, ആർത്രോപോഡ, മൊളസ്ക, എക്കൈനോഡെർമേറ്റ, കോർഡേറ്റ എന്നീ ഫൈലങ്ങളിൽ ഉൾപ്പെടുന്ന ജന്തുക്കളിൽ വിവിധ അവയവങ്ങൾ ഒന്നിച്ചു ചേർന്ന് അവയവവ്യവസ്ഥകളായിത്തീർന്നിരിക്കുന്നു. ഈ ജീവികളിൽ ഓരോ ധർമം നിർവഹിക്കുന്നതിനും പ്രത്യേക അവയവവ്യവസ്ഥയുണ്ട്. അതിനാൽ ഇത്തരം ജീവികൾ **അവയവവ്യവസ്ഥാതലത്തിലുള്ള (Organ system level)** ജീവികളാണ്.

വിവിധ ജീവിവിഭാഗങ്ങളിലെ അവയവവ്യവസ്ഥകൾ വ്യത്യസ്തമായ സങ്കീർണതകളാണ് കാണിക്കുന്നത്. ഉദാഹരണമായി പ്ലാറ്റിഹെൽമിന്തസിൽ ദഹനേന്ദ്രിയ വ്യവസ്ഥയ്ക്ക് പുറത്തേക്ക് ഒരു ദ്വാരം മാത്രമേയുള്ളൂ. ഇത് തന്നെ വായ, മലദ്വാരം (Anus) എന്നിവയായി പ്രവർത്തിക്കുന്നു. ഇത്തരം ദഹനേന്ദ്രിയവ്യവസ്ഥയെ അപൂർണ ദഹനേന്ദ്രിയ വ്യവസ്ഥ എന്നറിയപ്പെടുന്നു. എന്നാൽ അനലിഡുകൾ മുതൽ ഉയർന്ന ഘടനാതലത്തിലുള്ള ജീവികളിൽ ദഹനേന്ദ്രിയ വ്യവസ്ഥയ്ക്ക് വായ, മലദ്വാരം എന്നീ രണ്ട് ദ്വാരങ്ങൾ ഉണ്ടായിരിക്കും. ഇത്തരം ദഹനേന്ദ്രിയ വ്യവസ്ഥ പൂർണ ദഹനേന്ദ്രിയ വ്യവസ്ഥ എന്നറിയപ്പെടുന്നു. ഇതുപോലെ രക്തപര്യയന വ്യവസ്ഥയും രണ്ടുതരമുണ്ട്.

(i) തുറന്ന രക്തപര്യയനം (Open type)

ഇത്തരം രക്തപര്യയനത്തിൽ ഹൃദയം പമ്പു ചെയ്യുന്ന രക്തം ശരീര അറകളിൽ നിറയുന്നു. ശരീരകോശങ്ങളും, കലകളും ഇതിൽ നിമഗ്നമായിരിക്കും. (Open circulation).

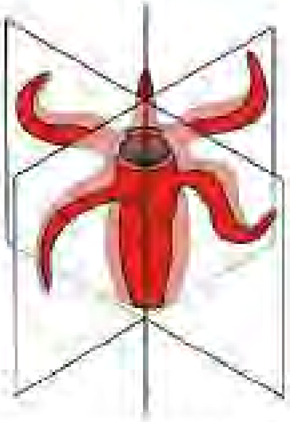
(ii) അടഞ്ഞ രക്തപര്യയനം (Closed type)

ഇത്തരം രക്തപര്യയനത്തിൽ രക്തം വ്യത്യസ്ത വ്യാസവും വലുപ്പവുമുള്ള രക്തക്കുഴലുകളായ ധമനികൾ (Arteries), സിരകൾ (Veins), ലോമികകൾ (Capillaries) എന്നിവയിലൂടെ മാത്രം ഒഴുകുന്നു.

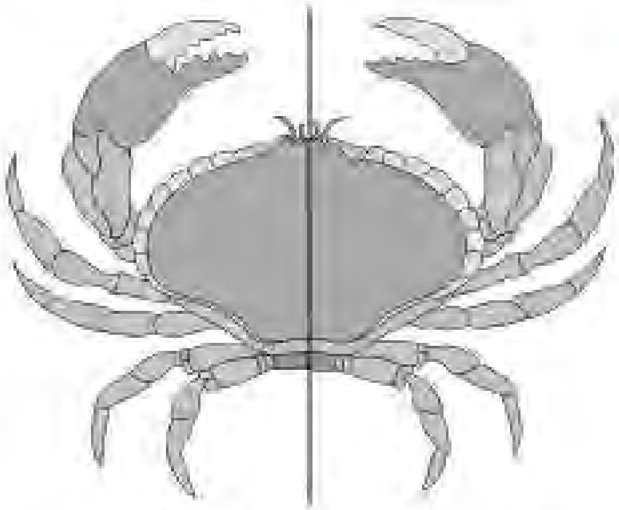
4.1.2 സമമിതി (Symmetry)

ജന്തുക്കളെ സമമിതി അനുസരിച്ച് വിവിധ വിഭാഗങ്ങളായി തരംതിരിക്കാം. ഉദാഹരണമായി സ്പോഞ്ചുകളിൽ ശരീരകേന്ദ്രത്തിലൂടെ കടന്നു പോകുന്ന ഒരു തലത്തിനും (Plane) ശരീരത്തെ തുല്യഭാഗങ്ങളായി വിഭജിക്കുവാൻ കഴിയുന്നില്ല. ഇത്തരം സമമിതിയെ **അസമമിതി (Asymmetry)** എന്നു പറയുന്നു.

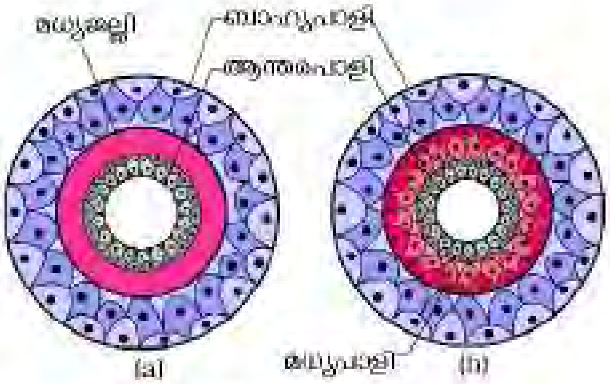
എന്നാൽ ചില ഫൈലങ്ങളിലെ ജന്തുക്കളിൽ ശരീരത്തിന്റെ കേന്ദ്രഅക്ഷത്തിലൂടെ കടന്നു പോകുന്ന ഏതു തലത്തിനും ശരീരത്തെ രണ്ടു തുല്യഭാഗങ്ങളാ



ചിത്രം 4.1 (a) വ്യാസാർദ്ധ സമമിതി



ചിത്രം 4.1 (b) ദ്വിപാർശ്വ സമമിതി



ചിത്രം 4.2 ഭ്രൂണപാളികൾ കാണിക്കുന്ന ചിത്രങ്ങൾ (a) ദ്വിബ്ലാസ്റ്റികത (b) ത്രിബ്ലാസ്റ്റികത

ക്കുവാൻ സാധിക്കുന്നു. ഇത്തരം സമമിതിയാണ് **വ്യാസാർദ്ധ സമമിതി (Radial symmetry)** ഉദാ: സിലന്ററേറ്റ, ടിനോഫോറ, എക്കൈനോഡെർമേറ്റ മുതലായവ (ചിത്രം 4.1 a). എന്നാൽ ചില ജന്തുക്കളിൽ ശരീരത്തിന്റെ മധ്യാക്ഷ ലംബതലത്തിലൂടെ (Median longitudinal axis) കടന്നുപോകുന്ന ഒരേ ഒരു തലം ശരീരത്തെ ഇടതും, വലതുമായ രണ്ട് സമഭാഗങ്ങളായി വിഭജിക്കുന്നു. ഇത്തരം സമമിതിയാണ് **ദ്വിപാർശ്വ സമമിതി (Bilateral symmetry)** ഉദാ: അനെലിഡ, ആർത്രോപോഡ, മുതലായവ.

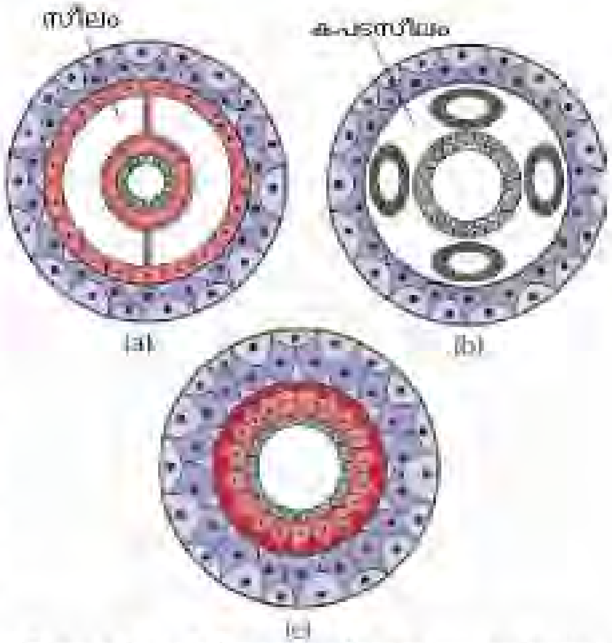
4.1.3 ദ്വിബ്ലാസ്റ്റിക-ത്രിബ്ലാസ്റ്റിക സംഘാടനങ്ങൾ (Diploblastic and Triploblastic Organisations)

ചില ജന്തുക്കളിൽ ശരീരകോശങ്ങൾ ഉരുത്തിരിയുന്നത് രണ്ടുതരം ഭ്രൂണപാളികളിൽ (Embryonic layer) നിന്നാണ്. ഇവയെ **ദ്വിബ്ലാസ്റ്റിക** ജന്തുക്കൾ എന്നു പറയുന്നു. ബാഹ്യഭ്രൂണപാളിയെ **ബാഹ്യപാളി (Ectoderm)** എന്നും ഉള്ളിലുള്ള പാളിയെ **ആന്തരപാളി (Endoderm)** എന്നും പറയുന്നു. രണ്ടു പാളികൾക്കിടയിലുള്ള ജല്ലിപോലുള്ള പദാർത്ഥത്തെ മധ്യജല്ലി (Mesoglea) എന്നു പറയുന്നു (ചിത്രം 4.2 a). ചില ജന്തുക്കളിലെ ബാഹ്യ, ആന്തരഭ്രൂണപാളികൾക്കിടയിൽ മൂന്നാമതൊരു **മധ്യപാളി (Mesoderm)** കൂടി കാണപ്പെടുന്നു. ഇത്തരം ജന്തുക്കളെ **ത്രിബ്ലാസ്റ്റിക** ജന്തുക്കൾ എന്നുപറയുന്നു. ഉദാഹരണം - പ്ലാറ്റിഹെൽമിൻതസ് (പരന്ന വിരകൾ) മുതൽ കോർഡേറ്റുകൾ (കശേരുകികൾ) വരെയുള്ള ഫൈലങ്ങൾ (ചിത്രം 4.2 b).

4.1.4 സീലം (Coelom)

ബാഹ്യഭ്രൂണപാളിയാൽ നിർമിതമായ ശരീരഭിത്തിക്കും (Body wall) ആന്തരഭ്രൂണപാളിയാൽ നിർമിതമായ അന്നപഥത്തിനും ഇടയിൽ മധ്യഭ്രൂണ പാളിയാൽ വലയം ചെയ്യപ്പെട്ട ശരീര അറയ്ക്ക് **സീലം** എന്നു പറയാം. ജന്തുക്കളുടെ വർഗീകരണത്തിൽ ഈ അറയുടെ സാന്നിധ്യവും അസാന്നിധ്യവും ഏറെ പ്രാധാന്യമർഹിക്കുന്നു.

സീലം കാണപ്പെടുന്ന ജന്തുക്കളെ **സീലോമിക ജീവികൾ (Coelomates)** എന്നു വിളിക്കുന്നു. ഉദാഹരണം – അനെലിഡ, മൊളസ്ക, ആർത്രോപോഡ, എക്കൈനോഡെർമേറ്റ, ഹെമികോർഡേറ്റ, കോർഡേറ്റ (ചിത്രം 4.3a). എന്നാൽ ചില ജന്തുക്കളിൽ ശരീരഅറ മധ്യപാളികോശങ്ങളാൽ ചുറ്റപ്പെട്ടതല്ല. ബാഹ്യ ആന്തരഭ്രൂണപാളികൾക്കിടയിൽ മധ്യപാളികളാൽ നിർമ്മിതമായ ചെറുസഞ്ചികൾ ചിതറികിടക്കുന്നതായി കാണാം. അത്തരം ശരീരഅറകളെ കപടസീലം എന്നും ഇത്തരം ജന്തുക്കളെ **കപടസീലോമേറ്റുകൾ (Psuedocoelomates)** എന്നു വിളിക്കാം. ഉദാഹരണം ആസ്കൽമിന്തസുകൾ അഥവാ ഉരുണ്ടവിരകൾ (ചിത്രം 4.3b). പ്ലാറ്റിഹെൽമിന്തസുകൾ പോലുള്ള ജീവികളിൽ ശരീരഅറ തന്നെ കാണപ്പെടുന്നില്ല. ഇവയെ **അസീലോമിക ജീവികൾ (Acoelomates)** എന്നു വിളിക്കുന്നു (ചിത്രം 4.3C).



ചിത്രം 4.3 വിവിധതരം സീലോമുകളുടെ രേഖാദൃശ്യങ്ങളുടെ ചിത്രീകരണം (a) സീലോമിക ജീവികൾ (b) കപടസീലോമിക ജീവികൾ (c) അസീലോമിക ജീവികൾ.

4.1.5 വിഖണ്ഡനാവസ്ഥ (Segmentation)

ചില ജന്തുക്കളുടെ ശരീരം അനവധി തുല്യഖണ്ഡങ്ങളായി ഭാഗിക്കപ്പെട്ടിരിക്കുന്നു. ഓരോ ശരീരഖണ്ഡത്തെയും ഖണ്ഡം അഥവാ മെറ്റാമിയർ (Metamere) എന്നു വിളിക്കുന്നു. ഓരോ ശരീരഖണ്ഡത്തിനുള്ളിലും ചില ആന്തരാവയവങ്ങളുടെ ആവർത്തനം കാണാം. ഈ പ്രതിഭാസത്തെ **വിഖണ്ഡനം (Metamerism)** എന്നു പറയുന്നു. ഉദാഹരണമായി മണ്ണിരയിൽ ഈ രീതിയിൽ ശരീരം തുല്യഖണ്ഡങ്ങൾ ചേർന്നാണുണ്ടായിരിക്കുന്നത്.

4.1.6 പ്രാഗ്കശേരു (Notochord)

ചില ജന്തുക്കളിൽ ഭ്രൂണവികാസസമയത്ത് മുതുക് ഭാഗത്തായി മധ്യഭ്രൂണപാളിയിൽ നിന്ന് രൂപപ്പെടുന്ന ദണ്ഡാകൃതിയിലുള്ള ഒരു അവയവം കാണപ്പെടുന്നു. ഇതിനെ പ്രാഗ്കശേരു എന്നു പറയുന്നു. പ്രാഗ്കശേരു ഉള്ള ജന്തുക്കളെ കോർഡേറ്റുകൾ (കശേരുകികൾ) എന്നും ഇല്ലാത്തവയെ നോൺകോർഡേറ്റുകൾ (അകശേരുകികൾ) എന്നും വിളിക്കുന്നു. പോറിഫെറ മുതൽ എക്കൈനോഡെർമേറ്റ വരെയുള്ളവ നോൺകോർഡേറ്റുകളാണ്.

4.2 ജന്തുക്കളുടെ വർഗീകരണം

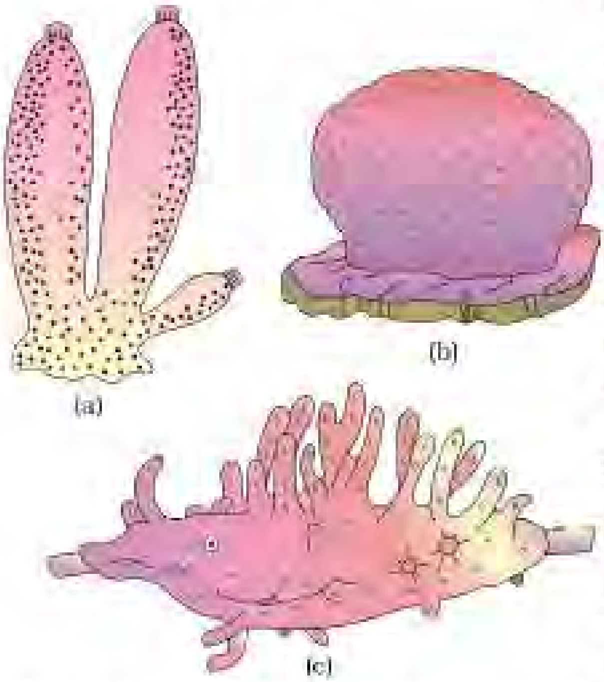
പൊതുവായ അടിസ്ഥാന സവിശേഷതകളെ ആധാരമാക്കി ജന്തുലോകത്തിന്റെ വിശാലവർഗീകരണം (ചിത്രം 4.4) തുടർന്നുവരുന്ന പാഠഭാഗങ്ങളിൽ സൂചിപ്പിച്ചിരിക്കുന്നു.

വിവിധ ഫൈലങ്ങളുടെ പ്രധാന സ്വഭാവ സവിശേഷതകൾ ചുവടെ വിശദീകരിച്ചിരിക്കുന്നു.

*എക്കൈനോഡെർമേറ്റ വളർച്ചാഘട്ടത്തിനനുസൃതമായി വ്യാസാർധ അല്ലെങ്കിൽ ദ്വിപാർശ്വ സമമിതി കാണിക്കുന്നു.

ചിത്രം 4.4 പൊതുവായ സവിശേഷതകളുടെ അടിസ്ഥാനത്തിൽ ജന്തുലോകത്തിന്റെ (Kingdom Animalia) വിശാലമായ വർഗീകരണം.

4.2.1 ഫൈലം - പോറിഫെറ (സുഷിരജീവികൾ)



ചിത്രം 4.5 പോറിഫെറയുടെ ഉദാഹരണങ്ങൾ: (a) *സൈക്കൺ* (b) *യൂസ്പോഞ്ചിയ* (c) *സ്പോഞ്ചില*

ഈ ഫൈലത്തിലെ അംഗങ്ങളെ പൊതുവെ സ്പോഞ്ചുകൾ എന്നാണറിയപ്പെടുന്നത്. ഇവ പ്രാചീന ബഹുകോശജീവികളും കോശീയ തലത്തിലുള്ളവയുമാണ്. പൂർണവളർച്ചയെത്തിയ സ്പോഞ്ചുകൾ സാധാരണയായി പാറകളിലോ അതുപോലുള്ള മറ്റു വസ്തുക്കളിലോ പറ്റിപിടിച്ച് വളരുന്നു. സ്പോഞ്ചുകൾ പൊതുവെ സമുദ്രജീവികളാണ്. എന്നാലും ചില ജാതികൾ ശുദ്ധജലത്തിൽ വളരുന്നു. ഇവ അസമമിതി കാണിക്കുന്ന ജന്തുക്കളാണ് (ചിത്രം 4.5). പോറിഫെറയുടെ ശരീരത്തിൽ ഒരു നീർച്ചാൽ വ്യവസ്ഥ (Water canal system) ഉണ്ട്. ശരീരോപരിതലത്തിൽ നിരവധി ഓസ്റ്റിയ എന്ന സൂക്ഷ്മരന്ധ്രങ്ങൾ ഉണ്ട്. ഈ രന്ധ്രങ്ങളിൽ കൂടി ജലം ജീവിയുടെ **സ്പോഞ്ചോസീൽ** എന്ന ഉള്ളറയിലേക്ക് പ്രവേശിക്കും. അകത്തു പ്രവേശിച്ച ജലം **ഓസ്കുലം** എന്ന ബഹിർഗമനരന്ധ്രം വഴി പുറത്തു കടക്കും. ഈ നീർച്ചാൽ വ്യവസ്ഥ ആഹാര സമ്പാദനത്തിനും, ശ്വസന വാതകവിനിമയത്തിനും, കൂടാതെ വിസർജനത്തിനും സ്പോഞ്ചുകളെ സഹായിക്കുന്നു. **കൊആനോകോശങ്ങൾ (Choanocytes)** അല്ലെങ്കിൽ കോളർകോശ

ങ്ങൾ (Collar cells) എന്ന കോശങ്ങളാൽ സ്പോഞ്ചോസീലും നീർച്ചാൽ വ്യവസ്ഥയും ചുറ്റപ്പെട്ടിരിക്കുന്നു. കോശാന്തര ദഹനമാണ് ഇവയ്ക്കുള്ളത്. ശരീരത്തിന്റെ ആകൃതി നിലനിർത്താൻ സ്പോഞ്ചുകൾക്ക് ഒരു ചട്ടക്കൂടുണ്ട്. **ചെറുമുള്ളുകളുടെ (Spicules)** രൂപത്തിലുള്ള കാൽസ്യം കാർബണേറ്റുകൊണ്ടോ പരസ്പരം യോജിച്ച **സ്പോഞ്ചിൻ** എന്ന മാംസ്യ തന്തുക്കൾ കൊണ്ടോ ഇവ നിർമ്മിച്ചിരിക്കുന്നു. ഇവയിൽ ആൺ പെൺ ജീവികൾ വെവ്വേറെ കാണപ്പെടുന്നില്ല [**ഉഭയലിംഗ ജീവി (Hermaphrodite)**]. അതായത് അണ്ഡങ്ങളും (Eggs) പുംബീജങ്ങളും (Sperms) ഒരേ ജീവി തന്നെ ഉൽപ്പാദിപ്പിക്കുന്നു. സ്പോഞ്ചുകളുടെ അലൈംഗിക പ്രത്യുൽപ്പാദനം ഖണ്ഡനം (Fragmentation) വഴിയും ലൈംഗിക പ്രത്യുൽപ്പാദനം ബീജകോശങ്ങൾ വഴിയും നടക്കുന്നു. ബീജസംയോഗം ശരീരത്തിനുള്ളിൽ വച്ചുനടക്കുന്നതിനാൽ ആന്തരബീജസംയോഗമെന്ന് അറിയപ്പെടുന്നു. ഭ്രൂണവികാസം പരോക്ഷമായി (Indirect) നടക്കുന്നു. മുട്ട വിരിഞ്ഞ് പുറത്തുവരുന്ന കുഞ്ഞുങ്ങൾ മാതാപിതാക്കളിൽ നിന്ന് വിഭിന്ന ബാഹ്യാകാരമുള്ളവയാണ്. ഇവയെ ലാർവകൾ എന്ന് വിളിക്കുന്നു.

ഉദാഹരണങ്ങൾ– *സൈക്കൺ–(സ്കൈഫ) [Sycon (Scypha)]*, *സ്പോഞ്ചില (Spongilla)*–ശുദ്ധജല സ്പോഞ്ച്, *യൂസ്പോഞ്ചിയ* (ബാത്ത് സ്പോഞ്ച്) *(Euspongia)*

4.2.2 ഫൈലം – സീലന്ററേറ്റ (നിഡേറിയ) (Coelenterata– Cnidaria)

നിഡേറിയ ജലത്തിൽ, പ്രധാനമായും സമുദ്രത്തിൽ വസിക്കുന്നവയാണ്. ശുദ്ധജലത്തിൽ കാണപ്പെടുന്നവയുമുണ്ട്. ഇവ ജലത്തിൽ നിമഗ്നമായിരിക്കുന്ന ഏതെങ്കിലും വസ്തുവിൽ പറ്റിപ്പിടിച്ച് വളരുന്നവയോ (Sessile), ജലത്തിൽ സ്വതന്ത്രമായി ജീവിക്കുന്നവയോ (Free-swimming) ആണ്. ഇവയുടെ ശരീരം വ്യാസാർദ്ധ

(a) (b)

ചിത്രം 4.6 സീലന്ററേറ്റയുടെ ഉദാഹരണങ്ങളും അവയുടെ ശരീരഘടനയുടെ രൂപരേഖയും : (a) *ഒറീലിയ* (മെഡ്യൂസ) (b) *അഡാംസിയ* (പോളിപ്പ്)

ചിത്രം 4.7
നൈഡോബ്ലാസ്റ്റിന്റെ ചിത്രീകരണം

സമമിതി കാണിക്കുന്നു. ശരീരത്തിലും ഗ്രാഹികളിലും (Tentacles) നിറയെ നൈഡോബ്ലാസ്റ്റ് (Cnidoblast) അല്ലെങ്കിൽ നൈഡോസൈറ്റ് (Cnidocyte) എന്നു വിളിക്കുന്ന വിശേഷലക്ഷണമുള്ള ദംശനകോശങ്ങൾ (Stinging cells) ഉള്ളതിനാലാണ് ഇവയ്ക്ക് നൈഡേറിയ എന്ന പേര് ലഭിച്ചത്. നൈഡോബ്ലാസ്റ്റുകൾ വസ്തുക്കളിൽ പറ്റിപ്പിടിക്കുന്നതിനും ശത്രുക്കളെ തുരത്തുന്നതിനും ഇരപിടിക്കുന്നതിനും സഹായിക്കുന്നു (ചിത്രം 4.7)

നൈഡേറിയൻസ് കലാതലത്തിലുള്ള ജീവികളാണ്. ശരീരഭിത്തിയിൽ രണ്ടുനിര കോശങ്ങളുണ്ട് (ദ്വിസ്തരസ്ഥിതി). വെളിയിലെ ബാഹ്യനിരയെ ബാഹ്യപാളി (Ectoderm) എന്നും അകത്തെ നിരയെ ആന്തരപാളി (Endoderm) എന്നും പറയുന്നു. ശരീരത്തിനുള്ളിലെ അറയെ ആമാശയ-സംവഹന അറ (Gastro-vascular cavity) എന്നു പറയുന്നു. ഈ അറയ്ക്ക് ഒരു ദ്വാരം മാത്രമേയുള്ളൂ. ഇത് സ്ഥിതി ചെയ്യുന്നത് **ഹൈപ്പോസ്റ്റോമിലാണ് (Hypostome)**. ഇത് വായായി പ്രവർത്തിക്കുന്നു. ഇവയിൽ കോശബാഹ്യദഹനവും (Extracellular) കോശാന്തരദഹനവും (Intracellular) നടക്കുന്നു. **പവിഴപ്പുറ്റ് (Coral)** പോലുള്ള നൈഡേറിയകളിൽ കാൽസ്യം കാർബണേറ്റിനാൽ നിർമിതമായ ഒരു അസ്ഥികൂടം ഉണ്ട്.

നൈഡേറിയ പ്രധാനമായും രണ്ടു ശരീരഘടനകളിൽ കാണപ്പെടുന്നു- കുഴലുകളും, കുടകളും (പോളിപ്പും, മെഡ്യൂസയും) (ചിത്രം 4.6). ഏതെങ്കിലും വസ്തുക്കളിൽ പറ്റി വളരുന്നവയും, കുഴൽ രൂപത്തിൽ കാണുന്നവയുമാണ് **പോളിപ്പുകൾ (Polyp)**. ഉദാഹരണമായി ഹൈഡ്ര (Hydra), അഡംസിയ *(Adamsia)*. എന്നാൽ കുട രൂപത്തിലുള്ളതും സ്വതന്ത്രമായി നീന്തുന്നവയുമാണ് **മെഡൂസ (Medusa)**. ഉദാ: ഒറേലിയ *(Aurelia)* /ജല്ലിഫിഷ് മുതലായവ. നൈഡേറിയകൾ അതിന്റെ ജീവിതചക്രത്തിൽ മുകളിൽപ്പറഞ്ഞ രണ്ടു രൂപങ്ങളും ആവർത്തിക്കുന്നു. ഈ പ്രതിഭാസത്തെ തലമുറകളുടെ അനുവർത്തനം (Alternation of generation) അഥവാ മെറ്റജെനസിസ് (Metagenesis) എന്നു വിളിക്കുന്നു. പോളിപ്പിൽനിന്ന് അലൈംഗിക പ്രത്യുത്പാദനം വഴി മെഡൂസ ഉണ്ടാകുന്നു. മെഡൂസയുടെ ലൈംഗിക പ്രത്യുത്പാദനം വഴി പോളിപ്പ് ഉണ്ടാകുന്നു [ഉദാ:- ഒബീലിയ *(Obelia)*].

ഉദാഹരണങ്ങൾ:- ഫൈസേലിയ (*Physalia*-പോർച്ചുഗീസ് പടയാളി), അഡംസിയ (*Adamsia*-കടൽപ്പൂവ്), കടൽപ്പേന (പെനാറ്റുല) *(Pennatula)*, മിയാൻഡ്രിന [*Meandrina* (Brain coral)], ഗോർഗോണിയ (*Gorgonia*-കടൽപ്പങ്ക).

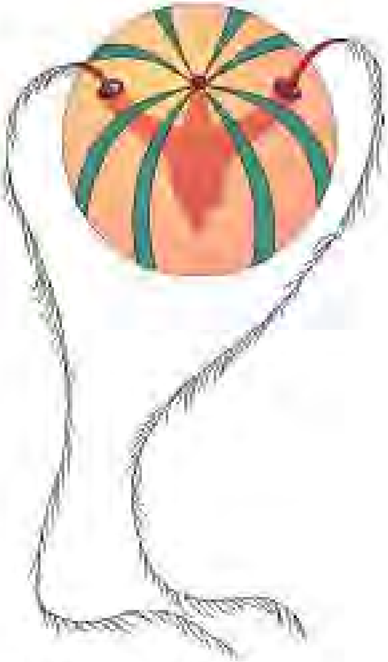
4.2.3 ഫൈലം - ടീനോഫോറ (Ctenophora)

ടീനോഫോറുകൾ പൂർണമായും കടലിൽ ജീവിക്കുന്നവയാണ്. ഇവ പൊതുവെ **സീ വാൾനട്ട് (Sea walnuts)** അല്ലെങ്കിൽ **കോമ്പ് ജല്ലികൾ (Comb jellies)** എന്നറിയപ്പെടുന്നു. ഇവ വ്യാസാർദ്ധസമമിതിയുള്ളവയും കലാതലത്തിലുള്ള ജന്തുക്കളുമാണ്. ഇവയുടെ ശരീരഭിത്തി മൂന്നുനിര കോശങ്ങളാൽ നിർമിതമാണ് (ത്രിസ്തരിക ജന്തുക്കൾ). ശരീരത്തിന്റെ പുറത്ത് സിലിയയോടു കൂടിയ എട്ട് നിര **ചീർപ്പ് പാളികൾ (Comb plates)** കാണാം. ഇവ ടീനോഫോറുകളെ സഞ്ചാരത്തിന് സഹായിക്കുന്നു (ചിത്രം 4.8). കോശബാഹ്യദഹനവും (Extracellular digestion) കോശാന്തരദഹനവും (Intracellular digestion) ഇവയിൽ കാണുന്നു.

ടീനോഫോറുകളുടെ മറ്റൊരു സവിശേഷതയാണ് **ജൈവ പ്രകാശനം (Bioluminescence)** (ജീവികൾക്ക് പ്രകാശം പുറപ്പെടുവിക്കാനുള്ള പ്രത്യേക കഴിവ്).

ടീനോഫോറ ഉഭയലിംഗ ജീവിയാണ്, ആൺ പെൺ ജീവികൾ വെവ്വേറെ കാണപ്പെടുന്നില്ല. ലൈംഗിക പ്രജനനം വഴിയാണ് ഇവ പ്രത്യുത്പാദനം നടത്തുന്നത്. ഇവയിൽ ശരീരത്തിനുവെളിയിൽ വച്ചാണ് ബീജസംയോഗം നടക്കുന്നത് (ബാഹ്യബീജസംയോഗം). പരോക്ഷ ഭ്രൂണവികാസവും ഇവ കാണിക്കുന്നു.

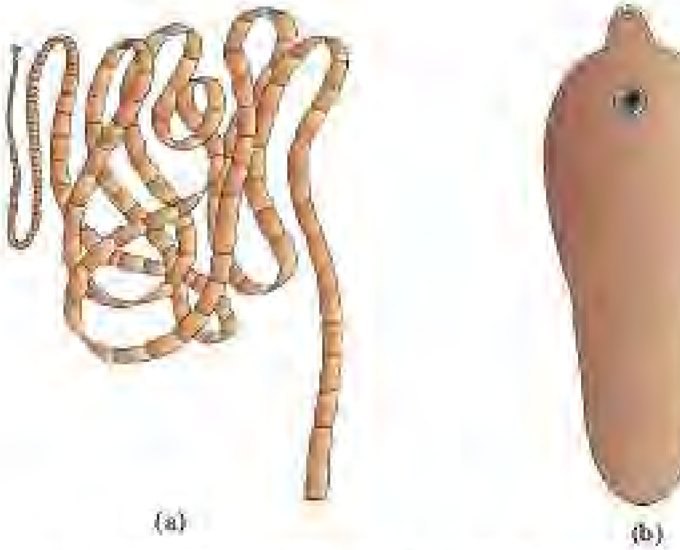
ഉദാഹരണങ്ങൾ — പ്ലൂറോബ്രാക്കിയ (*Pleurobrachia*), ടീനോപ്ലാന (*Ctenoplana*).



ചിത്രം 4.8 ടീനോഫോറയുടെ ഉദാഹരണം (പ്ലൂറോബ്രാക്കിയ)

4.2.4 ഫൈലം പ്ലാറ്റിഹെൽമിന്തസ് (പരന്നവിരകൾ)

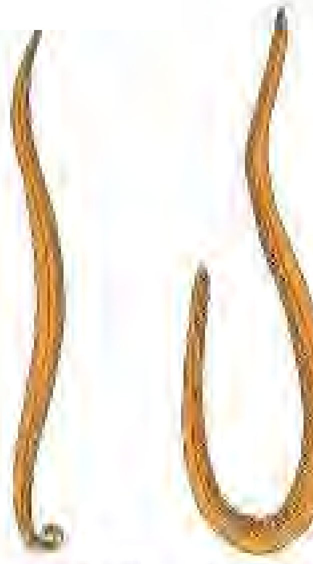
ഇവയുടെ ശരീരം പരന്ന് നാടപോലെ കാണുന്നു (Dorso-ventrally flattened). ഇവയിൽ മിക്കവയും മനുഷ്യൻ ഉൾപ്പെടെയുള്ള ജന്തുക്കളുടെ ശരീരത്തിൽ പരാദങ്ങളായി വസിക്കുന്നു (Endoparasites). ഇവ ദ്വിപാർശ്വ സമമിതിയും ത്രിബ്ലാസ്റ്റികതയും കാണിക്കുന്ന അവയവതലത്തിലുള്ള അസീലോമിക ജീവികളാണ്. പരാദങ്ങളായി ജീവിക്കുന്നവയ്ക്ക് കൊളുത്തുകളും (Hooks), വലിച്ചെടുക്കാൻ കഴിയുന്ന ഭാഗങ്ങളായ സക്കറുകളും (Suckers) ഉണ്ടാകും. ഇവയിൽ ചിലത് ആതിഥേയജീവിയിൽ നിന്നുള്ള പോഷകഘടകങ്ങൾ ശരീരത്തിന്റെ ഉപരിതലത്തിലൂടെ നേരിട്ട് ആഗിരണം ചെയ്യുന്നു. ജ്വാലാകോശങ്ങൾ (Flame cells) എന്ന പ്രത്യേകതരം കോശങ്ങൾ ആന്തരസമസ്ഥിതി പരിപാലനത്തിനും (Osmoregulation) നൈട്രജനിക വിസർജ്യ പദാർഥങ്ങൾ പുറന്തള്ളുന്നതിനും സഹായിക്കുന്നു. ഇവ ഉഭയലിംഗ ജീവി



ചിത്രം 4.9 പ്ലാറ്റിഹെൽമിന്തസുകളുടെ ഉദാഹരണങ്ങൾ : (a) നാടവിര (b) ലിവർ ഫ്ലൂക്ക്

കളാണ്. ആന്തരബീജ സംയോഗത്തെ തുടർന്നുണ്ടാകുന്ന കുഞ്ഞുങ്ങൾ നിര വധി ലാർവൽ ഘട്ടങ്ങളിലൂടെ കടന്നുപോയി പൂർണവളർച്ചയെത്തുന്നു. പ്ലനേറിയ *(Planaria)* പോലെയുള്ളവ ഉയർന്ന പുനരുജ്ജീവനശേഷി (Regeneration) ഉള്ള വയാണ്. ഉദാഹരണങ്ങൾ: ടീനിയ *(Taenia* - നാടവിര), ഫാസിയോള *(Fasciola*- ലിവർഫ്ളൂക്ക്)

4.2.5 ഫൈലം - അസ്കഹൽമിന്തിസ് (Aschelminthes) (ഉരുണ്ട വിരകൾ)


ആൺവിര പെൺവിര
ചിത്രം 4.10 ആസ്കഹൽമിന്തിസ് - (ഉരുണ്ടവിര)

അസ്കഹൽമിന്തിസിന്റെ ശരീര പരിച്ഛേദം വൃത്താകാരമായതിനാൽ ഇവയെ ഉരുണ്ട വിര (Round worm) എന്നും വിളിക്കാറുണ്ട് (ചിത്രം 4.10). ഇവയിൽ വെള്ളത്തിലും കരയിലും സ്വതന്ത്രമായി ജീവിക്കുന്നവയും, സസ്യങ്ങളിലും ജന്തുക്കളിലും പരാദങ്ങളായി വസിക്കുന്നവയും ഉണ്ട്. ഉരുണ്ട വിരകൾ അവയവ വ്യവസ്ഥാതലത്തിലുള്ള ജന്തുക്കളാണ്. ഇവ ദ്വിപാർശ്വ സമമിതിയും ത്രിബ്ലാസ്റ്റികതയും കാണിക്കുന്ന കപട സീലോമേറ്റുകളുമാണ്. ഇവയുടെ അന്നപഥം പൂർണവും മെച്ചപ്പെട്ട **പേശീനിർമിത ഗ്രസനി (Pharynx)** യോട് കൂടിയതുമാണ്. ശരീരയറയിൽ നിന്ന് പ്രത്യേകതരം വിസർജന നാളികൾ (Excretory tubes) വഴി വിസർജ്യപദാർഥങ്ങൾ വിസർജന രന്ധ്രങ്ങളിലൂടെ പുറന്തള്ളുന്നു. ഉരുണ്ടവിരകൾ **ഏകലിംഗ (Dioecious)** ജീവികളാണ് ആൺ പെൺ ജീവികളെ വ്യക്തമായി തിരിച്ചറിയാൻ സാധിക്കും. സാധാരണയായി പെൺജീവിക്ക് ആൺജീവിയെക്കാൾ നീളം ഉണ്ടായിരിക്കും. ആന്തരബീജസംയോഗം വഴിയാണ് പ്രത്യുൽപ്പാദനം നടക്കുന്നത്. ഭ്രൂണവികാസം നേരിട്ടോ (കുഞ്ഞുങ്ങൾ മുതിർന്ന ജീവികളോട് സാമ്യമുള്ളവ) പരോക്ഷമായോ നടക്കുന്നു.

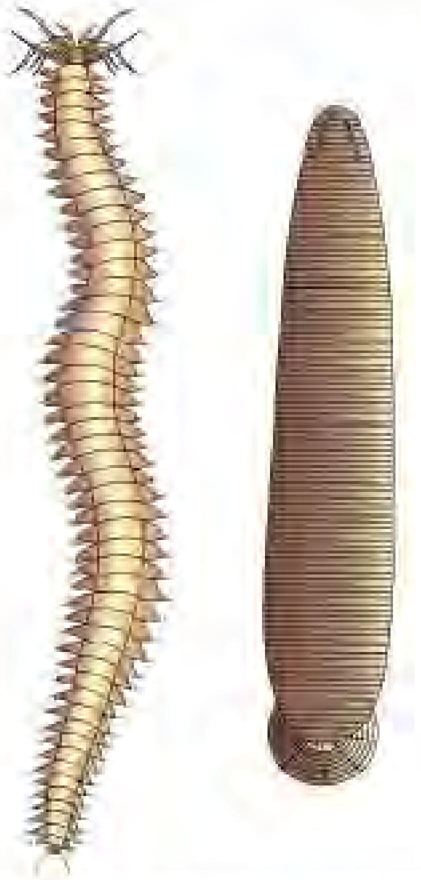
ഉദാഹരണങ്ങൾ:- *ആസ്കാരിസ്* (Ascaris-ഉരുണ്ടവിര), *വുക്കറേറിയ* [*Wuchereria*- (Filarial worm) മന്തുവിര], *ആൻകൈലോസ്റ്റോമ* [*Ancylostoma* (Hookworm- കൊക്കപ്പുഴു).

4.2.6 ഫൈലം അനലിഡ (Annelida)

അനലിഡുകൾ ജലത്തിലും (കടലിലും, ശുദ്ധജലത്തിലും) കരയിലും കാണപ്പെടുന്നു. ഇവയിൽ സ്വതന്ത്രമായി ജീവിക്കുന്നവയും, പരാദങ്ങളുമുണ്ട്. ഇവ അവയവവ്യവസ്ഥാതലത്തിലുള്ളവയാണ്. ഇവയെല്ലാം ദ്വിപാർശ്വ സമമിതിയുള്ളവയാണ്. ഇവ ത്രിബ്ലാസ്റ്റിക സീലോമിക ജന്തുക്കളാണ്. ഇവയുടെ ശരീരം മോതിരം പോലുള്ള **ഖണ്ഡങ്ങളാൽ (Metameres)** നിർമിതമായിരിക്കുന്നതിനാലാണ് ഇവയെ അനലിഡ എന്നു വിളിക്കുന്നത് (ചിത്രം 4.11). ശരീരഭിത്തിയിൽ ചർമത്തിനടിയിലായി രണ്ടുനിര പേശികളുണ്ട്. ബാഹ്യനിര വർത്തുള പേശീതന്തുക്കൾകൊണ്ടും ആന്തരനിര ദീർഘ പേശീതന്തുക്കൾകൊണ്ടും നിർമിച്ചിരിക്കുന്നു. ഇവ രണ്ടും സഞ്ചാരത്തിനു സഹായിക്കുന്നു. ജലത്തിൽ ജീവിക്കുന്ന അനലിഡുകൾക്ക് നീന്തുന്നതിന് ശരീരത്തിന്റെ ഇരുവശങ്ങളിൽ നിന്നും പുറത്തേക്ക് തള്ളി നിൽക്കുന്ന **പാരപോഡിയകൾ (Parapodia)** കാണാം. ഉദാ- നെരീസ്

(*Nereis*). അനലിഡുകൾക്ക് അടഞ്ഞ രക്തപര്യയന വ്യവസ്ഥയാണുള്ളത്. ഇവയുടെ ആന്തരസമസ്ഥിതി പരിപാലനത്തിനും വിസർജനത്തിനും **നെഫ്രീഡിയകൾ (Nephridia)** സഹായിക്കുന്നു. ഇവ രക്തത്തിൽ നിന്ന് വിസർജ്യവസ്തുക്കൾ വേർതിരിച്ചെടുക്കുന്നു. ഈ വിസർജ്യവസ്തുക്കൾ ശരീരത്തിലെ ബാഹ്യസുഷിരത്തിലൂടെ പുറന്തള്ളപ്പെടുന്നു. അനലിഡുകൾക്ക് സുസംഘടിതമായ ഒരു നാഡീവ്യൂഹമുണ്ട്. ഓരോ ഖണ്ഡത്തിലും കാണപ്പെടുന്ന ഒരു ജോഡി ഗാംഗ്ലിയകളെ ശരീരത്തിന്റെ അടിഭാഗത്തായി മുൻഭാഗത്തുനിന്ന് പിന്നറ്റം വരെ നീണ്ടുകിടക്കുന്ന ഇരട്ട നാഡീതന്തുവിലേക്ക് (Nerve cord) പാർശ്വനാഡികൾ വഴി ബന്ധിപ്പിച്ചിട്ടുള്ള നിലയിലാണ് ഇവയുടെ നാഡീവ്യവസ്ഥ. അനലിഡയിൽ ഏകലിംഗജീവികളും (ഉദാ: നെരീസ്), ഉഭയലിംഗജീവികളും (ഉദാ:- മണ്ണിര, ലീച്ചുകൾ) കാണപ്പെടുന്നു. അനലിഡുകൾ ലൈംഗികപ്രത്യുൽപ്പാദനം വഴിയാണ് തലമുറകളെ നിലനിർത്തുന്നത്.

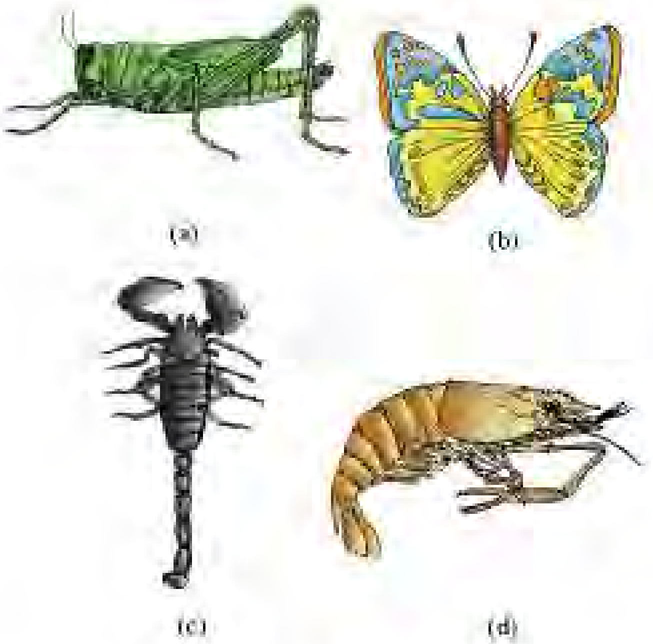
ഉദാഹരണങ്ങൾ:- നെരീസ് (*Nereis*), മണ്ണിര (*Pheretima*), കുളയട്ട (*Hirudinaria*) - രക്തം കുടിക്കുന്ന ലീച്ച്.



ചിത്രം 4.11 അനലിഡയുടെ ഉദാഹരണങ്ങൾ (a) നെരീസ് (b) ഹിരുഡിനേറിയ

4.2.7 ഫൈലം-ആർത്രോപോഡ (Arthropoda)

ജന്തുലോകത്തിലെ ഏറ്റവും **വലിയ ഫൈലം** ആർത്രോപോഡയാണ്. ആർത്രോപോഡയിൽ ഉൾപ്പെടുന്ന ഒരു ക്ലാസാണ് ഷഡ്പദങ്ങൾ (Insects). ഭൂമിയിലെ നാമകരണം ചെയ്യപ്പെട്ട ജന്തുക്കളിൽ മൂന്നിൽ രണ്ടുഭാഗവും ആർത്രോപോഡുകളാണ് (ചിത്രം 4.12). ആർത്രോ പോഡ എന്ന പദത്തിന്റെ അർഥം പല ഖണ്ഡങ്ങൾ ചേർന്ന കാലുകൾ എന്നാണ്. ഈ വിഭാഗത്തിൽപ്പെട്ട ജന്തുക്കൾക്കെല്ലാം പല ഖണ്ഡങ്ങൾ **ചേർന്നുള്ള കാലുകൾ (Jointed appendages)** ഉണ്ട്. ഇവ അവയവവ്യവസ്ഥാതലത്തിലുള്ള ജന്തുക്കളാണ്. കൂടാതെ ദ്വിപാർശ്വസമമിതിയും, ത്രിസ്തരസ്ഥിതിയും കാണിക്കുന്നവയും ശരീരം പല ഖണ്ഡങ്ങൾ ചേർന്നുണ്ടായവയുമാണ്. ഇവ സീലോമിക ജീവികളാണ്. ഇവയ്ക്കെല്ലാം കൈറ്റിൻ എന്ന പദാർഥത്താൽനിർമിതമായ ബാഹ്യകവചമുണ്ട്. ഇത് ബാഹ്യാസ്ഥികൂടം (Exoskeleton) എന്ന് അറിയപ്പെടുന്നു. ശരീരത്തിൽ, **ശിരസ്സ് (Head), ഉരസ്സ് (Thorax), ഉദരം (Abdomen)** എന്നീ മൂന്നു ഭാഗങ്ങൾ വ്യക്തമായി കാണുന്നു. വിവിധ തരത്തിലുള്ള ആർത്രോപോഡുകളിൽ പലതരം ശ്വസനാവയവങ്ങളുണ്ട്. ഗില്ലുകൾ, ബുക്ക് ഗില്ലുകൾ, ബുക്ക് ലംഗുകൾ (Book lungs), ശ്വസനനാളികളുടെ സമൂഹം (Tracheal system) എന്നിവയാണിവ. തുറന്ന രക്തപര്യയന വ്യവസ്ഥയാണിവയ്ക്കുള്ളത്. സ്പർശിനികൾ (Antennae), സംയുക്തനേത്രം (Compound eyes), സ്റ്റാറ്റോസിസ്റ്റ് (Statocyst) അല്ലെങ്കിൽ തുലനാവയവങ്ങൾ (Balancing organs) എന്നീ ഇന്ദ്രിയങ്ങൾ (Sense organs) ഉണ്ട്. **മാൽപീജിയൻ നളികകളാണ് (Malpighian tubules)** പ്രധാന വിസർജനാവയവങ്ങൾ. ഇവ ഏകലിംഗ ജീവിക



ചിത്രം 4.12 ആർത്രോപോഡയുടെ ഉദാഹരണങ്ങൾ : (a) വെട്ടുകിളി (b) ചിത്രശലഭം (c) തേൾ (d) ചെമ്മീൻ

ചിത്രം 4.13 മൊളസ്കയുടെ ഉദാഹരണങ്ങൾ : (a) ഞവണിക്ക (*Pila*) (b) നീരാളി (*ഒക്ടോപ്പസ്*)

ളാണ്. ബീജസംയോഗം ആന്തരികമാണ്. മിക്കവയും മുട്ടയിടുന്ന ജീവികളാണ് (Oviparous). ഭ്രൂണവികാസം നേരിട്ടോ പരോക്ഷമായോ നടക്കുന്നു.

ഉദാഹരണങ്ങൾ :

സാമ്പത്തിക പ്രാധാന്യമുള്ള ഷഡ്പദങ്ങൾ–

തേനീച്ച-*ഏപിസ്* (*Apis* - honey bee)

പട്ടുനൂൽപ്പുഴു-*ബോംബിക്സ്* (*Bombyx*-Silkworm)

ലാക്സിഫർ - (*Laccifer* - Lac insect)

രോഗം പരത്തുന്നവ (Vectors)–

അനോഫിലസ് (*Anopheles*), *ക്യൂലക്സ്* (*Culex*), *ഏഡിസ്* (*Aedes*) കൊതുകുകൾ

കൂട്ടമായി ജീവിക്കുന്ന കീടം (Gregarious pest)– വെട്ടുകിളി [*ലോക്കസ്റ്റ* (*Locusta*)]

ജീവിക്കുന്ന ഫോസിലുകൾ– *ലിമുലസ്* (*Limulus* -King crab)

4.2.8 ഫൈലം മൊളസ്ക (Mollusca)

ഏറ്റവും വലിയ രണ്ടാമത്തെ ഫൈലം ആണ് മൊളസ്കകൾ (ചിത്രം 4.13). മൊളസ്കകൾ കരയിലും ജലത്തിലും കാണപ്പെടുന്നു. അധികം മൊളസ്കകളും സമുദ്രത്തിൽ വസിക്കുന്നവയാണ്. ചിലയിനങ്ങൾ ശുദ്ധജലത്തിലാണ് ജീവിക്കുന്നത്. ഇവയെല്ലാം ദ്വിപാർശ്വ സമമിതിയുള്ളവയും അവയവവ്യവസ്ഥാതലത്തിലുള്ളവയുമാണ്. മൊളസ്കുകൾ ത്രിബ്ലാസ്റ്റികതയുള്ളവയും സീലോമിക ജീവികളുമാണ്. സാധാരണയായി ഇവയ്ക്ക് കട്ടിയുള്ളതും കാൽസ്യം കാർബണേറ്റു കൊണ്ടു നിർമ്മിതവുമായ ഒരു പുറന്തോടുണ്ടായിരിക്കും. ഖണ്ഡിതമല്ലാത്തതും മൃദുവായതുമായ ശരീരത്തോടുകൂടിയ ജന്തുക്കളാണിവ. ശരീരത്തെ **തല, പേശീനിർമ്മിതപാദം (Muscular foot), ആന്തരാവയവ അറ (Visceral hump)** എന്നിങ്ങനെ വിഭജിക്കാം. ആന്തരാവയവ അറയെ ആവരണം ചെയ്ത് മൃദുവായ സ്പോഞ്ചു രൂപത്തിലുള്ള ഒരു ചർമം കാണപ്പെടുന്നു. ഇതിനെ മാന്റിൽ (Mantle) എന്നു വിളിക്കുന്നു. ആന്തരാവയവ അറയ്ക്കും മാന്റിലിനും ഇടയിൽ കാണുന്ന സ്ഥലത്തെ

മാന്റിൽ അറ എന്നു വിളിക്കുന്നു. ഇതിനുള്ളിൽ തൂവൽ ആകൃതിയിലുള്ള ശകുലങ്ങൾ (Gills) ഉണ്ട്. ഇവ ശ്വസനത്തിനും വിസർജ്യ വസ്തുക്കൾ പുറന്തള്ളുന്നതിനും സഹായിക്കുന്നു. തലയുടെ മുൻഭാഗത്തായി സംവേദ ഗ്രാഹികൾ (Sensory Tentacles) ഉണ്ട്. വായിൽ അരം പോലെയുള്ള റാഡുല **(Radula)** എന്ന അവയവം ഉണ്ട്. ഇത് ആഹാരം കരണ്ടുതിന്നുന്നതിനു സഹായിക്കുന്നു. മൊളസ്കകൾ ഏകലിംഗജീവികളും മുട്ടയിടുന്നവയുമാണ്. ഇവയിൽ പരോക്ഷ ഭ്രൂണവികാസം കണ്ടുവരുന്നു.

ഉദാഹരണങ്ങൾ: ആറ്റണിക്ക (*Pila* - Apple snail), മുത്തുച്ചിപ്പി (*Pinctada* - Pearl oyster), സെപിയ (*Sepia* - cuttle fish), നീരാളി (*Octopus* - Devil fish), കടൽച്ച വിതൽ, (*Aplysia*-Sea hare), ഡെന്റേലിയം (*Dentalium* - Tusk shell), കീറ്റോപ്ലൂറ (*Chaetopleura* - chiton), കണവ (*Loligo* - Squid).

4.2.9 ഫൈലം - എക്കൈനോഡെർമേറ്റ

ഇതിന് സാധാരണയായി കാൽസിയം കാർബണേറ്റുപാളികൾ കൊണ്ടു നിർമിച്ച ഒരു ആന്തരിക അസ്ഥികൂടം (Endoskeleton) ഉണ്ട്. എക്കൈനോഡെർമേറ്റ എന്ന വാക്കിനർഥം മുള്ളുള്ള ശരീരം എന്നാണ് (ചിത്രം 4.14). എക്കൈനോഡെർമേറ്റുകളെല്ലാം അവയവവ്യവസ്ഥാതലത്തിലുള്ള സമുദ്രജീവികളാണ്. പൂർണവളർച്ചയെത്തിയ ജീവികൾ വ്യാസാർധ സമമിതിയും ലാർവകൾ ദ്വിപാർശ്വ സമമിതിയും കാണിക്കുന്നു. ഇവയെല്ലാം ട്രിപ്ലോബ്ലാസ്റ്റിക, സീലോമിക ജീവികളാണ്. ദഹനേന്ദ്രിയ വ്യവസ്ഥ പൂർണമാണ്. അധോഭാഗത്ത് (Ventral side) മധ്യത്തിലായി വായ് സ്ഥിതിചെയ്യുന്നു. മലദ്വാരം മുതുകു ഭാഗത്തായി (Dorsal side) സ്ഥിതി ചെയ്യുന്നു. **നീർച്ചാൽ വ്യൂഹം (Water vascular system)** എക്കൈനോഡെർമേറ്റയുടെ പ്രധാന പ്രത്യേകതയാണ്. ഇത് സഞ്ചാരത്തിനും ഇരപിടിക്കുന്നതിനും ആഹാര സംവഹനത്തിനും ശ്വസനത്തിനും സഹായിക്കുന്നു. ഇവയ്ക്ക് വിസർജനവ്യവസ്ഥയില്ല. ആൺ പെൺ ജീവികൾ വെവ്വേറെ കാണപ്പെടുന്നു. ഇവയിൽ ലൈംഗിക പ്രത്യുൽപ്പാദനമാണ് നടക്കുന്നത്. ബാഹ്യബീജസംയോഗം വഴിയുണ്ടാകുന്ന മുട്ടകൾ വിരിഞ്ഞ് സ്വതന്ത്രമായി നീന്തുന്ന ലാർവകളുണ്ടാകുന്നു. ഇവയുടെ ഭ്രൂണവികാസം പരോക്ഷമാണ്.

ഉദാഹരണങ്ങൾ : നക്ഷത്രമത്സ്യം - [*Asterias* -Star fish)], കടൽച്ചേന- [(*Echinus* - Sea urchin)], കടൽലില്ലി - [(*Antedon* - Sea lily)], കടൽവെള്ളരിക്ക - [(*Cucumaria* - Sea cucumber)], ചില്ലു നക്ഷത്രം - [(*Ophiura* - (ബ്രിട്ടിൽ സ്റ്റാർ)].

ചിത്രം 4.14 എക്കൈനോഡെർമേറ്റയുടെ ഉദാഹരണങ്ങൾ (a) നക്ഷത്രമത്സ്യം (b) ചില്ലുനക്ഷത്രം

4.2.10 ഫൈലം - ഹെമികോർഡേറ്റ (Hemichordata)

കുറേക്കാലം മുമ്പ് വരെ കോർഡേറ്റുകളായി കരുതിപ്പോന്നിരുന്നവയാണ് ഹെമികോർഡേറ്റുകൾ. എന്നാൽ ഇപ്പോൾ ഇവയെ ഒരു പ്രത്യേക ഫൈലമായി അകശേരുകി വിഭാഗത്തിൽ ഉൾപ്പെടുത്തി

ശിരിക്കുന്നു. ഇവയിൽ പ്രാഗ്കശേരുവിന് സമാനമായ ഒരു പ്രാഥമിക രൂപം കഴുത്തു ഭാഗത്ത് കാണാം. ഇതിനെ സ്റ്റോമോകോർഡ് (Stomochord) എന്ന് വിളിക്കുന്നു.

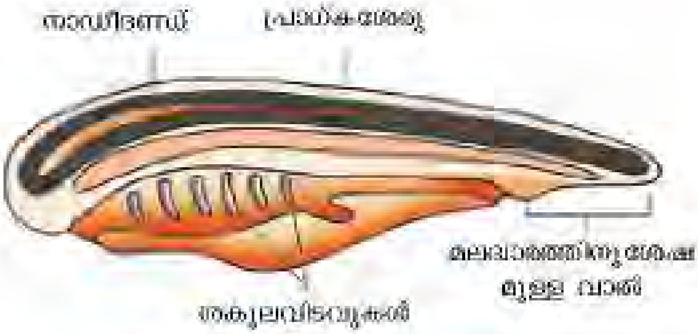
ഈ ഫൈലത്തിൽ **വിരപോലുള്ള** വളരെക്കുറച്ച് സമുദ്രജീവികളാണ് ഉൾപ്പെട്ടിട്ടുള്ളത്. ഇവ അവയവവ്യവസ്ഥാതലത്തിലുള്ളവയും ദ്വിപാർശ്വ സമമിതി, ത്രിബ്ലാസ്റ്റികത, സീലോമികത എന്നിവ പ്രദർശിപ്പിക്കുന്നവയുമാണ്. ഇവയുടെ ശരീരം നീണ്ടുരുണ്ടതും (Cylindrical) **തുമ്പിക്കൈ (Proboscis), കഴുത്ത് (Collar)**, നീളമുള്ള **ഉടൽ (Trunk)** എന്നീ ഭാഗങ്ങൾ ചേർന്ന് രൂപപ്പെട്ടിരിക്കുന്നതുമാണ് (ചിത്രം 4.15). തുറന്ന രക്തപര്യയന വ്യവസ്ഥയാണ് ഇവയ്ക്കുള്ളത്. ശകുലങ്ങളിൽ (gills) കൂടിയാണ് ഇവ ശ്വസിക്കുന്നത്. വിസർജനാവയവങ്ങൾ പ്രോബോസിസ് ഗ്രന്ഥിയാണ് (Proboscis gland). ആൺപെൺജീവികൾ പ്രത്യേകം ഉണ്ട്. ബാഹ്യബീജസംയോഗമാണ് നടക്കുന്നത്. ഭ്രൂണവികാസം പരോക്ഷമാണ്.

ഉദാഹരണങ്ങൾ : *ബലാനോഗ്ലോസസ് (Belanoglossus), സാക്കോഗ്ലോസസ് (Saccoglossus)*

ചിത്രം 4.15 *ബലാനോഗ്ലോസസ്*

4.2.11 ഫൈലം - കോർഡേറ്റ (കശേരുകി) (Chordata)

ഫൈലം കോർഡേറ്റയിൽ ഉൾപ്പെടുന്ന ജന്തുക്കളുടെ അടിസ്ഥാന സവിശേഷതകളാണ്, **പ്രാഗ്കശേരുവിന്റെ (Notochord)** സാന്നിധ്യം, മുതുകുഭാഗത്ത് കാണപ്പെടുന്ന പൊള്ളയായ ഒരു **നാഡീദണ്ഡ് (Nerve cord)**, ഗ്രസനിയുടെ ഇരുവശങ്ങളിലുമുള്ള **ശകുല വിടവുകൾ (Gill slits)** എന്നിവ (ചിത്രം 4.16). ഈ ഫൈലത്തിലുള്ള ജീവികൾ ദ്വിപാർശ്വ സമമിതിയും ത്രിബ്ലാസ്റ്റികതയും സീലോമികതയും ഉള്ളവയാണ്. ഇവയ്ക്ക് മലദ്വാരത്തിനു ശേഷം വാൽ (Post anal tail) കാണപ്പെടുന്നു. ഇവയ്ക്ക് അടഞ്ഞ രക്തപര്യയനമാണുള്ളത്.



ചിത്രം 4.16 കോർഡേറ്റയുടെ സ്വഭാവ സവിശേഷതകൾ

പട്ടിക- 4.1 കോർഡേറ്റുകളുടെയും നോൺ കോർഡേറ്റുകളുടെയും സ്വഭാവസവിശേഷതകൾ താരതമ്യം ചെയ്യുന്നു.

പട്ടിക 4.1 കശേരുകികളുടെയും അകശേരുകികളുടെയും താരതമ്യം

ക്രമ നം.	കശേരുകികൾ	അകശേരുകികൾ
1.	പ്രാഗ്കശേരു ഉണ്ട്.	പ്രാഗ്കശേരു ഇല്ല.
2.	കേന്ദ്രനാഡീവ്യവസ്ഥ മുതുകുഭാഗത്ത് (Dorsal side) കാണപ്പെടുന്നതും, പൊള്ളയായതും ഏകവുമാണ്.	കേന്ദ്രനാഡീവ്യവസ്ഥ ഉദരഭാഗത്ത് (Ventral side) കാണപ്പെടുന്നതും, പൊള്ളയല്ലാത്തതും ഇരട്ടയുമാണ്.
3.	ഗ്രസനിയിൽ ശകുല വിടവുകൾ കാണുന്നു.	ശകുല വിടവുകൾ ഇല്ല.
4.	ഹൃദയം അധോഭാഗത്തു കാണുന്നു.	ഹൃദയം ഉണ്ടെങ്കിൽ അത് മുതുകുഭാഗത്ത് കാണുന്നു.
5.	മലദ്വാരത്തിനുശേഷമുള്ള വാൽ ഉണ്ട്.	മലദ്വാരത്തിനുശേഷമുള്ള വാൽ ഇല്ല.

ഫൈലം കോർഡേറ്റയെ (കശേരുകി) മൂന്ന് ഉപ ഫൈലങ്ങളായി (Subphylum) തരംതിരിക്കാം - **മൂലകശേരുകി (Urochordata)** അല്ലെങ്കിൽ ട്യൂണിക്കേറ്റുകൾ (Tunicates), **ശിരോകശേരുകികൾ (Cephalochordata), വെർട്ടിബ്രേറ്റുകൾ (Vertebrata)**. ഉപഫൈലം മൂലകശേരുകികളും ശിരോകശേരുകികളും സാധാരണയായി പ്രാഗ് കശേരുകികൾ (Protochorodates) എന്നറിയപ്പെടുന്നു (ചിത്രം 4.17). ഇവ സമുദ്രജലത്തിൽ മാത്രം കണ്ടു വരുന്നു. മൂലകശേരുകിയിൽ പ്രാഗ്കശേരു ലാർവദശയിൽ വാൽഭാഗത്തു മാത്രമേ കാണപ്പെടുകയുള്ളൂ. എന്നാൽ ശിരോകശേരുകികളിൽ പ്രാഗ്കശേരു തല മുതൽ വാൽവരെ നീണ്ടു കിടക്കുന്നു; അവയിൽ പ്രാഗ്കശേരു ആയുഷ്കാലം മുഴുവൻ കാണപ്പെടുന്നു.

ഉദാഹരണങ്ങൾ : മൂലകശേരുകി - അസിഡിയ *(Ascidia)*, സാൽപ്പ *(Salpa)*, *ഡോളിയോളം (Doliolum)*

ശിരോകശേരുകികൾ - *ബ്രാങ്കിയോസ്റ്റോമ* [*Branchiostoma* (ശൂലമത്സ്യം) Amphioxus or Lancelet)

ചിത്രം 4.17 *അസീഡിയ*

വെർട്ടിബ്രേറ്റയിലെ അംഗങ്ങളിൽ പ്രാഗ്കശേരു ഭ്രൂണാവസ്ഥയിൽ മാത്രം കാണപ്പെടുന്നു. ഭ്രൂണം പൂർണ വളർച്ചയെത്തുന്നതോടെ അതിന്റെ സ്ഥാനത്ത് തരുണാസ്ഥിയാലോ അസ്ഥിയാലോ നിർമിതമായ **കശേരു ദണ്ഡ് അഥവാ നട്ടെല്ല്** (Vertebral column) പ്രത്യക്ഷപ്പെടുന്നു. അതിനാൽ എല്ലാ വെർട്ടിബ്രേറ്റുകളും കശേരുകികളാണ്. എന്നാൽ എല്ലാ കശേരുകികളും വെർട്ടിബ്രേറ്റുകളല്ല. കശേരുകികളുടെ അടിസ്ഥാന സവിശേഷതകൾ കൂടാതെ വെർട്ടിബ്രേറ്റുകൾക്ക് മറ്റ് ചില സവിശേഷതകൾ കൂടിയുണ്ട്. അധോഭാഗത്ത് കാണപ്പെടുന്ന രണ്ടോ, മൂന്നോ, നാലോ അറകളുള്ള പേശീനിർമിതമായ ഒരു ഹൃദയം, വിസർജനത്തിനും ആന്തരസമസ്ഥിതി പരിപാലനത്തിനും വേണ്ടിയുള്ള വൃക്കകൾ, ജോഡികളായി കാണപ്പെടുന്ന ചിറകുകൾ (Fins) അഥവാ കൈകാലുകൾ (Limbs) തുടങ്ങിയവയാണ് ഈ സവിശേഷതകൾ.

ഉപഫൈലം വെർട്ടിബ്രേറ്റയെ താഴെ കാണിച്ചിരിക്കുന്ന രീതിയിൽ വീണ്ടും തരംതിരിക്കാം.

വെർട്ടിബ്രേറ്റ

ഡിവിഷൻ

- ആഗ്നാത്ത (Agnatha) (താടിയെല്ലുകൾ ഇല്ലാത്തവ)
  - ക്ലാസ്
    1. സൈക്ലോസ്റ്റോമേറ്റ (Cyclostomata)
- ഗ്നത്തോസ്റ്റോമേറ്റ (Gnathostomata) (താടിയെല്ലുകൾ ഉള്ളവ)
  - സൂപ്പർ ക്ലാസ്
    - പൈസീസ് (മത്സ്യങ്ങൾ) (ചിറകുകൾ ഉള്ളവ)
      - ക്ലാസ്
        1. തരുണാസ്ഥി മത്സ്യങ്ങൾ (Chondrichthyes)
        2. അസ്ഥിമത്സ്യങ്ങൾ (Osteichthyes)
    - ടെട്രാപോഡ (നാൽക്കാലികൾ) (കൈകാലുകളുള്ളവ)
      - ക്ലാസ്
        1. ഉഭയജീവികൾ (Amphibia)
        2. ഉരഗങ്ങൾ (Reptilia)
        3. പക്ഷികൾ (Aves)
        4. സസ്തനികൾ (Mammals)

4.2.11.1 ക്ലാസ് – സൈക്ലോസ്റ്റോമേറ്റ (Cyclostomata)

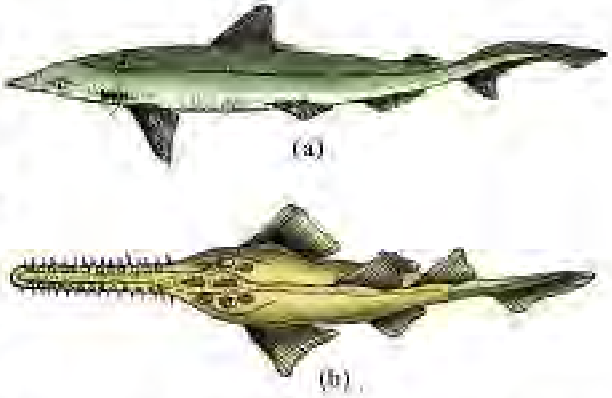
ചിത്രം 4.18 ഒരു താടിയെല്ലുരഹിത കശേരുകി – *പെട്രോമൈസോൺ*

ക്ലാസ് സൈക്ലോസ്റ്റോമേറ്റയിൽ ഉൾപ്പെടുന്ന ജീവികളെല്ലാം തന്നെ ചില മത്സ്യങ്ങളിൽ ബാഹ്യ പരാദങ്ങളായി ജീവിക്കുന്നു. ശരീരം നീളമുള്ളതാണ്. ശ്വസനത്തിനായി 6 മുതൽ 15 ജോഡി **ശകുല വിടവുകൾ** ഇവയ്ക്കുണ്ട്. ആഹാരം വലിച്ചെടുക്കാൻ സഹായിക്കുന്ന വൃത്താകാരമായ വായ ഇവയ്ക്കുണ്ട്, എന്നാൽ താടിയെല്ലുകൾ (Jaws) ഇല്ല (ചിത്രം 4.18). ശരീരത്തെ പൊതിഞ്ഞ് ശൽക്കങ്ങൾ (Scales) ഇല്ല. കൂടാതെ ചിറകുകൾ ജോഡിയായും കാണപ്പെടുന്നില്ല. തലയോട്ടിയും നട്ടെല്ലും തരുണാസ്ഥികളാൽ (Cartilage) നിർമിതമാണ്. അടഞ്ഞ രക്തപര്യയനമാണ് ഇവയ്ക്കുള്ളത്. സൈക്ലോസ്റ്റോമുകളെല്ലാം സമുദ്രജല ജീവികളാണ്, എന്നാൽ ഇവ മുട്ടയിടുന്നതിനുവേണ്ടി ശുദ്ധജലത്തിലേക്ക് ദേശാടനം നടത്തുന്നു. മുട്ടയിട്ടശേഷം മാതൃജീവി ഏതാനും ദിവസങ്ങൾക്കുള്ളിൽ മരണപ്പെടുന്നു. മുട്ടവിരിഞ്ഞുണ്ടാകുന്ന ലാർവകൾ രൂപാന്തരണത്തിനു ശേഷം തിരികെ സമുദ്രത്തിലേക്ക് മടങ്ങിപ്പോകുന്നു.

ഉദാഹരണങ്ങൾ:- *പെട്രോമൈസോൺ* (*Petromyzon* - Lamprey), *മിക്സിൻ* (*Myxine* - Hagfish).

4.2.11.2 ക്ലാസ് - കോൺഡ്രിക്തീസ് (**Chondrichthyes**-തരുണാസ്ഥി മത്സ്യങ്ങൾ)

തരുണാസ്ഥി മത്സ്യങ്ങൾ എല്ലാം സമുദ്രജീവികളാണ്. ചലനതടസ്സം പരമാവധി കുറയ്ക്കാൻതക്കവണ്ണം രൂപപ്പെട്ടതാണ് ഇവയുടെ ശരീരാകൃതി (ധാരാരേഖിതം - Streamlined). ഇവയുടെ ആന്തര അസ്ഥികൂടം തരുണാസ്ഥി കൊണ്ട് നിർമിച്ചിരിക്കുന്നു (ചിത്രം 4.19). വായ് അധോഭാഗത്താണ്. പ്രാഗ്കശേരു ആയുഷ്ക്കാലം മുഴുവൻ ഉണ്ടാകും. ശകുല വിടവുകൾ പ്രത്യേകം, പ്രത്യേകമായി കഴുത്തിന്റെ ഇരുഭാഗത്തുമായി കാണുന്നു. ഇവയ്ക്ക് ശകുലമൂടി (Operculum) കാണപ്പെടുന്നില്ല. തൊലിപ്പുറത്തു കാണുന്ന പ്ലാക്കോയ്ഡ് ശൽക്കങ്ങൾ (Placoid scales) ത്വക്കിന്റെ പുറംപാളിയിൽ നിന്ന് രൂപീകൃതമായവയാണ്. ഇത്തരം ശൽക്കങ്ങൾ തൊലിപ്പുറത്ത് നിരനിരയായി കൃത്യമായി ക്രമീകരിച്ചിരിക്കുന്നതിനാൽ തൊലി പരുക്കനായി തോന്നും. ഇവയുടെ താടിയെല്ലുകൾ ബലമുള്ളവയാണ്. അകത്തേക്ക് വളഞ്ഞിരിക്കുന്ന പല്ലുകൾ പ്ലാക്കോയ്ഡ് ശൽക്കങ്ങൾ രൂപം പ്രാപിച്ചിട്ടുള്ളവയാണ്. ഇവ ഇരപിടിയന്മാരായ മത്സ്യങ്ങളാണ്. ശരീരത്തിനുള്ളിൽ വായു അറ (Air bladder) ഇല്ലാത്തതിനാൽ മുങ്ങിപ്പോകാതിരിക്കാൻ ഇവ തുടർച്ചയായി നീന്തിക്കൊണ്ടിരിക്കും. ഹൃദയത്തിന് രണ്ട് അറകളാണുള്ളത് (ഒരു ഓറിക്കിളും, ഒരു വെൻട്രിക്കിളും). ചില തരുണാസ്ഥി മത്സ്യങ്ങൾക്ക് വിദ്യുത് അവയവങ്ങൾ (Electric organs) ഉണ്ട്. ഉദാഹരണം വൈദ്യുതതിരണ്ടി *(Torpedo)*. ചില മത്സ്യങ്ങൾ മാരകമായ മുറിവേൽപ്പിക്കാൻ കഴിയുന്ന വിഷമുള്ളുകൾ ഉള്ളവയാണ്, ഉദാഹരണം തിരണ്ടി *(Trygon)*. ഇവ ശീതരക്തമുള്ള ജീവികളാണ് (Poikilothermous), ഇവയ്ക്ക് ശരീരോഷ്മാവ് സ്ഥിരമായി നിലനിർത്തുവാനുള്ള കഴിവില്ല. ആൺ പെൺ ജീവികൾ വെവ്വേറെയുണ്ട്. ആൺ മത്സ്യങ്ങളിൽ പിൻ ചിറകുകളുമായി ചേർന്ന് ആലിംഗകങ്ങൾ (Claspers) കാണാം. ആന്തരിക ബീജസംയോഗമാണ് ഇവയിൽ നടക്കുന്നത്. ഇവ കുഞ്ഞുങ്ങളെ പ്രസവിക്കുന്നു (Viviparous).



ചിത്രം 4.19 തരുണാസ്ഥി മത്സ്യങ്ങൾക്ക് ഉദാഹരണങ്ങൾ : (a) *സ്കോളിയോഡോൺ* (b) *പ്രിസ്റ്റിസ്*

ഉദാഹരണങ്ങൾ : *സ്രാവ് (Scoliodon* - Dogfish), ഈർച്ചവാൾ മത്സ്യം (*പ്രിസ്റ്റിസ് Pristis*), *തിരണ്ടി (Trygon*-Stingray), വലിയവെളുത്ത സ്രാവ് *(കർക്കാറോഡോൺ (Carcharodon)*.

4.2.11.3 ക്ലാസ് - ഓസ്റ്റിക്തീസ് [Ostichthyes- അസ്ഥി മത്സ്യങ്ങൾ]

ഈ ക്ലാസിൽ സമുദ്ര മത്സ്യങ്ങളും ശുദ്ധജല മത്സ്യങ്ങളും ഉൾപ്പെടുന്നു. ഇവയുടെ ആന്തര അസ്ഥികൂടം ഉറപ്പുള്ള അസ്ഥി (എല്ല്) കലകളാൽ നിർമിതമായിരിക്കുന്നു. ഇവയുടെ ശരീരാകൃതി ധാരാരേഖിതമാണ് (Streamlined). വായ് തലയുടെ മുന്നറ്റത്താണ് (ചിത്രം 4.20). ഇവയ്ക്ക് ശകുല മൂടികളാൽ (Operculum) ആവരണം ചെയ്തിരിക്കുന്ന നാലുജോഡി

ചിത്രം 4.20 അസ്ഥിമത്സ്യങ്ങൾക്ക് ഉദാഹരണങ്ങൾ : (a) *ഹിപ്പോകാമ്പസ്* (b) *കട്‌ല*

ശകുലങ്ങൾ ശരീരാവരണത്തും ഉണ്ട്. സൈക്ലോയ്ഡ് (വൃത്താകാരത്തിലുള്ള) അല്ലെങ്കിൽ ടീനോയ്ഡ് (Ctenoid - അർധവൃത്താകാരത്തിലുള്ള) ശൽക്കങ്ങളാൽ ഇവയുടെ ത്വക്ക് ആവരണം ചെയ്തിരിക്കുന്നു. ഇവയ്ക്ക് വായു അറ ഉണ്ട്. ജലത്തിൽ പ്ലവക്ഷമത (Buoyancy) നിലനിർത്താൻ വായു അറ സഹായിക്കുന്നു. ഹൃദയത്തിന് രണ്ടറകളുണ്ട് – ഒരു ഓറിക്കിളും ഒരു വെൻട്രിക്കിളും. ഇവ ശീതരക്തമുള്ള ജീവികളാണ്. ആൺ/പെൺ ജീവികൾ പ്രത്യേകം കാണപ്പെടുന്നു. പ്രത്യുൽപ്പാദനം ബാഹ്യബീജസംയോഗം വഴിയാണ് സാധ്യമാകുന്നത്. കൂടാതെ ഇവ മുട്ടയിടുന്നു. ഭ്രൂണവികാസം നേരിട്ടുള്ളതാണ്.

ഉദാഹരണങ്ങൾ : കടൽ മത്സ്യങ്ങൾ – എക്സോസീറ്റസ് (*Exocoetus* - പറക്കും മത്സ്യം), കടൽക്കുതിര (*Hippocampus*).

ശുദ്ധജലമത്സ്യങ്ങൾ – ലെബിയോ (*Labeo*-രോഹു), കട്‌ല (*Katla*), ക്ലാരിയസ് (*Clarius* - കാരി/മുഷി – Magur).

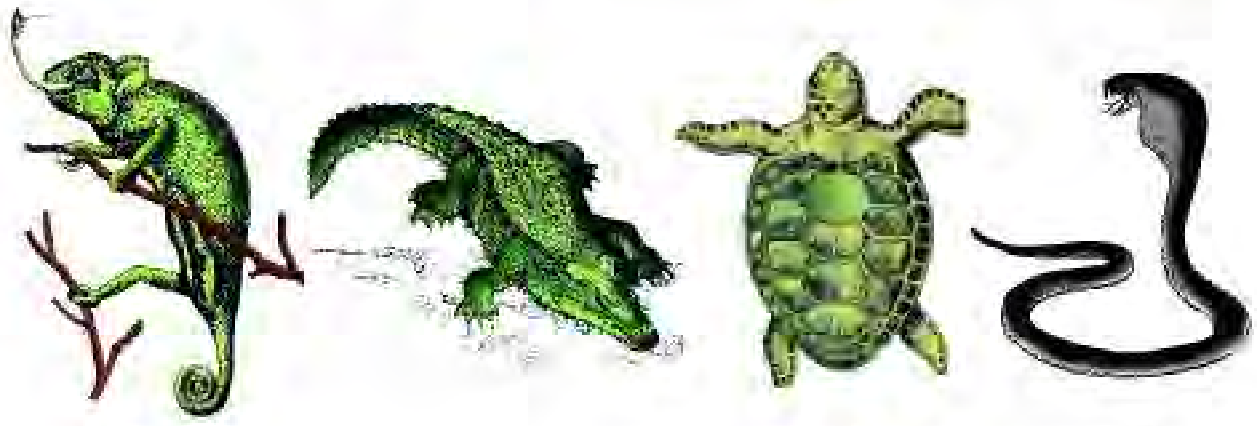
അക്വേറിയം മത്സ്യങ്ങൾ – പോരാളി മത്സ്യം (*Betta* - Fighting fish), മാലാഖ മത്സ്യം (*Pterophyllum* -Angel fish)

4.2.11.4 ക്ലാസ് – ആംഫീബിയ (Amphibia) (ഉഭയജീവികൾ)

ചിത്രം 4.21 ഉഭയജീവിയുടെ ഉദാഹര... ങ്ങൾ (a) സലമാൻ... (b) റാണ

കരയിൽ എന്നതുപോലെ തന്നെ ജലത്തിലും ജീവിക്കാൻ കഴിവുള്ളവയാണ് ഉഭയജീവികൾ (ചിത്രം 4.21). ഇവയിൽ ഭൂരിഭാഗം ജീവികൾക്കും രണ്ടു ജോഡി കൈകാലുകളുണ്ട്. ശരീരത്തെ രണ്ടു ഭാഗങ്ങളായി തിരിക്കാം–തല (Head), ഉടൽ (Trunk). ഇവയിൽ ചില ജീവികൾക്ക് വാലുണ്ടായിരിക്കും. ഇവയുടെ ത്വക്ക് നനവുള്ളതാണ് (ശൽക്കങ്ങളില്ലാത്തത്). ഇവയുടെ കണ്ണുകൾക്ക് കൺപോളകളുണ്ട്. കണ്ണുകളുടെ പിൻഭാഗത്ത് വൃത്താകൃതിയിൽ ചെവിയെ പ്രതിനിധാനം ചെയ്ത് കർണപടം (Tympanum) കാണപ്പെടുന്നു. അന്നപഥം, മൂത്രനാളം, പ്രത്യുൽപ്പാദനനാളികൾ എന്നിവ ഒരുമിച്ച് ഒരു പൊതു അറയിലേക്ക് തുറക്കുന്നു. ഈ അറയെ വിസർജന പ്രജനനദ്വാരം (Cloaca) എന്നു വിളിക്കുന്നു. ശകുലങ്ങൾ, ശ്വാസകോശങ്ങൾ, ത്വക്ക് എന്നിവയിലൂടെ ശ്വസനം നടത്തുന്നു. ഹൃദയത്തിന് മൂന്ന് അറകളുണ്ട് (രണ്ട് ഓറിക്കിളും, ഒരു വെൻട്രിക്കിളും). ഇവ ശീതരക്തമുള്ള ജീവികളാണ്. പരിസ്ഥിതിക്കനുസരിച്ച് ഇവയുടെ ശരീരതാപനില മാറിക്കൊണ്ടിരിക്കും. ആൺ പെൺ ജീവികൾ വെവ്വേറെ കാണുന്നു (ഏകലിംഗജീവികൾ). ബീജസംയോഗം ബാഹ്യമാണ്. ഉഭയജീവികൾ മുട്ടയിടുന്നവയാണ്. ഭ്രൂണവികാസം പരോക്ഷമാണ്.

ഉദാഹരണങ്ങൾ : ചൊറിത്തവള- ബ്യൂഫോ (*Bufo* - Toad), തവള – റാണ (*Rana* - Frog), സലമാണ്ടർ (*Salamandra*), ഇക്തിയോഫിസ് - (*Ichthyophis* കാലില്ലാത്ത ഉഭയജീവി)



(a) (b) (c) (d)

ചിത്രം 4.22 ഉരഗങ്ങൾ : (a) *മരയോന്ത്* (b) *മുതല* (c) *കടലാമ* (d) *മൂർഖൻ*

4.2.11.5 ക്ലാസ് – ഉരഗങ്ങൾ (Reptilia)

ഇഴഞ്ഞു സഞ്ചരിക്കുന്നതിനാലാണ് ഇവയ്ക്ക് ഈ പേരു ലഭിച്ചത്. (ലാറ്റിനിൽ *റെപ്റി* അല്ലെങ്കിൽ *റെപ്റ്റം* എന്നതിനർത്ഥം ഇഴയുക എന്നാണ്). മിക്കവയും കരയിൽ ജീവിക്കുന്നവയാണ്. ഉരഗങ്ങളുടെ ത്വക്ക് വരണ്ടതും ശൽക്കങ്ങളോടുകൂടിയതുമാണ്. ത്വക്കിലെ എപ്പിഡർമിസിൽ നിന്ന് ഉടലെടുക്കുന്നവയാണ് **ശൽക്കങ്ങൾ അല്ലെങ്കിൽ സ്ക്യൂട്ടുകൾ** (ചിത്രം 4.22). ഇവയിൽ ബാഹ്യകർണങ്ങൾ കാണപ്പെടുന്നില്ല, പകരം കർണപടം ചെവിയെ പ്രതിനിധാനം ചെയ്യുന്നു. കൈകാലുകൾ ഉണ്ടെങ്കിൽ രണ്ടു ജോഡി കാണപ്പെടും. ഹൃദയത്തിന് സാധാരണയായി മൂന്ന് അറകളുണ്ട്. പക്ഷേ ചീങ്കണ്ണിയിൽ ഹൃദയത്തിന് നാല് അറകളാണുള്ളത്. ഉരഗങ്ങൾ ശീതരക്തമുള്ള ജന്തുക്കളാണ്. പല്ലികളും, പാമ്പുകളും ചിലപ്പോൾ അവയുടെ ശൽക്കങ്ങൾ പൊഴിക്കാറുണ്ട് (Skin Cast). ഇവയിൽ ആൺ പെൺ ജീവികൾ പ്രത്യേകം കാണപ്പെടുന്നു. ബീജസംയോഗം ആന്തരികമാണ്. അവ മുട്ടയിടുന്ന ജീവികളാണ്, ഭ്രൂണവികാസം നേരിട്ടാണ്.

ഉദാഹരണങ്ങൾ : കടലാമ (*Chelone* - Turtle), കരയാമ (*Testudo*), മരയോന്ത് (*Chameleon*), ഓന്ത് (*Calotes*), മുതല (*Crocodilus*), ചീങ്കണ്ണി(*Alligator*), പല്ലി (*Hemidactylus*).

വിഷപ്പാമ്പുകൾ

മൂർഖൻ - (*Naja* - Cobra), ശംഖുവരയൻ (*Bangarus* - Krait), അണലി (*Vipera* - Viper)

4.2.11.6 ക്ലാസ് – ഏവിസ് (Aves) പക്ഷികൾ

പക്ഷികളുടെ പ്രധാന സവിശേഷത അവയുടെ **തൂവലുകളാണ്**. മിക്കവയും പറക്കാൻ കഴിവുള്ളവയാണ്, എന്നാൽ ഒട്ടകപ്പക്ഷിപ്പോലുള്ളവ പറക്കാൻ സാധിക്കാത്തവയാണ്. ഇവയ്ക്ക് **കൊക്കുകൾ** ഉണ്ട് (ചിത്രം 4.23). മുൻകാലുകൾ

ചിത്രം 4.23 ചില പക്ഷികൾ : (a) കഴുകൻ (b) ഒട്ടകപ്പക്ഷി (c) തത്ത (d) മയിൽ

ചിറകുകൾ ആയി രൂപാന്തരപ്പെട്ടിരിക്കുന്നു. പിൻകാലുകളിൽ സാധാരണയായി നഖങ്ങളുണ്ട്. കാലുകൾ നടക്കുന്നതിനും, നീന്തുന്നതിനും, വൃക്ഷങ്ങളുടെ ശാഖയിൽ പിടിച്ചിരിക്കുന്നതിനും അനുകൂലനം വന്നിട്ടുള്ളവയാണ്. ത്വക്ക്, വരണ്ടതും ഗ്രന്ഥികൾ ഇല്ലാത്തതുമാണ്. എന്നാൽ വാലിന്റെ ചുവട്ടിലായി ഒരു ചെറിയ മുഴയിൽ പക്ഷിയുടെ ഏക ത്വക്ക് ഗ്രന്ഥിയായ സ്നേഹഗ്രന്ഥി (Oil gland) കാണപ്പെടുന്നു. പക്ഷികളുടെ അസ്ഥികൂടം അകം പൊള്ളയായതും ധാരാളം വായു അറകളുള്ളതും (Pneumatic) ഉറപ്പുള്ള അസ്ഥികളാൽ നിർമിതവുമാണ്. പക്ഷികളുടെ അന്നപഥത്തിൽ ക്രോപ്പ് (Crop), ഗിസാർഡ് (Gizzard) എന്നീ അധിക അറകൾ കാണപ്പെടുന്നു. ഹൃദയത്തിന് പൂർണമായ നാല് അറകളുണ്ട്. ഇവ ഉഷ്ണരക്തമുള്ള ജീവികളാണ് (Homoiothermous), അതായത് ചുറ്റുപാടുകളിൽ നിന്നും വ്യത്യസ്തമായി സ്ഥിരമായ ശരീര ഊഷ്മാവ് നിലനിർത്തുവാൻ ഇവയ്ക്കു കഴിയും. ശ്വസനാവയവം ശ്വാസകോശമാണ്. ശ്വാസകോശത്തോടനുബന്ധിച്ച് കാണുന്ന വായു അറകൾ ശ്വസനത്തെ സഹായിക്കുന്നു. ആൺ പെൺ പക്ഷികൾ പ്രത്യേകം ഉണ്ട്. ബീജസംയോഗം ആന്തരികമാണ്. ഇവ മുട്ടയിടുന്നവയാണ്. ഭ്രൂണവികാസം നേരിട്ടാണ്.

ഉദാഹരണങ്ങൾ :

കാക്ക (*Corvus*), പ്രാവ് (*Columba*), തത്ത (*Psittacula*), ഒട്ടകപ്പക്ഷി (*Struthio*), മയിൽ (*Pavo*), പെൻഗ്വിൻ (*Aptenodytes*), കഴുകൻ (*Neophron*).

4.2.11.7 ക്ലാസ് – മാമേലിയ (സസ്തനികൾ)

സസ്തനികൾ വ്യത്യസ്ത ആവാസവ്യവസ്ഥകളിൽ കണ്ടു വരുന്നു. മഞ്ഞുമൂടിയ ധ്രുവപ്രദേശങ്ങൾ, മരുഭൂമി, പർവതങ്ങൾ, വനങ്ങൾ, പുൽമേടുകൾ കൂടാതെ ഇരുണ്ട ഗുഹകൾ എന്നിവിടങ്ങളിൽ ഇവയെ കാണാം. ചില സസ്തനികൾ പറക്കുന്നതിനോ ജലത്തിൽ ജീവിക്കുന്നതിനോ അനുകൂലനം നേടിയവയാണ്. ഇവ

യുടെ ഏറ്റവും പ്രധാന സവിശേഷത ക്ഷീരഗ്രന്ഥികൾ (സ്തനങ്ങൾ - Mammary glands) ഉണ്ടെന്നതാണ്. ഇവ കുഞ്ഞുങ്ങളെ മുലയൂട്ടുന്നതിന് സഹായിക്കുന്നു. ഇവയ്ക്ക് രണ്ട് ജോഡി കൈകാലുകൾ ഉണ്ട്. ഇത് നടക്കുന്നതിനും, ഓടുന്നതിനും, കയറുന്നതിനും, കുഴിക്കുന്നതിനും, നീന്തുന്നതിനും, പറക്കുന്നതിനും അനുകൂലനം ഉള്ളവയാണ് (ചിത്രം 4.24). സസ്തനികളുടെ മറ്റൊരു പ്രത്യേകത രോമാവൃതമായ ചർമമാണ്. കൂടാതെ ബാഹ്യകർണങ്ങൾ (Pinnae) ഉണ്ടായിരിക്കും. വ്യത്യസ്ത തരത്തിലുള്ള പല്ലുകൾ ഇവയുടെ താടിയെല്ലുകളിൽ കാണുന്നു. ഹൃദയത്തിന് നാല് അറകളുണ്ട്. ഇവയെല്ലാം ഉഷ്ണരക്തമുള്ള ജീവികളാണ്. ശ്വസനാവയവം ശ്വാസകോശമാണ്. ആൺ, പെൺ ജീവികൾ വെവ്വേറെ കാണപ്പെടുന്നു. ഇവയിൽ ആന്തരിക ബീജസംയോഗം കാണുന്നു. വളരെക്കുറച്ച് ജന്തുക്കൾ ഒഴിച്ച് ബാക്കിയുള്ളവ കുഞ്ഞുങ്ങളെ പ്രസവിക്കുന്നവയാണ്. ഭ്രൂണവികാസം നേരിട്ടാണ്.

ചിത്രം 4.24 ചില സസ്തനികൾ - (a) പ്ലാറ്റിപസ് (b) കങ്കാരു (c) വവ്വാൽ (d) തിമിംഗലം

ഉദാഹരണങ്ങൾ :

1. മുട്ടയിടുന്നവ- പ്ലാറ്റിപസ് *(Ornithorhynchus)*
2. കുഞ്ഞുങ്ങളെ പ്രസവിക്കുന്നവ- കങ്കാരു *(Macropus)*, വവ്വാൽ *(Pteropus)*, ഒട്ടകം *(Camelus)*, കുരങ്ങൻ *(Macaca)*, എലി *(Rattus)*, നായ *(Canis)*, പൂച്ച *(Felis)*, ആന *(Elephas)*, കുതിര *(Equus)*, ഡോൾഫിൻ *(Delphinus)*, നീലത്തിമിംഗലം *(Balaenoptera)*, കടുവ *(Panthera tigris)*, സിംഹം *(Panthera leo)*.

പട്ടിക 4.2 ജന്തുലോകത്തെ വിവിധ ഫൈലങ്ങളുടെ സ്വഭാവ സവിശേഷതകൾ.

ഫൈലം	ജീവന്റെ ഘടനാതലങ്ങൾ	സമമിതി	സീലം	ഖണ്ഡനം	ദഹനേന്ദ്രിയ വ്യവസ്ഥ	രക്തപര്യയന വ്യവസ്ഥ	ശ്വസന വ്യവസ്ഥ	സവിശേഷമായ സ്വഭാവങ്ങൾ
(പോറിഫെറ) സുഷിര ജീവികൾ	കോശകീയം	വ്യത്യസ്തം	ഇല്ല	ഇല്ല	ഇല്ല	ഇല്ല	ഇല്ല	ശരീര ഭിത്തിയിൽ സുഷിരങ്ങളും ശരീരത്തിൽ ചാലുകളും ഉണ്ട്.
സിലണ്ടറേറ്റ (നൈഡേറിയ	കലാതലം	വ്യാസാർദ്ധം	ഇല്ല	ഇല്ല	അപൂർണം	ഇല്ല	ഇല്ല	നൈഡോബ്ലാസ്റ്റ് കോശങ്ങൾ കാണപ്പെടുന്നു.
ടീനോഫോറ	കലാതലം	വ്യാസാർദ്ധം	ഇല്ല	ഇല്ല	അപൂർണം	ഇല്ല	ഇല്ല	കോമ്പ്പ്ലേറ്റുകൾ സഞ്ചാരത്തിന് സഹായിക്കുന്നു.
പ്ലാറ്റി ഹെൽമിന്തസ്	അവയവതലം/അവയവ വ്യവസ്ഥാതലം	ദ്വിപാർശ്വം	ഇല്ല	ഇല്ല	അപൂർണം	ഇല്ല	ഇല്ല	പരന്ന ശരീരം, സക്കറുകൾ കാണുന്നു.
അസ്കഹെൽമിന്തസ്	അവയവ വ്യവസ്ഥാതലം	ദ്വിപാർശ്വം	കപടസീലോമികം	ഇല്ല	പൂർണം	ഇല്ല	ഇല്ല	നീണ്ടുരുണ്ട വിരയുടെ ആകൃതിയിലുള്ള ശരീരം
അനലിഡ	അവയവ വ്യവസ്ഥാതലം	ദ്വിപാർശ്വം	സീലോമികം	ഉണ്ട്	പൂർണം	ഉണ്ട്	ഇല്ല	വലയങ്ങൾ പോലുള്ള ശരീരഖണ്ഡനം
ആർത്രോപോഡ	അവയവ വ്യവസ്ഥാതലം	ദ്വിപാർശ്വം	സീലോമികം	ഉണ്ട്	പൂർണം	ഉണ്ട്	ഉണ്ട്	കൈറ്റിൻ കൊണ്ട് നിർമിതമായ ബാഹ്യാസ്ഥികൂടം, ഖണ്ഡങ്ങൾ ചേർന്ന കാലുകൾ
മൊളസ്ക	അവയവ വ്യവസ്ഥാതലം	ദ്വിപാർശ്വം	സീലോമികം	ഇല്ല	പൂർണം	ഉണ്ട്	ഉണ്ട്	പുറന്തോട് ബാഹ്യാസ്ഥികൂടമായി വർത്തിക്കുന്നു.
എക്കൈനോഡെർമേറ്റ	അവയവ വ്യവസ്ഥാതലം	വ്യാസാർദ്ധം	സീലോമികം	ഇല്ല	പൂർണം	ഉണ്ട്	ഉണ്ട്	ജലസംവഹന വ്യവസ്ഥ വ്യാസാർദ്ധ സമമിതി
ഹെമി കോർഡേറ്റ	അവയവ വ്യവസ്ഥാതലം	ദ്വിപാർശ്വം	സീലോമികം	ഇല്ല	പൂർണം	ഉണ്ട്	ഉണ്ട്	വിരപോലെയുള്ള ശരീരത്തിന് പ്രോബോസിസ്, കോളർ, ട്രങ്ക് എന്നീ ഭാഗങ്ങൾ ഉണ്ട്.
കോർഡേറ്റ	അവയവ വ്യവസ്ഥാതലം	ദ്വിപാർശ്വം	സീലോമികം	ഉണ്ട്	പൂർണം	ഉണ്ട്	ഉണ്ട്	പ്രാഗ്കശേരു, മുതുകുഭാഗത്തെ പൊള്ളയായ നാഡീതന്തു, ശകുലവിടവുകൾ ജോടി കാലുകൾ അല്ലെങ്കിൽ ചിറകുകൾ.

സംഗ്രഹം

അടിസ്ഥാന സ്വഭാവ സവിശേഷതകളായ ഘടനാതലങ്ങൾ, സമമിതി കോശങ്ങളുടെ ക്രമീകരണം, സീലം, ഖണ്ഡനം, പ്രാഥമികമെരു (നോട്ടോ കോർഡ്) എന്നിവ ജീവലോകത്തെ വർഗീകരിക്കുന്നതിന് നമ്മെ സഹായിക്കുന്നു. ഈ അടിസ്ഥാന സ്വഭാവങ്ങൾ കൂടാതെ ഓരോ ഫൈലത്തിനും, ക്ലാസിനും നിരവധി പ്രത്യേക സ്വഭാവ സവിശേഷതകൾ കാണാം.

പോറിഫെറകൾ ബഹുകോശ ജന്തുക്കളാണ്. ഇവ കോശകീയ തലത്തിലുള്ളവയാണ്. ഇവയ്ക്ക് ഫ്ളജല്ലക ഉള്ള കൊയാനോ കോശങ്ങൾ എന്ന പ്രത്യേക കോശങ്ങൾ ഉണ്ട്. സിലന്ററേറ്റുകൾക്ക് നെമറ്റോസിസ്റ്റുകൾ വഹിക്കുന്ന ഗ്രാഹികളുണ്ട്. ഇവ മിക്കവയും ജല ജീവികളാണ്. ഇവ പറ്റിപ്പിടിച്ച് വളരുന്നവയോ അല്ലെങ്കിൽ നീന്തി സഞ്ചരിക്കുന്നവയോ ആണ്. ടീനോഫോറകൾ കടൽ ജീവികളാണ്. ഇവയ്ക്ക് കോമ്പ് പ്ലേറ്റുകൾ ഉണ്ട്. പരന്ന വിരകൾ പരന്ന ശരീരത്തോടുകൂടിയവയും, ദ്വിപാർശ്വ സമമിതി പ്രകടമാക്കുന്നവയുമാണ്. പരാദങ്ങളായ പ്ലാറ്റിഹെൽമിന്തുകൾക്ക് വ്യക്തമായ സക്കറുകളും കൊളുത്തുകളും ഉണ്ടായിരിക്കും. ആസ്കഹെൽമിന്തുകൾ എല്ലാം കപടസീലോമേറ്റുകളാണ്. ഇവയിൽ പരാദങ്ങളും അല്ലാത്തവയും ഉൾപ്പെടുന്നു.

അനെലിഡുകളുടെ ശരീരം ഒരേ പോലുള്ള ഖണ്ഡങ്ങളാൽ (മെറ്റാമിയറുകൾ) നിർമിതമാണ്. ഇവയിൽ ശരിയായ സീലം കാണപ്പെടുന്നു. ഇന്ന് ഏറ്റവും കൂടുതലായി കാണുന്ന ജീവിവർഗമാണ് ആർത്രോപോഡുകൾ. ഇവയ്ക്ക് ഖണ്ഡങ്ങൾ ചേർന്ന കാലുകൾ ഉണ്ട്. മൊളസ്കുകളുടെ ശരീരം വളരെ മൃദുവും, ഇതിനെ ആവരണം ചെയ്ത് കാത്സ്യം കാർബണേറ്റുകൊണ്ട് നിർമിച്ച ഒരു പുറംചട്ടയും (ബാഹ്യാസ്ഥികൂടം) ഉണ്ട്. ചില ജീവികളിൽ കൈറ്റിനാൽ നിർമിച്ച പുറംചട്ടയാണുള്ളത് (ബാഹ്യാസ്ഥികൂടം). എക്കൈനോഡെർമുകൾ മുള്ളുകളുള്ള തൊലിയുള്ളവയാണ്. ഇവയുടെ ഏറ്റവും പ്രധാന പ്രത്യേകത ഒരു ജലസംവഹന വ്യവസ്ഥയുടെ സാന്നിധ്യമാണ്. വിരകളെപ്പോലെയുള്ള കടൽ ജന്തുക്കളെ ഉൾക്കൊള്ളുന്ന ഒരു ചെറിയ ഗ്രൂപ്പാണ് ഹെമികോർഡേറ്റുകൾ. ഇവയുടെ ശരീരം നീണ്ടുരുണ്ടതും പ്രോബോസിസ്, കോളർ, ഉടൽ എന്നീ ഭാഗങ്ങളുള്ളതുമാണ്.

ഭ്രൂണ ദശാകാലത്തോ, ജീവിതകാലം മുഴുവനോ പ്രാഥമികമെരു ഉള്ള ജീവികളാണ് കശേരുകികൾ. കശേരുകികളുടെ മറ്റു പൊതുവായ സ്വഭാവങ്ങൾ, മുതുകുഭാഗത്തു കാണുന്ന പൊള്ളയായ നാഡീരജ്ജു, ജോഡികളായ ശകുല വിടവുകൾ എന്നിവയാണ്. ചില വെർട്ടിബ്രേറ്റുകൾക്ക് താടിയെല്ലുകൾ ഇല്ല, (അഗ്നാത്ത), എന്നാൽ താടിയെല്ലുകളുള്ള വെർട്ടിബ്രേറ്റുകളാണ് ഗ്നാത്തോസ്റ്റോമേറ്റുകൾ. അഗ്നാത്തയെ പ്രതിനിധീകരിച്ച് സൈക്ലോസ്റ്റോമേറ്റ എന്ന ഒരു ക്ലാസ് മാത്രമേ ഉള്ളൂ. ഇവ ഏറ്റവും പ്രാചീനമായ കശേരുകികളാണ്. ഇവ മത്സ്യങ്ങളിൽ ബാഹ്യപരാദങ്ങളായി വസിക്കുന്നു. ഗ്നാത്തോസ്റ്റോമേറ്റയിൽ രണ്ടു സൂപ്പർ ക്ലാസുകൾ ഉണ്ട്, മത്സ്യങ്ങളും, നാൽക്കാലികളും. മത്സ്യത്തിൽ ഉൾപ്പെടുത്തിയിരിക്കുന്ന രണ്ടു ക്ലാസ്സുകളാണ് അസ്ഥി മത്സ്യങ്ങളും തരുണാസ്ഥി മത്സ്യങ്ങളും. ഇവ സഞ്ചാരത്തിനായി ചിറകുകൾ ഉപയോഗിക്കുന്നവയാണ്. തരുണാസ്ഥി മത്സ്യങ്ങളിൽ ആന്തരാസ്ഥികൂടം തരുണാസ്ഥിയാൽ നിർമിതമാണ്. ഇവ സമുദ്രജലത്തിൽ മാത്രം കണ്ടു വരുന്നു. ഉഭയജീവികൾ, ഉരഗങ്ങൾ, പക്ഷികൾ, സസ്തനികൾ എന്നിവയ്ക്കെല്ലാം രണ്ട് ജോഡി കാലുകൾ ഉള്ളതിനാൽ അവയെ നാൽക്കാലികൾ **(Tetrapoda)** എന്ന സൂപ്പർ ക്ലാസിൽ ഉൾപ്പെടുത്തിയിരിക്കുന്നു. കരയിലും, ജലത്തിലും ജീവിക്കുന്നതിന് അനുകൂലനം നേടിയവയാണ് ഉഭയജീവികൾ. ഉരഗങ്ങളുടെ ത്വക്ക് വരണ്ടതും ശല്കങ്ങൾ ഉള്ളവയുമാണ്. പാമ്പുകളിൽ കൈകാലുകൾ കാണപ്പെടുന്നില്ല. മത്സ്യങ്ങൾ, ഉഭയജീവികൾ, ഉരഗങ്ങൾ എന്നിവ ശീതരക്തമുള്ള ജീവികളാണ്. പക്ഷികൾ ഉഷ്ണരക്തമുള്ള ജീവികളാണ്. ഇവയുടെ ശരീരം തൂവലുകളാൽ ആവരണം ചെയ്തിരിക്കുന്നു. മുൻകാലുകൾ ചിറകുകളായി രൂപം പ്രാപിച്ചിരിക്കുന്നു. ഈ ചിറകുകൾ പക്ഷികളെ പറക്കുവാൻ സഹായിക്കും. പിൻകാലുകൾ നടക്കുന്നതിനും, നീന്തുന്നതിനും, ചികയുന്നതിനും, വൃക്ഷശാഖകളിൽ ചുറ്റിപ്പിടിക്കുന്നതിനും അനുകൂലനമുള്ളവയാണ്. സസ്തനികൾ കുഞ്ഞുങ്ങളെ പ്രസവിച്ച് പാലു കൊടുത്ത് വളർത്തുന്ന ജന്തുക്കളാണ്. ഇവയുടെ ശരീരം രോമാവൃതമാണ്.

പരിശീലന പ്രവർത്തനങ്ങൾ

1. ജന്തുക്കളെ വർഗീകരിക്കുമ്പോൾ അടിസ്ഥാന സ്വഭാവസവിശേഷത കണക്കിലെടുക്കാതിരുന്നാൽ എന്തൊക്കെ ബുദ്ധിമുട്ടുകളാണ് നിങ്ങൾക്ക് നേരിടേണ്ടിവരുന്നത്. വിവരിക്കുക?
2. ഒരു ജീവിയെ വർഗീകരിക്കുന്നതിന് എന്തൊക്കെ ഘട്ടങ്ങളാണ് നിങ്ങൾ അനുവർത്തിക്കുന്നത്?
3. ജീവികളുടെ വർഗീകരണത്തിൽ, ശരീര അറ, സീലോമിന്റെ പ്രകൃതം എന്നിവയെക്കുറിച്ചുള്ള പഠനം എങ്ങനെ ഉപകാരപ്പെടുന്നു?
4. ആന്തരകോശ ദഹനവും ബാഹ്യകോശ ദഹനവും തമ്മിലുള്ള വ്യത്യാസങ്ങൾ കണ്ടെത്തുക?
5. പ്രത്യക്ഷ ഭ്രൂണവികാസവും പരോക്ഷ ഭ്രൂണവികാസവും തമ്മിലുള്ള വ്യത്യാസങ്ങൾ എന്തെല്ലാം?
6. എന്തൊക്കെ പ്രത്യേക സവിശേഷതകളാണ് പരാദങ്ങളായ പരന്ന വിരകൾക്കുള്ളത്?
7. ആർത്രോപോഡകൾ ജന്തുലോകത്തെ ഏറ്റവും വലിയ ജീവിവർഗം ആകാനുള്ള കാരണങ്ങൾ എന്തെല്ലാം?
8. ജലസംവഹന വ്യവസ്ഥ ഏത് ജീവിവർഗത്തിന്റെ സ്വഭാവമാണ്?

   എ) പോറിഫെറ, ബി) ടീനോഫോറ, സി) എക്കൈനോഡെർമേറ്റ, ഡി) കോർഡേറ്റ

9. എല്ലാ വെർട്ടിബ്രേറ്റുകളും **(Vertebrates)** കോർഡേറ്റുകളാണ് എന്നാൽ എല്ലാ കോർഡേറ്റുകളും വെർട്ടിബ്രേറ്റുകളല്ല. ഈ പ്രസ്താവന സാധൂകരിക്കുക?
10. മത്സ്യങ്ങളിൽ വായുസഞ്ചിയുടെ പ്രാധാന്യം എന്ത്?
11. പറക്കുന്നതിന് പക്ഷികൾക്ക് എന്തെല്ലാം അനുകൂലനങ്ങളാണുള്ളത്?
12. മുട്ടയിടുന്ന ജീവിയുടെ മുട്ടകളുടെ എണ്ണവും പ്രസവിക്കുന്ന ജീവിയുടെ കുഞ്ഞുങ്ങളുടെ എണ്ണവും തുല്യമാണോ? എന്തുകൊണ്ട്?
13. ഖണ്ഡവിഭജനം ആദ്യമായി കണ്ടെത്തിയത് ഏത് ജീവിവർഗത്തിലാണ്?

   എ) പ്ലാറ്റിഹെൽമിന്തസ് (ബി) അസ്കഹെൽമിന്തസ് (സി) അനെലിഡ (ഡി) ആർത്രോപോഡ

14. ചേരുംപടി ചേർക്കുക

എ)	ശകുലമൂടി	(i)	ടീനോഫോറ
ബി)	പാരപോഡിയ	(ii)	മൊളസ്ക
സി)	ശൽക്കങ്ങൾ	(iii)	പോറിഫെറ
ഡി)	കോമ്പ് പ്ലേറ്റ്	(iv)	ഉരഗങ്ങൾ
ഇ)	റഡുല	(v)	അനെലിഡ
എഫ്)	രോമങ്ങൾ	(vi)	സൈക്ലോസ്റ്റോമേറ്റ
ജി)	കൊവാണോ കോശങ്ങൾ	(vii)	സസ്തനികൾ
എച്ച്)	ശകുല വിടവുകൾ	(viii)	അസ്ഥി മത്സ്യങ്ങൾ

15. മനുഷ്യനിൽ കണ്ടു വരുന്ന പരാദ ജന്തുക്കളുടെ ലിസ്റ്റ് തയ്യാറാക്കുക?

യൂണിറ്റ് 2

സസ്യങ്ങളിലെയും ജന്തുക്കളിലെയും ഘടനാവ്യവസ്ഥ

(STRUCTURAL ORGANISATION IN PLANTS AND ANIMALS)

അധ്യായം 5
സപുഷ്പികളുടെ ബാഹ്യ ഘടനാസവിശേഷതകൾ

അധ്യായം 6
സപുഷ്പികളിലെ ആന്തരഘടന

അധ്യായം 7
ജന്തുക്കളിലെ ഘടനാവ്യവസ്ഥ

സൂക്ഷ്മനിരീക്ഷണങ്ങളിലൂടെ മാത്രമേ ഭൂമിയിൽ ജീവന്റെ വൈവിധ്യമാർന്ന രൂപങ്ങളുടെ വിശദാംശങ്ങൾ കണ്ടെത്താൻ കഴിയൂ. ആദ്യകാലങ്ങളിൽ ഇത് നഗ്നനേത്രങ്ങളിലൂടെയാണ് നടത്തിയിരുന്നത്. പിന്നീടത് മാഗ്നിഫൈയിംഗ് ലെൻസുകളിലൂടെയോ മൈക്രോസ്കോപ്പിലൂടെയോ ആയി മാറി. ഈ വിശദീകരണത്തിൽ പ്രധാനമായും ആന്തരവും ബാഹ്യവുമായ ഘടനാസവിശേഷതകളാണ് പ്രതിപാദിക്കുന്നത്. കൂടാതെ നിരീക്ഷിക്കാനും മനസ്സിലാക്കാനും കഴിയുന്ന ജൈവപ്രതിഭാസങ്ങളും ഇതിന്റെ ഭാഗമായി രേഖപ്പെടുത്തിയിട്ടുണ്ട്. പരീക്ഷണാധിഷ്ഠിതമായ ജീവശാസ്ത്രം, പ്രത്യേകിച്ചും ശരീരധർമശാസ്ത്രം ജീവശാസ്ത്രത്തിന്റെ ഭാഗമായി മാറുന്നതിന് മുമ്പ് പ്രകൃതി ശാസ്ത്രജ്ഞർ ജീവശാസ്ത്രം മാത്രമാണ് വിശദീകരിച്ചത്. അങ്ങനെ ജീവശാസ്ത്രം കാലങ്ങളോളം പ്രകൃതി ചരിത്രമായി നിലനിന്നു. വിശദാംശങ്ങളുടെ അടിസ്ഥാനത്തിലുള്ള വിശദീകരണം തന്നെ അത്ഭുതാവഹമായിരുന്നു. വിദ്യാർഥികളിൽ തുടക്കത്തിൽ താൽപര്യക്കുറവ് ഉളവാക്കുമെങ്കിലും ജീവരൂപങ്ങളുടെയും അവയവഘടനയെയും കുറിച്ചുള്ള വിശദീകരണത്തെക്കാൾ ശാസ്ത്രജ്ഞരുടെ ശ്രദ്ധയാകർഷിച്ച ജീവൽപ്രവർത്തനങ്ങളെക്കുറിച്ചുള്ള വിശദീകരണം പിൽക്കാലത്ത് ന്യൂനീകരണ ജീവശാസ്ത്രത്തിന് (Reductionist biology) ഉപകരിച്ചു എന്നത് ഓർക്കേണ്ട ഒരു വസ്തുതയാണ്.

അതിനാൽ ഈ വിശദീകരണം അർഥവത്തായി മാറുകയും ശരീരധർമശാസ്ത്രത്തിലും പരിണാമശാസ്ത്രത്തിലും ഗവേഷണപരമായ ചോദ്യങ്ങൾ രൂപീകരിക്കാൻ സഹായകമാകുകയും ചെയ്തു. ഈ യൂണിറ്റിലെ തുടർന്നുള്ള അധ്യായങ്ങളിൽ സസ്യങ്ങളുടെയും ജന്തുക്കളുടെയും ഘടനാപരമായ ക്രമീകരണവും ശരീരധർമശാസ്ത്രപരമായോ സ്വഭാവപരമായോ ഉള്ള പ്രതിഭാസങ്ങളുടെ ഘടനാപരമായ അടിസ്ഥാനവും വിശദീകരിച്ചിരിക്കുന്നു. സസ്യങ്ങളുടെയും ജന്തുക്കളുടെയും ബാഹ്യഘടനാപരവും ആന്തരഘടനാപരവുമായ സവിശേഷതകൾ സൗകര്യാർത്ഥം വെവ്വേറെ നൽകിയിരിക്കുന്നു.

കാഥറിൻ ഇസാവ്
(1898 – 1997)

കാഥറിൻ ഇസാവ് 1898 ൽ ഉക്രൈനിൽ ജനിച്ചു. അവർ റഷ്യയിലും ജർമനിയിലും കൃഷിശാസ്ത്രം പഠിച്ചു. 1931 ൽ അമേരിക്കയിൽ നിന്ന് ഡോക്ടറേറ്റ് നേടി. സസ്യങ്ങളിൽ കേർലി ടോപ്പ് വൈറസ് (Curly top virus) വ്യാപിക്കുന്നത് ആഹാരസംവഹന കല (ഫ്ളോയം കല) യിലൂടെയാണെന്ന് തന്റെ ആദ്യകാല പ്രസിദ്ധീകരണത്തിൽ അവർ രേഖപ്പെടുത്തി. 1954 ൽ ഡോക്ടർ ഇസാവ് പ്രസിദ്ധീകരിച്ച *പ്ലാന്റ് അനാട്ടമി* എന്ന പുസ്തകത്തിന്റെ സമീപനം ഏതൊരാൾക്കും സസ്യഘടനയെ കുറിച്ചുള്ള ധാരണ മെച്ചപ്പെടുത്താൻ ഉതകുന്ന തരത്തിൽ ശക്തവും പുരോഗമനപരവുമായിരുന്നു. ഈ പുസ്തകം ലോകമെമ്പാടും വലിയ സ്വാധീനം ചെലുത്തി.

കാഥറിൻ ഇസാവിന്റെ ദ അനാട്ടമി ഓഫ് സീഡ് പ്ലാന്റ്സ് (The Anatomy of seed plants) 1960 ൽ പ്രസിദ്ധീകരിച്ചു. ഇത് സസ്യശാസ്ത്രത്തിന്റെ സർവവിജ്ഞാനകോശം (Webster's of plant biology) ആയി കണക്കാക്കുന്നു. 1957 ൽ നാഷണൽ അക്കാഡമി ഓഫ് സയൻസസിലേക്ക് (National Academy of Sciences) തിരഞ്ഞെടുത്തതോടെ ഈ പദവി അലങ്കരിക്കുന്ന ആറാമത്തെ വനിത എന്ന സ്ഥാനവും നേടി. അഭിമാനാർഹമായ ഈ അവാർഡ് കൂടാതെ 1989 ൽ പ്രസിഡന്റ് ജോർജ് ബുഷിൽ നിന്നും നാഷണൽ മെഡൽ ഓഫ് സയൻസും (National Medal of Science) ലഭിച്ചു.

1997 ൽ കാഥറിൻ ഇസാവ് മരണപ്പെട്ടപ്പോൾ, 99-ാം വയസിലും സസ്യശാസ്ത്രത്തിൽ 'തീർത്തും മേധാവിത്വം'ഉറപ്പിച്ച വ്യക്തിയായിരുന്നു കാഥറിൻ ഇസാവ് എന്നാണ് മിസോറിയിലെ ബൊട്ടാണിക്കൽ ഗാർഡനിലെ അനാട്ടമിയുടെയും മോർഫോളജിയുടെയും ഡയറക്ടറായ പീറ്റർ റാവൻ ഓർമപ്പെടുത്തിയത്.

Y9W6Y2

അധ്യായം 5

സപുഷ്പികളുടെ ബാഹ്യഘടനാസവിശേഷതകൾ (Morphology of Flowering Plants)

5.1 വേര്

5.2 കാണ്ഡം

5.3 ഇല

5.4 പൂങ്കുല

5.5 പൂവ്

5.6 ഫലം

5.7 വിത്ത്

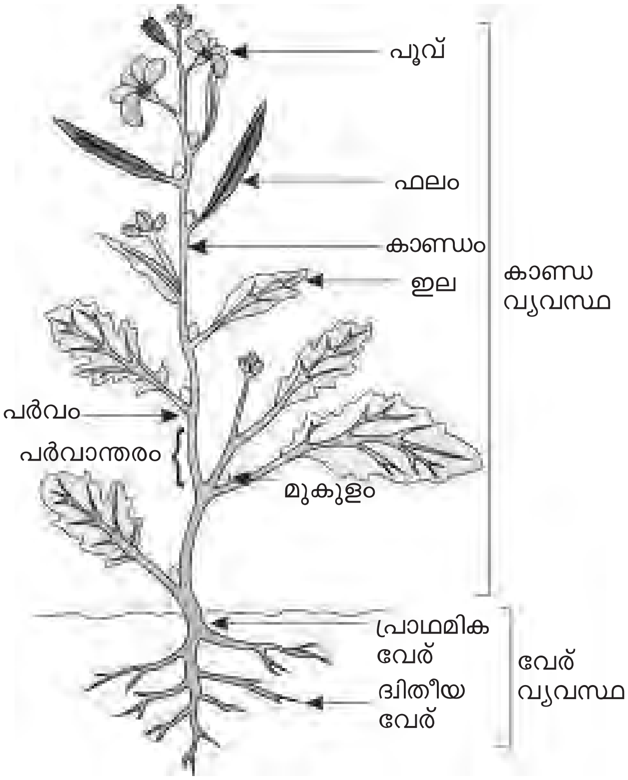
5.8 ഒരു സപുഷ്പി സസ്യത്തിന്റെ അർധസാങ്കേതിക വിശദീകരണം.

5.9 പ്രധാനപ്പെട്ട ചില സസ്യ കുടുംബങ്ങളുടെ വിശദീകരണം

എത്രയേറെ വൈവിധ്യം നിറഞ്ഞ സസ്യങ്ങളാണ് നമുക്ക് ചുറ്റുമുള്ളത്! ആ വൈവിധ്യത്തിന്റെ മനോഹാരിത ആസ്വദിക്കാതിരിക്കാൻ നമുക്ക് കഴിയില്ല. ആവൃതബീജസസ്യങ്ങൾ **ബാഹ്യഘടന**യിൽ **(Morphology)** വളരെയധികം വൈവിധ്യം പുലർത്തുന്നുവെങ്കിലും വേര്, കാണ്ഡം, ഇലകൾ, പൂക്കൾ, ഫലങ്ങൾ എന്നിവയുടെ സാന്നിധ്യം ഇവയിലെ സവിശേഷതയാണ്.

അധ്യായം രണ്ട്, മൂന്ന് എന്നിവയിൽ ബാഹ്യഘടനയും മറ്റു സവിശേഷതകളും അടിസ്ഥാനമാക്കി സസ്യങ്ങളുടെ വർഗീകരണത്തെക്കുറിച്ച് നമ്മൾ ചർച്ച ചെയ്തു. ഉയർന്നതലത്തിലുള്ള ഏതൊരു സസ്യത്തെയും (ഏതൊരു ജീവിയെയും) വർഗീകരിക്കുന്നതിനും മനസ്സിലാക്കുന്നതിനും പ്രാമാണികമായ സാങ്കേതികപദങ്ങളും നിർവചനങ്ങളും അറിഞ്ഞിരിക്കേണ്ടത് അനിവാര്യമാണ്. സസ്യങ്ങളിൽ അവ വളരുന്ന പരിസ്ഥിതിയിൽ ജീവിക്കുന്നതിനുള്ള അനുകൂലനങ്ങളായി അവയുടെ വിവിധ ഭാഗങ്ങളിൽ സംഭവിക്കാനിടയുള്ള വ്യതിയാനങ്ങളെക്കുറിച്ചും നമ്മൾ അറിഞ്ഞിരിക്കേണ്ടതാണ്. ഉദാഹരണത്തിന് അവയുടെ വിവിധങ്ങളായ ആവാസം, സംരക്ഷണം, പടർന്നു കയറൽ, സംഭരണം തുടങ്ങിയവയ്ക്ക് സഹായകമാകുന്ന അനുകൂലനങ്ങൾ.

ഏതെങ്കിലും ഒരു കളസസ്യത്തെ പിഴുതെടുത്താൽ അവയിൽ വേര്, കാണ്ഡം, ഇലകൾ എന്നിവ കാണാവുന്നതാണ്. അവയിൽ പൂക്കളും ഫലങ്ങളും കാണാം. സപുഷ്പികളായ സസ്യത്തിന്റെ മണ്ണിനടിയിലുള്ള ഭാഗം വേര് വ്യവസ്ഥയും മണ്ണിന് മുകളിലുള്ള ഭാഗം കാണ്ഡവ്യവസ്ഥയും ആണ് (ചിത്രം 5.1).

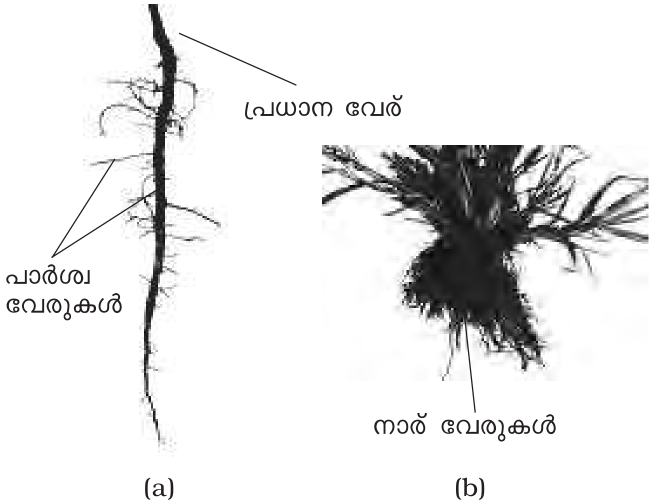


ചിത്രം 5.1 ഒരു സപുഷ്പി സസ്യത്തിന്റെ ഭാഗങ്ങൾ

ആവൃതബീജസസ്യങ്ങളിലെ വൈവിധ്യം നിരീക്ഷിക്കുന്നത് എത്ര ആസ്വാദ്യമാണ്. നിങ്ങളുടെ ചുറ്റുപാടും വളരുന്ന സസ്യങ്ങളെ നിരീക്ഷിക്കൂ. ഏതൊക്കെ ഭാഗങ്ങളാണ് അവയ്ക്കുള്ളത്? ചിത്രം 5.1 മായി താരതമ്യം ചെയ്ത് ഭാഗങ്ങൾ കണ്ടെത്തൂ.

5.1 വേര്

ഭൂരിഭാഗം ദ്വിബീജപത്രസസ്യങ്ങളിലും ബീജമൂലം (Radicle) നേരിട്ട് നീളം വച്ച് മണ്ണിലേക്ക് വളർന്ന് **പ്രാഥമിക വേരായി (Primary root)** രൂപപ്പെടുന്നു. ഇവയിൽ നിന്നുണ്ടാകുന്ന പാർശ്വവേരുകളാണ് (Lateral roots) **ദ്വിതീയ വേരുകൾ, ത്രിതീയ വേരുകൾ** തുടങ്ങിയവ. കടുകുചെടിയിൽ (Mustard) കാണുന്നതുപോലെ പ്രാഥമിക വേരുകളും അവയുടെ ശാഖകളും ചേർന്നുണ്ടാകുന്ന വേരുപടലമാണ് **തായ് വേര് പടലം (Tap root system)** (ചിത്രം 5.2a). (കൂടുതൽ ഉദാഹരണങ്ങൾ - പയർചെടി, മാവ്, ചെമ്പരത്തി, തുമ്പ തുടങ്ങിയവ). എന്നാൽ ഏകബീജപത്രസസ്യങ്ങളിൽ പ്രാഥമിക വേര് പെട്ടെന്ന് നശിച്ച് പോവുകയും പകരം ധാരാളം വേരുകൾ രൂപപ്പെടുകയും ചെയ്യുന്നു. ഇത്തരത്തിൽ കാണ്ഡത്തിന്റെ അടിഭാഗത്ത് നിന്നുണ്ടാകുന്ന വേരുകൾ ചേർന്നതാണ് **നാര് വേര് പടലം (Fibrous root system)**. നെല്ല്, ഗോതമ്പ് എന്നിവയിൽ നാര് വേര് പടലമാണുള്ളത് (ചിത്രം 5.2b). (കൂടുതൽ ഉദാഹരണങ്ങൾ : മുള, തെങ്ങ് മുതലായവ).



ചിത്രം 5.2 വിവിധതരം വേരുകൾ : (a) തായ് വേര് (b) നാര് വേര് (c) അപസ്ഥാനീയ വേര്

ചില സസ്യങ്ങളായ പുല്ല്, *മോൺസ്റ്റിറ (Monstera)*, ആൽമരം (Banyan tree) എന്നിവയിൽ ബീജമൂലത്തിൽ നിന്നല്ലാതെ വേരുകൾ രൂപപ്പെടുന്നു. ഇവയാണ് **അപസ്ഥാനീയ വേരുകൾ (Adventitious roots)** (ചിത്രം 5.2c). മണ്ണിൽ നിന്ന് ജലം, ലവണങ്ങൾ എന്നിവ ആഗിരണം ചെയ്യുക, സസ്യഭാഗങ്ങളെ ഉറപ്പിച്ചു നിർത്തുക, സംഭൃതാഹാരസംഭരണം, സസ്യഹോർമോണുകളുടെ നിർമാണം തുടങ്ങിയവയാണ് വേരുപടലത്തിന്റെ പ്രധാന ധർമങ്ങൾ.

ചിത്രം 5.3 മൂലാഗ്രത്തിന്റെ കേന്ദ്രങ്ങൾ

5.1.1 വേരിന്റെ കേന്ദ്രങ്ങൾ

വേരിന്റെ അഗ്രഭാഗം വിരലുറ പോലുള്ള ഭാഗം കൊണ്ട് പൊതിഞ്ഞിരിക്കുന്നു. ഇതാണ് **വേരുതൊപ്പി (Root cap)** (ചിത്രം 5.3). മണ്ണിലേക്ക് ആഴ്ന്നിറങ്ങുന്ന വേരിന്റെ മൃദുവായ അഗ്രഭാഗത്തെ സംരക്ഷിക്കുക എന്നതാണ് ഇതിന്റെ ധർമം. വേരു തൊപ്പിയുടെ ഏതാനും മില്ലിമീറ്റർ മുകളിലായി കാണപ്പെടുന്ന ഭാഗമാണ് **മെരിസ്റ്റമിക പ്രവർത്തനകേന്ദ്രം (Region of meristematic activity)**. നിറയെ ജീവദ്രവ്യം (Protoplasm) ഉള്ളതും കട്ടി കുറഞ്ഞ കോശഭിത്തിയുള്ളതുമായ ചെറിയ കോശങ്ങളാണ് ഈ ഭാഗത്ത് കാണപ്പെടുന്നത്. ഈ കോശങ്ങൾ നിരന്തരം വിഭജിക്കുന്നവയാണ്. ഇതിന് അടുത്തായി കാണുന്ന കോശങ്ങൾ ദ്രുതഗതിയിൽ നീളം കൂടുകയും വലുപ്പം വർധിക്കുകയും ചെയ്യുന്നതിനാൽ വേരിന്റെ നീളത്തിലുള്ള വളർച്ചയ്ക്ക് സഹായകരമാകുന്നു. ഇതാണ് **ദീർഘീകരണ കേന്ദ്രം (Region of elongation)**. ഈ ഭാഗത്തെ കോശങ്ങൾ ക്രമേണ വൈവിധ്യവൽക്കരിച്ച് പൂർണവളർച്ച പ്രാപിക്കുന്നു. ഇങ്ങനെ ദീർഘീകരണ കേന്ദ്രത്തിന് തൊട്ടടുത്തായി കാണുന്ന ഭാഗമാണ് **വളർച്ച പൂർത്തീകരിച്ച കേന്ദ്രം (Region of maturation)**. ഈ ഭാഗത്തെ ചില ഉപരിവൃതികോശങ്ങളിൽ നിന്ന് നേർത്ത് മൃദുവായ നാരുകളുണ്ടാകുന്നു. ഇവയാണ് **മൂലലോമങ്ങൾ (Root hairs)**. മണ്ണിൽ നിന്ന് ജലവും ലവണങ്ങളും ആഗിരണം ചെയ്യുന്നത് മൂലലോമങ്ങളാണ്.

ചിത്രം 5.4 താങ്ങിന് വേണ്ടി വേരിന്റെ രൂപാന്തരം : ആൽമരം

5.1.2 വേരുകളിലെ രൂപാന്തരം

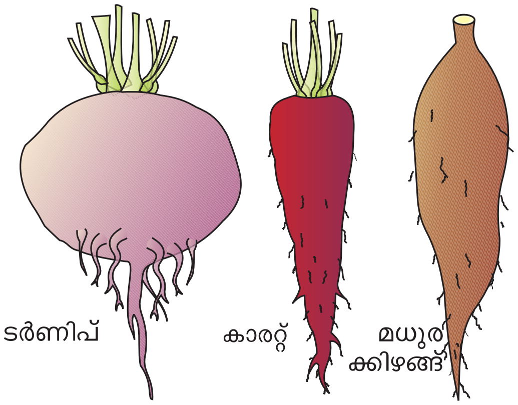
ജലവും ലവണങ്ങളും ആഗിരണം ചെയ്യുക എന്നതാണ് വേരിന്റെ ധർമം എന്ന് നിങ്ങൾ പഠിച്ചിട്ടുണ്ട്. എന്നാൽ സസ്യങ്ങളിൽ മറ്റു ചില ധർമങ്ങൾ നിർവഹിക്കുന്നതിനായി വേരുകൾ ആകൃതിയിലും ഘടനയിലും മാറ്റങ്ങൾ വരുത്താറുണ്ട്. അത്തരം മാറ്റങ്ങൾ പ്രധാനമായും ആഹാരസംഭരണം, താങ്ങ് നൽകുക, ശ്വസനം

എന്നിവയ്ക്ക് വേണ്ടിയാണ് (ചിത്രം 5.4, 5.5). കാരറ്റ് (Carrot), ടർണിപ്പ് (Turnip) എന്നിവയിലെ തായ് വേരുകളും മധുരക്കിഴങ്ങിലെ (Sweet potato) അപസ്ഥാനീയ വേരുകളും ആഹാരം സംഭരിച്ച് വീർത്ത് തടിച്ചിരിക്കുന്നു. *നിങ്ങളുടെ ചുറ്റുപാടിൽ നിന്നും ഇത്തരം കൂടുതൽ ഉദാഹരണങ്ങൾ* കണ്ടെത്തൂ.

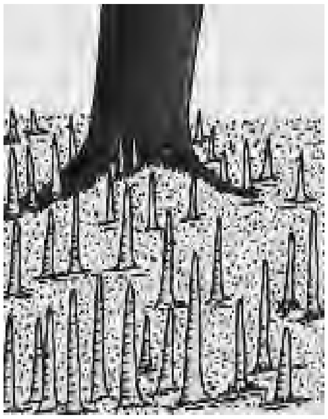
ആൽമരത്തിന്റെ ശാഖകളിൽ നിന്ന് വേരുകൾ താഴേക്ക് വളർന്നിറങ്ങിയിരിക്കുന്നത് നിങ്ങൾ ശ്രദ്ധിച്ചിട്ടുണ്ടാകും. താങ്ങു നൽകുന്നതിനായി രൂപപ്പെട്ടിരിക്കുന്ന **താങ്ങ് വേരുകൾ** അഥവാ **തൂൺ വേരു**കളാണവ **(Prop roots)**.

ചോളം (Maize), കരിമ്പ് (Sugar cane) എന്നിവയുടെ കാണ്ഡത്തിന്റെ താഴ്ഭാഗത്തുള്ള പർവങ്ങളിൽ നിന്ന് താങ്ങ് വേരുകൾ രൂപപ്പെടുന്നു. ഇവയെ **പൊയ്ക്കാൽ വേരുകൾ (Stilt roots)** എന്നു പറയുന്നു. ചതുപ്പ് പ്രദേശങ്ങളിൽ വളരുന്ന ഒരു സസ്യമാണ് *റൈസോഫോറ (Rhizophora)*. ഇവയിൽ നിന്ന് വേരുകൾ മണ്ണിന് മുകളിലേക്ക് വളർന്ന് പൊങ്ങിനിൽക്കുന്നതായി കാണാം. ശ്വസനത്തിന് സഹായിക്കുന്ന ഇത്തരം വേരുകളാണ് ശ്വസനവേരുകൾ **(ന്യൂമാറ്റോഫോറുകൾ Pneumatophores)** (ചിത്രം 5.5b).

ശതാവരി



(a)



(b)

ചിത്രം 5.5 വേരിന്റെ രൂപാന്തരം : (a) സംഭരണം (b) ശ്വസനം : *റൈസോഫോറ*യിലെ ന്യൂമാറ്റോഫോർ

5.2 കാണ്ഡം

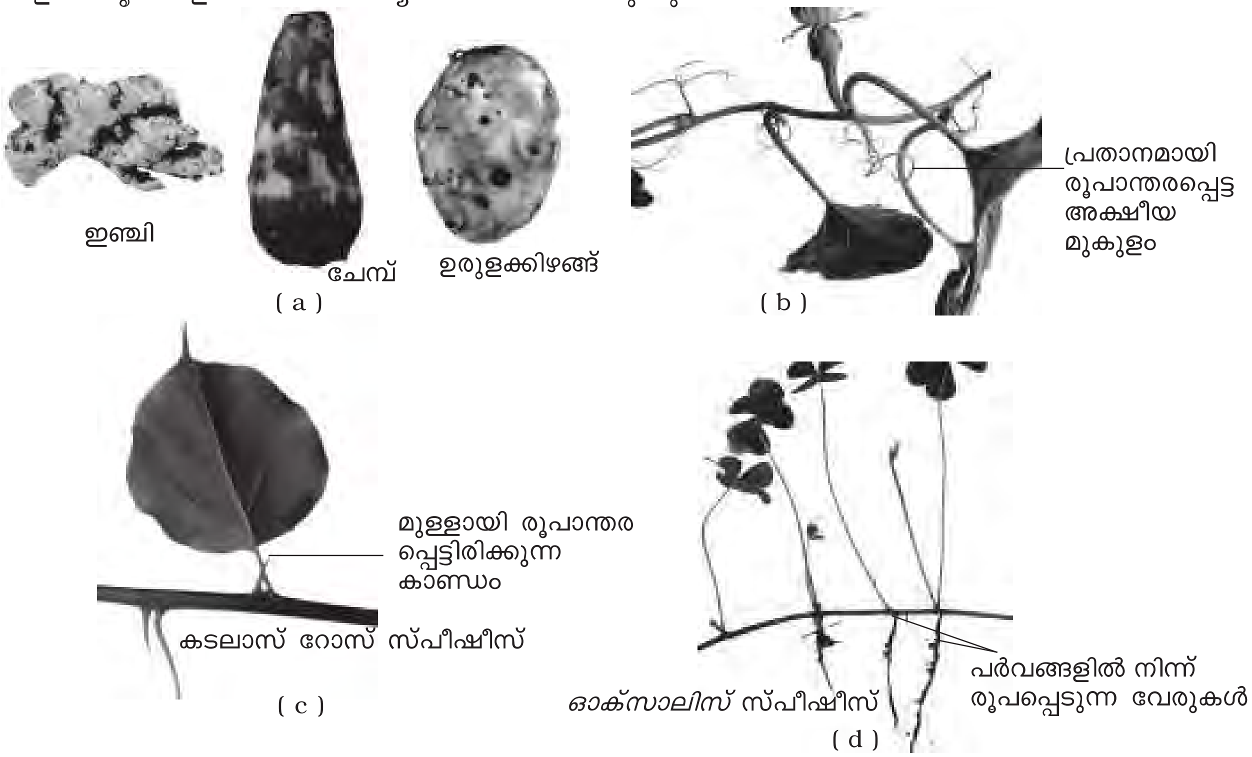
കാണ്ഡവും വേരും നമുക്ക് എങ്ങനെ തിരിച്ചറിയാനാകും? ശാഖകൾ, ഇലകൾ, പൂക്കൾ, ഫലങ്ങൾ എന്നിവ കാണപ്പെടുന്ന മണ്ണിനു മുകളിലുള്ള ഭാഗമാണ് കാണ്ഡം. ഭ്രൂണത്തിന്റെ ബീജശീർഷത്തിൽ (Plumule) നിന്നുമാണ് കാണ്ഡം രൂപപ്പെടുന്നത്. കാണ്ഡത്തിൽ **പർവം, പർവാന്തരം** എന്നിവ കാണപ്പെടുന്നു. കാണ്ഡത്തിലെ പർവത്തിൽ (Node) നിന്നാണ് ഇലകൾ ഉണ്ടാകുന്നത്. രണ്ട് പർവങ്ങൾക്കിടയിലുള്ള ഭാഗമാണ് പർവാന്തരം (Internode). കാണ്ഡത്തിൽ അഗ്രമുകുളങ്ങളും (Terminal buds) അക്ഷീയമുകുളങ്ങളും (Axillary buds) കാണപ്പെടുന്നു. ഇളം തണ്ടിന് പച്ച നിറമാണ് എങ്കിലും കാലക്രമേണ തടി രൂപപ്പെടുന്നതിനനുസരിച്ച് ബ്രൗൺ (തവിട്ട്) നിറമാകുന്നു.

ഇലകൾ, പൂക്കൾ, ഫലങ്ങൾ എന്നിവ വഹിക്കുന്ന ശാഖകളെ പടർന്ന് പന്തലിക്കാൻ സഹായിക്കുക, ജലവും ലവണങ്ങളും പ്രകാശസംശ്ലേഷണ ഉൽപ്പന്നങ്ങളും സംവഹനം ചെയ്യുക എന്നിവയാണ് കാണ്ഡത്തിന്റെ ധർമങ്ങൾ. എന്നാൽ ചില കാണ്ഡങ്ങൾ ആഹാര സംഭരണം, സംരക്ഷണം, കായിക പ്രത്യുൽപ്പാദനം, താങ്ങ് നൽകൽ എന്നീ ധർമങ്ങളും നിർവഹിക്കുന്നു.

5.2.1 രൂപാന്തരം - കാണ്ഡത്തിൽ

കാണ്ഡം എപ്പോഴും സാധാരണ രീതിയിലുള്ളതാകണം എന്നില്ല. വ്യത്യസ്ത ധർമങ്ങൾ നിർവഹിക്കുന്നതിനായി കാണ്ഡം രൂപാന്തരം പ്രാപിക്കാറുണ്ട് (ചിത്രം 5.6). ഉരുളക്കിഴങ്ങ് (Potato), ഇഞ്ചി (Ginger), മഞ്ഞൾ (Turmeric), ചേന (*Zaminkand*), ചേമ്പ് (*Colocasia)* എന്നിവയിൽ ഭൂകാണ്ഡം (Underground stem -മണ്ണിനടിയിൽ കാണപ്പെടുന്ന കാണ്ഡഭാഗം) ആഹാരം സംഭരിക്കുന്നു. വളർച്ചയ്ക്ക് പ്രതികൂലമായ സാഹചര്യങ്ങൾ തരണം ചെയ്ത് പ്രത്യുൽപ്പാദന ത്തിന് സഹായിക്കുന്ന ഭാഗങ്ങളായും (Organs of perennation) ഭൂകാണ്ഡം വർത്തി ക്കുന്നു. അക്ഷീയ മുകുളങ്ങളിൽ നിന്നുണ്ടാകുന്ന കനം കുറഞ്ഞ സ്പ്രിംഗ് പോലെ ചുരുണ്ട **കാണ്ഡ പ്രതാനങ്ങൾ (Stem tendrils)** സസ്യങ്ങളെ പടർന്ന് കയറാൻ സഹായിക്കുന്നു (വെള്ളരി, മത്തൻ, തണ്ണിമത്തൻ എന്നിവയിലും മുന്തിരി വള്ളി യിലും കാണുന്നത് പോലെ).

ചില കാണ്ഡങ്ങളിൽ അക്ഷീയ മുകുളങ്ങൾ കട്ടികൂടിയ കൂർത്ത **മുള്ളുകൾ (Thorns)** ആയി മാറിയിട്ടുണ്ട്. നാരകം (*Citrus*), കടലാസ് റോസ് (*Bougainvillea*) എന്നിവയിലെ മുള്ളുകൾ ഉദാഹരണങ്ങളാണ്. ഇത്തരം മുള്ളുകൾ സസ്യഭുക്കു കളായ മൃഗങ്ങളിൽ നിന്ന് സസ്യത്തെ സംരക്ഷിക്കുന്നു.



ചിത്രം 5.6 കാണ്ഡത്തിന്റെ രൂപാന്തരങ്ങൾ : (a) സംഭരണം (b) താങ്ങ് (c) സംരക്ഷണം (d) വ്യാപനത്തിനും കായിക പ്രജനനത്തിനും

വരണ്ട പ്രദേശങ്ങളിൽ കാണപ്പെടുന്ന സസ്യങ്ങളുടെ കാണ്ഡം ജലം സംഭരിച്ച് വയ്ക്കുന്നതിനായി പരന്ന ആകൃതിയിലോ (കള്ളിമുൾച്ചെടി - *Opuntia*) സിലി ണ്ടർ ആകൃതിയിലോ (യൂഫോർബിയ -*Euphorbia*) ഉള്ള മാംസള ഭാഗങ്ങളായി മാറുന്നു. ഇവയിൽ ഹരിതകം ഉള്ളതിനാൽ പ്രകാശസംശ്ലേഷണം നടക്കുന്നു.

പുല്ല് Grass), സ്ട്രോബെറി (Strawberry) എന്നിവയിൽ പഴയ സസ്യഭാഗങ്ങൾ നശിക്കുന്നു. ഇവയിലെ ഭൂകാണ്ഡം തൊട്ടടുത്ത സ്ഥലങ്ങളിലേക്ക് (Niches) വ്യാപിച്ച് പുതിയ സസ്യങ്ങൾ ഉണ്ടാകുന്നു.

പുതിന (Mint), പിച്ചി (Jasmine) എന്നിവയിൽ പ്രധാന കാണ്ഡത്തിന്റെ താഴ്ഭാഗത്ത് നിന്ന് വശങ്ങളിലേക്ക് ശാഖകൾ (പാർശ്വശാഖകൾ) ഉണ്ടാകുന്നു. ഈ ശാഖകൾ കുറച്ച് മുകളിലേക്ക് വളർന്നതിന് ശേഷം വളഞ്ഞ് നിലത്ത് സ്പർശിക്കുന്നു. ജലസസ്യങ്ങളായ മുട്ടപ്പായൽ *(Pistia)*, കുളവാഴ *(Eichhornia)* എന്നിവയിൽ കുറുകിയ പർവാന്തരങ്ങളോടുകൂടിയ പാർശ്വശാഖകളിലെ ഓരോ പർവത്തിൽ നിന്നും ചെറു ഇലകളും വേരുകളും കൂട്ടമായി ഉണ്ടാകുന്നു. വാഴ, കൈതച്ചക്ക (Pineapple), ജമന്തി *(Chrysanthemum)* എന്നിവയിൽ മണ്ണിനടിയിലുള്ള പ്രധാന കാണ്ഡത്തിന്റെ ചുവട്ടിൽ നിന്നും പാർശ്വശാഖകൾ ഉണ്ടാകുന്നു. ഇവ മണ്ണിനടിയിലൂടെ കുറച്ചുദൂരം തിരശ്ചീനമായി വളരുകയും തുടർന്ന് ഇലയോടുകൂടിയ കാണ്ഡമായി മണ്ണിനു മുകളിലേക്ക് വളരുകയും ചെയ്യുന്നു.

5.2 ഇല

കാണ്ഡത്തിന്റെ പാർശ്വങ്ങളിൽ വളരുന്ന പരന്ന ഭാഗങ്ങളാണ് ഇലകൾ. പർവങ്ങളിൽ നിന്നുമാണ് ഇലകൾ ഉണ്ടാകുന്നത്. ഇലയുടെ അക്ഷത്തിൽ മുകുളങ്ങൾ കാണപ്പെടുന്നു. **അക്ഷീയ മുകുളങ്ങൾ (Axillary buds)** പിന്നീട് ശാഖകളായി മാറുന്നു. കാണ്ഡത്തിന്റെ അഗ്രമെരിസ്റ്റത്തിൽ നിന്ന് രൂപപ്പെടുന്ന ഇലകൾ അക്രോപെറ്റൽ (Acropetal) രീതിയിലാണ് ക്രമീകരിച്ചിരിക്കുന്നത്. പ്രകാശസംശ്ലേഷണത്തിനുള്ള ഏറ്റവും പ്രധാനപ്പെട്ട കായികഭാഗമാണ് ഇലകൾ.

ഒരു സാധാരണ ഇലയ്ക്ക് പ്രധാനമായും **ലീഫ് ബേസ് (Leaf base)**, പീറ്റിയോൾ (ഇലഞെട്ട്) (Petiole), ലാമിന (Lamina) എന്നീ മൂന്ന് ഭാഗങ്ങളാണുള്ളത്. ചിത്രം 5.7 a നിരീക്ഷിച്ച് ചുറ്റുമുള്ള സസ്യങ്ങളുടെ ഇലകളുമായി താരതമ്യം ചെയ്യൂ.

ഇലയെ കാണ്ഡവുമായി ബന്ധിപ്പിക്കുന്ന ഭാഗമാണ് ലീഫ് ബേസ്. ചില സസ്യങ്ങളിൽ ലീഫ് ബേസിന്റെ വശങ്ങളിൽ രണ്ട് ചെറിയ ഇലകൾ പോലുള്ള ഭാഗങ്ങൾ കാണാം. ഇവയാണ് സ്റ്റിപ്യൂളുകൾ (Stipules). ഏകബീജപത്രസസ്യങ്ങളിൽ ലീഫ് ബേസ് പരന്ന് കാണ്ഡത്തെ പൂർണമായോ ഭാഗികമായോ ആവരണം ചെയ്യുന്നു.

ചില പയറുവർഗസസ്യങ്ങളിൽ ലീഫ് ബേസ് വീർത്ത് **പൾവൈനസ് (Pulvinus)** ആയി മാറുന്നു. ഇലയെ പ്രകാശത്തിന് അഭിമുഖമായി നിർത്തുന്നത് **ഇലഞെട്ട് (Petiole)** ആണ്. കാറ്റത്ത് ഉലയാൻ ഇലയെ സഹായിക്കുന്നത് നീളം കൂടിയ കനം കുറഞ്ഞ വഴക്കമുള്ള ഇലഞെട്ട് ആണ്. ഇതുമൂലം ഇലകൾ തണുക്കുകയും ശുദ്ധവായു ഇലയുടെ ഉപരിതലത്തിലേക്ക് എത്തുകയും ചെയ്യുന്നു.

ഇലയുടെ പരന്ന ആകൃതിയിൽ പച്ച നിറമുള്ള ഭാഗമാണ് **ലാമിന** അഥവാ **ലീഫ് ബ്ലേഡ് (Leaf blade)**. ഇവിടെ സിരകളും (Veins) ചെറുസിരകളും (Veinlets) കാണപ്പെടുന്നു. ലാമിനയുടെ മധ്യഭാഗത്ത് വ്യക്തമായി കാണുന്ന ഒരു പ്രധാന സിരയുണ്ട്. ഇതിനെ പ്രധാനസിര (Midrib) എന്നു പറയുന്നു. സിരകൾ ഇലകൾക്ക് ദൃഢത നൽകുന്നു. കൂടാതെ ജലം, ലവണങ്ങൾ, ആഹാരം എന്നിവ സംവഹനം ചെയ്യുന്നതിനുള്ള പാതയായും വർത്തിക്കുന്നു. ഇലകൾ അവയുടെ ആകൃതി,

വശം, അഗ്രം, ഉപരിതലം, ലാമിനയിലെ വെട്ടുകൾ (Incisions) എന്നിവയിൽ വ്യത്യസ്തത പുലർത്തുന്നു.

5.3.1 സിരാവിന്യാസം (Venation)

ഇലയുടെ ലാമിനയിൽ സിരകളും ചെറുസിരകളും ക്രമീകരിച്ചിരിക്കുന്നതിനെ **സിരാവിന്യാസം** എന്നു പറയുന്നു. ചെറുസിരകൾ വലക്കണ്ണികൾ പോലെ ക്രമീകരിച്ചിരിക്കുന്ന സിരാവിന്യാസമാണ് **ജാലികാസിരാവിന്യാസം (Reticulate venation)**. ചിത്രം 5.7 (b) നിരീക്ഷിക്കൂ. ലാമിനയിൽ സിരകൾ സമാന്തരമായാണ് ക്രമീകരിച്ചിരിക്കുന്നതെങ്കിൽ **സമാന്തരസിരാവിന്യാസമാണ് (Parallel venation)**. ചിത്രം 5.7 (c) നിരീക്ഷിക്കൂ. സാധാരണയായി ദ്വിബീജപത്രസസ്യങ്ങളിൽ ജാലികാസിരാവിന്യാസവും ഏകബീജപത്രസസ്യങ്ങളിൽ സമാന്തരസിരാവിന്യാസവുമാണ് കാണപ്പെടുന്നത്.

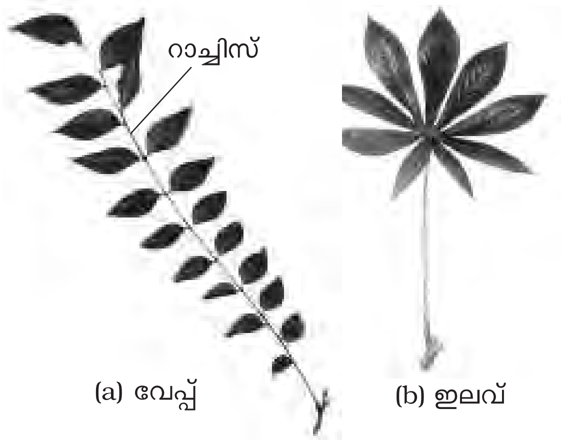
5.3.2 വിവിധതരം ഇലകൾ (Types of Leaves)

ലാമിന പൂർണമായതോ, വെട്ടുകൾ ഉണ്ടെങ്കിൽ അവ പ്രധാനസിരയുമായി സ്പർശിക്കാത്ത തരത്തിലോ ഉള്ള ഇലയാണ് **ലഘു ഇല (Simple leaf)**. ലാമിനയിലെ വെട്ടുകൾ പ്രധാനസിര വരെ എത്തുകയും ലാമിനയെ പല ചെറു ഇലകളാക്കി (Leaflets) വിഭജിക്കുകയും ചെയ്താൽ അത്തരം ഇലയാണ് **സംയുക്ത ഇല (Compound leaf)**. ലഘു ഇലയുടെയും സംയുക്ത ഇലയുടെയും ഇലഞെട്ടിന്റെ അക്ഷത്തിൽ ഒരു മുകുളം കാണപ്പെടുന്നു. എന്നാൽ സംയുക്ത ഇലയിൽ ചെറു ഇലകളുടെ അക്ഷത്തിൽ ഇവ കാണപ്പെടുന്നില്ല.

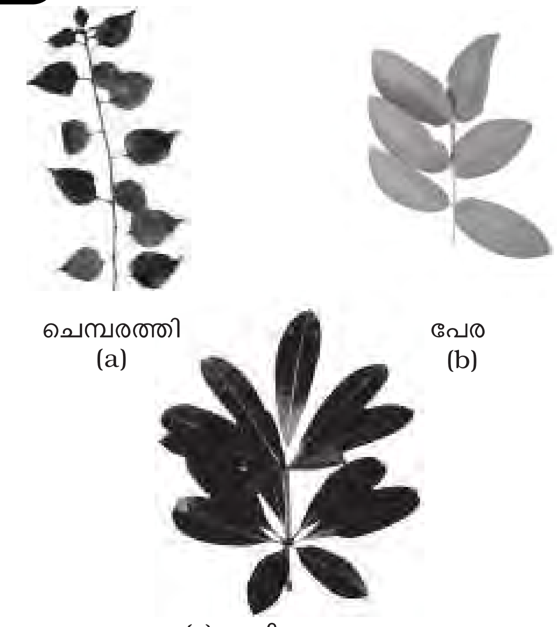
സംയുക്ത ഇലകൾ രണ്ട് തരത്തിലുണ്ട് (ചിത്രം 5.8). ധാരാളം ചെറു ഇലകൾ ഒരു പൊതു അക്ഷമായ **റാച്ചിസിൽ (Rachis)** കാണപ്പെടുന്നു. റാച്ചിസിനെ ഇലയുടെ പ്രധാന സിരയായി കണക്കാക്കാം. ഇത്തരം ഇലകളാണ് **പിന്നേറ്റിലി കോമ്പൗണ്ട് ഇലകൾ (Pinnately compound leaves)**, ഉദാഹരണം വേപ്പ് (ചിത്രം 5.8a).

എന്നാൽ **പാമേറ്റിലി കോമ്പൗണ്ട് ഇലയിൽ** ചെറു ഇലകൾ പൊതുവായ ഒരു സ്ഥലത്താണ് ബന്ധിപ്പിച്ചിരിക്കുന്നത്, അതായത് റാച്ചിസിന്റെ അഗ്രഭാഗത്ത്, ഉദാഹരണം ഇലവ് (Silk cotton). ചിത്രം 5.8b നിരീക്ഷിക്കൂ. പിന്നേറ്റിലി, പാമേറ്റിലി കോമ്പൗണ്ട് ഇലകൾക്ക് കൂടുതൽ ഉദാഹരണങ്ങൾ നിങ്ങളുടെ ചുറ്റുപാടിൽ നിന്ന് കണ്ടെത്തൂ.

ചിത്രം 5.7 ഇലയുടെ ഘടന:
(a) ഇലയുടെ ഭാഗങ്ങൾ
(b) ജാലികാസിരാവിന്യാസം
(c) സമാന്തരസിരാവിന്യാസം



ചിത്രം 5.8 സംയുക്തഇലകൾ :
(a) പിന്നേറ്റിലി കോമ്പൗണ്ട് ഇല
(b) പാമേറ്റിലി കോമ്പൗണ്ട് ഇല



ചിത്രം 5.9 വിവിധ തരം ഫില്ലോടാക്സി :
(a) ആൾട്ടർനേറ്റ് (b) ഓപ്പോസിറ്റ്
(c) വേൾഡ്

ചിത്രം 5.10 ഇലയുടെ രൂപാന്തരം :
(a) താങ്ങ് : പ്രതാനം
(b) സംരക്ഷണം : മുള്ളുകൾ
(c) സംഭരണം : മാംസളമായ ഇലകൾ

5.3.3 ഫില്ലോടാക്സി (Phyllotaxy)

കാണ്ഡത്തിലോ ശാഖകളിലോ ഇലകൾ ക്രമീകരിച്ചിരിക്കുന്ന രീതിയാണ് ഫില്ലോടാക്സി. ഇത് പ്രധാനമായും മൂന്ന് തരത്തിലുണ്ട്. **ആൾട്ടർനേറ്റ് (Alternate), ഓപ്പോസിറ്റ് (Opposite), വേൾഡ് (Whorled)** എന്നിവ (ചിത്രം 5.9). **ആൾട്ടർനേറ്റ് ഫില്ലോടാക്സിയിൽ** ഒന്നിടവിട്ട രീതിയിൽ ഒരു പർവത്തിൽ നിന്നും ഒരില ഉണ്ടാകുന്നു. ചെമ്പരത്തി, കടുക്, സൂര്യകാന്തി എന്നീ സസ്യങ്ങൾ ഇതിന് ഉദാഹരണങ്ങളാണ്. ഓപ്പോസിറ്റ് ഫില്ലോടാക്സിയിൽ ഓരോ പർവത്തിൽ നിന്ന് ഒരു ജോടി ഇലകൾ വിപരീത ദിശയിൽ ഉണ്ടാകുന്നു. എരുക്ക് *(Calotropis)*, പേര (Guava) എന്നിവയിൽ **ഓപ്പോസിറ്റ് ഫില്ലോടാക്സിയാണ്.** രണ്ടിൽ കൂടുതൽ ഇലകൾ ഒരു പർവത്തിന് ചുറ്റും ഉണ്ടാകുന്ന ഫില്ലോടാക്സിയാണ് **വേൾഡ് ഫില്ലോടാക്സി**. ഉദാഹരണം ഏഴിലംപാല *(Alstonia)*.

5.3.4 ഇലകളിലെ രൂപാന്തരം (Modifications of Leaves)

പ്രകാശസംശ്ലേഷണം അല്ലാതെ മറ്റ് ധർമങ്ങൾ നിർവഹിക്കുന്നതിനായി ഇലകൾ രൂപാന്തരം പ്രാപിക്കാറുണ്ട്. പയർച്ചെടിയിൽ ഇലകൾ താങ്ങിൽ പടർന്ന് വളരാനുള്ള **പ്രതാനങ്ങളായി (Tendrils)** മാറിയിരിക്കുന്നു. കള്ളിമുൾച്ചെടിയിൽ ഇലകൾ പ്രതിരോധത്തിന് (സംരക്ഷണത്തിന്) സഹായിക്കുന്ന **മുള്ളുകൾ (Spines)** ആയിരിക്കുന്നു (ചിത്രം 5.10 a,b). ഉള്ളി (Onion), വെളുത്തുള്ളി (Garlic) എന്നിവയിൽ മാംസളമായ ഇലകൾ ആഹാരം സംഭരിക്കുന്നു (ചിത്രം 5.10c). ആസ്ട്രേലിയൻ അക്കേഷ്യയിൽ ഇലകൾ ചെറുതും വളരെ പെട്ടെന്ന് നശിച്ചു പോകുന്നവയുമാണ്. ഇവയിൽ പീറ്റിയോൾ പരന്ന് പച്ചനിറമുള്ളതായി മാറി ആഹാരം നിർമിക്കുന്നു. ഇരപിടിയൻ സസ്യങ്ങളായ പിച്ചർച്ചെടി (Pitcher Plant), വീനസ് ഫ്ളൈട്രാപ് (Venus fly trap) എന്നിവയിലും ഇലകൾ രൂപാന്തരം പ്രാപിച്ചിരിക്കുന്നു.

5.4 പൂങ്കുല (The Inflorescence)

കാണ്ഡം രൂപാന്തരം പ്രാപിച്ചാണ് പൂവ് ആയി മാറുന്നത്. ഇവിടെ കാണ്ഡാഗ്ര മെരിസ്റ്റം പുഷ്പ മെരിസ്റ്റമാകുന്നു. പർവാന്തരം നീളം വയ്ക്കുന്നില്ല. അക്ഷം (Axis) ചുരുങ്ങുന്നു. അഗ്രഭാഗത്ത് ഇലയ്ക്ക് പകരം

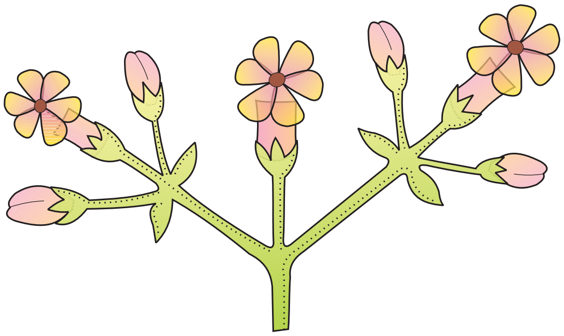
തുടരെയുള്ള പർവങ്ങൾ വശങ്ങളിലേക്ക് വിവിധ തരത്തിലുള്ള പുഷ്പഭാഗങ്ങൾ ഉൽപ്പാദിപ്പിക്കുന്നു. ഒരു കാണ്ഡാഗ്രം പൂവായി മാറുമ്പോൾ അത് ഒറ്റപ്പൂവായി (Solitary) മാറുന്നു. പൂങ്കുലദണ്ഡിൽ (Floral axis) പൂക്കൾ ക്രമീകരിച്ചിരിക്കുന്നതിനെ **പൂങ്കുല** എന്ന് പറയുന്നു. പൂങ്കുലദണ്ഡിൽ അഗ്രം ഒരു പൂവായി മാറിയിട്ടുണ്ടോ തുടർച്ചയായി വളർന്ന് കൊണ്ടിരിക്കുകയാണോ എന്നതിനെ അടിസ്ഥാനമാക്കി പൂങ്കുലയെ രണ്ടായി തരം തിരിച്ചിരിക്കുന്നു. അവയാണ് *റസിമോസ് പൂങ്കുലയും* (Racemose inflorescence) *സൈമോസ് പൂങ്കുലയും* (Cymose inflorescence). **റസിമോസ്** പൂങ്കുലയിൽ പ്രധാന അക്ഷം വളർന്നു കൊണ്ടിരിക്കുന്നു. പൂക്കൾ വശങ്ങളിലായി അക്രോപെറ്റൽ രീതിയിൽ ഉണ്ടാകുന്നു. ചിത്രം 5.11 നിരീക്ഷിക്കൂ.

എന്നാൽ **സൈമോസ്** പൂങ്കുലയിൽ പ്രധാന അക്ഷത്തിന് നിശ്ചിത വളർച്ച ആയതിനാൽ ഒരു പൂവിൽ അവസാനിക്കുന്നു. മറ്റ് പൂക്കൾ ഉണ്ടാകുന്നത് ബേസിപെറ്റൽ രീതിയിലാണ് (ചിത്രം 5.12).

ചിത്രം 5.11 റസിമോസ് പൂങ്കുല

5.5 പൂവ് (പുഷ്പം)

ആവൃതബീജസസ്യങ്ങളിൽ ലൈംഗിക പ്രത്യുൽപ്പാദനത്തിനുള്ള ഭാഗങ്ങളാണ് പൂക്കൾ. പൂവിന്റെ തണ്ടാണ് പൂഞെട്ട് (Pedicel). സാധാരണയായി പൂവിന് നാല് തരം ഇതളുകൾ (Whorls) ആണുള്ളത്. പൂഞെട്ടിന്റെ വീർത്തിരിക്കുന്ന അഗ്രഭാഗമാണ് **പുഷ്പാസനം (Thalamus)** അഥവാ **റിസപ്റ്റക്കിൾ (Receptacle)**. ഇതളുകൾ ക്രമീകരിച്ചിരിക്കുന്നത് പുഷ്പാസനത്തിലാണ്. വിദളപുടം (Calyx), ദളപുടം (Corolla), കേസരപുടം (Androecium), ജനിപുടം (Gynoecium) എന്നിവയാണ് നാല് തരം ഇതളുകൾ.



ചിത്രം 5.12 സൈമോസ് പൂങ്കുല

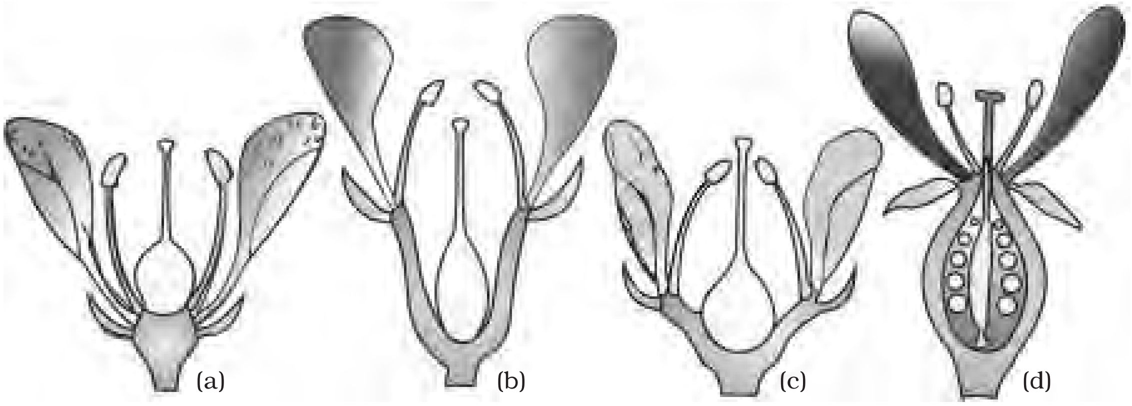
വിദളപുടവും ദളപുടവും സഹായക ഭാഗങ്ങളാണ്. എന്നാൽ കേസരപുടവും ജനിപുടവും പ്രത്യുൽപ്പാദന ഭാഗങ്ങളാണ്. ലില്ലി പോലുള്ള പൂക്കളിൽ വിദളപുടവും ദളപുടവും വേർതിരിച്ച് അറിയാനാവില്ല. ഇതിനെ പെരിയാന്ത് (Perianth) എന്നു പറയുന്നു. കേസരപുടവും ജനിപുടവും ഒരു പൂവിൽ തന്നെ കാണപ്പെടുന്നവയാണ് **ദ്വിലിംഗപുഷ്പങ്ങൾ (Bisexual flowers)**. കേസരമോ (Stamens) ജനിയോ (Carples) ഏതെങ്കിലും ഒന്നുമാത്രം ഉള്ളവയാണ് **ഏകലിംഗ പുഷ്പങ്ങൾ (Unisexual).**

സമമിതി (Symmetry) അനുസരിച്ച് പൂക്കൾ **ആക്ടിനോമോർഫിക് (Actinomorphic** or Radial symmetry) അല്ലെങ്കിൽ **സൈഗോമോർഫിക് (Zygomorphic** or Bilateral symmetry) ആകാം. പൂവിന്റെ കേന്ദ്രത്തിലൂടെ കടന്നുപോകുന്ന ഏതൊരു ലംബതലവും ഒരു പൂവിനെ രണ്ട് തുല്യപകുതികൾ

ആക്കുന്നുവെങ്കിൽ അത്തരം പൂക്കളാണ് **ആക്ടിനോമോർഫിക്** പൂക്കൾ. കടുക്, ഉമ്മം *(Datura)*, മുളക് (Chilli) എന്നിവ ഇതിന് ഉദാഹരണങ്ങളാണ്. എന്നാൽ ഏതെങ്കിലും ഒരു പ്രത്യേക ലംബതലത്തിലൂടെ മുറിക്കുമ്പോൾ മാത്രമാണ് രണ്ട് തുല്യ പകുതികൾ ലഭിക്കുന്നതെങ്കിൽ അവ **സൈഗോമോർഫിക്** പൂക്കളാണ്. ഉദാഹരണമായി പയർ, ഗുൽമോഹർ (Gulmohar), ബീൻ (Bean), കൊന്ന (*Cassia*) എന്നിവ.

എന്നാൽ കേന്ദ്രത്തിലൂടെ കടന്നുപോകുന്ന ഒരു ലംബതലത്തിനും ഒരു പൂവിനെ രണ്ട് തുല്യ പകുതികൾ ആക്കാൻ കഴിയുന്നില്ലയെങ്കിൽ അത്തരം പൂക്കളാണ് **അസിമെട്രിക്** (**Asymmetric** or Irregular) പൂക്കൾ. കാന (*Canna*) ഇത്തരത്തിലുള്ളതാണ്.

പുഷ്പഭാഗങ്ങൾ 3, 4, 5 എന്നിവയുടെ ഗുണിതങ്ങളാണെങ്കിൽ പൂക്കൾ യഥാക്രമം **ട്രൈമീറസ്, ടെട്രാമീറസ്, പെന്റാമീറസ്** എന്നിങ്ങനെയാകാം. പൂഞെട്ടിന്റെ അടിഭാഗത്ത് കാണുന്ന വളരെ ചെറിയ ഇലകൾ പോലുള്ള ഭാഗമാണ് ബ്രാക്ട് (Bract). ബ്രാക്ട് ഉള്ള പൂക്കളെ **ബ്രാക്ടിയേറ്റ് (Bracteate)** എന്നും ഇല്ലാത്തവയെ **ഇബ്രാക്ടിയേറ്റ് (Ebracteate)** എന്നും പറയുന്നു.



ചിത്രം 5.13 പുഷ്പാസനത്തിൽ പുഷ്പഭാഗങ്ങളുടെ സ്ഥാനം
(a) ഹൈപ്പോഗൈനസ്, (b) & (c) പെരിഗൈനസ്, (d) എപിഗൈനസ്

പുഷ്പാസനത്തിൽ അണ്ഡാശയത്തിന് ആനുപാതികമായി വിദളപുടം, ദളപുടം, കേസരപുടം എന്നിവയുടെ സ്ഥാനം അനുസരിച്ച് പൂക്കളെ ഹൈപ്പോഗൈനസ് (Hypogynous), പെരിഗൈനസ് (Perigynous), എപിഗൈനസ് (Epigynous) എന്നിങ്ങനെ മൂന്നായി തരംതിരിച്ചിരിക്കുന്നു (ചിത്രം 5.13).

ഹൈപ്പോഗൈനസ് പൂക്കളിൽ ജനിപുടം ഏറ്റവും മുകളിലായും മറ്റു ഭാഗങ്ങൾ ഇതിനടിയിലായും സ്ഥിതി ചെയ്യുന്നു. ഇത്തരം പൂക്കളിലെ അണ്ഡാശയത്തെ **സുപീരിയർ (Superior)** എന്നു പറയുന്നു. കടുക്, ചെമ്പരത്തി, വഴുതന എന്നിവ ഉദാഹരണങ്ങളാണ്.

പെരിഗൈനസ് പൂക്കളിൽ ജനിപുടം മധ്യഭാഗത്തായി സ്ഥിതിചെയ്യുകയും മറ്റുള്ള പുഷ്പഭാഗങ്ങൾ പുഷ്പാസനത്തിന്റെ വക്കിൽ (Rim) ഏകദേശം ഒരേ നിരപ്പിൽ കാണപ്പെടുകയും ചെയ്യുന്നു. ഇവയിലെ അണ്ഡാശയത്തെ **പകുതി ഇൻഫീരിയർ (Half inferior)** എന്നറിയപ്പെടുന്നു. ഉദാഹരണമായി പ്ലം (Plum), റോസ, പീച്ച് (Peach) എന്നിവ.

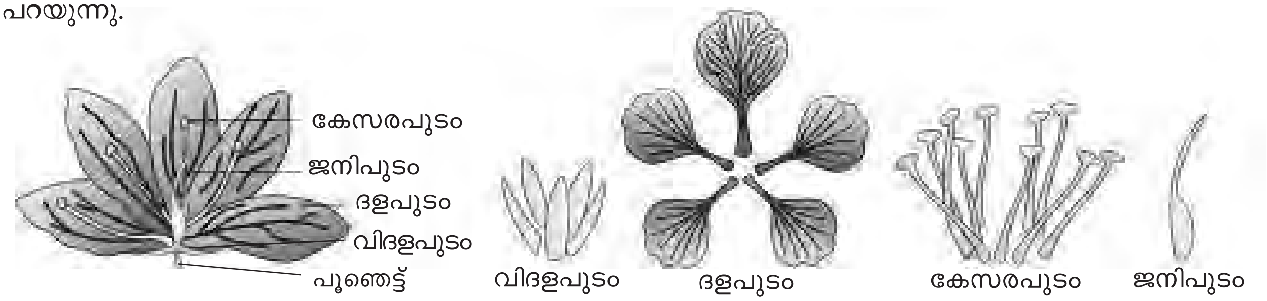
എപിഗൈനസ് പൂക്കളിൽ പുഷ്പാസനത്തിന്റെ വശങ്ങൾ മുകളിലേക്ക് വളർന്ന് അണ്ഡാശയത്തെ പൂർണമായി ആവരണം ചെയ്ത് അതുമായി ചേർന്ന് കാണപ്പെടുന്നു. മറ്റുള്ള ഭാഗങ്ങൾ അണ്ഡാശയത്തിന് മുകളിലായി സ്ഥിതി ചെയ്യുന്നു. അതിനാൽ അണ്ഡാശയം **ഇൻഫീരിയർ (Inferior)** ആണ്. പേര, വെള്ളരി, സൂര്യകാന്തിയിലെ റേ ഫ്ളോററ്റുകൾ (Ray florets) എന്നിവയാണ് ഉദാഹരണങ്ങൾ.

5.5.1 പൂവിന്റെ ഭാഗങ്ങൾ

വിദളപുടം, ദളപുടം, കേസരപുടം, ജനിപുടം എന്നിങ്ങനെ നാല് ഭാഗങ്ങളാണ് പൂവിനുള്ളത് എന്ന് നിങ്ങൾ പഠിച്ചിട്ടുണ്ട് (ചിത്രം 5.14).

5.5.1.1 വിദളപുടം

പൂവിന്റെ ഏറ്റവും പുറമേ ഉള്ള ഭാഗമാണ് വിദളപുടം. ഇതിന്റെ യൂണിറ്റുകളെ വിദളങ്ങൾ എന്നു പറയുന്നു. വിദളങ്ങൾ പച്ചനിറത്തിൽ ഇല പോലെയുള്ളതാണ്. പൂമൊട്ടിനെ സംരക്ഷിക്കുന്നത് വിദളപുടമാണ്. വിദളങ്ങൾ ഒട്ടിച്ചേർന്ന് കാണപ്പെടുന്നതരം വിദളപുടം **ഗാമോസെപാലസ് (Gamosepalous)** എന്നും വിദളങ്ങൾ സ്വതന്ത്രമായി കാണപ്പെടുന്നതിനെ **പോളിസെപാലസ് (Polysepalous)** എന്നും പറയുന്നു.



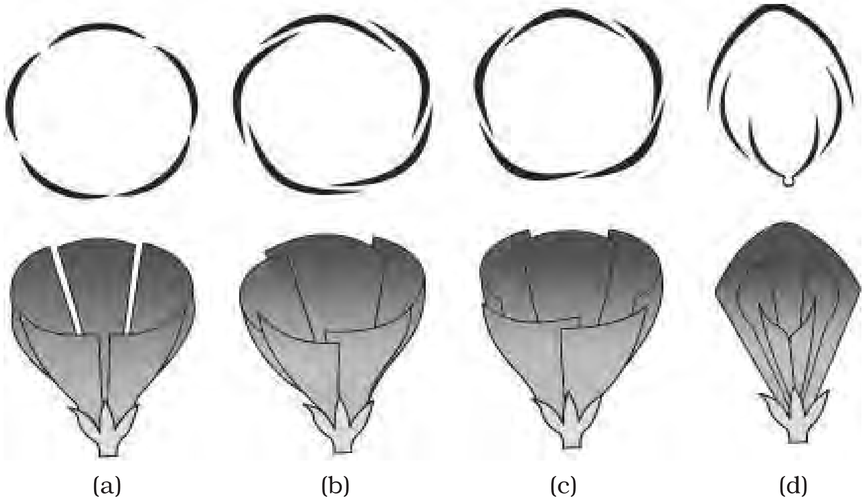
ചിത്രം 5.14 പൂവിന്റെ ഭാഗങ്ങൾ

5.5.1.2 ദളപുടം

ദളങ്ങൾ ചേർന്നാണ് ദളപുടം ഉണ്ടായിരിക്കുന്നത്. പരാഗണത്തിന് ഷഡ്പദങ്ങളെ ആകർഷിക്കുന്നതിനായി ദളങ്ങൾ കടും നിറങ്ങളിൽ കാണപ്പെടുന്നു. ദളങ്ങൾ കൂടിച്ചേർന്ന് കാണപ്പെടുന്ന ദളപുടത്തെ **ഗാമോപെറ്റാലസ് (Gamopetalous)** എന്നും ദളങ്ങൾ സ്വതന്ത്രമായി കാണപ്പെടുന്നതിനെ **പോളിപെറ്റാലസ് (Polypetalous)** എന്നും പറയുന്നു. സസ്യങ്ങൾക്കനുസൃതമായി നിറത്തിലും ആകൃതിയിലും ദളപുടം വ്യത്യാസപ്പെട്ടിരിക്കുന്നു. കുഴൽ, ബെൽ, ചോർപ്പ്, ചക്രം എന്നിങ്ങനെ വിവിധ ആകൃതികളിൽ ദളപുടം കാണപ്പെടുന്നു.

ഏസ്റ്റിവേഷൻ : പൂമൊട്ടിലെ ദളങ്ങൾ അല്ലെങ്കിൽ വിദളങ്ങൾ അതേ ഇതളിലെ മറ്റ് അംഗങ്ങൾക്ക് ആനുപാതികമായി ക്രമീകരിച്ചിരിക്കുന്ന രീതിയെ ഏസ്റ്റിവേഷൻ എന്നുപറയുന്നു. വാൽവേറ്റ് (Valvate), ട്വിസ്റ്റഡ് (Twisted), ഇംബ്രിക്കേറ്റ് (Imbricate), വെക്സിലറി (Vexillary) എന്നിങ്ങനെ നാല് തരത്തിലുള്ള എസ്റ്റിവേഷനുണ്ട്. ചിത്രം 5.15 നിരീക്ഷിക്കൂ. ഒരു ഇതളിലെ ദളങ്ങൾ അല്ലെങ്കിൽ വിദളങ്ങൾ ഒന്നിന് മുകളിൽ മറ്റൊന്ന് എന്ന തരത്തിലല്ലാതെ, അരികിൽ മാത്രം അന്യോന്യം ചെറുതായി സ്പർശിക്കുന്നതാണ് **വാൽവേറ്റ്**. ഇത് എരുക്കിൽ (*Calotropis*) കാണാവുന്നതാണ്. പുഷ്പഭാഗത്തിന്റെ ഒരു അരിക് തൊട്ടടുത്ത

തിന്റെ മുകളിൽ എന്ന തരത്തിൽ കാണപ്പെടുന്നതാണ് **ടിസ്റ്റഡ്.** ചെമ്പരത്തി, വെണ്ട, പരുത്തി എന്നിവയിൽ ഇത് കാണാവുന്നതാണ്. ദളങ്ങളുടെയോ വിദള ങ്ങളുടെയോ അരികുകൾ ഒന്നിന് മുകളിൽ ഒന്ന് എന്ന തരത്തിൽ എന്നാൽ ഒരു പ്രത്യേക ദിശയിൽ അല്ലാതെ കാണപ്പെടുന്നതാണ് **ഇംബ്രിക്കേറ്റ്**. കൊന്ന, ഗുൽമോഹർ എന്നിവയിലെ ഏസ്റ്റിവേഷൻ ഇതാണ്. പയർ, ബീൻസ് എന്നിവ യിലെ പൂക്കളിൽ അഞ്ച് ദളങ്ങളാണുള്ളത്. ഏറ്റവും വലിയ ദളം (സ്റ്റാൻഡേർഡ്-Standard) വശങ്ങളിലുള്ള രണ്ട് ദളങ്ങളെ (Wings) പൊതിയുന്നു. വശങ്ങളിൽ ഉള്ളവ മുൻഭാഗത്തുള്ള രണ്ട് ദളങ്ങളെ (Keels) പൊതിയുന്നു. ഇത്തരം ഏസ്റ്റിവേഷൻ **വെക്സിലറി (Vexillary)** അഥവാ പാപിലോണേഷ്യസ് (Papilionaceous) എന്നറിയപ്പെടുന്നു.



ചിത്രം 5.15 ദളപുടത്തിലെ വിവിധതരം ഏസ്റ്റിവേഷൻ :
(a) വാൽവേറ്റ് (b) ടിസ്റ്റഡ് (c) ഇംബ്രിക്കേറ്റ് (d) വെക്സിലറി

5.5.1.3 കേസരപുടം (Androecium)

കേസരങ്ങൾ (Stamens) ചേർന്നാണ് കേസരപുടം ഉണ്ടായിരിക്കുന്നത്. ആൺപ്ര ത്യുൽപ്പാദനാവയവമാണിത്. ഒരു തന്തുകം (Filament), പരാഗി (Anther) എന്നിവ യാണ് കേസരത്തിന്റെ ഭാഗങ്ങൾ. സാധാരണയായി പരാഗിക്ക് രണ്ട് ലോബുക ളും, ഓരോ ലോബിലും രണ്ട് അറകൾ വീതവുമാണുള്ളത്. ഈ അറകളാണ് പരാഗസഞ്ചി (Pollen-sac). ഇതിനകത്താണ് പരാഗരേണുക്കൾ (Pollen grains) ഉണ്ടാകുന്നത്. പ്രവർത്തനക്ഷമമല്ലാത്ത കേസരം **സ്റ്റാമിനോഡ് (Staminode)** എന്ന റിയപ്പെടുന്നു.

കേസരങ്ങൾ അവ തമ്മിലോ, പൂവിന്റെ ദളങ്ങൾ തുടങ്ങിയ മറ്റു ഭാഗങ്ങളുമായോ ചേർന്ന് കാണപ്പെടാറുണ്ട്. കേസരങ്ങൾ ദളങ്ങളുമായി ചേർന്ന് കാണപ്പെട്ടാൽ അതിനെ **എപിപെറ്റാലസ് (Epipetalous)** എന്നു പറയുന്നു. വഴുതനയിലെ പൂക്കൾ ശ്രദ്ധിക്കൂ. ലില്ലി പൂക്കളിലേതു പോലെ കേസരങ്ങൾ പെരിയാന്തുമായി ചേർന്നി രുന്നാൽ അതിനെ **എപിഫില്ലസ് (Epiphyllous)** എന്നു പറയുന്നു. കേസരങ്ങൾ സ്വതന്ത്രമായോ (Polyandrous) അല്ലെങ്കിൽ പലരീതിയിൽ കൂടിച്ചേർന്നോ കാണ പ്പെടുന്നു. കേസരങ്ങൾ ചേർന്ന് ഒറ്റക്കെട്ടായി കാണപ്പെടുന്നതാണ് **മോണ ഡൽഫസ് (Monoadelphous)**. ചെമ്പരത്തിപ്പൂവിലെ കേസരങ്ങൾ നിരീക്ഷിക്കൂ.

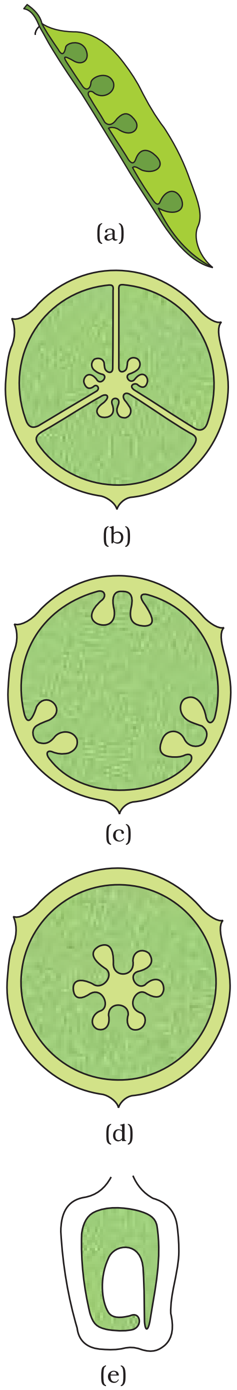
പയറിന്റെ പൂവിലേതുപോലെ കേസരങ്ങൾ ചേർന്ന് രണ്ട് കെട്ടുകളായി കാണപ്പെടുന്നതാണ് **ഡൈഅഡൽഫസ് (Diadelphous)**. നാരകത്തിന്റെ പൂവിൽ ഉള്ളതുപോലെ കേസരങ്ങൾ രണ്ടിൽ കൂടുതൽ കെട്ടുകളായി കാണുന്നതാണ് **പോളിഅഡൽഫസ് (Polyadelphous)**. ഒരു പൂവിൽ തന്നെ വ്യത്യസ്തനീളത്തിലുള്ള തന്തുകങ്ങൾ കാണപ്പെടാറുണ്ട്. സാൾവിയ, കടുക് എന്നിവയുടെ പൂക്കൾ ഇതിന് ഉദാഹരണങ്ങളാണ്.

5.5.1.4 ജനിപുടം (Gynoecium)

പൂവിന്റെ പെൺപ്രത്യുൽപ്പാദനാവയവമാണ് ജനിപുടം. ഇതിൽ ഒന്നോ അതിൽ കൂടുതലോ ജനികൾ (Carpels) കാണപ്പെടുന്നു. ജനിക്ക് പരാഗണസ്ഥലം (Stigma) ജനിദണ്ഡ് (Style), അണ്ഡാശയം (Ovary) എന്നിങ്ങനെ മൂന്ന് ഭാഗങ്ങളാണുള്ളത്. ജനിയുടെ അടിഭാഗത്തുള്ള ഉരുണ്ട് വീർത്ത ഭാഗമാണ് **അണ്ഡാശയം**. ഇതിലാണ് നീണ്ട കുഴൽ പോലെ കാണുന്ന ജനിദണ്ഡ് സ്ഥിതി ചെയ്യുന്നത്. അണ്ഡാശയത്തെ പരാഗണസ്ഥലവുമായി ബന്ധിപ്പിക്കുന്നത് **ജനിദണ്ഡ്** ആണ്. പരാഗരേണുക്കളെ സ്വീകരിക്കുന്നതിനായി ജനിദണ്ഡിന്റെ അഗ്രഭാഗത്തായി **പരാഗണസ്ഥലം** കാണപ്പെടുന്നു. ഓരോ അണ്ഡാശയത്തിലും ഒന്നോ അതിൽ കൂടുതലോ ഓവ്യൂളുകൾ പരന്ന് കുഷ്യൻ പോലുള്ള **പ്ലാസന്റ**യുമായി ബന്ധിപ്പിച്ചിരിക്കുന്നു. ഒന്നിൽ കൂടുതൽ ജനികൾ ഉണ്ടെങ്കിൽ അവ സ്വതന്ത്രമായി കാണാം (താമര, റോസ എന്നിവയിൽ). ഇതിനെ **അപോകാർപസ് (Apocarpous)** എന്നു പറയുന്നു. കടുക്, തക്കാളി എന്നിവയിലേതുപോലെ ജനികൾ യോജിച്ച് കാണപ്പെടുന്നതാണ് **സിൻകാർപസ് (Syncarpous)**. ബീജസംയോഗത്തിന് ശേഷം അണ്ഡാശയം വളർന്ന് ഫലമായും ഓവ്യൂളുകൾ വിത്തുകളായും മാറുന്നു.

പ്ലാസന്റേഷൻ (Placentation) : അണ്ഡാശയത്തിനുള്ളിൽ ഓവ്യൂളുകൾ ക്രമീകരിച്ചിരിക്കുന്നതിനെ പ്ലാസന്റേഷൻ എന്നു പറയുന്നു. ഇത് മാർജിനൽ (Marginal) ആക്സൈൽ (Axile), പരൈറ്റൽ (Parietal), ബേസൽ (Basal), സെൻട്രൽ (Central), ഫ്രീസെൻട്രൽ (Free central) (ചിത്രം 5.16) എന്നിങ്ങനെ വ്യത്യസ്ത തരത്തിലുണ്ട്. **മാർജിനൽ** പ്ലാസന്റേഷനിൽ അണ്ഡാശയത്തിന്റെ ലംബമായ തലത്തിൽ നിന്ന് പ്ലാസന്റ ഉയർന്ന് നിൽക്കുകയും ഇതിൽ നിന്ന് രണ്ട് നിരകളായി ഓവ്യൂളുകൾ ഉണ്ടാകുകയും ചെയ്യുന്നു. പയർച്ചെടിയിൽ ഇത്തരം പ്ലാസന്റേഷനാണ്.

ബഹു അറകളുള്ള (Multilocular) അണ്ഡാശയത്തിലെ മധ്യഭാഗത്തുള്ള പ്ലാസന്റയിൽ ഓവ്യൂളുകൾ ക്രമീകരിച്ചിരിക്കുന്നതാണ് **ആക്സൈൽ പ്ലാസന്റേഷൻ**. ചെമ്പരത്തി, തക്കാളി, നാരകം എന്നിവയിൽ ഇത്തരം പ്ലാസന്റേഷനാണ്. **പരൈറ്റൽ** പ്ലാസന്റേഷനിൽ ഓവ്യൂളുകൾ അണ്ഡാശയത്തിന്റെ അകത്തെ ഭിത്തിയിൽ കാണപ്പെടുന്നു. കടുക്, ആർജിമോൺ (*Argemone*) എന്നിവ പരൈറ്റൽ പ്ലാസന്റേഷന് ഉദാഹരണങ്ങളാണ്. ഇവയുടെ അണ്ഡാശയത്തിൽ ഒരു അറയാണുള്ളതെങ്കിലും ഒരു കപട ഭിത്തി രൂപപ്പെട്ടിരിക്കുന്നതിനാൽ രണ്ട് അറകളായി കാണപ്പെടുന്നു. ഇടഭിത്തികൾ ഇല്ല; ഓവ്യൂളുകൾ അണ്ഡാശയത്തിന്റെ മധ്യഭാഗത്തായി സ്ഥിതി ചെയ്യുന്നു, ഇതാണ് **ഫ്രീ സെൻട്രൽ** പ്ലാസന്റേഷൻ. ഇത് ഡയാന്തസ് (*Dianthus*), പ്രിംറോസ് (*Primrose*) എന്നിവയിൽ കാണാവുന്നതാണ്. അണ്ഡാശയത്തിന്റെ അടിഭാഗത്ത് നിന്നും പ്ലാസന്റ രൂപപ്പെടുകയും ഒരു ഓവ്യൂൾ അതിൽ നിന്നും ഉണ്ടാകുകയും ചെയ്യുന്നതാണ് **ബേസൽ** പ്ലാസന്റേഷൻ. സൂര്യകാന്തി, മാങ്ങാച്ചെടി (തീപ്പൊരി/Marigold) എന്നിവയിൽ ബേസൽ പ്ലാസന്റേഷനാണ്.



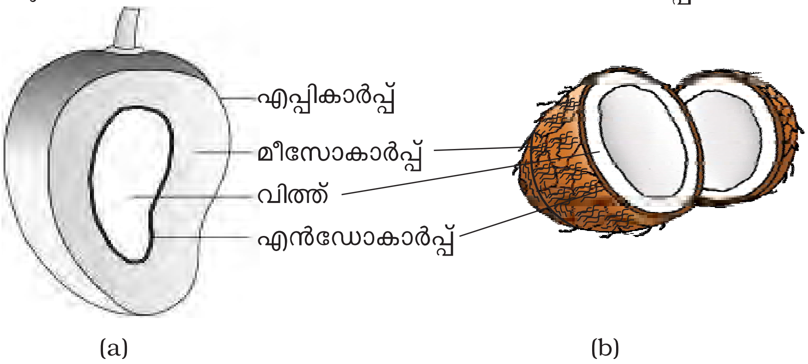
ചിത്രം 5.16 വിവിധതരം പ്ലാസന്റേഷൻ :
(a) മാർജിനൽ
(b) ആക്സൈൽ
(c) പരൈറ്റൽ
(d) ഫ്രീ സെൻട്രൽ
(e) ബേസൽ

5.6 ഫലം (Fruit)

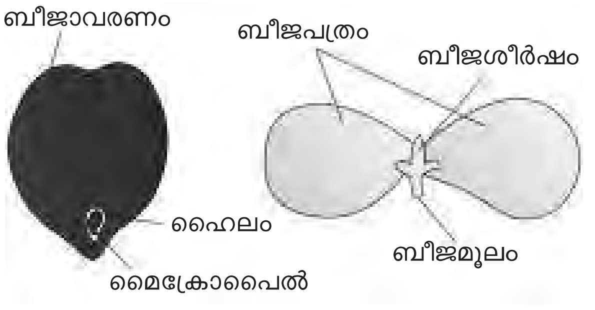
സപുഷ്പികളായ സസ്യങ്ങളുടെ സവിശേഷതയാണ് ഫലങ്ങൾ. ബീജസംയോഗം നടന്ന പാകമായ അണ്ഡാശയമാണ് ഫലം. ബീജസംയോഗം നടക്കാത്ത അണ്ഡാശയം ഫലമായി മാറുന്നതാണ് **പാർത്തനോകാർപിക് ഫലം (Parthenocarpic fruit)**.

സാധാരണയായി ഫലത്തിൽ ഒരു ഭിത്തിയും **(പെരികാർപ്പ് – Pericarp)** വിത്തുകളും ഉണ്ടായിരിക്കും. പെരികാർപ്പ് ഉണങ്ങിയതോ മാംസളമോ ആയിരിക്കും. പെരികാർപ്പ് കട്ടിയുള്ളതും മാംസളവും ആണെങ്കിൽ ഭിത്തിയിൽ മൂന്ന് പാളികൾ ഉണ്ടായിരിക്കും. അവയാണ് ഏറ്റവും പുറമേയുള്ള **എപ്പികാർപ്പ് (Epicarp)**, മധ്യഭാഗത്തുള്ള **മീസോകാർപ്പ് (Mesocarp)**, അകത്തുള്ള **എൻഡോകാർപ്പ് (Endocarp)** എന്നിവ.

തേങ്ങ, മാങ്ങ എന്നീ ഫലങ്ങൾ ഡ്രൂപ് (Drupe) എന്നറിയപ്പെടുന്നു. ചിത്രം 5.17 നിരീക്ഷിക്കൂ. ഇവ ഒരു ജനിമാത്രമുള്ള സുപ്പീരിയർ അണ്ഡാശയത്തിൽ നിന്നുണ്ടാകുന്നതും ഒറ്റ വിത്തുള്ളവയുമാണ്. മാങ്ങയിലെ പെരികാർപ്പിന് വ്യക്തമായ മൂന്ന് പാളികളുണ്ട്. പുറമേയുള്ള കട്ടികുറഞ്ഞ എപ്പികാർപ്പ്, മധ്യഭാഗത്തുള്ള മാംസളവും ഭക്ഷ്യയോഗ്യവുമായ മീസോകാർപ്പ്, അകത്ത് കട്ടിയുള്ള എൻഡോകാർപ്പ് എന്നിവ. ഡ്രൂപ് വിഭാഗത്തിലെ ഫലമായ തേങ്ങയിലെ മീസോകാർപ്പ് ചകിരിയാണ്.



ചിത്രം 5.17 ഫലത്തിന്റെ ഭാഗങ്ങൾ : (a) മാങ്ങ (b) തേങ്ങ



ചിത്രം 5.18 ദ്വിബീജപത്രമുള്ള വിത്തിന്റെ ഘടന

5.7 വിത്ത്

ബീജസംയോഗത്തിന് ശേഷം ഓവ്യൂളുകൾ വിത്തുകളായി മാറുന്നു. വിത്തിൽ ഒരു ആവരണവും (Seed coat) ഭ്രൂണവും കാണപ്പെടുന്നു. ഭ്രൂണത്തിൽ ബീജമൂലം, ഭ്രൂണ അക്ഷം, ഒന്നോ രണ്ടോ ബീജപത്രം എന്നിവ കാണപ്പെടുന്നു. നെല്ല്, ഗോതമ്പ്, ചോളം എന്നിവയിൽ ഒരു ബീജപത്രവും പയർ, ഉഴുന്ന് എന്നിവയിൽ രണ്ട് ബീജപത്രങ്ങളുമാണുള്ളത്.

5.7.1 ദ്വിബീജപത്രസസ്യത്തിലെ വിത്തിന്റെ ഘടന

വിത്തിന്റെ പുറമേയുള്ള ആവരണമാണ് ബീജാവരണം അല്ലെങ്കിൽ ബീജകവചം. ഇതിന് രണ്ട് പാളികളുണ്ട്. പുറമേയുള്ള **ടെസ്റ്റ (Testa)**, അതിനുള്ളിലുള്ള **ടെഗ്മെൻ (Tegmen)**. ബീജാവരണത്തിൽ കാണുന്ന അടയാളം ആണ് **ഹൈലം (Hilum)**.

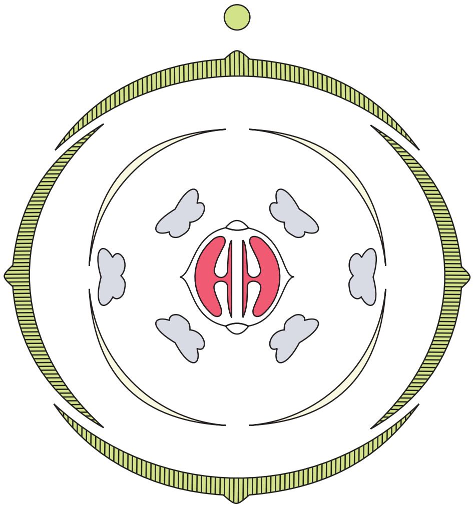
ഇതിലൂടെയാണ് വിത്തുകൾ ഫലവുമായി ബന്ധിപ്പിച്ചിരിക്കുന്നത്. ഹൈലത്തിന് മുകളിൽ കാണുന്ന ഒരു ചെറിയ സുഷിരമാണ് **മൈക്രോപൈൽ (Micropyle)**. ബീജാവരണത്തിനുള്ളിലായി ഭ്രൂണം കാണപ്പെടുന്നു. ഇതിന് ഒരു ഭ്രൂണാക്ഷവും രണ്ട് ബീജപത്രങ്ങളും ഉണ്ട്. മിക്കവയിലും ബീജപത്രങ്ങൾ മാംസളവും നിറയെ സംഭൃതാഹാരം ഉള്ളവയുമാണ്. ഭ്രൂണാക്ഷത്തിന്റെ രണ്ടറ്റത്തായി ബീജമൂലവും (Radicle) ബീജശീർഷവും (Plumule) കാണപ്പെടുന്നു (ചിത്രം 5.18). ആവണക്ക് (Castor) തുടങ്ങിയ വിത്തുകളിൽ ദ്വിബീജസംയോഗത്തിന്റെ ഫലമായുണ്ടാകുന്ന **ബീജാന്നം (Endosperm)** ആണ് ആഹാരം സംഭരിക്കുന്ന കലകൾ. അതിനാൽ ഇവയെ ബീജാന്നമുള്ള വിത്തുകൾ (Endospermic seeds) എന്നുപറയുന്നു. ബീൻസ്, ഉഴുന്ന്, പയർ തുടങ്ങിയ സസ്യങ്ങളിൽ പാകമായ വിത്തിൽ ബീജാന്നം കാണപ്പെടാത്തതിനാൽ അവയെ ബീജാന്നരഹിത വിത്തുകൾ (Non-endospermous) എന്നു പറയുന്നു.

5.7.2 ഏകബീജപത്രസസ്യത്തിലെ വിത്തിന്റെ ഘടന

സാധാരണയായി ഏകബീജപത്രസസ്യങ്ങളിലെ വിത്തുകളിൽ ബീജാന്നം കാണപ്പെടുന്നു. എന്നാൽ ചില ഓർക്കിഡുകളിൽ ബീജാന്നരഹിത വിത്തുകളാണുള്ളത്. ചോളം തുടങ്ങിയ ധാന്യങ്ങളിലെ വിത്തുകളുടെ ബീജാവരണം പാടപോലെ ഉള്ളതും ഫലത്തിന്റെ ഭിത്തിയുമായി ചേർന്ന് കാണപ്പെടുന്നതുമാണ്. ബീജാന്നമാണ് ആഹാരം സംഭരിക്കുന്നത്. **അലിറോൺ പാളി (Aleurone layer)** എന്ന മാംസ്യാവരണം (പ്രോട്ടീൻ ആവരണം) ഭ്രൂണത്തെ ബീജാന്നത്തിന്റെ പുറമേയുള്ള ആവരണവുമായി വേർതിരിക്കുന്നു. ബീജാന്നത്തിന്റെ ഒരു വശത്തുള്ള കുഴിയിലായി ഒരു ചെറിയ ഭ്രൂണം സ്ഥിതി ചെയ്യുന്നു. ഇതിൽ **സ്കൂട്ടെല്ലം (Scutellum)** എന്നറിയപ്പെടുന്ന ഷീൽഡിന്റെ ആകൃതിയിലുള്ള ഒരു വലിയ ബീജപത്രം കാണപ്പെടുന്നു. കൂടാതെ ഒരു ചെറിയ അക്ഷത്തിൽ ബീജശീർഷവും ബീജമൂലവും കാണുന്നു. **ബീജശീർഷവും ബീജമൂലവും** യഥാക്രമം **കോളിയോപ്റ്റൈൽ (Coleoptile) കോളിയോറൈസ (Coleorhiza)** എന്നീ ആവരണങ്ങളാൽ പൊതിഞ്ഞ് കാണപ്പെടുന്നു. ചിത്രം 5.19 നിരീക്ഷിക്കൂ.

ചിത്രം 5.19 ഏകബീജപത്രമുള്ള വിത്തിന്റെ ഘടന

5.8 ഒരു സപുഷ്പി സസ്യത്തിന്റെ അർധസാങ്കേതിക വിശദീകരണം



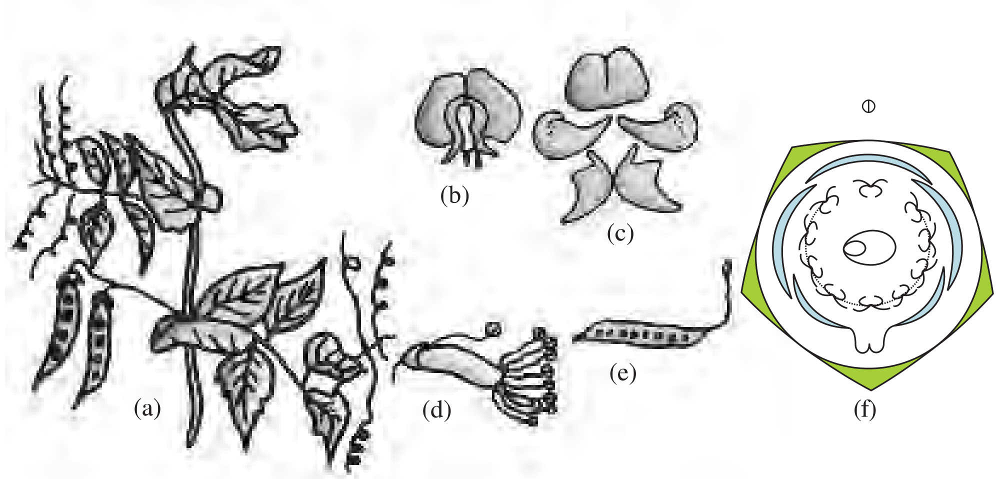
ചിത്രം 5.20 ഫ്ളോറൽ ഡയഗ്രവും ഫ്ളോറൽ ഫോർമുലയും

വിവിധ ബാഹ്യഘടനാ സവിശേഷതകൾ ഉപയോഗിച്ചാണ് സപുഷ്പികളെ വിശദീകരിക്കുന്നത്. വിശദീകരണം ലളിതവും ശാസ്ത്രീയവും ശരിയായ ക്രമത്തിലുമായിരിക്കണം. സസ്യത്തിന്റെ വലുപ്പത്തിൽ തുടങ്ങി കായികഭാഗങ്ങളായ വേര്, കാണ്ഡം, ഇലകൾ എന്നിവയുടെ സവിശേഷതകൾ, പൂങ്കുല, പുഷ്പഭാഗങ്ങൾ എന്നിവയുടെ സവിശേഷതകൾ എന്ന ക്രമത്തിലായിരിക്കണം വിശദീകരണം. സസ്യത്തിന്റെ വിവിധ ഭാഗങ്ങളുടെ വിശദീകരണങ്ങൾക്ക് ശേഷം ഫ്ളോറൽ ഡയഗ്രവും ഫ്ളോറൽ ഫോർമുലയും അവതരിപ്പിക്കുന്നു. ചില പ്രതീകങ്ങളിലൂടെയാണ് ഫ്ളോറൽ ഫോർമുല സൂചിപ്പിക്കുന്നത്. ഫ്ളോറൽ ഫോർമുലയിലെ **Br** ബ്രാക്ടിയേറ്റ് എന്നതിനെ സൂചിപ്പിക്കുന്നു. **K** വിദളപുടം, **C** ദളപുടം, **P** പെരിയാന്ത്, **A** കേസരപുടം, **G** ജനിപുടം എന്നിവയെയും സൂചിപ്പിക്കുന്നു. സുപീരിയർ അണ്ഡാശയം, ഇൻഫീരിയർ അണ്ഡാശയം എന്നുമാണ് അർഥമാക്കുന്നത്. ആൺപൂവ് ♂, പെൺപൂവ് ♀, ദ്വിലിംഗപുഷ്പം ⚥ എന്നിവയെ ഇത്തരത്തിൽ സൂചിപ്പിക്കുന്നു. ആക്ടിനോമോർഫിക്, % സൈഗോമോർഫിക് എന്നീ പൂക്കളെ സൂചിപ്പിക്കുന്നു. ഒരുപോലുള്ള ഭാഗങ്ങളുടെ കൂടിച്ചേരൽ അക്കങ്ങൾക്ക് ബ്രായ്ക്കറ്റ് നൽകിയും വ്യത്യസ്ത ഭാഗങ്ങളുടെ കൂടിച്ചേരൽ പ്രതീകങ്ങൾക്ക് മുകളിൽ വരച്ചും സൂചിപ്പിക്കുന്നു. ഒരു പൂവിന്റെ ഭാഗങ്ങളുടെ എണ്ണം, അവയുടെ ക്രമീകരണം, ഓരോന്നും തമ്മിലുള്ള ബന്ധം എന്നിവ ഫ്ളോറൽ ഡയഗ്രം വിശദമാക്കുന്നു. ചിത്രം 5.20 നിരീക്ഷിക്കൂ. പൂവും പ്രധാന അക്ഷവും തമ്മിലുള്ള ബന്ധം സൂചിപ്പിക്കുവാൻ ഫ്ളോറൽ ഡയഗ്രത്തിന്റെ മുകളിലായി ഒരു ചെറിയ വൃത്തം (കുത്ത്) ഇടുന്നു. വിദളപുടം, ദളപുടം, കേസരപുടം, ജനിപുടം എന്നിവ തുടർച്ചയായി വരയ്ക്കുന്നു. ഏറ്റവും പുറമേ വിദളപുടവും മധ്യഭാഗത്ത് ജനിപുടവുമാണ് വരയ്ക്കുന്നത്. ഒരുപോലെയുള്ള ഭാഗങ്ങളുടെ കൂടിച്ചേരലും വ്യത്യസ്ത ഭാഗങ്ങളുടെ കൂടിച്ചേരലും ഫ്ളോറൽ ഫോർമുലയിലൂടെയും വ്യക്തമാക്കാം. ചിത്രം 5.20 ൽ കടുക് ചെടിയുടെ ഫ്ളോറൽ ഡയഗ്രവും ഫ്ളോറൽ ഫോർമുലയും നിരീക്ഷിക്കൂ. (സസ്യകുടുംബം ബ്രസിക്കേസിയേ - Brassicaceae).

5.9 പ്രധാനപ്പെട്ട ചില സസ്യകുടുംബങ്ങളുടെ വിശദീകരണം

5.9.1 ഫാബേസിയേ (Fabaceae)

ലെഗൂമിനേസിയേ (Leguminosae) സസ്യകുടുംബത്തിന്റെ സഹകുടുംബമായ പാപ്പിലിനോയിഡിയേ (Papilionoideae) എന്നാണ് ഈ സസ്യകുടുംബം മുൻപ് അറിയപ്പെട്ടിരുന്നത്. ഇത് ലോകത്തിന്റെ എല്ലാ ഭാഗത്തും കാണപ്പെടുന്നു (ചിത്രം 5.21).



ചിത്രം 5.21 പയറുചെടി (*Pisum sativum*) (a) പുഷ്പിക്കുന്ന ശാഖ (b) പൂവ് (c) ദളങ്ങൾ (d) പ്രത്യുൽപ്പാദന ഭാഗങ്ങൾ (e) ജനിയുടെ നെടുകെയുള്ള ഛേദം (f) ഫ്ളോറൽ ഡയഗ്രം

കായിക സവിശേഷതകൾ

മരങ്ങൾ, കുറ്റിച്ചെടികൾ, ഓഷധികൾ; വേരിൽ മുഴകൾ കാണുന്നു.

കാണ്ഡം : നിവർന്നത് അല്ലെങ്കിൽ ആരോഹി (Climber)

ഇലകൾ : ആൾട്ടർനേറ്റ്, പിന്നേറ്റിലി കോമ്പൗണ്ട് അല്ലെങ്കിൽ ലഘുഇലകൾ, ലീഫ് ബേസ് പൾവൈനേറ്റ്; സ്റ്റിപുലേറ്റ്; ജാലികാസിരാവിന്യാസം

പൂവിന്റെ സവിശേഷതകൾ

പൂങ്കുല : റസിമോസ്

പൂവ് : ദ്വിലിംഗം, സൈഗോമോർഫിക്

വിദളപുടം : 5 വിദളങ്ങൾ, ഗാമോസെപാലസ്; വാൽവേറ്റ്/ഇംബ്രിക്കേറ്റ് ഏസ്റ്റിവേഷൻ

ദളപുടം : 5 ദളങ്ങൾ, പോളിപെറ്റാലസ്, പാപിലോണേഷ്യസ് - പിൻഭാഗത്തായി ഒരു സ്റ്റാൻഡേർഡ് പെറ്റൽ (Standard petal), പാർശ്വത്തിൽ രണ്ട് വിംഗ് പെറ്റലുകൾ (Wing petals), മുൻഭാഗത്തായി ചേർന്നിരിക്കുന്ന രണ്ട് കീൽ പെറ്റലുകൾ (Keel petals); ഇവ കേസരങ്ങളെയും ജനിയെയും ആവരണം ചെയ്തിരിക്കുന്നു. വെക്സിലറി എസ്റ്റിവേഷൻ.

കേസരപുടം: പത്ത്, ഡൈഅഡൽഫസ് (രണ്ട് കെട്ടുകൾ), ഡൈതീക്കസ് പരാഗി.

ജനിപുടം : അണ്ഡാശയം സുപീരിയർ, മോണോകാർപ്പെല്ലറി, ഒരു അറയിൽ ധാരാളം ഓവ്യൂളുകൾ, ഒരു ജനിദണ്ഡ്.

ഫലം : ലെഗ്യൂം, ഒന്നോ അതിൽ കൂടുതലോ വിത്തുകൾ, ബീജാന്നമില്ലാത്തത്

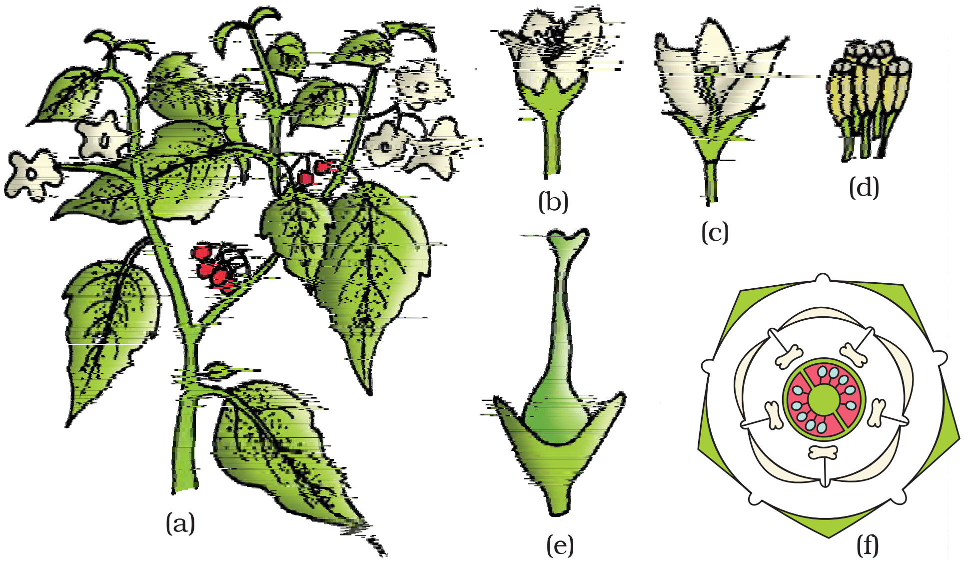
ഫ്ളോറൽ ഫോർമുല : % ⚥ $K_{(5)}\ C_{1+2+(2)}\ A_{(9)+1}\ \underline{G}_1$

വാണിജ്യ പ്രാധാന്യം

ഈ സസ്യകുടുംബത്തിലെ മിക്ക സസ്യങ്ങളും വിവിധതരം പയറുകളുടെ ഉറവിടമാണ്-ഉഴുന്ന്, തുവര, ചെറുപയർ എന്നിവ; ഭക്ഷ്യഎണ്ണ (സോയാബീൻ, നിലക്കടല/കപ്പലണ്ടി); ചായം (*ഇൻഡിഗോഫെറ*); നാരുകൾ (സൺഹെംപ്); കാലിത്തീറ്റ (തീറ്റപ്പുല്ല്) (*സെസ്ബാനിയ, ട്രൈഫോളിയം*); അലങ്കാരസസ്യങ്ങൾ (ലുപിൻ, മധുരപ്പയർ); ഔഷധസസ്യം (*മുളിയാത്തി*).

5.9.2 സൊളനേസിയേ (Solanaceae)

ഉരുളക്കിഴങ്ങ് കുടുംബം എന്നറിയപ്പെടുന്ന വലിയ സസ്യകുടുംബമാണിത്. ഇവ ഉഷ്ണമേഖല, സബ്ട്രോപിക്കൽ, മിതോഷ്ണമേഖല എന്നിവിടങ്ങളിൽ ധാരാളമായി കാണപ്പെടുന്നു (ചിത്രം 5.22).



ചിത്രം 5.22 ചുണ്ടച്ചെടി (*Solanum nigrum*): (a) പുഷ്പിക്കുന്ന ശാഖ (b) പൂവ് (c) പൂവിന്റെ നെടുകെയുള്ള ഛേദം (d) കേസരങ്ങൾ (e) ജനി (f) ഫ്ളോറൽ ഡയഗ്രം

കായിക സവിശേഷതകൾ

സസ്യങ്ങൾ പ്രധാനമായും കുറ്റിച്ചെടികളും ഓഷധികളുമാണ്. എന്നാൽ ചില മരങ്ങളുമുണ്ട്.

കാണ്ഡം : മൃദുവായത്, ചില സസ്യങ്ങളിൽ കട്ടികൂടിയത്, നിവർന്നത്, സിലിണ്ടർ ആകൃതിയിലുള്ളത്, ശാഖകൾ ഉള്ളത്, പൊള്ളയായതോ, കട്ടിയുള്ളതോ, രോമാവൃതം അല്ലെങ്കിൽ ഗ്ലാബ്രസ് (Glabrous), ഉരുളക്കിഴങ്ങിൽ (*Solanum tuberosum*) ഭൂകാണ്ഡം.

ഇലകൾ : ആൾട്ടർനേറ്റ്, ലഘു ഇല പിന്നേറ്റിലി കോമ്പൗണ്ട്, എക്സ്സ്റ്റിപുലേറ്റ്, ജാലികാസിരാവിന്യാസം.

പൂവിന്റെ സവിശേഷതകൾ

പൂങ്കുല : ഏകപുഷ്പം, വശങ്ങളിൽ അല്ലെങ്കിൽ സൈമോസ് (ചുണ്ടയിൽ – *Solanum*)

പൂവ് : ദ്വിലിംഗം, ആക്ടിനോമോർഫിക്

വിദളപുടം : അഞ്ച് വിദളങ്ങൾ, തമ്മിൽ ചേർന്നത്, കൊഴിഞ്ഞ് പോകാത്തത്, (Persistent) വാൽവേറ്റ് ഏസ്റ്റിവേഷൻ.

ദളപുടം : അഞ്ച് ദളങ്ങൾ, ചേർന്നത്, വാൽവേറ്റ് ഏസ്റ്റിവേഷൻ

കേസരപുടം: അഞ്ച് കേസരങ്ങൾ, പെറ്റലുമായി ചേർന്നത് (എപിപെറ്റാലസ്)

ജനിപുടം : രണ്ട് ജനികൾ കൂടിച്ചേർന്ന് ചരിഞ്ഞ രീതിയിൽ കാണപ്പെടുന്നു, സിൻകാർപ്പസ്, അണ്ഡാശയം സുപീരിയർ രണ്ട് അറകൾ (ബൈലോക്കുലാർ), പ്ലാസന്റ വീർത്തതും അനേകം ഓവ്യൂളുകളുള്ളതും, ആക്സൈൽ പ്ലാസന്റേഷൻ.

ഫലങ്ങൾ : ബെറി അല്ലെങ്കിൽ ക്യാപ്സ്യൂൾ

വിത്തുകൾ : ധാരാളം, ബീജാന്നം ഉള്ളത്.

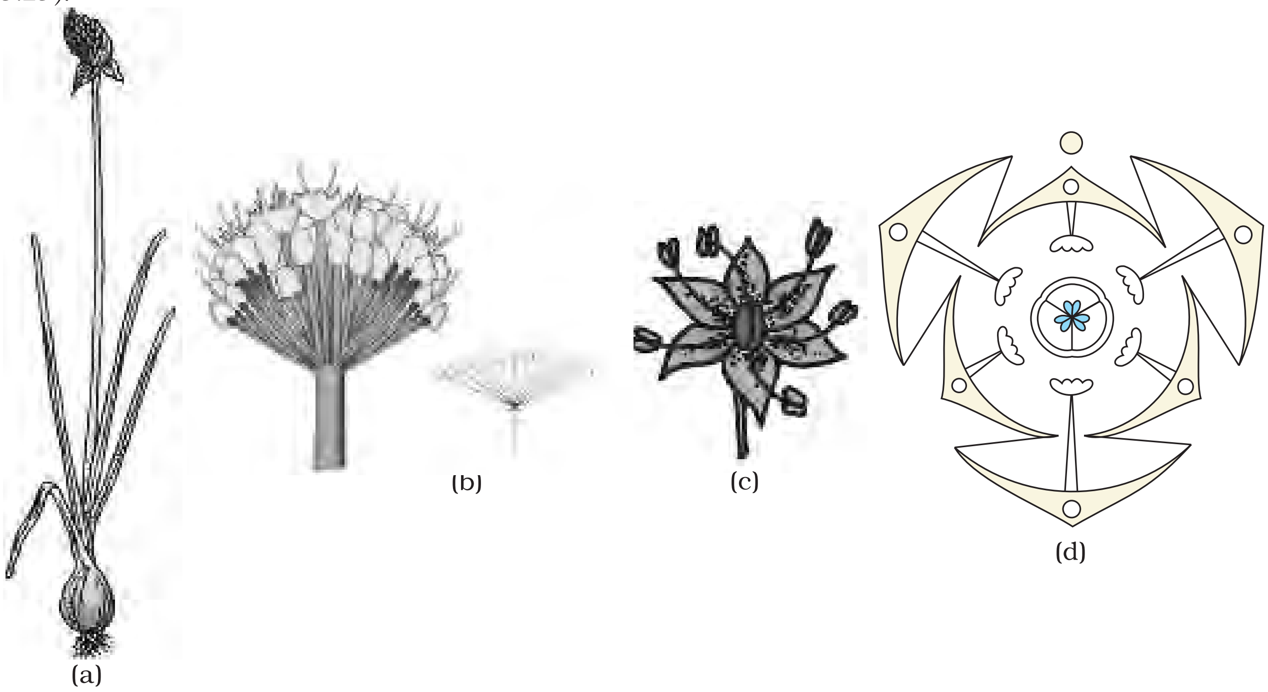
ഫ്ളോറൽ ഫോർമുല : $⚥\ K_{(5)}\ \widehat{C_{(5)}\ A_5}\ \underline{G}_{(2)}$

വാണിജ്യ പ്രാധാന്യം

ഈ സസ്യകുടുംബത്തിലെ പല സസ്യങ്ങളും ഭക്ഷ്യയോഗ്യമാണ് (തക്കാളി, വഴുതന, ഉരുളക്കിഴങ്ങ്; സുഗന്ധവ്യഞ്ജനം (മുളക്); ഔഷധം (ബെല്ലഡോണ, അശ്വഗന്ധ); പുകയില (ടുബാക്കോ); അലങ്കാരസസ്യം (*പെറ്റ്യൂണിയ*).

5.9.3 ലില്ലിയേസിയേ (Liliaceae)

'ലില്ലി കുടുംബം' എന്നറിയപ്പെടുന്ന ഇവ ഏകബീജപത്രസസ്യങ്ങളുടെ സവിശേഷതകളെ പ്രതിനിധീകരിക്കുന്നു. ഇവ ലോകമെമ്പാടും കാണപ്പെടുന്നു (ചിത്രം 5.23).



ചിത്രം 5.23 ഉള്ളിച്ചെടി (Allium cepa) : (a) സസ്യം (b) പൂങ്കുല (c) പൂവ് (d) ഫ്ളോറൽ ഡയഗ്രം

കായിക സവിശേഷതകൾ

ബൾബ്/കോം/റൈസോം എന്നിങ്ങനെയുള്ള ഭൂകാണ്ഡം കാണപ്പെടുന്ന ബഹുവർഷ ഓഷധികളാണ് (Perennial herbs) സസ്യങ്ങൾ.

ഇലകൾ : പ്രധാനമായും ചുവട് ഭാഗത്ത് നിന്നും ഉണ്ടാകുന്നവ, ഒന്നിടവിട്ടതും (ആൾട്ടർനേറ്റ്) നേർരേഖയിൽ ഉള്ളവയുമാണ്. സ്റ്റിപ്യൂളുകൾ കാണപ്പെടുന്നില്ല, സമാന്തര സിരാവിന്യാസം.

പൂവിന്റെ സവിശേഷതകൾ

പൂങ്കുല : ഏകപുഷ്പം/സൈമോസ്; സാധാരണയായി അംബലേറ്റ് (Umbellate) ക്ലസ്റ്ററുകൾ

പൂവ് : ദ്വിലിംഗം, ആക്ടിനോമോർഫിക്

പെരിയാന്ത് : ആറ് (3+3) ടെപലുകൾ ചേർന്ന് കുഴൽ പോലെ കാണപ്പെടുന്നവ, വാൽവേറ്റ് ഏസ്റ്റിവേഷൻ.

കേസരപുടം : ആറ് (3 + 3) കേസരങ്ങൾ, എപ്പിപെറ്റാലസ്

ജനിപുടം : മൂന്ന് ജനികൾ ചേർന്ന് കാണപ്പെടുന്നവ (സിൻകാർപ്പസ്), അണ്ഡാശയം സുപ്പീരിയർ, മൂന്ന് അറകളും ധാരാളം ഓവ്യൂളുകളും ഉള്ളവ. ആക്സൈൽ പ്ലാസന്റേഷൻ.

ഫലം : ക്യാപ്സ്യൂൾ, ചുരുക്കം ചില സസ്യങ്ങളിൽ ബെറി

വിത്ത് : ബീജാന്നം ഉള്ളവ

ഫ്ളോറൽ ഫോർമുല : $Br \ ⚥ \ \overset{\frown}{P_{(3+3)} A}_{3+3} \ \underline{G}_{(3)}$

വാണിജ്യ പ്രാധാന്യം

ഈ സസ്യകുടുംബത്തിലെ പല സസ്യങ്ങളും മനോഹരമായ അലങ്കാരസസ്യങ്ങളാണ് (ടൂലിപ്, *ഗ്ലോറിയോസ*); ഔഷധങ്ങളുടെ സ്രോതസ് (കറ്റാർ വാഴ - *Aloe*); പച്ചക്കറികൾ (ശതാവരി) കൂടാതെ കോൾചിസിൻ (*Colchicum autumnale*).

സാംഗ്രഹം

സപുഷ്പികൾ ആകൃതി, വലുപ്പം, ഘടന, പോഷണരീതി, ആയുർദൈർഘ്യം, ആവാസം എന്നിവയിൽ വളരെയധികം വൈവിധ്യം പുലർത്തുന്നു. അവയ്ക്ക് വ്യക്തമായി വികാസം പ്രാപിച്ച വേരുപടലവും കാണ്ഡപടലവുമുണ്ട്. വേര്പടലം നാര് വേര്പടലമോ തായ്‌വേര് പടലമോ ആകാം. സാധാരണയായി ദ്വിബീജപത്രസസ്യങ്ങൾക്ക് തായ്‌വേര് പടലവും ഏകബീജപത്ര സസ്യങ്ങൾക്ക് നാര് വേര് പടലവുമാണുള്ളത്. ചില സസ്യങ്ങളിൽ ആഹാരസംഭരണം, താങ്ങ്, ശ്വസനം എന്നിവയ്ക്കായി വേര് രൂപാന്തരം പ്രാപിച്ചിട്ടുണ്ട്. കാണ്ഡത്തിൽ പ്രധാനമായും തണ്ട്, ഇലകൾ, പൂക്കൾ, ഫലങ്ങൾ എന്നിവ കാണപ്പെടുന്നു. പർവത്തിന്റെയും പർവാന്തരത്തിന്റെയും സാന്നിധ്യം, ബഹുകോശകീയ ലോമങ്ങൾ, നിശ്ചിത പ്രകാശ ട്രോപികത എന്നീ സവിശേഷതകൾ കാണ്ഡത്തെ വേരിൽ നിന്നും വേർതിരിക്കുന്നു. ആഹാരസംഭരണം, കായികപ്രജനനം, സംരക്ഷണം എന്നിങ്ങനെ വൈവിധ്യമാർന്ന ധർമങ്ങൾ നിർവഹിക്കുന്നതിനായി കാണ്ഡവും രൂപാന്തരം പ്രാപിച്ചിട്ടുണ്ട്. കാണ്ഡത്തിന്റെ വശങ്ങളിൽ നിന്ന് രൂപപ്പെടുന്ന ഇലകൾ പർവത്തിൽ നിന്ന് പുറത്തേക്കു വളരുന്നു. ഇലകൾ പച്ചനിറത്തിൽ കാണുന്നത് പ്രകാശസംശ്ലേഷണത്തിനു വേണ്ടിയാണ്. ഇലകളുടെ ആകൃതി, വലുപ്പം, അരിക്, അഗ്രം, ലാമിനയുടെ അരികിലായുള്ള വെട്ടുകളുടെ വിന്യാസം എന്നിവയിൽ വൈവിധ്യം പുലർത്തുന്നു. മറ്റുള്ള ഭാഗങ്ങളെപ്പോലെ ഇലകളും വിവിധധർമങ്ങൾ നിർവഹിക്കുന്നതിനായി രൂപാന്തരം പ്രാപിച്ചിട്ടുണ്ട്. പ്രതാനങ്ങൾ, മുള്ളുകൾ എന്നിവ താങ്ങിനും സംരക്ഷണത്തിനുമായി രൂപപ്പെട്ടിട്ടുള്ളതാണ്.

ലൈംഗിക പ്രത്യുൽപ്പാദനത്തിനായി രൂപാന്തരം പ്രാപിച്ച കാണ്ഡമാണ് പൂവ്. വ്യത്യസ്തതരം പൂങ്കുലകളായി പൂക്കൾ ക്രമീകരിച്ചിരിക്കുന്നു. ഘടന, സമമതി, മറ്റുഭാഗങ്ങളുമായി ബന്ധപ്പെടുത്തി അണ്ഡാശയത്തിന്റെ സ്ഥാനം, വിദളം, ദളം, ഓവ്യൂളുകൾ തുടങ്ങിയവയുടെ ക്രമീകരണം എന്നിവയിൽ പൂക്കൾ വൈവിധ്യം പുലർത്തുന്നു. പ്രത്യുൽപ്പാദനത്തിന് ശേഷം അണ്ഡാശയം ഫലമായും ഓവ്യൂൾ വിത്തായും മാറുന്നു. വിത്തുകൾ ഏകബീജപത്രമോ ദ്വിബീജപത്രമോ ഉള്ളതാകാം. ആകൃതി, വലുപ്പം, ജീവക്ഷമതാ സമയം എന്നിവയിൽ വിത്തുകൾ വ്യത്യാസപ്പെട്ടിരിക്കുന്നു. സപുഷ്പികളുടെ തിരിച്ചറിയൽ, വർഗീകരണം എന്നിവയുടെ അടിസ്ഥാനം പൂവിന്റെ സവിശേഷതകളാണ്. സസ്യകുടുംബങ്ങളുടെ അർധസാങ്കേതിക വിശദീകരണത്തിലൂടെ ഇത് ചിത്രീകരിക്കുന്നു. അതിനാൽ ഒരു സപുഷ്പിയെ ശാസ്ത്രപദങ്ങൾ ഉപയോഗിച്ച് കൃത്യമായ ക്രമത്തിൽ വിശദീകരിക്കാനാകും. പൂവിന്റെ സവിശേഷതകൾ ഫ്ളോറൽ ഡയഗ്രം, ഫ്ളോറൽ ഫോർമുല എന്നിവയിലൂടെ ചുരുക്കത്തിൽ സൂചിപ്പിക്കാവുന്നതാണ്.

പരിശീലന പ്രവർത്തനങ്ങൾ

1. വേരിന്റെ രൂപാന്തരം എന്നത് കൊണ്ട് അർഥമാക്കുന്നതെന്ത്? ചുവടെ നൽകിയിരിക്കുന്ന വയിൽ വേരിന്റെ ഏത് തരം രൂപാന്തരമാണ് കാണപ്പെടുന്നത്?

   a. ആൽമരം

   b. ടർണിപ്പ്

   c. കണ്ടൽച്ചെടികൾ

2. ബാഹ്യഘടനയെ അടിസ്ഥാനമാക്കി ചുവടെ നൽകിയിരിക്കുന്ന പ്രസ്താവനകൾക്ക് ന്യായീ കരണം നൽകുക.

   i. മണ്ണിനടിയിൽ കാണപ്പെടുന്ന സസ്യഭാഗങ്ങളെല്ലാം വേര് അല്ല.

   ii. കാണ്ഡം രൂപാന്തരം പ്രാപിച്ചതാണ് പൂവ്.

3. പിന്നേറ്റിലി കോംപൗണ്ട് ഇലയും പാമേറ്റിലി കോമ്പൗണ്ട് ഇലയും തമ്മിലുള്ള വ്യത്യാസം എന്ത്?

4. ഉദാഹരണ സഹിതം വിവിധതരം ഫില്ലോടാക്സി വ്യക്തമാക്കുക.

5. ചുവടെ നൽകിയിരിക്കുന്ന പദങ്ങൾക്ക് നിർവചനം എഴുതുക.

   a. എസ്റ്റിവേഷൻ

   b. പ്ലാസന്റേഷൻ

   c. ആക്ടിനോമോർഫിക്

   d. സൈഗോമോർഫിക്

   e. സുപ്പീരിയർ ഓവറി

   f. പെരിഗൈനസ് പൂവ്

   g. എപിപൈറ്റാലസ് കേസരം

6. ചുവടെ നൽകിയിരിക്കുന്നവ തമ്മിലുള്ള വ്യത്യാസം എഴുതുക.

   a. റസിമോസ് പൂങ്കുലയും സൈമോസ് പൂങ്കുലയും

   b. നാര്വേരും അപസ്ഥാനീയ വേരും

   c. അപോകാർപസ് ഓവറിയും സിൻകാർപസ് ഓവറിയും

7. ചുവടെ നൽകിയിരിക്കുന്നവയുടെ ചിത്രം വരച്ച് ഭാഗങ്ങൾ അടയാളപ്പെടുത്തുക.

   i. പയർവിത്ത്

   ii. ചോളവിത്തിന്റെ നെടുകെയുള്ള ഛേദം

8. കാണ്ഡത്തിന്റെ രൂപാന്തരം ഉചിതമായ ഉദാഹരണങ്ങൾ നൽകി വിശദമാക്കുക.

9. ഫാബേസിയേ, സൊളനേസിയേ എന്നീ സസ്യകുടുംബങ്ങളിലെ ഓരോ പൂവ് വീതം എടുക്കുക. അവയുടെ അർധസാങ്കേതിക വിശദീകരണം എഴുതുക. അവയുടെ ഫ്ളോറൽ ഡയഗ്രം വരയ്ക്കുക.

10. സപുഷ്പികളിൽ കാണുന്ന വിവിധതരം പ്ലാസന്റേഷനുകൾ വിവരിക്കുക.

11. പൂവ് എന്നാൽ എന്ത്? ഒരു സാധാരണ പൂവിന്റെ ഭാഗങ്ങൾ വിശദീകരിക്കുക.

12. ഇലകളുടെ വിവിധതരത്തിലുള്ള രൂപാന്തരം സസ്യങ്ങൾക്ക് സഹായകമാകുന്നതെങ്ങനെ?

13. പൂങ്കുല എന്നാലെന്ത്? സപുഷ്പികളായ സസ്യങ്ങളിലെ വിവിധതരം പൂങ്കുലകളെ വിശദമാക്കുക.

14. ചുവടെ നൽകിയ സവിശേഷതകളുള്ള പൂവിന്റെ ഫ്ളോറൽ ഫോർമുല എഴുതുക.

    ആക്ടിനോമോർഫിക്, ബൈസെക്ഷ്വൽ(ദ്വിലിംഗം), ഹൈപോഗൈനസ് പൂവ്, യോജിച്ച് കാണപ്പെടുന്ന അഞ്ച് വിദളങ്ങൾ, യോജിക്കാതെ കാണുന്ന അഞ്ച് ദളങ്ങൾ, യോജിക്കാതെ കാണുന്ന അഞ്ച് കേസരങ്ങൾ, യോജിച്ച് കാണുന്ന രണ്ട് ജനികൾ, സൂപ്പീരിയർ അണ്ഡാശയം, ആക്സൈൽ പ്ലാസന്റേഷൻ.

15. പൂവിന്റെ ഭാഗങ്ങൾ പുഷ്പാസനത്തിൽ ക്രമീകരിച്ചിരിക്കുന്നതിനെക്കുറിച്ച് വിശദമാക്കുക.

A4X8D4

അധ്യായം 6

സപുഷ്പികളിലെ ആന്തരികഘടന (Anatomy of Flowering Plants)

6.1 കലകൾ

6.2 കലകളുടെ വ്യവസ്ഥ

6.3 ഏകബീജപത്ര സസ്യങ്ങളുടെയും ദ്വിബീജപത്രസസ്യങ്ങളുടെയും ആന്തരിക ഘടന

6.4 ദ്വിതീയ വളർച്ച

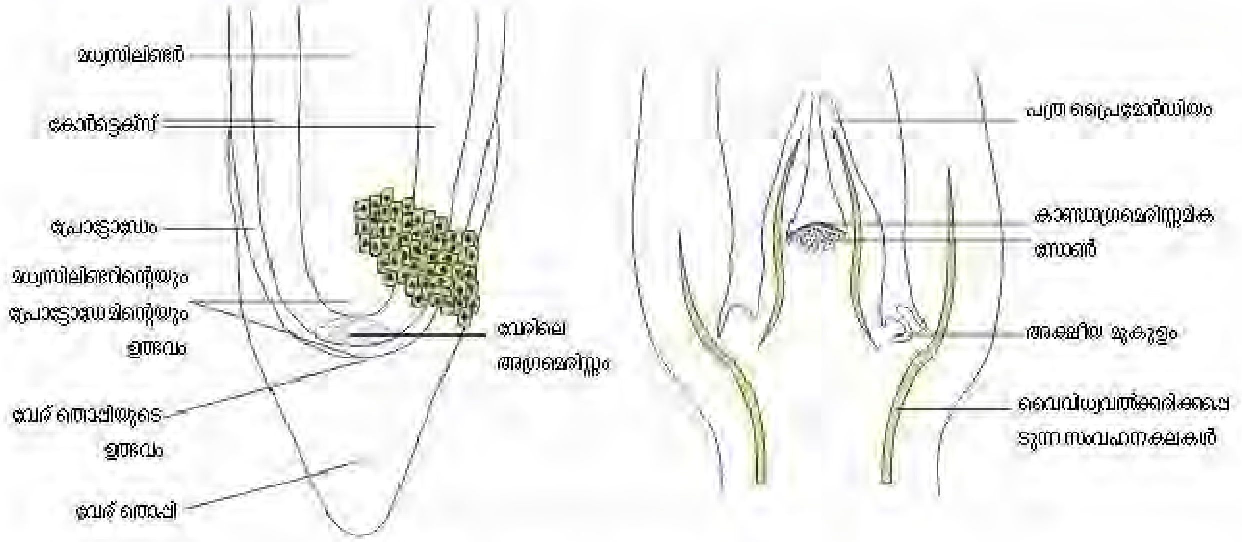
ഉയർന്നതലത്തിലുള്ള സസ്യങ്ങളുടെയും ജന്തുക്കളുടെയും ബാഹ്യഘടന പരിശോധിക്കുമ്പോൾ ധാരാളം സമാനതകളും വ്യത്യാസങ്ങളും ഉള്ളതായി കാണാൻ കഴിയും. ആന്തരികഘടന പരിശോധിക്കുമ്പോഴും ഇത്തരത്തിലുള്ള സമാനതകളും വ്യത്യാസങ്ങളും കണ്ടെത്താൻ കഴിയും. ഉയർന്ന തലത്തിലുള്ള സസ്യങ്ങളിലെ ആന്തരികഘടനയും അവയുടെ ധർമപരമായ ക്രമീകരണവുമാണ് ഈ അധ്യായത്തിൽ പ്രതിപാദിക്കുന്നത്. സസ്യങ്ങളുടെ ആന്തരിക ഘടനയെക്കുറിച്ചുള്ള പഠനമാണ് അനാട്ടമി (Anatomy). സസ്യങ്ങളുടെ അടിസ്ഥാന ഘടകം കോശങ്ങളാണ്. കോശങ്ങൾ ചേർന്ന് കലകളായും കലകൾ ചേർന്ന് അവയവങ്ങളായും രൂപപ്പെടുന്നു. ഒരു സസ്യത്തിന്റെ വ്യത്യസ്ത അവയവങ്ങൾ വ്യത്യസ്ത ആന്തരികഘടന പ്രകടമാക്കുന്നു. ആവൃതബീജസസ്യങ്ങളിൽ ഉൾപ്പെടുന്ന ഏകബീജപത്രസസ്യങ്ങളും ദ്വിബീജപത്രസസ്യങ്ങളും ആന്തരികഘടനയിൽ വ്യത്യസ്തത പുലർത്തുന്നു. വൈവിധ്യമാർന്ന ചുറ്റുപാടുകളോടുള്ള അനുകൂലനങ്ങളും സസ്യങ്ങളുടെ ആന്തരികഘടനയിൽ പ്രകടമാണ്.

6.1 കലകൾ (Tissues)

പൊതുവായി ഉത്ഭവിച്ച് ഒരേധർമം നിർവഹിക്കുന്ന ഒരു കൂട്ടം കോശങ്ങളാണ് കലകൾ. ഒരു സസ്യം വിവിധതരം കലകളാൽ നിർമിതമാണ്. കോശങ്ങൾക്ക് വിഭജനശേഷി ഉണ്ടോ ഇല്ലയോ എന്നതിന്റെ അടിസ്ഥാനത്തിൽ കലകളെ പ്രധാനമായും മെരിസ്റ്റമിക കലകളെന്നും സ്ഥിരകലകളെന്നും രണ്ടായി തരംതിരിച്ചിരിക്കുന്നു.

6.1.1 മെരിസ്റ്റമിക കലകൾ (Meristematic tissues)

കോശങ്ങൾ സജീവമായി വിഭജിക്കുന്ന **മെരിസ്റ്റം** എന്നറിയപ്പെടുന്ന ഭാഗത്താണ് സസ്യങ്ങളിലെ വളർച്ച പ്രധാനമായും കേന്ദ്രീകരിച്ചിരിക്കുന്നത് (മെരിസ്റ്റോസ്-

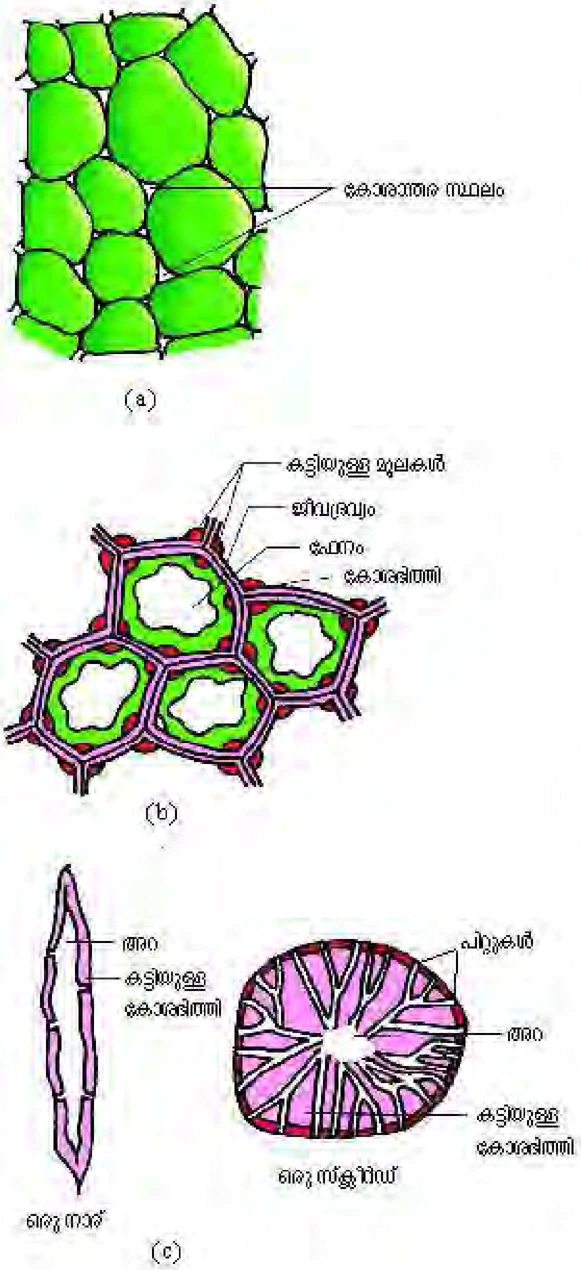


ചിത്രം 6.1 അഗ്രമെരിസ്റ്റം : (a) വേര് (b) കാണ്ഡം

വിഭജിച്ചത്). സസ്യങ്ങളിൽ വ്യത്യസ്ത തരം മെരിസ്റ്റമുകളുണ്ട്. വേരിന്റെയും കാണ്ഡത്തിന്റെയും അഗ്രഭാഗത്ത് കാണപ്പെടുന്നതും പ്രാഥമിക കലകൾ നിർമിക്കുന്നതുമായ മെരിസ്റ്റമുകളാണ് **അഗ്രമെരിസ്റ്റം (Apical meristem)** (ചിത്രം.6.1).

വേരിന്റെ അഗ്രഭാഗത്ത് വേര് അഗ്രമെരിസ്റ്റവും കാണ്ഡത്തിന്റെ അഗ്രഭാഗത്ത് കാണ്ഡ അഗ്രമെരിസ്റ്റവും കാണപ്പെടുന്നു. ഇലകളുടെ രൂപീകരണസമയത്തും തണ്ടുകളുടെ നീളം കൂടുമ്പോഴും പിന്തള്ളപ്പെടുന്ന കാണ്ഡ അഗ്രമെരിസ്റ്റമിക കോശങ്ങളാണ് **അക്ഷീയ മുകുളം (Axillary bud)** ആയിത്തീരുന്നത്. ഇല തണ്ടുകളോടു ചേരുന്ന കോണിൽ (Axil of leaves) കാണപ്പെടുന്ന ഇവയ്ക്ക് ശിഖരങ്ങളോ പൂക്കളോ ആയി രൂപപ്പെടാനുള്ള കഴിവുണ്ട്. പൂർണ വളർച്ചയെത്തിയ കലകൾക്കിടയിൽ കാണപ്പെടുന്ന മെരിസ്റ്റമിക കലകളെ **പർവാന്തര മെരിസ്റ്റം (Intercalary meristem)** എന്നറിയപ്പെടുന്നു. പുൽച്ചെടികളിൽ, കാലികൾ മേയുമ്പോൾ നഷ്ടപ്പെട്ടു പോകുന്ന സസ്യഭാഗങ്ങളെ പുനരുൽപാദിപ്പിക്കുന്നതിന് പർവാന്തര മെരിസ്റ്റമുകൾ സഹായിക്കുന്നു. അഗ്രമെരിസ്റ്റവും പർവാന്തര മെരിസ്റ്റവും സസ്യവളർച്ചയുടെ പ്രാരംഭഘട്ടത്തിൽത്തന്നെ കാണപ്പെടുകയും പ്രാഥമിക സസ്യശരീര രൂപീകരണത്തിന് കാരണമാകുകയും ചെയ്യുന്നതിനാൽ ഇവ **പ്രാഥമിക മെരിസ്റ്റങ്ങളാണ് (Primary meristems).**

പ്രാഥമിക മെരിസ്റ്റത്തിനുശേഷം രൂപപ്പെടുന്നതും, വേരിന്റെയും കാണ്ഡത്തിന്റെയും പൂർണവളർച്ചയെത്തിയ ഭാഗങ്ങളിൽ കാണപ്പെടുന്നതും, ദൃഢതയുള്ള കാണ്ഡ അക്ഷം (Woody axis) നിർമിക്കുന്നതുമായ മെരിസ്റ്റമുകളാണ് **ദ്വിതീയ (Secondary)** അഥവാ **പാർശ്വമെരിസ്റ്റം (Lateral meristem)**. ഇവ സിലിൻഡ്രിക്കൽ ആകൃതിയിലുള്ളവയാണ്. ഫസിക്കുലാർ സംവഹന കാമ്പിയം, കോർക്ക് കാമ്പിയം, ഇന്റർഫസിക്കുലാർ കാമ്പിയം എന്നിവ പാർശ്വമെരിസ്റ്റത്തിന് ഉദാഹരണങ്ങളാണ്. ഇവ ദ്വിതീയ കലകളെ നിർമിക്കുന്നു.



ചിത്രം 6.2 ലഘുകലകൾ
(a) പാരൻകൈമ
(b) കോളൻകൈമ
(c) സ്ക്ലീറൻകൈമ

പ്രാഥമിക, ദ്വിതീയ മെരിസ്റ്റമിക കോശങ്ങളുടെ വിഭജനത്തിലൂടെ ഉണ്ടാകുന്ന പുതിയ കോശങ്ങൾ ഘടനാപരവും ധർമപരവും ആയ പ്രത്യേകതകൾ കൈവരിച്ച് വിഭജനശേഷി നഷ്ടപ്പെട്ട കോശങ്ങളായിത്തീരുന്നു. ഈ കോശങ്ങൾ **സ്ഥിരകോശങ്ങൾ (Permanent)** അഥവാ **പൂർണവളർച്ചയെത്തിയ (Mature)** കോശങ്ങളാണ്. ഇവ സ്ഥിരകലകളുടെ ഭാഗമാകുന്നു. പ്രാഥമിക സസ്യശരീരനിർമാണ ഘട്ടത്തിൽ അഗ്രമെരിസ്റ്റത്തിലെ പ്രത്യേക ഭാഗങ്ങൾ ആവരണകലകൾ, അടിസ്ഥാനകലകൾ, സംവഹന കലകൾ എന്നിവ നിർമിക്കുന്നു.

6.1.2 സ്ഥിരകലകൾ (Permanent Tissues)

സ്ഥിരകലകളിലെ കോശങ്ങൾ സാധാരണയായി വിഭജിക്കാറില്ല. ഘടനയിലും ധർമത്തിലും സാമ്യത പുലർത്തുന്ന കോശങ്ങളുള്ള സ്ഥിരകലകളാണ് **ലഘുകലകൾ (Simple tissues)**. വ്യത്യസ്തതരം കോശങ്ങളുള്ള സ്ഥിരകലകളാണ് **സങ്കീർണകലകൾ (Complex tissues)**.

6.1.2.1 ലഘുകലകൾ

ഒരേ തരത്തിലുള്ള കോശങ്ങളാൽ നിർമിതമാണ് ലഘുകലകൾ. പാരൻകൈമ, കോളൻകൈമ, സ്ക്ലീറൻകൈമ, എന്നിവയാണ് വിവിധ ലഘുകലകൾ (ചിത്രം 6.2). സസ്യഭാഗങ്ങൾ പ്രധാനമായും ഉണ്ടാക്കിയിരിക്കുന്നത് **പാരൻകൈമ** കൊണ്ടാണ്. സമവ്യാസീയ (Isodiametric) കോശങ്ങളാണ് പാരൻകൈമ കലകളിലുള്ളത്. കോശങ്ങൾ ഗോളാകൃതിയിലോ, വൃത്താകൃതിയിലോ, ദീർഘവൃത്താകൃതിയിലോ, ബഹുഭുജാകൃതിയിലോ, നീളമുള്ളവയായോ കാണപ്പെടുന്നു. ഇവയുടെ കനംകുറഞ്ഞ കോശഭിത്തി സെല്ലുലോസ് നിർമിതമാണ്. കോശങ്ങൾ വളരെ അടുക്കി ക്രമീകരിച്ചിരിക്കുകയോ ചെറിയ കോശാന്തരസ്ഥലങ്ങളോടു കൂടിയോ കാണപ്പെടും. പ്രകാശസംശ്ലേഷണം, സംഭരണം, സ്രവണം എന്നിവയാണ് പാരൻകൈമയുടെ പ്രധാന ധർമങ്ങൾ.

ദ്വിബീജപത്രസസ്യങ്ങളുടെ ആവരണകലകൾക്ക് തൊട്ടുതാഴെ ഏകജാതീയമായ പാളികളായോ ശകലങ്ങളായോ **കോളൻകൈമ** കാണപ്പെടുന്നു. സെല്ലുലോസ്, ഹെമിസെല്ലുലോസ്, പെക്റ്റിൻ തുടങ്ങിയ പദാർഥങ്ങൾ കോശഭിത്തിയുടെ മൂലകളിൽ അടിഞ്ഞു

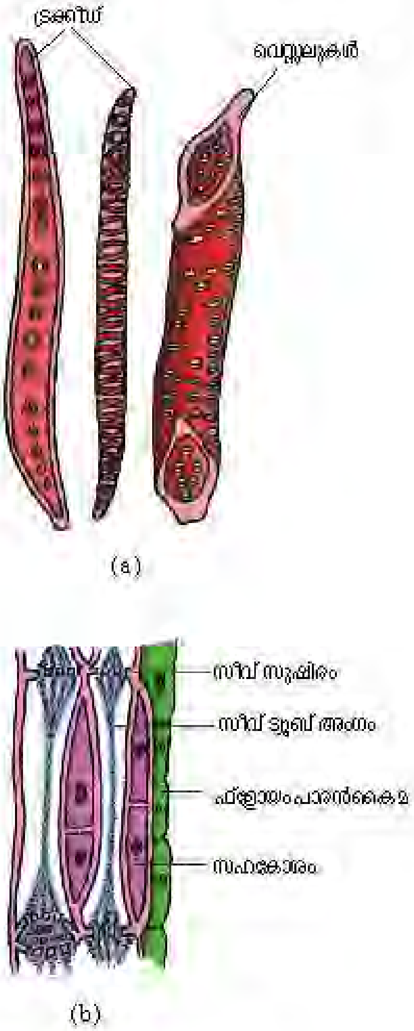
കൂടുന്നതിന്റെ ഫലമായി ആ ഭാഗം കട്ടിയുള്ളതാകുന്നു. ഗോളാകൃതിയിലോ, വൃത്താകൃതിയിലോ, ദീർഘവൃത്താകൃതിയിലോ, ബഹുഭുജാകൃതിയിലോ കാണപ്പെടുന്ന കോളൻകൈമ കോശങ്ങളിൽ മിക്കപ്പോഴും ഹരിതകണം ഉണ്ടാകും. ഹരിതകണം ഉള്ളവ സ്വയം ആഹാരം നിർമിക്കുന്നു. കോശങ്ങൾക്കിടയിൽ കോശാന്തരസ്ഥലം കാണപ്പെടുന്നില്ല. സസ്യങ്ങളുടെ വളരുന്ന ഭാഗങ്ങളായ ഇളംതണ്ട്, ഇലകളുടെ ഞെട്ട് എന്നീ ഭാഗങ്ങൾക്ക് കോളൻകൈമ ബലം നൽകുന്നു.

നീണ്ടുനേർത്ത **സ്ക്ലീറൻകൈമ** കോശങ്ങളുടെ കട്ടിയുള്ളതും ലിഗ്നിൻ നിർമിതവുമായ കോശഭിത്തിയിൽ ധാരാളം സുഷിരങ്ങൾ (Pits) കാണാം. പൊതുവെ മൃതകോശങ്ങളാകയാൽ ഇവയിൽ ജീവദ്രവ്യം കാണാറില്ല. ആകൃതിയിലുള്ള വ്യതിയാനം, ഘടന, ഉത്ഭവം, വികാസം എന്നിവയുടെ അടിസ്ഥാനത്തിൽ സ്ക്ലീറൻകൈമ കലകളെ നാരുകലകളെന്നോ സ്ക്ലീറിഡുകളെന്നോ തരംതിരിക്കാം. സസ്യങ്ങളുടെ വ്യത്യസ്ത ഭാഗങ്ങളിൽ സാധാരണയായി കൂട്ടമായി കാണുന്ന കട്ടിയുള്ള കോശഭിത്തിയോടു കൂടിയ നീണ്ടുകൂർത്ത കോശങ്ങളാണ് **ഫൈബറുകൾ** അഥവാ **നാരുകലകൾ (Fibres)**. ഗോളാകൃതിയിലോ ദീർഘവൃത്താകൃതിയിലോ സിലിൻഡ്രിക്കൽ ആകൃതിയിലോ ഉള്ള, മൃതകോശങ്ങളാണ് **സ്ക്ലീറിഡുകൾ (Sclereids)**. കട്ടിയുള്ള കോശഭിത്തിയുള്ള സ്ക്ലീറിഡുകളിൽ വളരെ ഇടുങ്ങിയ അറ കാണപ്പെടുന്നു. കശുവണ്ടി പോലെയുള്ള ഫലങ്ങളുടെ തോട്, പേരയ്ക്ക, പിയർ, സപ്പോട്ട തുടങ്ങിയ ഫലങ്ങളുടെ പൾപ്പ്, പയർവർഗങ്ങളുടെ ബീജാവരണം, തേയിലച്ചെടിയുടെ ഇല എന്നിവിടങ്ങളിലെല്ലാം സാധാരണയായി സ്ക്ലീറിഡുകൾ കാണപ്പെടുന്നു. സസ്യഭാഗങ്ങൾക്ക് ബലം നൽകുക എന്നതാണ് ഇവയുടെ ധർമം.

6.1.2.2 സങ്കീർണകലകൾ (Complex Tissues)

ഒന്നിലധികം തരം കോശങ്ങൾ ഒരു യൂണിറ്റായി പ്രവർത്തിക്കുന്നവയാണ് സങ്കീർണകലകൾ. സൈലം, ഫ്ളോയം എന്നിവയാണ് സസ്യങ്ങളിലെ സങ്കീർണകലകൾ (ചിത്രം 6.3).

ജലം, ധാതുക്കൾ എന്നിവയെ വേരിൽ നിന്ന് കാണ്ഡത്തിലേക്കും ഇലകളിലേക്കും സംവഹനം ചെയ്യുന്ന കലകളാണ് **സൈലം**. ഇവ സസ്യഭാഗങ്ങൾക്ക് ബലം നൽകുന്നു. ട്രക്കീഡുകൾ, വെസ്സലുകൾ, സൈലം പാരൻകൈമ, സൈലം ഫൈബറുകൾ എന്നിങ്ങനെ നാലു തരം കലകളാണ് സൈലത്തിലുള്ളത്. അനാവൃതബീജ സസ്യങ്ങളുടെ സൈലത്തിൽ വെസ്സലുകൾ കാണാറില്ല. കൂർത്ത അഗ്രങ്ങളോടുകൂടിയ നീണ്ട നേർത്ത കുഴലുകൾ പോലുള്ള **ട്രക്കീഡ്** കോശങ്ങളുടെ കോശഭിത്തി ലിഗ്നിൻ നിർമിതവും കട്ടിയുള്ളതുമാണ്. ഇവ മൃതകോശങ്ങളായതിനാൽ ജീവദ്രവ്യം കാണപ്പെടുന്നില്ല. കോശഭിത്തിയുടെ ആന്തരപാളികൾ വ്യത്യസ്ത രൂപത്തിൽ ഘനീഭവിച്ചിരിക്കുന്നു.



ചിത്രം 6.3 (a) സൈലം
(b) ഫ്ളോയം

സപുഷ്പികളിൽ ട്രക്കീഡുകളും വെസ്സലുകളുമാണ് പ്രധാനമായും ജലസംവഹനം നടത്തുന്നത്. നീണ്ട സിലിൻഡ്രിക്കൽ ആകൃതിയിലുള്ള ഘടനയാണ് വെസ്സലുകൾക്കുള്ളത്. **വെസ്സലുകൾ** ഉണ്ടാക്കിയിരിക്കുന്നത് ലിഗ്നിൻ നിർമിത ഭിത്തിയും മധ്യത്തിൽ വലിയ അറയുമുള്ള വെസ്സൽ അംഗങ്ങൾ എന്നറിയപ്പെടുന്ന ധാരാളം കോശങ്ങൾ കൊണ്ടാണ്. വെസ്സൽ കോശങ്ങളിൽ ജീവദ്രവ്യം കാണാറില്ല. പൊതുഭിത്തികളിലെ സുഷിരങ്ങളാൽ വെസ്സൽ അംഗങ്ങൾ പരസ്പരബന്ധിത കോശങ്ങളായി വർത്തിക്കുന്നു. വെസ്സലുകളുടെ സാന്നിധ്യം ആവൃതബീജസസ്യങ്ങളുടെ പ്രത്യേകതയാണ്. വളരെ കട്ടികൂടിയ കോശഭിത്തിയുള്ള **സൈലം ഫൈബ**റുകളിലെ കോശമധ്യഅറ പാടെ നിർമാർജനം ചെയ്തിരിക്കുന്നു. ഇവ കുറുകെ ഭിത്തി ഉള്ളതോ ഇല്ലാത്തതോ ആകാം. **സൈലം പാരൻകൈമ** കോശങ്ങൾ ജീവനുള്ളതും സെല്ലുലോസ് നിർമിതമായ നേർത്ത കോശഭിത്തിയുള്ളവയുമാണ്. ഇവ അന്നജം, കൊഴുപ്പ് എന്നീ രൂപത്തിലുള്ള ആഹാരപദാർഥങ്ങളും, ടാനിൻ പോലുള്ള വസ്തുക്കളും ശേഖരിച്ചു വയ്ക്കുന്നു. ജലത്തിന്റെ പാർശ്വസംവഹനത്തിന് റേ പാരൻകൈമ (Ray parenchyma) കോശങ്ങൾ സഹായിക്കുന്നു.

പ്രാഥമിക സൈലം രണ്ട് തരമുണ്ട് - പ്രോട്ടോസൈലവും മെറ്റാസൈലവും. സസ്യവളർച്ചയുടെ പ്രാരംഭഘട്ടത്തിൽ ഉണ്ടാകുന്ന പ്രാഥമിക സൈലം അംഗങ്ങളാണ് **പ്രോട്ടോസൈലം (Protoxylem)**. വളർച്ചാഘട്ടത്തിൽ പിന്നീട് രൂപപ്പെടുന്ന പ്രാഥമിക സൈലമാണ് **മെറ്റാസൈലം (Metaxylem)**. കാണ്ഡത്തിൽ പ്രോട്ടോസൈലം മധ്യഭാഗത്തും (Pith) മെറ്റാസൈലം പുറംഭാഗത്തും (Periphery) കാണപ്പെടുന്നു. ഇങ്ങനെയുള്ള പ്രാഥമിക സൈലമാണ് **എൻഡാർക്ക് (Endarch)** സൈലം. വേരുകളിൽ പ്രോട്ടോസൈലം പുറംഭാഗത്തും മെറ്റാസൈലം മധ്യഭാഗത്തും കാണപ്പെടുന്നു. ഇങ്ങനെ വിന്യസിച്ചിരിക്കുന്ന പ്രാഥമിക സൈലത്തെ **എക്സാർക്ക് (Exarch)** സൈലം എന്നു വിളിക്കുന്നു.

ആഹാരപദാർഥങ്ങളെ ഇലകളിൽ നിന്ന് മറ്റ് സസ്യഭാഗങ്ങളിലേക്ക് സംവഹനം ചെയ്യുന്നത് **ഫ്ലോയമാണ്.** ആവൃതബീജസസ്യങ്ങളിലെ ഫ്ലോയം ഉണ്ടാക്കിയിരിക്കുന്നത് സീവ്ട്യൂബ് അംഗങ്ങൾ, സഹകോശങ്ങൾ, ഫ്ലോയം പാരൻകൈമ, ഫ്ലോയം ഫൈബറുകൾ എന്നിവ കൊണ്ടാണ്.. അനാവൃതബീജസസ്യങ്ങളിൽ സീവ് ട്യൂബ്, സഹകോശങ്ങൾ എന്നിവ കാണുന്നില്ല. അവയിൽ ആൽബുമിനസ് കോശങ്ങളും സീവ് കോശങ്ങളുമാണ് കാണപ്പെടുന്നത്. സഹകോശങ്ങളോട് ചേർന്ന് തിരശ്ചീനമായി കാണപ്പെടുന്ന നീണ്ട ട്യൂബ് പോലുള്ള കോശങ്ങളാണ് **സീവ് ട്യൂബ് അംഗങ്ങൾ**. ഈ കോശങ്ങളെ തമ്മിൽ ബന്ധിപ്പിക്കുന്ന കോശഭിത്തി അരിപ്പയുടെ രൂപത്തിലുള്ളതിനാൽ ഇവ സീവ് പ്ലേറ്റുകളെന്നറിയപ്പെടുന്നു. പൂർണവളർച്ചയെത്തിയ ഒരു സീവ് അംഗത്തിൽ കോശത്തിന് വശങ്ങളിലായി കോശദ്രവ്യവും വലിയ ഫേനവും കാണപ്പെടുന്നു.. എന്നാൽ ഇവയ്ക്ക് മർമം ഉണ്ടാകാറില്ല. അതിനാൽ സീവ് ട്യൂബുകളുടെ പ്രവർത്തനങ്ങളെ നിയന്ത്രിക്കുന്നത് സഹകോശങ്ങളിലെ മർമങ്ങളാണ്. സീവ് ട്യൂബ് അംഗങ്ങളോട് ചേർന്ന് കാണപ്പെടുന്ന പ്രത്യേകതരം പാരൻകൈമ കോശങ്ങളാണ് **സഹകോശങ്ങൾ (Companion cells)**. സീവ് ട്യൂബ് കോശങ്ങളും സഹകോശങ്ങളും പരസ്പരം ബന്ധപ്പെട്ടിരിക്കുന്നത് അവയ്ക്കിടയിൽ തിരശ്ചീനമായി കാണപ്പെടുന്ന പൊതുകോശഭിത്തികളിലെ സുഷിരങ്ങളിലൂടെയാണ്. സീവ് ട്യൂബ് കോശങ്ങളുടെ മർദവ്യതിയാനം നിലനിർത്താൻ സഹകോശങ്ങൾ സഹായിക്കുന്നു.

നീണ്ട്കൂർത്ത സിലിൻഡ്രിക്കൽ ആകൃതിയിലുള്ള കോശങ്ങളാണ് **ഫ്ളോയം പാരൻകൈമ**യിലുള്ളത്. ഇവയിൽ ധാരാളം കോശദ്രവ്യവും മർമവും കാണപ്പെടുന്നു. കോശഭിത്തി സെല്ലുലോസ് നിർമിതമാണ്. കോശഭിത്തിയിലെ സുഷിരങ്ങളിലൂടെ പ്ലാസ്മോഡെസ്മേറ്റ (Plasmodesmata) വഴി കോശങ്ങൾ പരസ്പരം ബന്ധപ്പെട്ടിരിക്കുന്നു.

ആഹാരപദാർഥങ്ങളെ കൂടാതെ റെസിൻ, ലാറ്റക്സ്, മ്യൂസിലേജ് (ശ്ലേഷ്മം) തുടങ്ങിയ വസ്തുക്കളെയും ഫ്ളോയം പാരൻകൈമ സംഭരിക്കുന്നു. മിക്ക ഏകബീജപത്രസസ്യങ്ങളിലും ഫ്ളോയം പാരൻകൈമ കാണാറില്ല. **ഫ്ളോയം ഫൈബറുകൾ (Bast fibres)** സ്ക്ലീറൻകൈമ കോശങ്ങളാൽ നിർമിക്കപ്പെട്ടിരിക്കുന്നു. ഇവ സാധാരണയായി പ്രാഥമിക ഫ്ളോയത്തിൽ കാണുന്നില്ല. എന്നാൽ ദ്വിതീയ ഫ്ളോയത്തിൽ കാണപ്പെടുന്നു. ഇവ നീണ്ടതും ശാഖകളില്ലാത്തതും, അഗ്രഭാഗം കൂർത്ത് സൂചിമുനപോലെ കാണപ്പെടുന്നവയുമാണ്. കോശഭിത്തി വളരെ കട്ടിയേറിയതാണ്. ഇവ പൂർണവളർച്ചയെത്തുമ്പോൾ ജീവദ്രവ്യം നഷ്ടപ്പെട്ട് മൃതകോശങ്ങളാകുന്നു. ജ്യൂട്ട്, ഫ്ളാക്സ്, ഹെംബ് എന്നിവയുടെ ഫ്ളോയംഫൈബറുകൾ വാണിജ്യാടിസ്ഥാനത്തിൽ ഉപയോഗിക്കുന്നു. സസ്യവളർച്ചയുടെ തുടക്കത്തിലുണ്ടാകുന്ന ഫ്ളോയം ഇടുങ്ങിയ സീവ് ട്യൂബുകളോടു കൂടിയവയാണ്. ഇവ **പ്രോട്ടോഫ്ളോയം (Protophloem)** എന്നറിയപ്പെടുന്നു. പിന്നീടുണ്ടാകുന്ന ഫ്ളോയത്തിൽ വലിയ സീവ് ട്യൂബുകളാണ് ഉള്ളത്. ഇതാണ് **മെറ്റാഫ്ളോയം (Metaphloem).**

6.2 കലകളുടെ വ്യവസ്ഥ (Tissue System)

സസ്യങ്ങളിലെ വിവിധതരം കലകളെക്കുറിച്ച് നാം ചർച്ച ചെയ്തു. സസ്യശരീരത്തിൽ വ്യത്യസ്ത ഇടങ്ങളിൽ സ്ഥിതിചെയ്യുന്ന കലകളെക്കുറിച്ച് ഇനി നമുക്ക് നോക്കാം. കലകളുടെ ഘടനയും ധർമവും അവ സ്ഥിതി ചെയ്യുന്ന ഭാഗത്തെ ആശ്രയിച്ചിരിക്കുന്നു. കലകളുടെ ഘടനയ്ക്കും അവ കാണപ്പെടുന്ന സ്ഥാനങ്ങൾക്കുമനുസരിച്ച് കലകളുടെ വ്യവസ്ഥ മൂന്ന് തരത്തിലുണ്ട്. ഉപരിവൃതി കലകളുടെ വ്യവസ്ഥ (Epidermal tissue system), അടിസ്ഥാന കലകളുടെ വ്യവസ്ഥ (Ground or Fundamental Tissue system), സംവഹന കലകളുടെ വ്യവസ്ഥ (Vascular or conducting tissue system).

6.2.1 ഉപരിവൃതി കലകളുടെ വ്യവസ്ഥ

സസ്യശരീരത്തെ മുഴുവൻ ആവരണം ചെയ്തു കാണുന്നതാണ് ഉപരിവൃതി കലകളുടെ വ്യവസ്ഥ. ഇതിൽ ഉപരിവൃതി കോശങ്ങൾ, ആസ്യരന്ധ്രങ്ങൾ, ഉപരിവൃതി ഉപാംഗങ്ങളായ ട്രൈക്കോമുകൾ, രോമങ്ങൾ എന്നിവ ഉൾപ്പെടുന്നു. പ്രാഥമിക സസ്യശരീരത്തിന്റെ ഏറ്റവും പുറമെയുള്ള ആവരണമാണ് **ഉപരിവൃതി (Epidermis)**. തുടർച്ചയായി കാണപ്പെടുന്ന ഈ പാളി നീണ്ടതും ചേർന്നിരിക്കുന്നതുമായ കോശങ്ങൾ കൊണ്ടാണ് ഉണ്ടാക്കിയിരിക്കുന്നത്. ഉപരിവൃതി സാധാരണയായി ഒരു പാളി മാത്രമുള്ളതാണ്. കോശഭിത്തിക്കടുത്തായി വളരെക്കുറച്ച് കോശദ്രവ്യവും ഒരു വലിയ ഫേനവുമുള്ള പാരൻകൈമ കോശങ്ങളാണ് ഉപരിവൃതി കലകളിൽ കാണപ്പെടുന്നത്. ഉപരിവൃതിക്ക് പുറത്ത് **ക്യൂട്ടിക്കിൾ** എന്നറിയപ്പെടുന്ന കട്ടിയുള്ള ഒരു മെഴുക് പാളിയുണ്ട്. ഇത് ഇലയിൽ നിന്നുള്ള ജലനഷ്ടം

തടയുന്നു. വേരുകളിൽ ക്യൂട്ടിക്കിൾ കാണാറില്ല. ഇലകളുടെ ഉപരിവൃതിയിൽ കാണുന്ന ഭാഗങ്ങളാണ് **ആസ്യരന്ധ്രങ്ങൾ (Stomata)**. സസ്യസ്വേദനവും, വാതക വിനിമയവും നിയന്ത്രിക്കുന്നത് ആസ്യരന്ധ്രങ്ങളാണ്. ഓരോ ആസ്യരന്ധ്രത്തിനും (Stoma) പയറിന്റെ ആകൃതിയിലുള്ള രണ്ട് **കാവൽ കോശങ്ങൾ (Guard cells)** ഉണ്ട്. ഇവ ആസ്യരന്ധ്ര വിടവിന്റെ (Stomatal pore) ഇരുവശത്തും കാണപ്പെടുന്നു. പുല്ലുവർഗ സസ്യങ്ങളിൽ ഇവ ഡമ്പ്ബെല്ലിന്റെ (Dumb bell) ആകൃതിയിലാണ്. കാവൽ കോശങ്ങളുടെ പുറംഭിത്തി (ആസ്യരന്ധ്ര വിടവുകളിൽ നിന്ന് അകന്നുള്ളത്) കട്ടികുറഞ്ഞതും അകംഭിത്തി (ആസ്യരന്ധ്രവിടവുകളോട് ചേർന്നുള്ളത്) കട്ടികൂടിയതുമാണ്. കാവൽ കോശങ്ങളിൽ ഹരിതകം കാണപ്പെടുന്നു. ആസ്യരന്ധ്രങ്ങൾ അടയുന്നതും തുറക്കുന്നതും നിയന്ത്രിക്കുന്നത് കാവൽ കോശങ്ങളാണ്. ചിലപ്പോൾ, ഉപരിവൃതിയിൽ കാവൽ കോശങ്ങളുടെ ചുറ്റുമായി കാണപ്പെടുന്ന ചില കോശങ്ങൾ അവയുടെ വലുപ്പത്തിലും ആകൃതിയിലും വ്യത്യസ്തത പുലർത്തുന്നു. ഇവ **സബ്സിഡിയറി കോശ**ങ്ങളെന്നറിയപ്പെടുന്നു. ആസ്യരന്ധ്രവിടവും, കാവൽ കോശങ്ങളും, അവയ്ക്ക് ചുറ്റുമുള്ള സബ്സിഡിയറി കോശങ്ങളും ചേർന്നതാണ് **ആസ്യരന്ധ്ര അപ്പാരറ്റസ് (Stomatal apparatus)** (ചിത്രം 6.4).

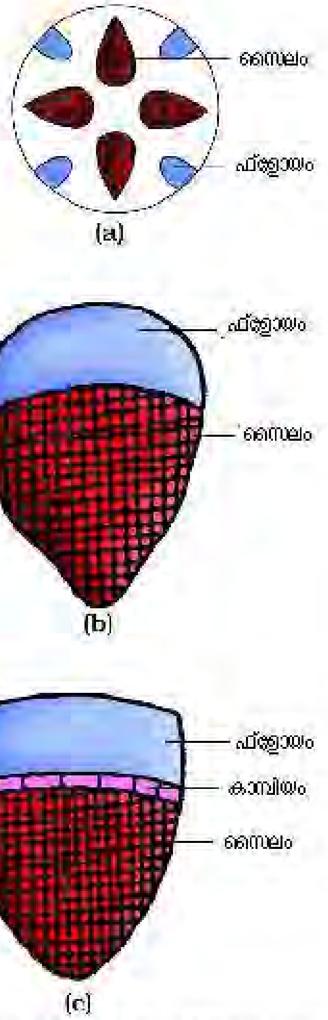
ചിത്രം 6.4 രേഖീയ ചിത്രം (a) പയറിന്റെ ആകൃതിയിലുള്ള കാവൽ കോശങ്ങളോടു കൂടിയ ആസ്യരന്ധ്രങ്ങൾ. (b) ഡമ്പ്ബെല്ലിന്റെ ആകൃതിയിലുള്ള കാവൽ കോശങ്ങളോടു കൂടിയ ആസ്യരന്ധ്രങ്ങൾ.

ഉപരിവൃതി കോശങ്ങളിൽ ധാരാളം രോമങ്ങൾ കാണപ്പെടുന്നു. വേരിലെ ഉപരിവൃതിയിൽ നിന്ന് പുറത്തേക്ക് നീണ്ടു കാണപ്പെടുന്ന ഏകകോശ **മൂലലോമങ്ങൾ (Root hairs)**, മണ്ണിൽ നിന്ന് ജലവും ലവണങ്ങളും ആഗിരണം ചെയ്യാൻ സഹായിക്കുന്നു. കാണ്ഡത്തിൽ കാണപ്പെടുന്ന ഉപരിവൃതി രോമങ്ങൾ **ട്രൈക്കോമുകൾ (Trichomes)** എന്നറിയപ്പെടുന്നു. ട്രൈക്കോമുകൾ സാധാരണയായി ബഹുകോശനിർമിതമാണ്. അവ ശാഖകളുള്ളവയോ ശാഖകളില്ലാത്തവയോ ആയിരിക്കും. ട്രൈക്കോമുകൾ മൃദുവോ കാഠിന്യമുള്ളവയോ ആകാം. ചിലത് സ്രവങ്ങൾ ഉൽപ്പാദിപ്പിക്കുവാൻ കഴിവുള്ളതാകാം. സസ്യസ്വേദനത്തിലൂടെയുള്ള ജലനഷ്ടം തടയുന്നതിന് ട്രൈക്കോമുകൾ സഹായിക്കുന്നു.

6.2.2 അടിസ്ഥാനകലകളുടെ വ്യവസ്ഥ (The Ground Tissue System)

ഉപരിവൃതിയും സംവഹനനാളീവ്യൂഹങ്ങളുമൊഴികെ ബാക്കി എല്ലാ കലകളും ചേർന്നതാണ് **അടിസ്ഥാനകലകളുടെ വ്യവസ്ഥ**. ലഘുകലകളായ പാരൻകൈമ, കോളൻകൈമ, സ്ക്ലീറൻകൈമ എന്നിവ ചേർന്നാണ് അടിസ്ഥാനകലകൾ

നിർമിച്ചിരിക്കുന്നത്. കോർട്ടെക്സ്, പെരിസൈക്കിൾ, പിത്ത്, മെഡുല്ലറി റേകൾ, പ്രാഥമിക കാണ്ഡം, വേര് എന്നിവിടങ്ങളിലെല്ലാം പാരൻകൈമ കോശങ്ങൾ കാണപ്പെടുന്നു. ഇലകളിൽ നേർത്ത കോശഭിത്തിയോടുകൂടിയ കോശങ്ങളാണ് അടിസ്ഥാന കലകളിൽ ഉള്ളത്. ഹരിതകം അടങ്ങിയ ഈ കോശങ്ങൾ **മീസോഫിൽ** എന്നറിയപ്പെടുന്നു.



ചിത്രം 6.5 വ്യത്യസ്തതരം സംവഹനനാളീവ്യൂഹങ്ങൾ: (a) റേഡിയൽ (b) കൺജോയിന്റ് (അടഞ്ഞത്) (c) കൺജോയിന്റ് (തുറന്നത്)

6.2.3 സംവഹന കലകളുടെ വ്യവസ്ഥ (The Vascular Tissue System)

സംവഹനവ്യവസ്ഥ സങ്കീർണകലകളായ സൈലവും ഫ്ളോയവും കൊണ്ട് നിർമിച്ചിരിക്കുന്നു. സൈലവും ഫ്ളോയവും ഒരുമിച്ച് ചേർന്നാണ് സംവഹന നാളീവ്യൂഹം ഉണ്ടാക്കിയിരിക്കുന്നത് (Vascular bundles) (ചിത്രം 6.5). ദ്വിബീജപത്രസസ്യങ്ങളുടെ കാണ്ഡത്തിൽ ഫ്ളോയത്തിനും സൈലത്തിനുമിടയിൽ **കാമ്പിയം (Cambium)** കാണപ്പെടുന്നു. കാമ്പിയം ഉള്ള ഇത്തരം സംവഹന നാളീവ്യൂഹത്തിന് ദ്വിതീയ സൈലം കലകളെയും ദ്വിതീയ ഫ്ളോയം കലകളെയും നിർമിക്കാനുള്ള കഴിവുണ്ട്. അതിനാൽ അവ **തുറന്ന സംവഹന നാളീവ്യൂഹങ്ങൾ (Open Vasular bundles)** എന്നറിയപ്പെടുന്നു. ഏകബീജപത്രസസ്യങ്ങളുടെ സംവഹന നാളീവ്യൂഹത്തിൽ കാമ്പിയം കാണപ്പെടുന്നില്ല. അതിനാൽ ഏകബീജപത്രസസ്യങ്ങൾ ദ്വിതീയ കലകൾ നിർമിക്കുന്നില്ല. ഇവ **അടഞ്ഞ സംവഹന നാളീവ്യൂഹങ്ങൾ (Closed Vascular bundle)** എന്നറിയപ്പെടുന്നു. ഒരു സംവഹന നാളീവ്യൂഹത്തിലെ സൈലവും ഫ്ളോയവും ഒരു വൃത്തത്തിന്റെ വ്യത്യസ്ത ആരങ്ങളിൽ ഒന്നിടവിട്ട് ക്രമീകരിച്ചിരിക്കുന്ന രീതിയാണ് വേരുകളിലുള്ളത്. ഈ ക്രമീകരണം **റേഡിയൽ (Radial)** എന്നറിയപ്പെടുന്നു. സൈലവും ഫ്ളോയവും സംവഹന നാളീവ്യൂഹത്തിൽ ഒരേ ആരത്തിൽ ഒരുമിച്ച് സ്ഥിതി ചെയ്യുകയാണെങ്കിൽ **കൺജോയിന്റ് (Conjoint)** എന്ന് പറയുന്നു. ഇത്തരം സംവഹന നാളീവ്യൂഹങ്ങൾ കാണ്ഡത്തിലും ഇലകളിലും സാധാരണമാണ്. കൺജോയിന്റ് സംവഹന നാളീവ്യൂഹങ്ങളിൽ സാധാരണയായി സൈലത്തിന് പുറത്തായാണ് ഫ്ളോയം സ്ഥിതി ചെയ്യുന്നത്.

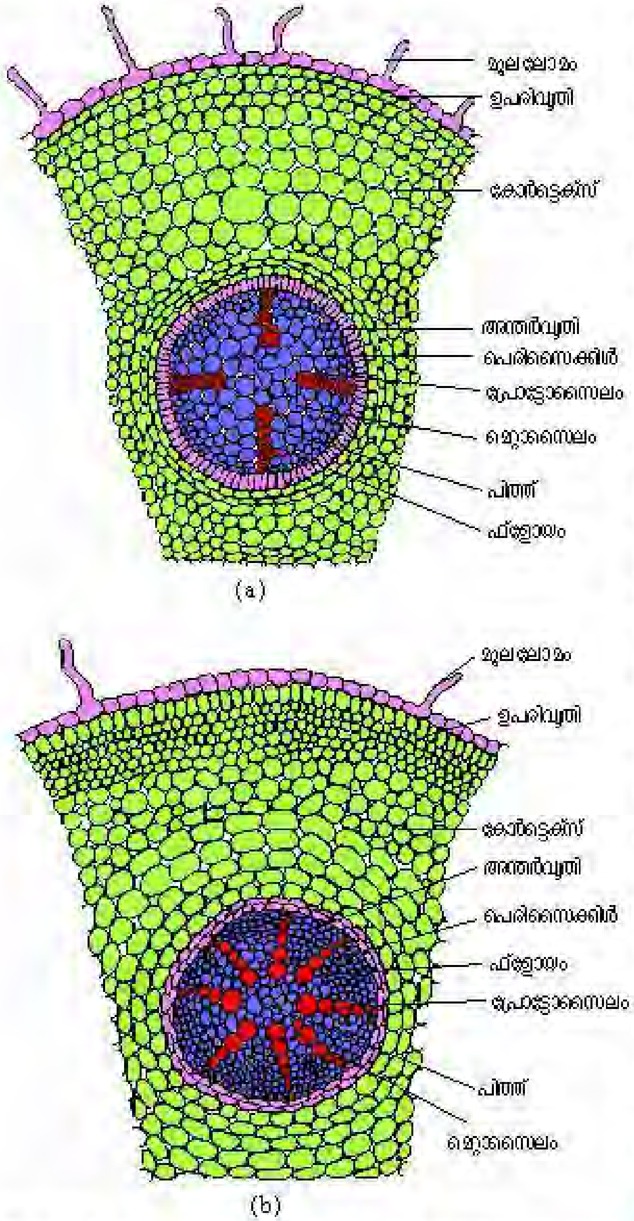
6.3 ദ്വിബീജപത്രസസ്യങ്ങളുടെയും ഏകബീജപത്രസസ്യങ്ങളുടെയും ആന്തരികഘടന

വേര്, കാണ്ഡം, ഇലകൾ എന്നിവയിലെ കലകളുടെ ക്രമീകരണം നന്നായി മനസ്സിലാക്കുന്നതിന് ഇവയുടെ വളർച്ചയെത്തിയ ഭാഗങ്ങളുടെ കുറുകെയുള്ള ഛേദം പഠിക്കുന്നത് സഹായിക്കും.

6.3.1 ദ്വിബീജപത്രസസ്യങ്ങളുടെ വേര്

ചിത്രം 6.6 (a) നിരീക്ഷിക്കൂ; ഒരു സൂര്യകാന്തിച്ചെടിയുടെ വേരിന്റെ കുറുകെയുള്ള ഛേദം കാണിക്കുന്ന ചിത്രമാണിത്. ഉള്ളിലെ കലകളുടെ ക്രമീകരണം താഴെ പറയുന്ന രീതിയിലാണ്:

ഏറ്റവും പുറമെ **ഉപരിവൃതി (Epiblema)** കാണപ്പെടുന്നു. മിക്ക ഉപരിവൃതി കോശങ്ങളും ഏകകോശ മൂലലോമങ്ങളായി പുറത്തേക്കു തള്ളിനിൽക്കുന്നു. നേർത്ത കോശഭിത്തിയോടു കൂടിയ പാരൻകൈമ കോശങ്ങളുടെ ധാരാളം നിരകൾ ചേർന്നതാണ് **കോർട്ടെക്സ് (Cortex)**. ഈ കോശങ്ങൾക്കിടയിൽ കോശാന്തരസ്ഥലം കാണപ്പെടുന്നു. കോർട്ടെക്സിന്റെ ഏറ്റവും ഉള്ളിലുള്ള പാളിയാണ് **അന്തർവൃതി (Endodermis)**. അന്തർവൃതിയിൽ വീപ്പയുടെ ആകൃതിയിലുള്ള കോശങ്ങൾ കോശാന്തരസ്ഥലങ്ങളില്ലാതെ ഒറ്റ നിരയായി അടുക്കി വച്ചിരിക്കുന്നു. അന്തർവൃതി കോശങ്ങളുടെ നെടുകെയും കുറുകെയുമുള്ള കോശഭിത്തിയിൽ ജലത്തിന് കടന്നുപോകാൻ കഴിയാത്ത സൂബറിൻ എന്ന മെഴുകുപോലുള്ള പദാർഥം അടിഞ്ഞുകൂടിയിരിക്കുന്നു. ഇതാണ് **കാസ്പേറിയൻ സ്ട്രിപ്പുകൾ (Casparian Strips)**. അന്തർവൃതിക്ക് ഉള്ളിലായി കട്ടിയുള്ള കോശഭിത്തിയോടുകൂടിയ പാരൻകൈമ കോശങ്ങളുടെ ഏതാനും നിരകൾ കാണപ്പെടുന്നു. ഇതാണ് **പെരിസൈക്കിൾ (Pericycle)**. ദ്വിതീയ വളർച്ചാഘട്ടത്തിൽ പാർശ്വവേരുകൾ, വാസ്കുലാർ കാമ്പിയം എന്നിവയുടെ ഉത്ഭവം പെരിസൈക്കിളിൽ നിന്നാണ്. പിത്ത് വളരെ ചെറുതാണ്. സൈലത്തിനും ഫ്ളോയത്തിനുമിടയിൽ കാണപ്പെടുന്ന പാരൻകൈമ കോശങ്ങളാണ് **കൺജക്ടീവ് കലകൾ (Conjuctive tissue)**. സാധാരണയായി സൈലത്തിന്റെയും ഫ്ളോയത്തിന്റെയും രണ്ടു മുതൽ നാലുവരെ ശകലങ്ങൾ കാണപ്പെടുന്നു. പിന്നീട് വളർച്ചയുടെ ഘട്ടത്തിൽ സൈലത്തിനും ഫ്ളോയത്തിനുമിടയിൽ കാമ്പിയംവലയം വികസിക്കുന്നു. അന്തർവൃതിക്കുള്ളിലുള്ള എല്ലാ കലകളും, അതായത് പെരിസൈക്കിൾ, സംവഹന വ്യൂഹങ്ങൾ, പിത്ത് എല്ലാം ചേർന്ന് **സ്റ്റീൽ (Stele)** എന്നറിയപ്പെടുന്നു.



ചിത്രം 6.6 കുറുകെയുള്ള ഛേദം : (a) ദ്വിബീജപത്രസസ്യത്തിന്റെ വേര് (പ്രാഥമികം) (b) ഏകബീജപത്രസസ്യത്തിന്റെ വേര്

6.3.2 ഏകബീജപത്രസസ്യത്തിന്റെ വേര്

ഏകബീജപത്രസസ്യത്തിന്റെ വേരിന്റെ ആന്തരികഘടന ദ്വിബീജപത്രസസ്യത്തിന്റേതുമായി പല

രീതിയിലും സമാനത പുലർത്തുന്നു (ചിത്രം 6.6 b). അവയിൽ ഉപരിവൃതി, കോർട്ടെക്സ്, അന്തർവൃതി, പെരിസൈക്കിൾ, സംവഹനവ്യൂഹങ്ങൾ, പിത്ത് എന്നിവ കാണപ്പെടുന്നു. വളരെക്കുറച്ച് സൈലംവ്യൂഹങ്ങൾ മാത്രമുള്ള ദ്വിബീജപത്രസസ്യങ്ങളെ അപേക്ഷിച്ച് ഏകബീജപത്രസസ്യങ്ങളുടെ വേരിൽ ആറിലധികം (Polyarch) സൈലംവ്യൂഹങ്ങളുണ്ട്. പിത്ത് വലുതും വികാസം പ്രാപിച്ചവയുമാണ്. ഏകബീജപത്രസസ്യങ്ങളുടെ വേരുകൾ ദ്വിതീയ വളർച്ചയ്ക്ക് വിധേയമാകാറില്ല.

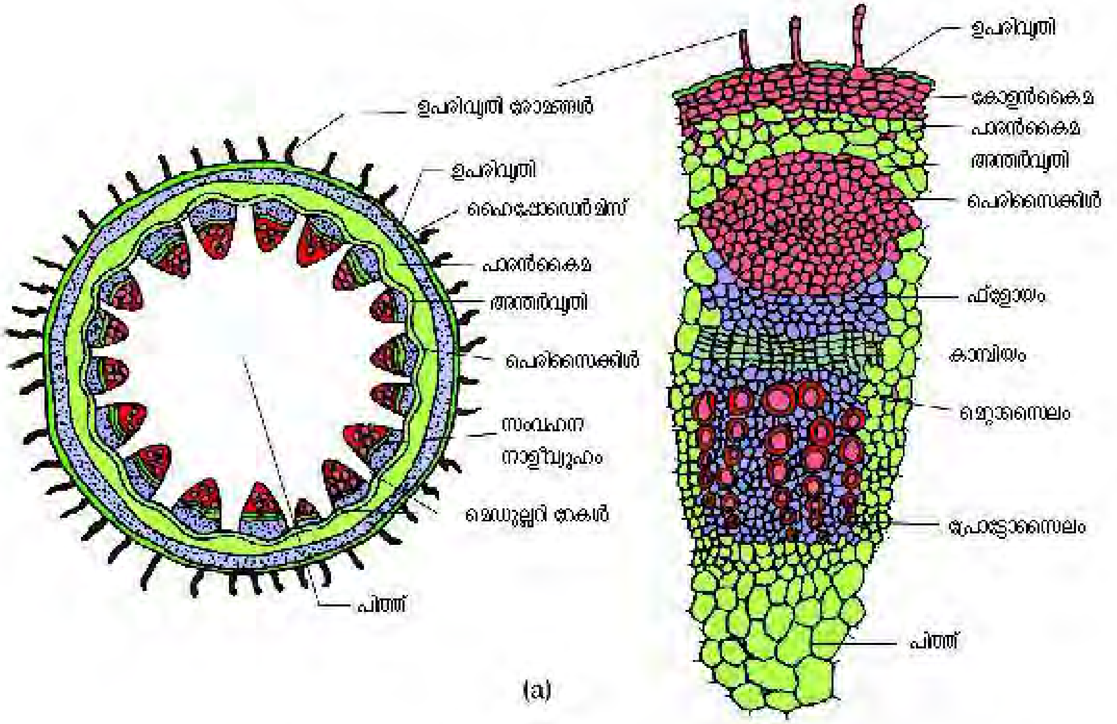
6.3.3 ദ്വിബീജപത്രസസ്യങ്ങളുടെ കാണ്ഡം

വളർച്ച പൂർത്തിയാകാത്ത ഒരു ദ്വിബീജപത്രസസ്യ കാണ്ഡത്തിന്റെ കുറുകെയുള്ള ഛേദത്തിൽ കാണ്ഡത്തിന്റെ ഏറ്റവും പുറമെയുള്ള സംരക്ഷണപാളി **ഉപരിവൃതിയാണ് (Epidermis)** എന്ന് കാണാം (ചിത്രം 6.7 a). ക്യൂട്ടിക്കിൾകൊണ്ട് നേർത്ത ആവരണം ചെയ്തിരിക്കുന്ന ഉപരിവൃതിയിൽ ട്രൈക്കോമുകളും ഏതാനും ആസ്യരന്ധ്രങ്ങളും കാണപ്പെടുന്നു. ഉപരിവൃതിക്കും പെരിസൈക്കിളിനുമിടയിൽ കാണപ്പെടുന്ന കോശങ്ങളുടെ അനേകം നിരകളാണ് കോർട്ടെക്സ്. അതിൽ മൂന്നു സബ്-സോണുകൾ ഉൾപ്പെടുന്നു. ഏറ്റവും പുറമേയുള്ളത് ഉപരിവൃതി കോശങ്ങൾക്ക് തൊട്ടുതാഴെ കാണുന്ന കോളൻകൈമ കോശങ്ങളുടെ കുറച്ച് നിരകളാണ്. ഇതാണ് **ഹൈപ്പോഡെർമിസ് (Hypodermis)**. ഇവ ഇളംകാണ്ഡങ്ങൾക്ക് ബലം നൽകുന്നു. ഹൈപ്പോഡെർമിസിന് താഴെ വൃത്താകൃതിയിലും നേർത്ത കോശഭിത്തിയുമുള്ള പാരൻകൈമ കോശങ്ങളുടെ നിരകളാണ് **കോർട്ടിക്കൽ നിരകൾ**. ഇവിടെ കോശാന്തര സ്ഥലങ്ങൾ വ്യക്തമാണ്. ഏറ്റവും ഉള്ളിലായി കാണുന്ന നിരയാണ് **അന്തർവൃതി (Endodermis)**. അന്തർവൃതി കോശങ്ങളിൽ അന്നജം ധാരാളമായി കാണപ്പെടുന്നതിനാൽ ഈ നിര **സ്റ്റാർച്ച് ഷീത്ത് (Starch sheath)** എന്നും അറിയപ്പെടുന്നു. അന്തർവൃതിക്കുള്ളിൽ, ഫ്ളോയത്തിനു മുകളിലായി അർധചന്ദ്രാകൃതിയിൽ ശകലങ്ങളായി കാണപ്പെടുന്ന സ്ക്ലീറൻകൈമ കോശങ്ങളാണ് **പെരിസൈക്കിൾ**. സംവഹന വ്യൂഹങ്ങൾക്കിടയിൽ പാർശ്വസ്ഥമായി കാണപ്പെടുന്ന പാരൻകൈമ കോശസമൂഹമാണ് **മെഡുല്ലറി റേകൾ (Medullary rays)**. ധാരാളം **സംവഹന നാളീവ്യൂഹങ്ങൾ** വലയ രൂപത്തിൽ ക്രമീകരിച്ചിരിക്കുന്നു. സംവഹന നാളീവ്യൂഹങ്ങളുടെ ഈ 'വലയ' രൂപത്തിലെ ക്രമീകരണം ദ്വിബീജപത്രസസ്യങ്ങളുടെ കാണ്ഡത്തിന്റെ സവിശേഷതയാണ്. ഓരോ സംവഹന നാളീവ്യൂഹവും തുറന്നവയും കൺജോയിന്റുമാണ്. ഇവയിൽ എൻഡാർക്ക് പ്രോട്ടോസൈലം കാണപ്പെടുന്നു. വൃത്താകൃതിയിലുള്ള ധാരാളം പാരൻകൈമ കോശങ്ങൾ കാണ്ഡത്തിന്റെ മധ്യഭാഗത്ത് കാണപ്പെടുന്നു. ഇവയ്ക്കിടയിൽ വലിയ കോശാന്തരസ്ഥലങ്ങൾ കാണുന്നു. ഇതാണ് **പിത്ത്.**

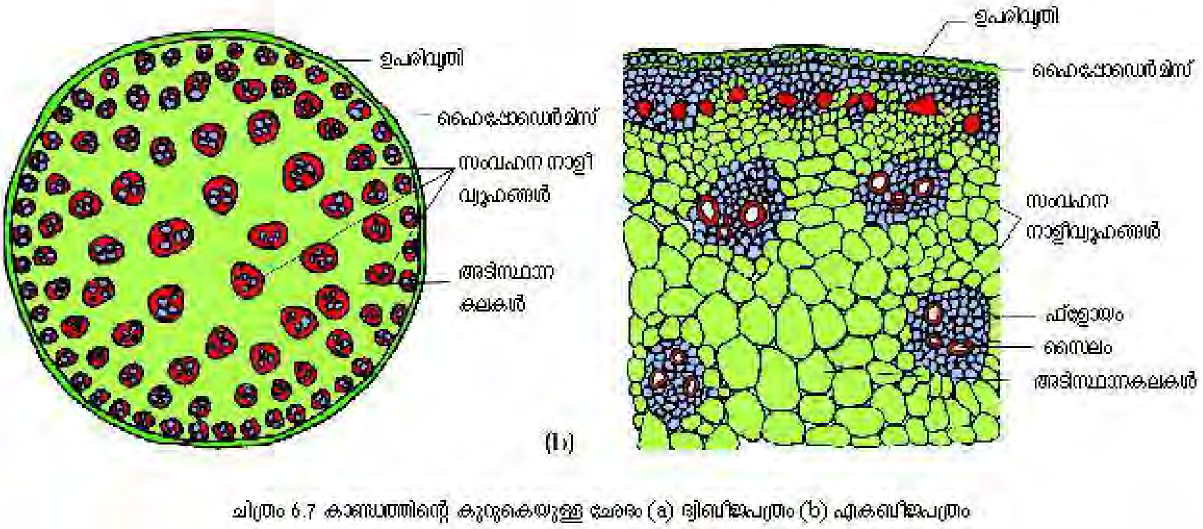
6.3.4 ഏകബീജപത്രസസ്യങ്ങളുടെ കാണ്ഡം

ഏകബീജപത്രസസ്യത്തിന്റെ കാണ്ഡത്തിൽ സ്ക്ലീറൻകൈമ കൊണ്ടുള്ള ഹൈപ്പോഡെർമിസ്, ചിതറിക്കിടക്കുന്നതും സ്ക്ലീറൻകൈമ നിർമിതമായ ബൻഡിൽ ഷീത്ത് കൊണ്ട് ആവരണം ചെയ്തതുമായ ധാരാളം സംവഹന നാളീവ്യൂഹങ്ങൾ,

വലുതും വ്യക്തവും പാരൻകൈമ നിർമിതവുമായ അടിസ്ഥാനകലകൾ എന്നിവ കാണപ്പെടുന്നു (ചിത്രം 6.7b). സംവഹന നാളീവ്യൂഹങ്ങൾ അടഞ്ഞതും കൺജോയിന്റുമാണ്. വശങ്ങളിലേക്ക് കാണപ്പെടുന്ന സംവഹന നാളീവ്യൂഹങ്ങൾ മധ്യഭാഗത്ത് കാണപ്പെടുന്നവയെക്കാൾ ചെറുതാണ്. ഫ്ളോയംപാരൻകൈമ ഇല്ല, കൂടാതെ സംവഹന നാളീവ്യൂഹങ്ങൾക്കുള്ളിൽ ജലം നിറഞ്ഞ അറകൾ കാണപ്പെടുന്നു.



(a)

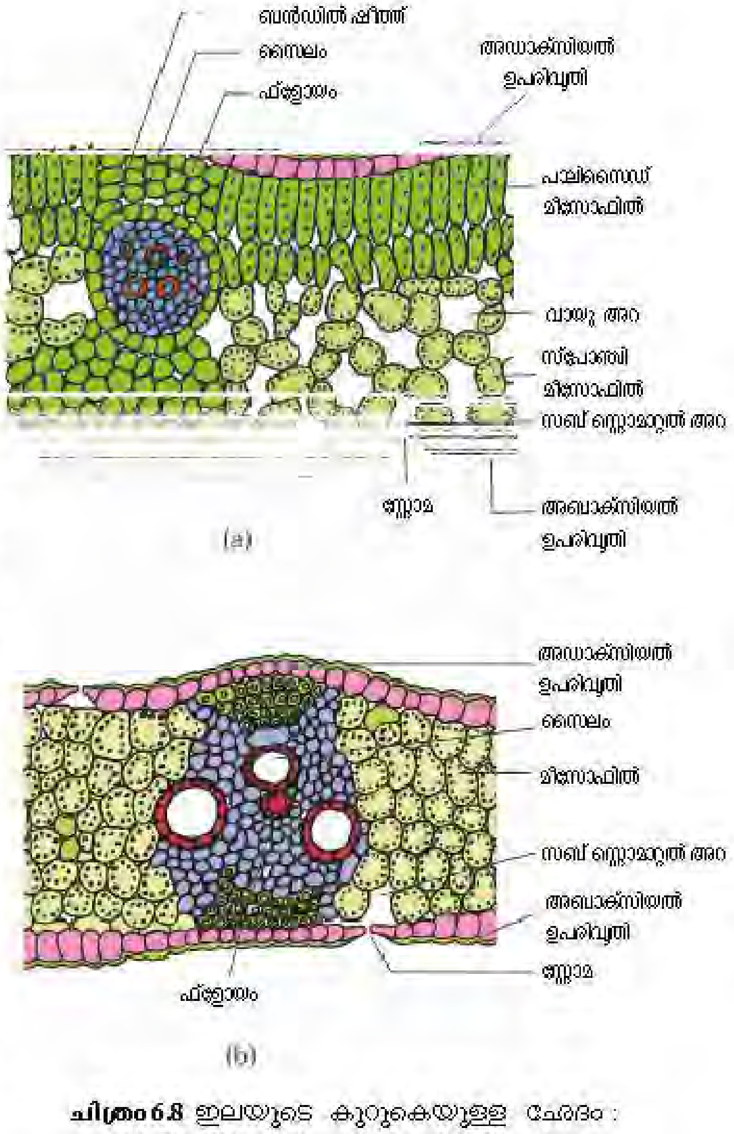


(b)

ചിത്രം 6.7 കാണ്ഡത്തിന്റെ കുറുകെയുള്ള ഛേദം (a) ദ്വിബീജപത്രം (b) ഏകബീജപത്രം

6.3.5 ഉപരിതല അധോതല ഭിന്നമായ (ദ്വിബീജപത്രസസ്യ) ഇല

ഉപരിതല അധോതല ഭിന്നമായ (Dorsiventral) ഇലയുടെ ലംബമായ ഛേദം മൂന്ന് പ്രധാന ഭാഗങ്ങൾ കാണിക്കുന്നു-ഉപരിവൃതി, മീസോഫിൽ, സംവഹന വ്യവസ്ഥ. ഇലയുടെ മുകൾഭാഗവും (അഡാക്സിയൽ ഉപരിവൃതി) താഴ്ഭാഗവും (അബാക്സിയൽ ഉപരിവൃതി) സംരക്ഷിക്കുന്ന **ഉപരിവൃതിക്ക്** വ്യക്തമായ ക്യൂട്ടിക്കിൾ ആവരണമുണ്ട്. അബാക്സിയൽ ഉപരിവൃതിയിൽ അഡാക്സിയൽ ഉപരിവൃതിയിലുള്ളതിനേക്കാൾ കൂടുതൽ ആസ്യരന്ധ്രങ്ങളുണ്ട്. ചിലപ്പോൾ അഡാക്സിയൽ ഉപരിവൃതിയിൽ ആസ്യരന്ധ്രങ്ങൾ കാണാറില്ല. മുകളിലും താഴെയും ഉള്ള ഉപരിവൃതികൾക്കിടയിൽ കാണുന്ന കലകളാണ് **മീസോഫിൽ (Mesophyll)**. പ്രകാശസംശ്ലേഷണം നടത്തുന്ന പാരൻകൈമ കോശങ്ങളാണ് മീസോഫിലിൽ ഉള്ളത്. ഈ കോശങ്ങളിൽ ഹരിതകം ഉണ്ട്. മിസോഫിലിൽ രണ്ടുതരം കോശങ്ങളുണ്ട്- **പാലിസൈഡ് പാരൻകൈമയും സ്പോഞ്ചി പാരൻകൈമയും**. അഡാക്സിയൽ ഭാഗത്ത് കാണുന്ന പാലിസൈഡ് പാരൻകൈമയിൽ ലംബമായി വിന്യസിച്ചിരിക്കുന്ന നീളമുള്ള കോശങ്ങൾ കാണപ്പെടുന്നു. ഇവിടെ കോശങ്ങൾ സമാന്തരമായി ക്രമീകരിച്ചിരിക്കുന്നു. ദീർഘവൃത്താകൃതിയിലോ, വൃത്താകൃതിയിലോ അയഞ്ഞ രീതിയിൽ ക്രമീകരിച്ചിരിക്കുന്ന സ്പോഞ്ചി പാരൻകൈമ, പാലിസൈഡ് കോശങ്ങൾക്ക് തൊട്ടുതാഴെ മുതൽ താഴെയുള്ള ഉപരിവൃതി വരെ നീണ്ടുകിടക്കുന്നു. ഈ കോശങ്ങൾക്കിടയിൽ ധാരാളം കോശാന്തര സ്ഥലങ്ങളും വലിയ വായു അറകളും കാണപ്പെടുന്നു. സിരകളിലും (Veins) മധ്യസിരയിലും (Midrib) കാണുന്ന സംവഹന നാളീവ്യൂഹങ്ങളുൾപ്പെടുന്നതാണ് **സംവഹന വ്യവസ്ഥ**. സംവഹന നാളീവ്യൂഹങ്ങളുടെ വലുപ്പം സിരകളുടെ വലുപ്പത്തെ ആശ്രയിച്ചിരിക്കുന്നു. ദ്വിബീജപത്രസസ്യങ്ങളിലെ ജാലികാ സിരാവിന്യാസത്തിലുള്ള (Reticulate venation) സിരകൾ വ്യത്യസ്ത വണ്ണത്തിലുള്ളവയാണ്. കട്ടിയുള്ള **ബൻഡിൽ ഷീത്ത് കോശങ്ങളാൽ** സംവഹന നാളീവ്യൂഹങ്ങൾ ചുറ്റപ്പെട്ടിരിക്കുന്നു. ചിത്രം 6.8 (a) നിരീക്ഷിച്ച് സംവഹന നാളീവ്യൂഹങ്ങളിൽ സൈലത്തിന്റെ സ്ഥാനം കണ്ടുപിടിക്കുക.



ചിത്രം 6.8 ഇലയുടെ കുറുകെയുള്ള ഛേദം :
(a) ദ്വിബീജപത്രം (b) ഏകബീജപത്രം

6.3.4 സമദ്വിപാർശ്വീയ (ഏകബീജപത്രസസ്യ) ഇല

സമദ്വിപാർശ്വീയ (Isobilateral) ഇലയുടെ ആന്തരികഘടനക്ക് ഉപരിതല അധോതല ഭിന്നമായ ഇലയുടേതുമായി പലവിധത്തിലും സാമ്യമുണ്ട്. ഇനി പറയുന്ന വ്യതിയാനങ്ങൾ ഇവയുടെ സവിശേഷതകളാണ്. ഒരു സമദ്വിപാർശ്വീയ ഇലയുടെ രണ്ടു ഉപരിവൃതിയിലും ആസ്യരന്ധ്രങ്ങൾ കാണപ്പെടുന്നു. പാലിസെഡ്, സ്പോഞ്ചി എന്നിങ്ങനെ ഇവയുടെ മീസോഫിൽ വേർതിരിച്ചിട്ടില്ല (ചിത്രം 6.8 b).

പുല്ല് വർഗങ്ങളിൽ, സിരകളോടു ചേർന്നുള്ള അഡാക്സിയൽ ഉപരിവൃതിയിലെ ചില കോശങ്ങൾ ശൂന്യമായ, നിറമില്ലാത്ത വലിയ കോശങ്ങളായി സ്വയം മാറുന്നു. ഇവ **ബുള്ളിഫോം കോശങ്ങൾ (Bulliform cells)** എന്നറിയപ്പെടുന്നു. ബുള്ളിഫോം കോശങ്ങൾ ജലം ആഗിരണം ചെയ്യുമ്പോൾ കോശങ്ങൾ വീർത്തതാകുകയും ഇലയുടെ ഉപരിതലം പ്രകടമാകുകയും ചെയ്യുന്നു. എന്നാൽ ജലദൗർലഭ്യമുണ്ടാകുമ്പോൾ ഇവയിൽ നിന്ന് ജലനഷ്ടം സംഭവിക്കുന്നു, കോശങ്ങൾ ചുളുങ്ങുന്നതിന്റെ ഫലമായി ഇല ഉള്ളിലേക്ക് ചുരുണ്ട് ജലനഷ്ടത്തിന്റെ അളവ് കുറയ്ക്കുന്നു.

ഏകബീജപത്രസസ്യങ്ങളിലെ സമാന്തരസിരാവിന്യാസം (Parallel venation) മൂലം എല്ലാ സംവഹന നാളീവ്യൂഹങ്ങളും ഏകദേശം ഒരേ വലുപ്പത്തിലുള്ളവയായിരിക്കും (ഇലകളുടെ ലംബമായ ഛേദത്തിൽ കാണുന്ന പ്രധാന സിരയിലൊഴികെ).

6.4 ദ്വിതീയ വളർച്ച

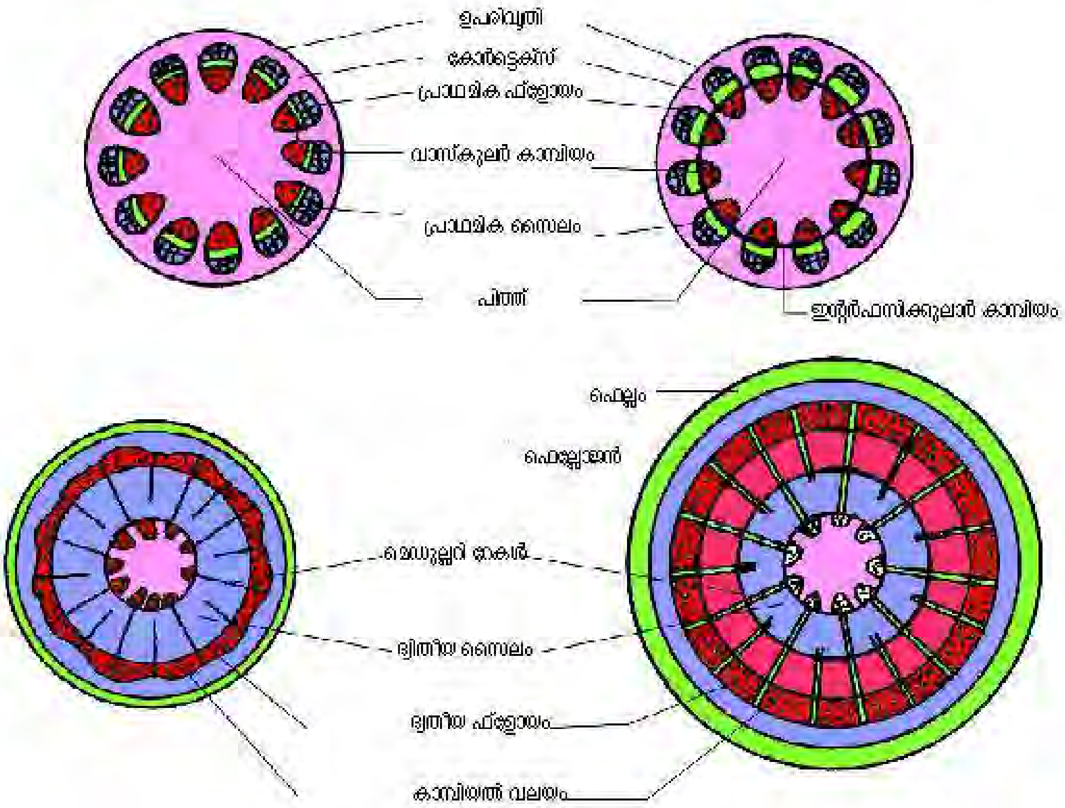
അഗ്രമെരിസ്റ്റത്തിന്റെ സഹായത്താൽ വേരിന്റേയും കാണ്ഡത്തിന്റേയും നീളം കൂടുന്ന വളർച്ചയാണ് പ്രാഥമിക വളർച്ച. എന്നാൽ ഇതിനു പുറമേ മിക്ക ദ്വിബീജപത്രസസ്യങ്ങളുടെയും വ്യാസം കൂടാറുണ്ട്. ഈ വളർച്ചയാണ് **ദ്വിതീയ വളർച്ച**. ദ്വിതീയ വളർച്ചയിലുൾപ്പെടുന്ന കലകൾ രണ്ടു **പാർശ്വ മെരിസ്റ്റമുകളാണ് – വാസ്കുലർ കാമ്പിയവും കോർക്ക് കാമ്പിയവും.**

6.4.1 വാസ്കുലർ കാമ്പിയം

സംവഹന കലകളായ സൈലവും ഫ്ളോയവും നിർമിക്കുന്നതിന് കാരണമാകുന്ന മെരിസ്റ്റമിക കലകളുടെ നിരയാണ് വാസ്കുലർ കാമ്പിയം. ഇളം കാണ്ഡത്തിൽ സൈലത്തിനും ഫ്ളോയത്തിനും ഇടയിൽ ഒറ്റ നിര ശകലങ്ങളായി കാമ്പിയം കാണപ്പെടുന്നു. പിന്നീട് അത് ഒരു പൂർണ വലയമായി മാറുന്നു.

6.4.1.1 കാമ്പിയൽ വലയത്തിന്റെ രൂപീകരണം

ദ്വിബീജപത്രസസ്യകാണ്ഡത്തിൽ പ്രാഥമിക സൈലത്തിനും പ്രാഥമിക ഫ്ളോയത്തിനുമിടയിൽ കാണുന്ന കാമ്പിയം കോശങ്ങളാണ് **ഇൻട്രാഫസിക്കുലാർ കാമ്പിയം (Intrafascicular cambium)**. ഇതിനോട് ചേർന്ന് കാണുന്ന മെഡുല്ലറി റേ (Medullary rays) കോശങ്ങൾ മെരിസ്റ്റമിക കോശങ്ങളായി മാറി **ഇന്റർഫസിക്കുലാർ കാമ്പിയം (Interfascicular cambium)** ഉണ്ടാകുന്നു. ഇങ്ങനെ കാമ്പിയത്തിന്റെ ഒരു പൂർണ വലയം രൂപപ്പെടുന്നു.



ചിത്രം6.9 ദ്വിബീജപത്രസസ്യങ്ങളുടെ കാണ്ഡത്തിലെ ദ്വിതീയ വളർച്ചാഘട്ടങ്ങളുടെ രേഖീയ ചിത്രീകരണം - കുറുകെയുള്ള ഛേദം.

6.4.1.2 കാമ്പിയൽ വലയത്തിന്റെ പ്രവർത്തനം

കാമ്പിയൽ വലയം സജീവമാകുകയും അകത്തേക്കും പുറത്തേക്കും പുതിയ കോശങ്ങൾ ഉണ്ടാക്കുകയും ചെയ്യുന്നു. പിത്തിലേക്ക് ഉണ്ടാക്കപ്പെടുന്ന കോശങ്ങൾ വികാസം പ്രാപിച്ച് **ദ്വിതീയ സൈലമായും** പുറത്തേക്ക് ഉണ്ടാക്കപ്പെടുന്ന കോശങ്ങൾ **ദ്വിതീയ ഫ്ളോയമായും** മാറുന്നു. കാമ്പിയം പൊതുവെ പുറത്തേക്ക് പ്രവർത്തിക്കുന്നതിനേക്കാൾ കൂടുതൽ സജീവമായി അകത്തേക്ക് പ്രവർത്തിക്കുന്നു. അതിനാൽ ദ്വിതീയ ഫ്ളോയത്തേക്കാൾ കൂടുതൽ ദ്വിതീയ സൈലം നിർമിക്കപ്പെടുകയും അവ അടുങ്ങിയ ഒരു പിണ്ഡമായി മാറുകയും ചെയ്യുന്നു. ദ്വിതീയ സൈലത്തിന്റെ തുടർച്ചയായ വളർച്ചയും അടിഞ്ഞുകൂടലും മൂലം പ്രാഥമിക, ദ്വിതീയഫ്ളോയം കലകൾ ഞെരുങ്ങി അമരുന്നു. എന്നാൽ പ്രാഥമിക സൈലം ഏറെക്കുറെ കേടുപാടുകളില്ലാതെ മധ്യഭാഗത്തായി നിലനിൽക്കുന്നു. ചിലയിടത്ത് കാമ്പിയം, പാരൻകൈമ കോശങ്ങളുടെ ഇടുങ്ങിയ പാളികൾ ഉണ്ടാക്കുകയും അവ ദ്വിതീയ സൈലം, ദ്വിതീയ ഫ്ളോയം എന്നിവയിലൂടെ വശങ്ങളിലേക്ക് നീളുകയും ചെയ്യുന്നു. ഇവയാണ് **ദ്വിതീയ മെഡുല്ലറി റേകൾ** (ചിത്രം 6.9).

6.4.1.3 വസന്ത കാതലും ശരത് കാതലും

ശരീരധർമ്മ പ്രവർത്തനങ്ങളുടെയും പാരിസ്ഥിതിക ഘടകങ്ങളുടെയും നിയന്ത്രണത്തിലാണ് കാമ്പിയത്തിന്റെ പ്രവർത്തനം നടക്കുന്നത്. ഉഷ്ണമേഖലാ പ്രദേശങ്ങളിൽ വർഷം മുഴുവൻ ഒരേതരം കാലാവസ്ഥയല്ല. വസന്തകാലത്ത് കാമ്പിയം കൂടുതൽ സജീവമായിരിക്കുകയും വീതിയേറിയ അറകളോടുകൂടിയ വെസ്സലുകളുള്ള സൈലം ധാരാളമായി നിർമിക്കുകയും ചെയ്യുന്നു. ഈ സമയത്തുണ്ടാകുന്ന തടിയാണ് **വസന്ത കാതൽ (Spring wood/Early wood)**. ശരത്കാലത്ത് കാമ്പിയം ഏറെ സജീവമാകാതിരിക്കുകയും ഇടുങ്ങിയ അറകളോടുകൂടിയ വെസ്സലുകളുള്ള സൈലം കുറച്ചു മാത്രം ഉണ്ടാക്കുകയും ചെയ്യുന്നു. ഇതാണ് **ശരത് കാതൽ (Autumn wood/Late wood).**

വസന്ത കാതൽ ഇളം നിറത്തിലുള്ളതും കുറഞ്ഞ സാന്ദ്രതയുള്ളതുമാണ്. എന്നാൽ ശരത് കാതൽ ഇരുണ്ടതും സാന്ദ്രത കൂടിയതുമാണ്. ഈ രണ്ടുതരം കാതലുകളും ചേർന്ന് ഒന്നിടവിട്ട് തീർക്കുന്ന വലയങ്ങൾ ചേരുന്നതാണ് **വാർഷിക വലയം (Annual ring).** മരം മുറിച്ചു കഴിയുമ്പോൾ അവയിൽ കാണുന്ന വാർഷിക വലയങ്ങൾ മരത്തിന്റെ പ്രായം നിർണയിക്കുന്നതിന് സഹായകമാണ്.

6.4.1.4 കാതലും വെള്ളയും

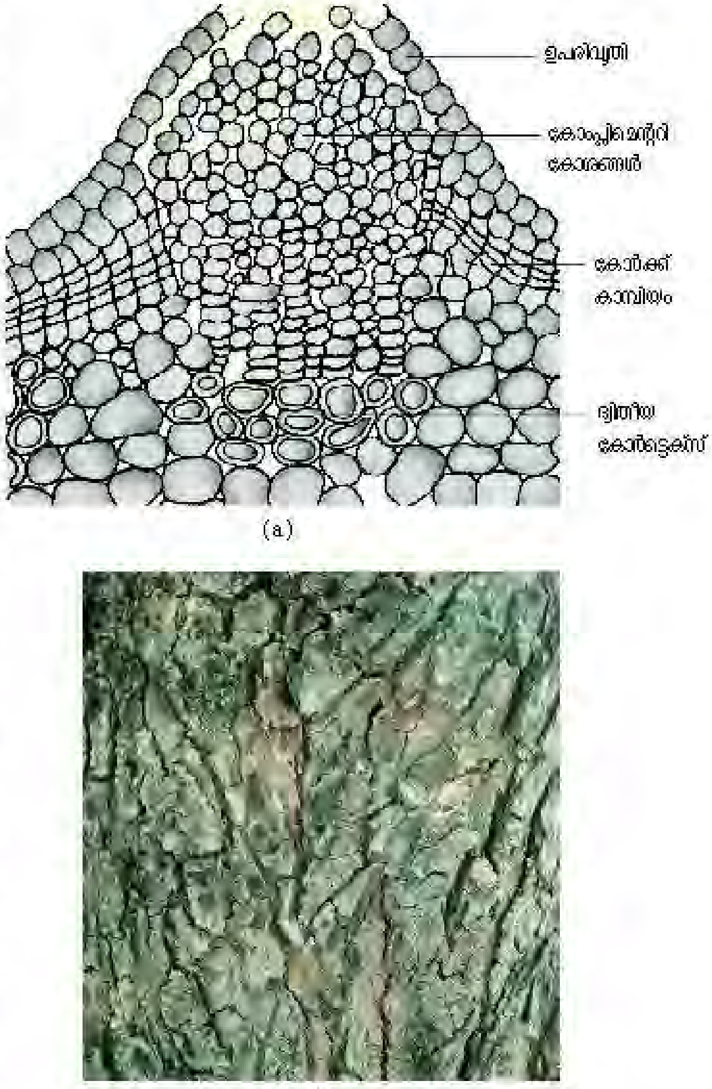
പ്രായമേറിയ മരങ്ങളിൽ, ദ്വിതീയ സൈലത്തിന്റെ വലിയൊരു ഭാഗത്തിന് ഇരുണ്ട തവിട്ട് നിറമാണുള്ളത്. ജൈവ പദാർഥങ്ങളായ ടാനിൻ, റെസിൻ, എണ്ണ, പശ, മണമുള്ള വസ്തുക്കൾ തുടങ്ങിയവ കാണ്ഡത്തിന്റെ മധ്യഭാഗത്തും അകത്തുള്ള പാളികളിലും സംഭരിക്കപ്പെടുന്നതിനാലാണിത്. ഇത്തരം വസ്തുക്കൾ ആ ഭാഗത്തെ കട്ടിയുള്ളതും ഈടുള്ളതും കീടങ്ങൾക്ക് ആക്രമിക്കാൻ കഴിയാത്ത രീതിയിൽ ബലമുള്ളതുമാക്കിത്തീർക്കുന്നു. കട്ടിയുള്ള ലിഗ്നിൻ നിർമിത കോശഭിത്തിയോടുകൂടിയ നിർജീവ ഘടകങ്ങളുൾപ്പെടുന്ന ഈ ഭാഗം **കാതൽ (Heartwood)** എന്നറിയപ്പെടുന്നു. കാതൽ ജലസംവഹനം നടത്തുന്നില്ല. എന്നാൽ ഇവ സസ്യകാണ്ഡത്തിന് ബലം നൽകുന്നു. ദ്വിതീയ സൈലത്തിന് പുറത്തുള്ള ഭാഗം ഇളം നിറത്തിലുള്ളതാണ്. ഇത് **വെള്ള (Sapwood)** എന്നറിയപ്പെടുന്നു. ഇത് വേരിൽ നിന്ന് ഇലകളിലേക്ക് ജലവും ധാതുക്കളും സംവഹനം നടത്തുന്നതിന് സഹായിക്കുന്നു.

6.4.2 കോർക്ക് കാമ്പിയം

വാസ്കുലാർ കാമ്പിയത്തിന്റെ പ്രവർത്തനഫലമായി സസ്യകാണ്ഡത്തിനുള്ളിൽ ദ്വിതീയ വളർച്ച നടക്കുന്നതുമൂലം ചെടിയുടെ വണ്ണം കൂടുന്നു. ഇത് പുറമേയുള്ള കോർട്ടെക്സ്, ഉപരിവൃതി എന്നിവയെ തകർക്കുന്നു. അതിനാൽ അവയ്ക്കു പകരം അവിടെ പുതിയ സംരക്ഷണ കലകളുണ്ടാകേണ്ടത് ആവശ്യമാണ്. ഇതിനായി കോർട്ടെക്സിലെ ചില സ്ഥിരകലകൾ മെരിസ്റ്റമാറ്റിക് ആയി മാറുന്നു. അവയാണ് **കോർക്ക് കാമ്പിയം** (Cork cambium) അഥവാ **ഫെല്ലോജൻ** (Phellogen). ഫെല്ലോജൻ രണ്ടുനിര കോശങ്ങളുടെ കട്ടിയുള്ള കലയാണ്. ഇടുങ്ങിയ, നേർത്ത കോശഭിത്തിയുള്ള ഇതിലെ കോശങ്ങൾ ദീർഘചതുരാകൃതിയിലുള്ളവയാണ്. ഇവ ഇരുവശത്തേക്കും കോശങ്ങൾ നിർമിക്കുന്നു. പുറത്തേക്ക് **ഫെല്ലം** (Phellem) അഥവാ **കോർക്ക്** (Cork), അകത്തേക്ക് **ഫെല്ലോഡേം** (Phelloderm) അഥവാ

ദ്വിതീയ കോർട്ടെക്സ് (Secondary cortex) എന്നീ കലകൾ രൂപപ്പെടുന്നു. കോർക്ക് കോശങ്ങളുടെ കോശഭിത്തിയിൽ സൂബറിൻ അടങ്ങിയിട്ടുള്ളതിനാൽ ജലം ഇതിലൂടെ കടന്നുപോകുന്നില്ല. ദ്വിതീയ കോർട്ടെക്സിൽ കാണുന്നത് പാരൻകൈമ കോശങ്ങളാണ്. ഫെല്ലം, ഫെല്ലോജൻ, ഫെല്ലോഡേം എന്നിവ ചേർന്ന് **പെരിഡേം** (Periderm) എന്നറിയപ്പെടുന്നു.

കോർക്ക്കാമ്പിയത്തിന്റെ തുടർച്ചയായ പ്രവർത്തനംമൂലം ഫെല്ലോജന് പുറമേയുള്ള കോശങ്ങളിൽ മർദമുണ്ടാകുന്നു. ഈ കോശങ്ങൾ കാലക്രമേണ നിർജീവമാകുകയും കൊഴിഞ്ഞുപോകുകയും ചെയ്യും. വാസ്കുലാർ കാമ്പിയത്തിനു പുറമേ കാണുന്ന വ്യത്യസ്തതരം കലകളെ മൊത്തമായി **പട്ട (ബാർക്ക്)** എന്നു വിളിക്കുന്നു. ഇതിൽ ദ്വിതീയ ഫ്ലോയവും ഉൾപ്പെടുന്നു. പെരിഡേം, ദ്വിതീയഫ്ലോയം തുടങ്ങിയ ധാരാളം കലകളെ ഒരുമിച്ച് പട്ട എന്നറിയപ്പെടുന്നു. ഓരോ ഋതുവിന്റെയും തുടക്കത്തിലുണ്ടാകുന്നത് **ഏർലി ബാർക്കും** (Early bark) അവസാനമുണ്ടാകുന്നത് **ലേറ്റ് ബാർക്കും** (Late or hard bark) ആണ്. *ബാർക്കിലുൾപ്പെടുന്ന വിവിധതരം കോശ നിരകളുടെ പേര് കണ്ടെത്തുക.*

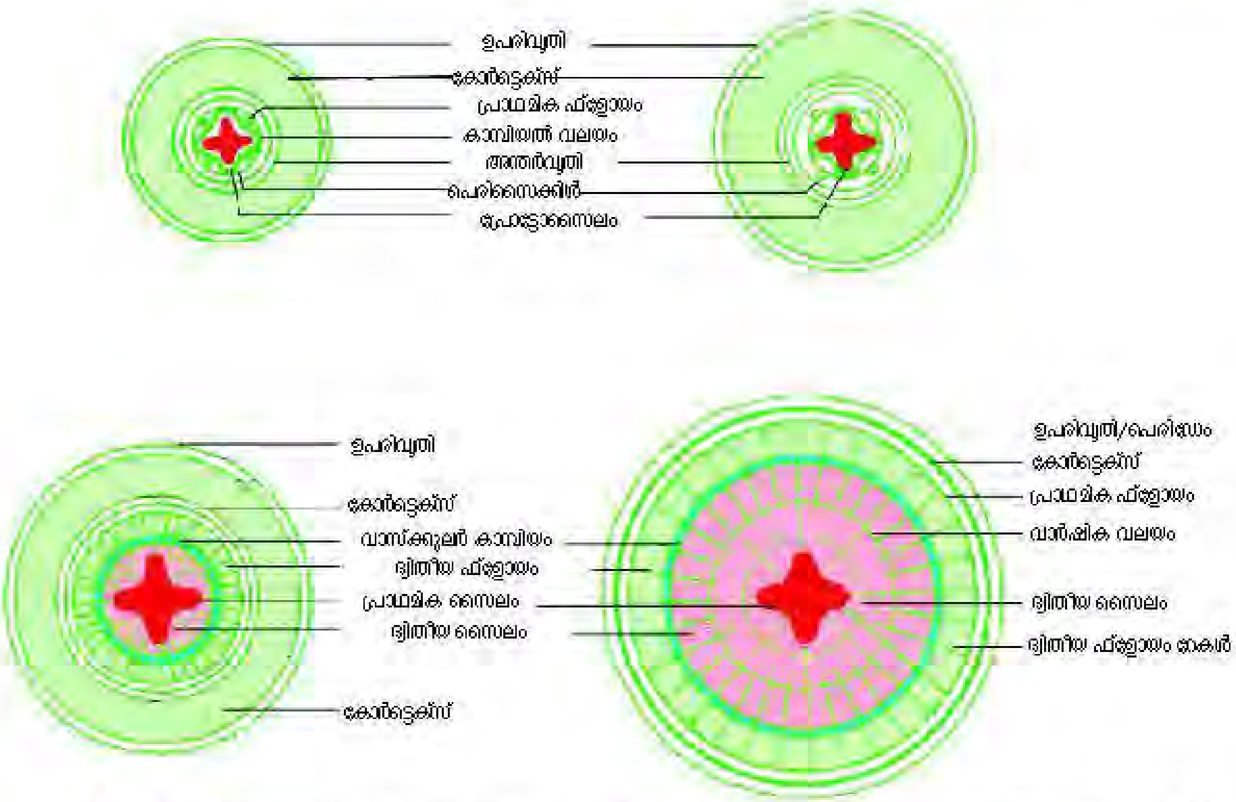


ചിത്രം 6.10 (a) ലെന്റിസെൽ (b) ബാർക്ക്

ഫെല്ലോജൻ ചിലയിടങ്ങളിൽ കോർക്ക് കോശങ്ങൾക്ക് പകരം പുറത്തേക്ക് അടുക്കി ക്രമീകരിച്ചിരിക്കുന്ന പാരൻകൈമ കോശങ്ങളെ നിർമിക്കുന്നു. ഈ പാരൻകൈമ കോശങ്ങൾ ഉപരിവൃതി കോശങ്ങളെ പൊട്ടിച്ച് ലെൻസിന്റെ ആകൃതിയിലുള്ള വിടവുകൾ ഉണ്ടാക്കുന്നു. ഇതാണ് **ലെന്റിസെല്ലുകൾ** (Lenticels). ഈ വിടവുകൾ കാണ്ഡത്തിനുൾവശവും അന്തരീക്ഷവും തമ്മിലുള്ള വാതക കൈമാറ്റം സുഗമമാക്കുന്നു. ഭൂരിഭാഗം വൻമരങ്ങളിലും ലെന്റിസെല്ലുകൾ കാണപ്പെടുന്നു (ചിത്രം 6.10).

6.4.3 വേരുകളിലെ ദ്വിതീയ വളർച്ച

ദ്വിബീജപത്രസസ്യങ്ങളിലെ വേരുകളിൽ വാസ്കുലർ കാമ്പിയം പൂർണമായും ദ്വിതീയമായാണ് ഉത്ഭവിക്കുന്നത്. പ്രോട്ടോസൈലത്തിന് മുകളിൽ കാണപ്പെടുന്ന പെരിസൈക്കിൾ കലയുടെ ഒരു ഭാഗത്ത് നിന്നും ഫ്ലോയത്തിന് താഴെ കാണപ്പെടുന്ന കലയിൽ നിന്നുമാണ് ഇത് ഉണ്ടാകുന്നത്. ഈ ഭാഗങ്ങൾ കൂടിച്ചേർന്ന്



ചിത്രം6.11 ദ്വിബീജപത്രസസ്യങ്ങളുടെ വേരുകളിലെ ദ്വിതീയ വളർച്ചയുടെ വിവിധ ഘട്ടങ്ങൾ

പൊങ്ങിയും താഴ്ന്നുമിരിക്കുന്ന (തരംഗാകൃതിയിലുള്ള) ഒരു വലയം (Wavy ring) ഉണ്ടാകുന്നു. ഇവ ഉള്ളിലേക്ക് സൈലവും പുറത്തേക്ക് ഫ്ളോയവും നിർമിച്ച് ഒരു പൂർണവലയമായി മാറുന്നു (ചിത്രം 6.11). തുടർന്ന് ദ്വിബീജപത്രസസ്യങ്ങളിലെ കാണ്ഡത്തിലേതുപോലെയുള്ള ദ്വിതീയ വളർച്ച നടക്കുന്നു. അനാവൃതബീജസസ്യങ്ങളുടെ കാണ്ഡത്തിലും വേരിലും ദ്വിതീയ വളർച്ച നടക്കാറുണ്ട്. എന്നാൽ ഏകബീജപത്രസസ്യങ്ങളിൽ ദ്വിതീയ വളർച്ച നടക്കാറില്ല.

സംഗ്രഹം

ആന്തരികഘടന അനുസരിച്ച് സസ്യങ്ങൾ വ്യത്യസ്ത കലകളാൽ നിർമിക്കപ്പെട്ടിരിക്കുന്നു. സസ്യകലകളെ പ്രധാനമായും മെരിസ്റ്റമിക കലകളെന്നും(അഗ്രമെരിസ്റ്റം, പാർശ്വമെരിസ്റ്റം, പർവ്വാന്തരമെരിസ്റ്റം) സ്ഥിരകലകളെന്നും (ലഘുകലകൾ, സങ്കീർണ്ണ കലകൾ) രണ്ടായി വിഭജിച്ചിരിക്കുന്നു. ഭക്ഷണസ്വാംശീകരണം, സംഭരണം, ജലം, ധാതുക്കൾ, ഭക്ഷണ പദാർഥങ്ങൾ എന്നിവയുടെ സംവഹനം, സസ്യഭാഗങ്ങൾക്ക് ബലവും താങ്ങും നൽകുക ഇവയൊക്കെയാണ് കലകളുടെ പ്രധാന ധർമം. മൂന്നുതരം കലകളുടെ വ്യവസ്ഥകളാണ് സസ്യങ്ങളിലുള്ളത്- ഉപരിവൃതികലകളുടെ വ്യവസ്ഥ, അടിസ്ഥാനകലകളുടെ വ്യവസ്ഥ, സംവഹനവ്യവസ്ഥ. ഉപരിവൃതി കോശങ്ങൾ, ആസ്യരന്ധ്രങ്ങൾ, ഉപരിവൃതിയിലെ അനുബന്ധ രോമങ്ങൾ എന്നിവയാണ് ഉപരിവൃതി കലകളുടെ വ്യവസ്ഥയിലുള്ളത്. അടിസ്ഥാനകലകളാണ് സസ്യശരീരത്തിന്റെ പ്രധാനഭാഗം. കോർട്ടെക്സ്, പെരിസൈക്കിൾ, പിത്ത് എന്നിങ്ങനെ അടിസ്ഥാനകലകളെ മൂന്നായി വിഭജിച്ചിരിക്കുന്നു. സൈലവും ഫ്ളോയവും ചേർന്നതാണ് സംവഹന കലകൾ. കാമ്പിയം കോശങ്ങൾ കാണപ്പെടുന്നുണ്ടോ ഇല്ലയോ എന്നതിന്റെ അടിസ്ഥാനത്തിലും സൈലത്തിന്റെയും ഫ്ളോയത്തിന്റെയും സ്ഥാനത്തിന്റെ അടിസ്ഥാനത്തിലും വ്യത്യസ്ത തരം സംവഹന നാളീവ്യൂഹങ്ങൾ കാണപ്പെടുന്നു. സംവഹന നാളീവ്യൂഹങ്ങളാണ് സസ്യത്തിലെ പ്രധാന സംവഹനകലകൾ. ഇവ ജലം, ധാതുക്കൾ, ഭക്ഷണപദാർഥങ്ങൾ എന്നിവയുടെ സംവഹനത്തിനു

സഹായിക്കുന്നു. ഏകബീജപത്രസസ്യങ്ങളിൽനിന്നും തികച്ചും വ്യത്യസ്തമാണ് ദ്വിബീജപത്ര സസ്യങ്ങളുടെ ആന്തരികഘടന. സംവഹന നാളീവ്യൂഹങ്ങളുടെ എണ്ണം, തരം, സ്ഥാനം തുടങ്ങിയവയിലെല്ലാം ഇവ വ്യത്യാസപ്പെട്ടിരിക്കുന്നു. ഭൂരിഭാഗം ദ്വിബീജപത്രസസ്യങ്ങളുടെ കാണ്ഡത്തിലും വേരിലും ദ്വിതീയ വളർച്ച നടക്കുന്നു. ഈ ഘട്ടത്തിൽ, വാസ്കുലാർ കാമ്പിയം, കോർക്ക് കാമ്പിയം എന്നിവയുടെ പ്രവർത്തന ഫലമായി വണ്ണം(വ്യാസം) കൂടുന്നു. കാതൽ എന്നത് പൂർണമായും ദ്വിതീയ സൈലമാണ്. ഉണ്ടാകുന്ന കാലം, നിർമാണ സംയുക്തങ്ങൾ എന്നിവയ്ക്കനുസരിച്ച് വ്യത്യസ്ത തരം കാതലുകൾ രൂപപ്പെടുന്നു.

പരിശീലന പ്രവർത്തനങ്ങൾ

1. സസ്യശരീരത്തിലെ വിവിധ മെരിസ്റ്റമുകളുടെ സ്ഥാനവും ധർമവും വിശദീകരിക്കുക.
2. കോർക്ക് നിർമിക്കപ്പെട്ടിരിക്കുന്ന കലകൾ കോർക്ക് കാമ്പിയത്തിൽ നിന്നുണ്ടാകുന്നവയാണ്. നിങ്ങൾ ഈ അഭിപ്രായത്തോട് യോജിക്കുന്നുണ്ടോ? വിശദീകരിക്കുക.
3. ചിത്രങ്ങളുടെ സഹായത്തോടെ ആവൃതബീജസസ്യങ്ങളിലെ ദ്വിതീയ വളർച്ച വിശദീകരിക്കുക. അവയുടെ സവിശേഷതകളെന്തെല്ലാം?
4. താഴെപ്പറഞ്ഞവയുടെ ആന്തരികഘടനയിലുള്ള വ്യത്യാസങ്ങൾ ചിത്രങ്ങളുടെ സഹായത്തോടെ വിശദമാക്കുക.
    1. ഏകബീജപത്രസസ്യങ്ങളിലെയും ദ്വിബീജപത്രസസ്യങ്ങളിലെയും വേര്.
    2. ഏകബീജപത്രസസ്യങ്ങളിലെയും ദ്വിബീജപത്രസസ്യങ്ങളിലെയും കാണ്ഡം.
5. നിങ്ങളുടെ സ്കൂളിലെ പൂന്തോട്ടത്തിലെ ഒരു ചെടിയുടെ കാണ്ഡം കുറുകെ ഛേദിച്ച് മൈക്രോസ്കോപ്പിലൂടെ നിരീക്ഷിക്കുക. അത് ഏകബീജപത്രസസ്യമാണോ ദ്വിബീജപത്രസസ്യമാണോ എന്ന് കാരണങ്ങൾ കണ്ടെത്തി തിരിച്ചറിയുക.
6. താഴെപ്പറയുന്ന സൂചകങ്ങൾ ഒരു സസ്യഭാഗത്തിന്റെ കുറുകെയുള്ള ഛേദത്തിന്റെ ആന്തരികഘടനയെക്കുറിച്ചാണ്. ഏത് തരം സസ്യമാണെന്ന് തിരിച്ചറിയുക.
    a) സംവഹന നാളീവ്യൂഹങ്ങൾ കൺജോയിന്റാണ്. ചിതറി കാണപ്പെടുന്ന അവ സ്ക്ലീറൻകൈമ കൊണ്ടുള്ള ബൻഡിൽ ഷീത്തിനാൽ ആവരണം ചെയ്തിരിക്കുന്നു.
    b) ഫ്ളോയം പാരൻകൈമ കാണപ്പെടുന്നില്ല.
7. സൈലവും ഫ്ളോയവും സങ്കീർണകലകളെന്നറിയപ്പെടുന്നത് എന്തുകൊണ്ട്?
8. ആസ്യരന്ധ്ര അപ്പാരറ്റസ് എന്നാൽ എന്ത്? ആസ്യരന്ധ്രങ്ങളുടെ ഘടന ചിത്രത്തിന്റെ സഹായത്തോടെ വിശദീകരിക്കുക.
9. സസ്യങ്ങളിലെ മൂന്ന് കലാവ്യവസ്ഥകൾ തിരിച്ചറിഞ്ഞ് അവയിലുൾപ്പെടുന്ന കലകളുടെ ലിസ്റ്റ് തയാറാക്കുക.
10. സസ്യങ്ങളുടെ അനാട്ടമിപഠനം കൊണ്ടുള്ള ഉപയോഗമെന്ത്?
11. പെരിഡേം എന്നാലെന്ത്? ദ്വിബീജപത്രസസ്യങ്ങളിൽ പെരിഡേം എങ്ങനെയുണ്ടാകുന്നു?
12. ദ്വിബീജപത്രസസ്യങ്ങളിലെ ഇലകളുടെ ആന്തരികഘടന ചിത്രത്തിന്റെ സഹായത്തോടെ വിശദീകരിക്കുക.

M3M5G6

അധ്യായം 7

ജന്തുക്കളിലെ ഘടനാവ്യവസ്ഥ

(Structural Organisation in Animals)

ഏകകോശജീവികളും ബഹുകോശജീവികളുമടങ്ങുന്ന ജന്തുലോകത്തെ വിവിധയിനം ജീവികളെക്കുറിച്ച് മുൻ അധ്യായങ്ങളിൽ നിങ്ങൾ പഠിച്ചതാണല്ലോ. ഏകകോശജീവികളിൽ ദഹനം, ശ്വസനം, പ്രത്യുൽപ്പാദനം തുടങ്ങി എല്ലാ ജീവൽപ്രവർത്തനങ്ങളും നടക്കുന്നത് ഒരൊറ്റ കോശത്തിലാണ്. എന്നാൽ സങ്കീർണഘടനയുള്ള ബഹുകോശജീവികളിൽ മേൽ സൂചിപ്പിച്ച വ്യത്യസ്തധർമങ്ങൾ നിർവഹിക്കുന്നത് വിവിധ കോശവിഭാഗങ്ങൾ ചേർന്നാണ്. ഹൈഡ്രയെപ്പോലുള്ള ലളിതമായഘടനയുള്ള ജീവിയുടെ ശരീരം വ്യത്യസ്ത വിഭാഗം കോശങ്ങളാൽ നിർമിതമാണ്. ഈ ഓരോ വിഭാഗത്തിലും ആയിരക്കണക്കിന് സമാനകോശങ്ങളുണ്ടായിരിക്കും. മനുഷ്യശരീരം നിർമിതമായിരിക്കുന്നത് വ്യത്യസ്തധർമങ്ങൾ നിർവഹിക്കുന്ന കോടിക്കണക്കിനു കോശങ്ങൾകൊണ്ടാണ്. എങ്ങനെയാണ് ഈ കോശങ്ങൾ ശരീരത്തിൽ ഒത്തൊരുമിച്ച് പ്രവർത്തിക്കുന്നത്? ബഹുകോശജീവികളിൽ ഒരുതരം കോശങ്ങളുടെ കൂട്ടവും കോശാന്തരവസ്തുക്കളും കൂടിച്ചേർന്ന് ഒരു പ്രത്യേകധർമം നിർവഹിക്കുന്നു. ഇത്തരത്തിലുള്ള ഒരു കോശസമൂഹം കല **(Tissue)** എന്നറിയപ്പെടുന്നു.

സങ്കീർണഘടനയുള്ള എല്ലാ ജീവശരീരങ്ങളും നിർമിക്കപ്പെട്ടിരിക്കുന്നത് നാല് അടിസ്ഥാന കലകൾ കൊണ്ടാണെന്ന് അറിയുമ്പോൾ ഒരു പക്ഷേ നിങ്ങൾ അതിശയിച്ചേക്കാം. ഈ കലകൾ പ്രത്യേക അനുപാതത്തിലും രീതിയിലും വിന്യസിച്ച് ആമാശയം, ശ്വാസകോശം, ഹൃദയം, വൃക്ക എന്നിങ്ങനെ വ്യത്യസ്ത അവയവങ്ങളായി രൂപപ്പെടുന്നു. രണ്ടോ അതിലധികമോ അവയവങ്ങൾ പരസ്പരം സഹകരിച്ചുപ്രവർത്തിച്ച് ഒരു പ്രത്യേക ധർമം നിർവഹിക്കുമ്പോൾ അത് ഒരു അവയവവ്യവസ്ഥയായി മാറുന്നു. ഉദാ: ദഹനവ്യവസ്ഥ, ശ്വസനവ്യവസ്ഥ തുടങ്ങിയവ. കോശങ്ങൾ, കലകൾ, അവയവങ്ങൾ, അവയവവ്യവസ്ഥ എന്നിവ ധർമങ്ങൾ പങ്കിട്ട് നിർവഹിക്കുകയും ജീവശരീരത്തിന്റെ നിലനിൽപ്പ് സാധ്യമാക്കുകയും ചെയ്യുന്നു.

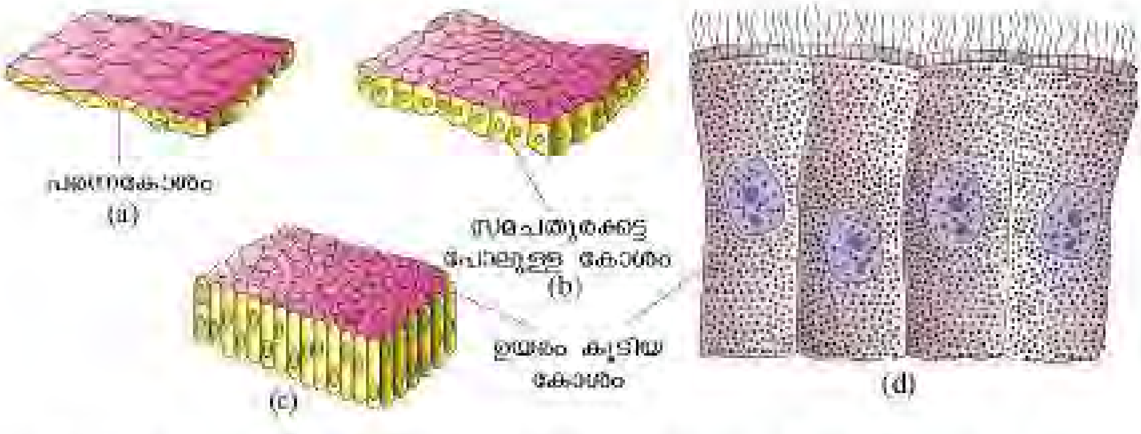
7.1 ജന്തുകലകൾ

കോശങ്ങളുടെ ഘടന അവയുടെ ധർമത്തിനനുസരിച്ച് വ്യത്യാസപ്പെട്ടിരിക്കുന്നു. ആയതിനാൽ ഈ കോശങ്ങൾ ചേർന്നുണ്ടാകുന്ന കലകളും വ്യത്യസ്തമായിരിക്കും. കലകളെ പ്രധാനമായും നാലായി തിരിച്ചിരിക്കുന്നു: (i) ആവരണകല (ii) യോജകകല (iii) പേശീകല (iv) നാഡീകല

7.1.1 ആവരണകല (Epithelial Tissue/Epithelium)

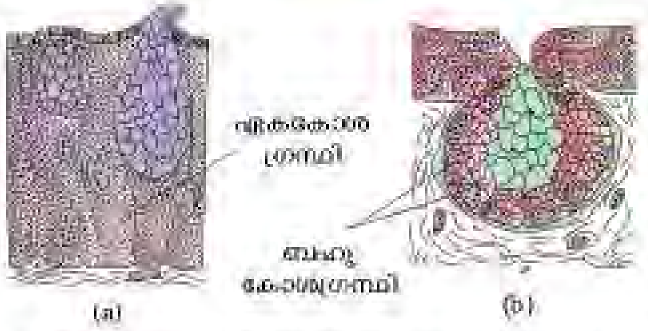
ഈ കലയുടെ സ്വതന്ത്ര ഉപരിതലം ശരീരദ്രവവുമായോ പുറത്തെ ചുറ്റുപാടുമായോ സമ്പർക്കത്തിലായിരിക്കും. ഇവ ശരീരോപരിതലത്തെ പൊതിയുകയോ ചില ശരീര ഭാഗങ്ങളുടെ ഉൾഭിത്തിയെ ആവരണം ചെയ്യുകയോ ചെയ്യുന്നു. ആവരണകലയിലെ കോശങ്ങൾ വളരെ അടുക്കോടുകൂടി ക്രമീകരിച്ചിരിക്കുന്നു. ആവരണകലകളെ രണ്ടായി തരംതിരിക്കാം – **ലഘു ആവരണകലയും സങ്കീർണ ആവരണകലയും**. ലഘു ആവരണകല ഏകനിരകോശങ്ങളാൽ നിർമിതമാണ്. ഇവ ശരീര അറകളുടെയും കുഴലുകളുടെയും നളികകളുടെയും ഉൾഭിത്തിയെ ആവരണം ചെയ്യുന്നു. സങ്കീർണ ആവരണകല ഒന്നിലധികം നിരകോശങ്ങളാൽ നിർമിതമാണ്. ശരീരകലകൾക്ക് സംരക്ഷണം നൽകുക എന്നതാണ് ഇതിന്റെ പ്രധാന ധർമം.

കോശങ്ങളുടെ ഘടനാപരമായ രൂപാന്തരത്തെ അടിസ്ഥാനമാക്കി ലഘു ആവരണകലകൾ മൂന്ന് തരത്തിലുണ്ട് – (i) സ്ക്വാമസ്, (ii) ക്യൂബോയിഡൽ, (iii) കോളംനാർ (ചിത്രം 7.1).



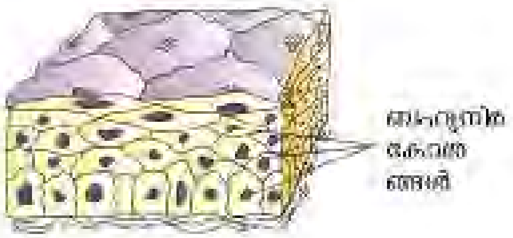
ചിത്രം 7.1 ലഘു ആവരണകല: (a) സ്ക്വാമസ് (b) ക്യൂബോയ്ഡൽ (c) കോളംനാർ (d) സീലിയകളോടുകൂടിയ കോളംനാർ കോശങ്ങൾ

സ്ക്വാമസ് ആവരണകല ക്രമരഹിതമായ അതിരുകളോടുകൂടിയ പരന്ന നേർത്ത ഏകനിര കോശങ്ങളാൽ നിർമിതമാണ്. ഇവ രക്തലോമികകളുടെ ഭിത്തി, ശ്വാസകോശങ്ങളിലെ വായു അറകൾ എന്നിവിടങ്ങളിൽ കാണപ്പെടുകയും കോശങ്ങളിലൂടെയുള്ള വ്യാപനത്തിന് സഹായിക്കുകയും ചെയ്യുന്നു.



ചിത്രം 7.2 ഗ്രന്ഥി ആവരണകല: (a) ഏകകോശ ഗ്രന്ഥി (b) ബഹുകോശഗ്രന്ഥി

ക്യൂബോയിഡൽ ആവരണകല ഏകനിര സമചതുരക്കട്ടകൾ പോലുള്ള കോശങ്ങളാൽ നിർമിതമാണ്. ഇവ ഗ്രന്ഥികളുടെ കുഴലുകളിലും വൃക്കനാളികകളിലും കാണപ്പെടുന്നു. സ്രവങ്ങളുടെ ഉൽപ്പാദനവും പദാർഥങ്ങളുടെ ആഗിരണവുമാണ് ഇവയുടെ പ്രധാന ധർമം. നെഫ്രോണിന്റെ മുന്നറ്റത്തുള്ള ചുരുണ്ട നളികകൾ നിർമിച്ചിരിക്കുന്ന ആവരണകലയിലെ കോശങ്ങളിൽ മൈക്രോവില്ലസുകൾ എന്ന ചെറുവിരലുകൾ പോലെയുള്ള ഭാഗങ്ങൾ കാണപ്പെടുന്നു. **കോളംനാർ ആവരണകല** നീണ്ടു മെലിഞ്ഞ സ്തൂപികാകൃതിയിലുള്ള ഏകനിരകോശങ്ങളാൽ നിർമിതമാണ്. ഇവയുടെ മർമങ്ങൾ കോശങ്ങളുടെ ചുവടെ ക്രമീകരിച്ചിരിക്കുന്നു. അവയുടെ സ്വതന്ത്രപ്രതലത്തിൽ മൈക്രോവില്ലസുകൾ ഉണ്ടാകാം. ആമാശയത്തിന്റെയും കുടലിന്റെയും ഉൾഭിത്തിയിൽ പ്രധാനമായും ഇത്തരം ആവരണകല കാണപ്പെടുന്നു. സ്രവണവും ആഗിരണവുമാണ് ഇവയുടെ പ്രധാന ധർമം. സ്വതന്ത്ര ഉപരിതലത്തിൽ സീലിയകളുള്ള ക്യൂബോയിഡൽ അഥവാ, കോളംനാർ കോശങ്ങൾ ചേർന്ന് **സീലിയേറ്റഡ് ആവരണകല** ഉണ്ടാകുന്നു. പദാർഥങ്ങളുടെയും ശ്ലേഷ്മത്തിന്റെയും സഞ്ചാരത്തിന് സഹായിക്കുന്ന ഇവ പ്രധാനമായും ശ്വസനികളുടെയും (Bronchioles) അണ്ഡവാഹിനിയുടെയും (Fallopian tube) ആന്തരഭാഗത്ത് കാണപ്പെടുന്നു.



ചിത്രം 7.3 സങ്കീർണ ആവരണകല

പദാർഥങ്ങളുടെ സ്രവണത്തിന് സഹായിക്കുന്ന കോളംനാർ, ക്യൂബോയ്ഡൽ കോശങ്ങളെ **ഗ്രന്ഥി ആവരണകല (Glandular epithelium)** (ചിത്രം 7.2) എന്ന് പറയുന്നു. ഇവ പ്രധാനമായും രണ്ടുതരത്തിലുണ്ട്: ഏകകോശ ഗ്രന്ഥികൾ:- ഇവ ഒറ്റപ്പെട്ട ഗ്രന്ഥീകോശങ്ങളാൽ നിർമിതമാണ് (ഉദാ:- അന്നപഥത്തിലെ ഗോബ്ലറ്റ് കോശങ്ങൾ), ബഹുകോശ ഗ്രന്ഥികൾ- ഇവ കോശസമൂഹങ്ങളാൽ നിർമിതമാണ് (ഉദാ:- ഉമിനീർഗ്രന്ഥി). ഉൽപ്പാദിപ്പിക്കപ്പെടുന്ന പദാർഥങ്ങളുടെ സ്രവണത്തിന്റെ രീതിക്കനുസരിച്ച് ഗ്രന്ഥികളെ രണ്ട് വിഭാഗങ്ങളായി തിരിച്ചിരിക്കുന്നു- **ബഹിർസ്രാവിഗ്രന്ഥികളും (Exocrine glands) അന്തഃസ്രാവിഗ്രന്ഥികളും (Endocrine glands).** ബഹിർസ്രാവിഗ്രന്ഥികൾ ശ്ലേഷ്മം, കർണമെഴുക്, ഉമിനീർ, പാൽ, ദഹനരസങ്ങൾ, മറ്റ് കോശോൽപ്പന്നങ്ങൾ എന്നിവ സ്രവിപ്പിക്കുന്നു. ഈ സ്രവങ്ങൾ പ്രത്യേക കുഴലുകളിലൂടെയാണ് അവയുടെ ലക്ഷ്യസ്ഥാനത്ത് എത്തിച്ചേരുന്നത്. എന്നാൽ അന്തഃസ്രാവിഗ്രന്ഥികൾക്ക് പ്രത്യേക കുഴലുകളില്ല. അവ ഉൽപ്പാദിപ്പിക്കുന്ന ഹോർമോണുകൾ നേരിട്ട് രക്തത്തിലേക്ക് സ്രവിപ്പിക്കുന്നു.

സങ്കീർണ ആവരണകല ഒന്നിലധികം കോശനിരകളാൽ നിർമിതമാണ്. സ്രവണത്തിലും ആഗിരണത്തിലും ഇവയ്ക്ക് പരിമിതമായ പങ്കുമാത്രമേയുള്ളൂ (ചിത്രം 7.3). രാസ-ഭൗതിക ആഘാതങ്ങളിൽ നിന്ന് മറ്റുകലകൾക്ക് സംരക്ഷണം നൽകുക എന്നതാണ് ഇവയുടെ പ്രധാന ധർമം. ഇവ ത്വക്കിന്റെ വരണ്ടപ്രതലം, വായയുടെ

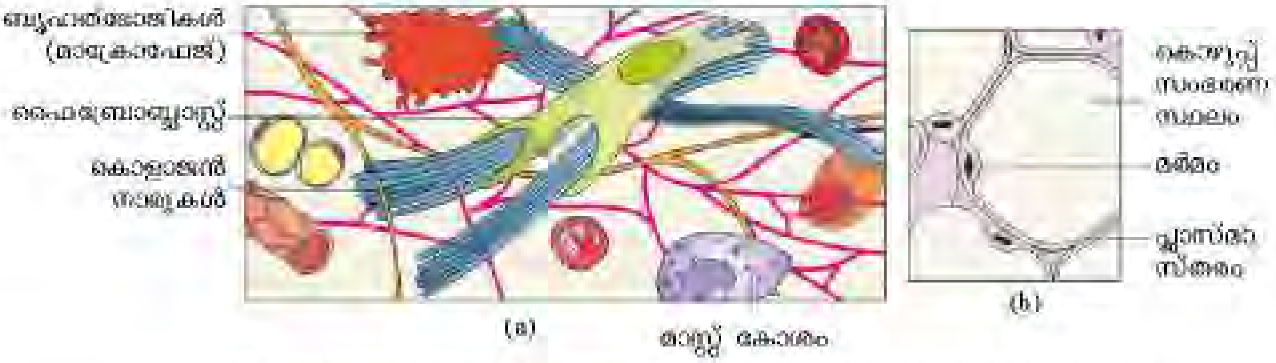
നനഞ്ഞ പ്രതലം, ഗ്രസനി (Pharynx), ഉമിനീർ ഗ്രന്ഥികളുടെ അകത്തെപാളി, ആഗ്നേയ ഗ്രന്ഥിനാളികകൾ (Pancreatic ducts), എന്നിവിടങ്ങളിൽ കാണപ്പെടുന്നു.

ആവരണകലയിലെ കോശങ്ങൾക്കിടയിൽ കോശാന്തരപദാർഥം (Intercellular material) കാണപ്പെടുന്നില്ല. എന്നാൽ എല്ലാ ജന്തുകലകളിലും കോശങ്ങൾക്കിടയിൽ ഘടനാപരവും ജീവധർമപരവുമായ വിനിമയം സാധ്യമാക്കുന്നത് പ്രത്യേകതരം സന്ധികളാണ്. ആവരണകലകളിലും മറ്റുകലകളിലും മൂന്നുതരം കോശസന്ധികൾ (Cell junctions) കാണപ്പെടുന്നു. അവ **ദൃഢസന്ധികൾ (Tight junctions)**, **ആശ്രിത സന്ധികൾ (Adhering junctions)**, **ഛിദ്ര സന്ധികൾ (Gap junctions)** എന്നിവയാണ്.

ദൃഢസന്ധികൾ കലകൾക്കു കുറുകെ പദാർഥങ്ങൾ ചോർന്നുപോകുന്നതു തടയുന്നു. ആശ്രിത സന്ധികൾ അടുത്തടുത്ത കോശങ്ങളെ ചേർത്തു നിർത്താൻ സഹായിക്കുന്നു. ഛിദ്രസന്ധികൾ പദാർഥങ്ങളുടെ കോശാന്തരവിനിമയത്തിനു സഹായിക്കുന്നു. ഇതിനായി അടുത്തടുത്ത കോശങ്ങളിലെ കോശദ്രവ്യത്തെ തമ്മിൽ യോജിപ്പിക്കുകയും അയോണുകൾ, ചെറുതും വലുതുമായ മറ്റ് തന്മാത്രകൾ എന്നിവയുടെ കൈമാറ്റം വേഗത്തിലാക്കുകയും ചെയ്യുന്നു.

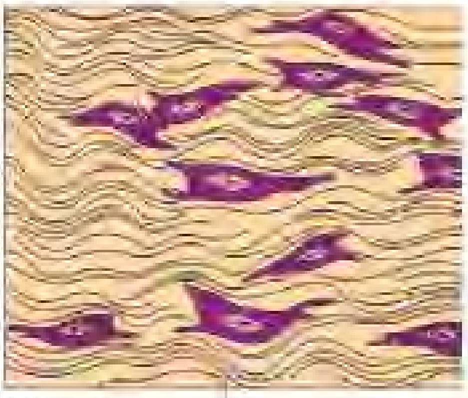
7.1.2 യോജകകല (Connective Tissue)

സങ്കീർണഘടനയുള്ള ജന്തുക്കളുടെ ശരീരത്തിൽ ഏറ്റവും കൂടുതലായി കാണപ്പെടുന്നതും കൂടുതലായി വിന്യസിച്ചിരിക്കുന്നതും യോജകകലകളാണ്. ഈ പ്രത്യേകകലകൾ, വിവിധ കലകളെയും ശരീരത്തിലെ വിവിധ അവയവങ്ങളെയും തമ്മിൽ ബന്ധിപ്പിക്കുന്നു. മൃദുയോജകകലകൾ മുതൽ തരുണാസ്ഥി (Cartilage), അസ്ഥി (Bone), കൊഴുപ്പുകല (Adipose), രക്തം എന്നീ പ്രത്യേകതരം കലകൾ വരെ യോജകകലകളിൽപ്പെടുന്നു.



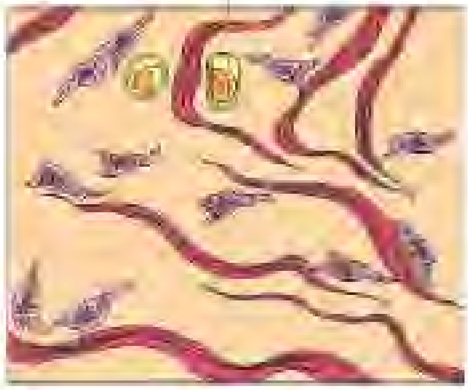
ചിത്രം 7.4 അയഞ്ഞ യോജകകല : (a) ഏരിയോളാർ കല (b) കൊഴുപ്പ് കല

രക്തമൊഴികെയുള്ള യോജകകലകളുടെ കോശങ്ങൾ കൊളാജൻ, ഇലാസ്റ്റിൻ എന്നീ പ്രോട്ടീൻ നാരുകൾ ഉത്പാദിപ്പിക്കുന്നു. ഈ നാരുകൾ കലകൾക്ക് ബലം, വഴക്കം, ഇലാസ്തികത എന്നിവ നൽകുന്നു. കൂടാതെ ഈ കോശങ്ങൾ ഉത്പാദിപ്പിക്കുന്ന രൂപാന്തരം സംഭവിച്ച പോളിസാക്കറൈഡുകൾ (പഞ്ചസാര തന്മാത്രകൾ) കോശങ്ങൾക്കും നാരുകൾക്കുമിടയിൽ അടിഞ്ഞുകൂടുകയും



(a)

കൊളാജൻതന്തു



(b)

ചിത്രം 7.5 നിബിഡയോജകകല
(a) നിബിഡ ക്രമകല
(b) നിബിഡ ക്രമരഹിതകല

യോജകകലയുടെ മൂല പദാർഥമായി (Ground matrix) മാറുകയും ചെയ്യുന്നു. യോജകകലകളെ മൂന്നായി തിരിച്ചിരിക്കുന്നു: (i) അയഞ്ഞ (Loose) യോജകകല, (ii) നിബിഡ (Dense) യോജകകല, (iii) സവിശേഷ (Specialised) യോജകകല.

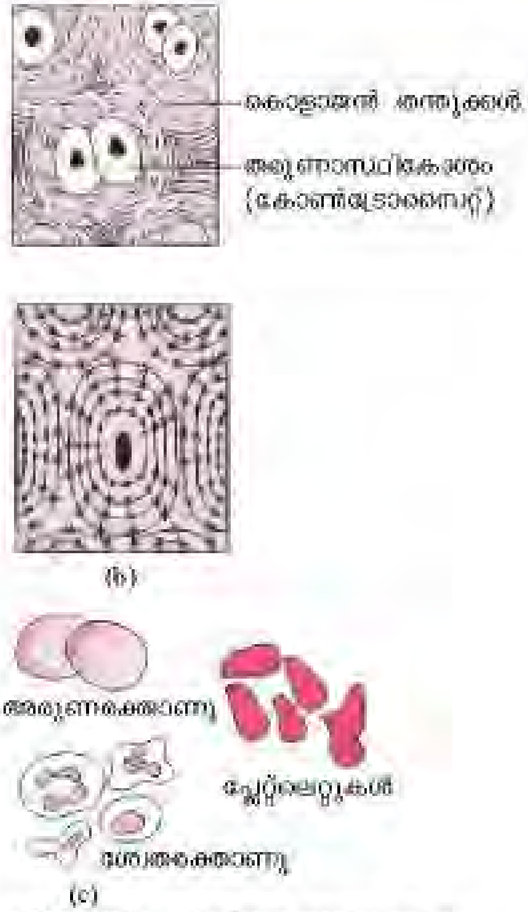
അയഞ്ഞ യോജകകലയിൽ കോശങ്ങളും നാരുകളും അർധദ്രവാവസ്ഥയിലുള്ള മൂലപദാർഥത്തിൽ അയഞ്ഞരീതിയിൽ ക്രമീകരിച്ചിരിക്കുന്നു (ഉദാ: ത്വക്കിനടിയിലെ **ഏരിയോളാർ യോജകകല/പേശീകയോജകകല**) (ചിത്രം 7.4). ഇത് ആവരണകലയ്ക്ക് താങ്ങ് നൽകുന്നു. ഇവയിൽ മാംസ്യനാരുകൾ ഉത്പാദിപ്പിക്കുകയും സ്രവിപ്പിക്കുകയും ചെയ്യുന്ന ഫൈബ്രോബ്ലാസ്റ്റുകൾ, ബൃഹത്ഭോജികൾ (മാക്രോഫേജുകൾ), മാസ്റ്റ് കോശങ്ങൾ എന്നിവ കാണപ്പെടുന്നു. മറ്റൊരു അയഞ്ഞ യോജകകലയായ **കൊഴുപ്പുകല (Adipose tissue)** പ്രധാനമായും ത്വക്കിനടിയിൽ സ്ഥിതി ചെയ്യുന്നു. ഈ കലയിലെ സവിശേഷ കോശങ്ങൾ കൊഴുപ്പ് സംഭരണത്തിന് സഹായിക്കുന്നു. ശരീരത്തിൽ അധികമുള്ളതും അടിയന്തിരമായി ഉപയോഗിക്കപ്പെടാത്തതുമായ പോഷകങ്ങൾ കൊഴുപ്പുകളായി ഈ കലയിൽ സംഭരിക്കപ്പെടുന്നു.

നിബിഡ യോജകകലയിൽ നാരുകളും ഫൈബ്രോബ്ലാസ്റ്റുകളും തിങ്ങിഞെരുങ്ങി ക്രമീകരിക്കപ്പെട്ടിരിക്കുന്നു. ഇതിൽ നാരുകൾ ക്രമമായോ ക്രമരഹിതമായോ വിന്യസിക്കപ്പെട്ടിരിക്കുന്നു. ഇവ യഥാക്രമം **നിബിഡ ക്രമകലകൾ (Dense regular tissues)** എന്നും **നിബിഡ ക്രമരഹിതകലകൾ (Dense irregular tissues)** എന്നും അറിയപ്പെടുന്നു. നിബിഡ ക്രമയോജക കലകളിൽ കെട്ടുകളായി കാണപ്പെടുന്ന നാരുകൾക്കിടയിൽ കൊളാജൻ തന്തുക്കൾ വരിവരിയായി ക്രമീകരിച്ചിരിക്കുന്നു. അസ്ഥിപേശിയെ (Skeletal muscle) അസ്ഥിയുമായി (Bone) ബന്ധിപ്പിക്കുന്ന ടെൻഡനുകളും (Tendons) അസ്ഥികളെത്തമ്മിൽ ബന്ധിപ്പിക്കുന്ന സ്നായുക്കളും (Ligaments) ഈ കലയ്ക്കുദാഹരണങ്ങളാണ്. എന്നാൽ നിബിഡ ക്രമരഹിത യോജകകലയിൽ ഫൈബ്രോബ്ലാസ്റ്റുകളും മറ്റു നാരുകളും (പ്രധാനമായും കൊളാജൻ) പലവിധത്തിൽ വിന്യസിക്കപ്പെട്ടിരിക്കുന്നു (ചിത്രം 7.5). ഈ കല ത്വക്കിൽ കാണപ്പെടുന്നു.

തരുണാസ്ഥി (Cartilage), അസ്ഥി, രക്തം തുടങ്ങിയവ വിവിധതരം **സവിശേഷ യോജകകലകളാണ്.** തരുണാസ്ഥിയിലെ കോശാന്തരപദാർഥം കട്ടിയുള്ളതും വഴക്കമുള്ളതുമാണ്. ഇത് കല ചുരുങ്ങുന്നതിനെ പ്രതിരോധിക്കുന്നു. ഈ കലയിലെ കോശങ്ങൾ (കോണ്ട്രോസൈറ്റുകൾ) മാട്രിക്സിനുള്ളിൽ രൂപപ്പെടുന്ന ചെറിയ അറകളിൽ സ്ഥിതിചെയ്യുന്നു (ചിത്രം 7.6 a). കശേരുകികളിൽ ഭ്രൂണാവസ്ഥയിൽ കാണപ്പെടുന്ന ഭൂരിഭാഗം തരുണാസ്ഥികളും പൂർണവളർച്ചയെത്തുമ്പോൾ അസ്ഥികളായിമാറുന്നു. നാസികാഗ്രം, ചെവിയുടെ ബാഹ്യസന്ധികൾ എന്നീ ഭാഗങ്ങളിലും നട്ടെല്ലിലെ അടുത്തടുത്ത കശേരുക്കൾക്കിടയിലും മുതിർന്നവരുടെ കൈകാലുകളിലെ അസ്ഥികൾക്കിടയിലുള്ള സന്ധികളിലും തരുണാസ്ഥി കാണപ്പെടുന്നു.

അസ്ഥികളിലെ മൂലപദാർഥം ഉറപ്പുള്ളതും വഴക്കമില്ലാത്തതും കാത്സ്യം ലവണങ്ങൾ, കൊളാജൻ നാരുകൾ എന്നിവയാൽ സമ്പുഷ്ടമായതുമാണ്. ഇത് അസ്ഥിക്ക് ബലം നൽകുന്നു (7.6b). ശരീരത്തിന് ഘടനാപരമായ ചട്ടക്കൂട് പ്രദാനം ചെയ്യുക എന്നതാണ് അസ്ഥികളുടെ പ്രധാന ധർമം. അസ്ഥികൾ മൃദുകലകളെയും അവയവങ്ങളെയും താങ്ങുകയും സംരക്ഷിക്കുകയും ചെയ്യുന്നു. അസ്ഥികോശങ്ങൾ (ഓസ്റ്റിയോസൈറ്റുകൾ) ലാക്കുന എന്നറിയപ്പെടുന്ന അറകളിൽ സ്ഥിതിചെയ്യുന്നു. കാലുകളിലെ നീണ്ട അസ്ഥികൾ പോലുള്ളവ ഭാരം താങ്ങുന്നു. കൂടാതെ ഇവ അസ്ഥിപേശികളുമായിച്ചേർന്ന് ചലനം സാധ്യമാക്കുന്നു. ചില അസ്ഥികളുടെ മജ്ജ രക്തകോശങ്ങളുടെ നിർമാണകേന്ദ്രമായി പ്രവർത്തിക്കുന്നു.

ദ്രാവകരൂപത്തിലുള്ള യോജകകലയായ രക്തത്തിൽ പ്ലാസ്മ, അരുണരക്താണുക്കൾ (RBC), ശ്വേതരക്താണുക്കൾ (WBC), പ്ലേറ്റ്ലെറ്റുകൾ എന്നിവ അടങ്ങിയിരിക്കുന്നു (ചിത്രം 7.6 c). വിവിധ പദാർഥങ്ങളുടെ സംവഹനത്തിന് സഹായിക്കുന്ന പ്രധാന ദ്രവ്യമാണ് രക്തം. 17, 18 അധ്യായങ്ങളിൽ രക്തത്തെക്കുറിച്ച് കൂടുതലായി വിശദീകരിച്ചിട്ടുണ്ട്.



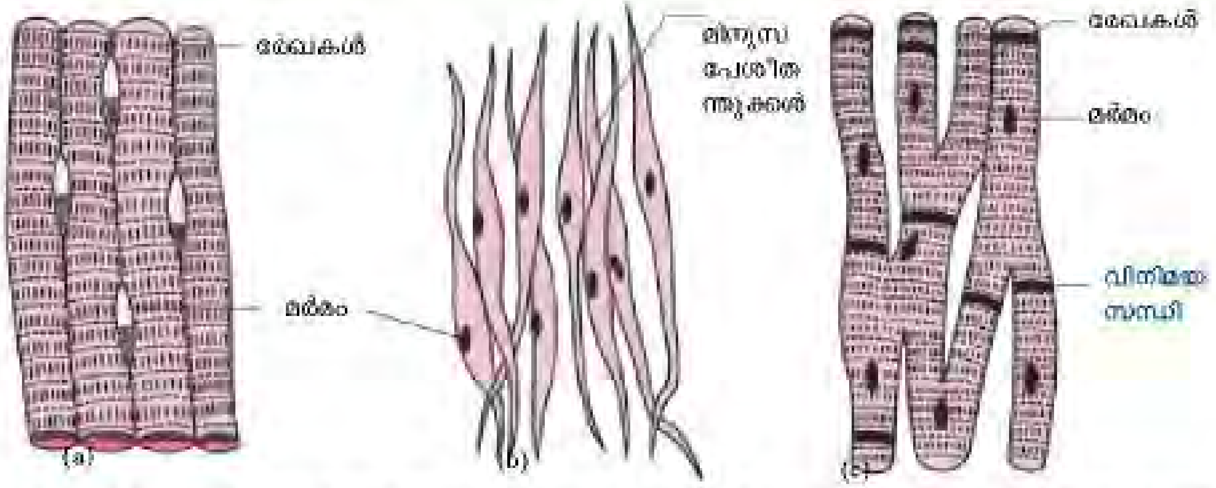
ചിത്രം 7.6 സവിശേഷ യോജകകലകൾ : (a) തരുണാസ്ഥി (b) അസ്ഥി (c) രക്തം

7.1.3 പേശീകല (Muscle Tissue)

ഓരോ പേശിയും നീണ്ട, കുഴലുകളുടെ ആകൃതിയിലുള്ള, സമാന്തരമായി ക്രമീകരിച്ചിരിക്കുന്ന തന്തുക്കളാൽ നിർമിതമാണ്. ഈ തന്തുക്കളിൽ പേശീസൂക്ഷ്മതന്തുക്കൾ/മയോഫൈബ്രിലുകൾ എന്നറിയപ്പെടുന്ന ധാരാളം സൂക്ഷ്മമായ തന്തുക്കൾ കാണപ്പെടുന്നു. ഉദ്ദീപിക്കപ്പെടുമ്പോൾ പേശീതന്തുക്കൾ ചുരുങ്ങുകയും പിന്നീട് വിശ്രമാവസ്ഥയിലേക്ക് മടങ്ങി വരുകയും ചെയ്യുന്നു. ഇതൊരു ഏകോപിത പ്രവർത്തനമാണ്. പേശികളുടെ പ്രവർത്തനം ചുറ്റുപാടുമുള്ള മാറ്റങ്ങൾക്കനുസരിച്ച് ശരീരം ചലിപ്പിക്കുന്നതിനും ശരീരത്തിന്റെ വിവിധ ഭാഗങ്ങൾ യഥാസ്ഥാനത്ത് നിലനിർത്തുന്നതിനും സഹായിക്കുന്നു. പൊതുവിൽ, ശരീരത്തിന്റെ എല്ലാ വിധ ചലനങ്ങളിലും പേശികൾ കാര്യക്ഷമമായ പങ്കു വഹിക്കുന്നു. അസ്ഥിപേശി, മിനുസപേശി, ഹൃദയപേശി എന്നിങ്ങനെ പേശികളെ മൂന്നായി തരംതിരിക്കാം.

അസ്ഥിപേശി (Skeletal muscle) അസ്ഥികളുമായി വളരെച്ചേർന്ന് സ്ഥിതിചെയ്യുന്നു. ബൈസെപ്സ് പോലുള്ള ഒരു മാതൃകാപേശിയിൽ രേഖാങ്കിത (Striated) അസ്ഥിപേശീതന്തുക്കൾ സമാന്തരമായ കെട്ടുകൾ പോലെ കാണപ്പെടുന്നു (ചിത്രം 7.7 a). ഇത്തരത്തിലുള്ള ധാരാളം പേശീതന്തുക്കളുടെ കെട്ടുകൾ യോജകകലയാൽ നിർമിതമായ കട്ടിയുള്ള ഒരു ആവരണം കൊണ്ട് പൊതിഞ്ഞിരിക്കുന്നു (ഇതിനെക്കുറിച്ച് കൂടുതൽ വിവരങ്ങൾ അധ്യായം 20 ൽ പ്രതിപാദിക്കുന്നുണ്ട്).

മിനുസപേശികളുടെ (Smooth muscles) തന്തുക്കളുടെ അഗ്രങ്ങൾ കൂർത്തതാണ് (ഫ്യൂസിഫോം). ഇവ രേഖാങ്കിത പേശികളല്ല. കോശസന്ധികൾ ഈ കോശങ്ങളെ



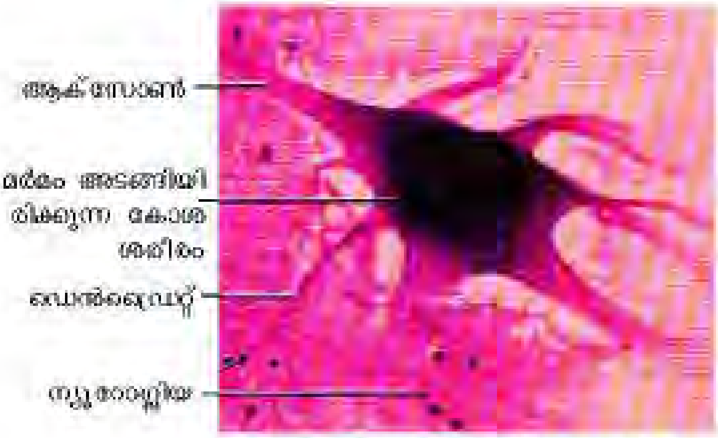
ചിത്രം 7.7 പേശീകല (a) അസ്ഥി (രേഖാങ്കിത) പേശീകല (b) മിനുസ പേശീകല (c) ഹൃദയ പേശീകല

ഒന്നിച്ചുചേർത്ത് യോജകകലയുടെ ആവരണത്താൽ ഒറ്റക്കെട്ടായി ചേർത്ത്പിടിച്ചിരിക്കുന്നു. ഇവ ആന്തരാവയവങ്ങളായ രക്തക്കുഴലുകൾ, ആമാശയം, കുടൽ എന്നിവയുടെ ഭിത്തികളിൽ കാണപ്പെടുന്നു. മിനുസപേശികളുടെ പ്രവർത്തനത്തെ നമുക്ക് നേരിട്ട് നിയന്ത്രിക്കാനാവാത്തതിനാൽ ഇവയെ അനൈച്ഛിക (Involuntary) പേശികൾ എന്നുപറയുന്നു. നമ്മുടെ ഇംഗിതത്തിനനുസരിച്ച് അസ്ഥിപേശികളെ സങ്കോചിപ്പിക്കുന്നതുപോലെ മിനുസപേശികളെ നമുക്ക് സങ്കോചിപ്പിക്കാൻ കഴിയില്ല.

ഹൃദയപേശികൾ (Cardiac muscle) ഹൃദയത്തിൽ മാത്രം കാണപ്പെടുന്ന സങ്കോചകലകളാണ്. ഹൃദയപേശീകോശങ്ങളുടെ പ്ലാസ്മാസ്തരങ്ങൾ കൂടിച്ചേർന്ന് ഇവ പരസ്പരം ഒട്ടിച്ചേർന്ന നിലയിൽ കാണപ്പെടുന്നു (ചിത്രം 7.7 c). ചില ഭാഗങ്ങളിൽ വിനിമയ സന്ധികൾ (Intercalated discs) കോശങ്ങളെ ഒരുമിച്ച് സങ്കോചിക്കാൻ സഹായിക്കുന്നു. അതായത്, ഒരുകോശം സങ്കോചിക്കാനുള്ള ഉദ്ദീപനം സ്വീകരിക്കുമ്പോൾ, അതിനു തൊട്ടടുത്തുള്ള കോശങ്ങളും ഉദ്ദീപിപ്പിക്കപ്പെടുന്നു.

7.1.4 നാഡീകല (Neural Tissue)

ഉദ്ദീപനത്തിനനുസരിച്ചുള്ള ശരീരത്തിന്റെ പ്രതികരണത്തിൽ ഏറ്റവും വലിയ പങ്കുവഹിക്കുന്നത് നാഡീകലയാണ്. നാഡീകലയുടെ അടിസ്ഥാനഘടകമായ നാഡീകോശങ്ങൾ ഉത്തേജിപ്പിക്കപ്പെടാൻ കഴിവുള്ള കോശങ്ങളാണ് (ചിത്രം 7.8). നാഡീവ്യൂഹത്തിന്റെതന്നെ ഭാഗമായ ന്യൂറോഗ്ലിയകോശങ്ങൾ നാഡീകോശങ്ങളെ സംരക്ഷിക്കുകയും താങ്ങായി പ്രവർത്തിക്കുകയും ചെയ്യുന്നു. നമ്മുടെ ശരീരത്തിലെ നാഡീകലയുടെ പകുതിയിലേറെ ഭാഗവും ഉണ്ടായിരിക്കുന്നത് ന്യൂറോഗ്ലിയകോശങ്ങളാലാണ്.



ചിത്രം 7.8 നാഡീകല (ന്യൂറോഗ്ലിയയും നാഡീകോശവും)

ഒരു നാഡീകോശം ഉദ്ദീപിപ്പിക്കപ്പെടുമ്പോൾ ഒരു വൈദ്യുത തരംഗം രൂപപ്പെടുന്നു. ഇത് പ്ലാസ്മാസ്തരത്തിലൂടെ അതിവേഗം സഞ്ചരിക്കുന്നു. ഈ തരംഗം നാഡീകോശത്തിന്റെ അഗ്രങ്ങളിലെത്തുമ്പോൾ തൊട്ടടുത്ത നാഡീകോശങ്ങളെ ഉത്തേജിപ്പിക്കാനോ തടസ്സപ്പെടുത്താനോ ഉതകുന്ന പ്രവർത്തനങ്ങൾ ആരംഭിക്കുന്നു (21-ാം മത്തെ അധ്യായത്തിൽ ഈ പ്രവർത്തനങ്ങൾ വിശദമായി പ്രതിപാദിക്കുന്നുണ്ട്).

7.2 അവയവവും അവയവവ്യവസ്ഥയും

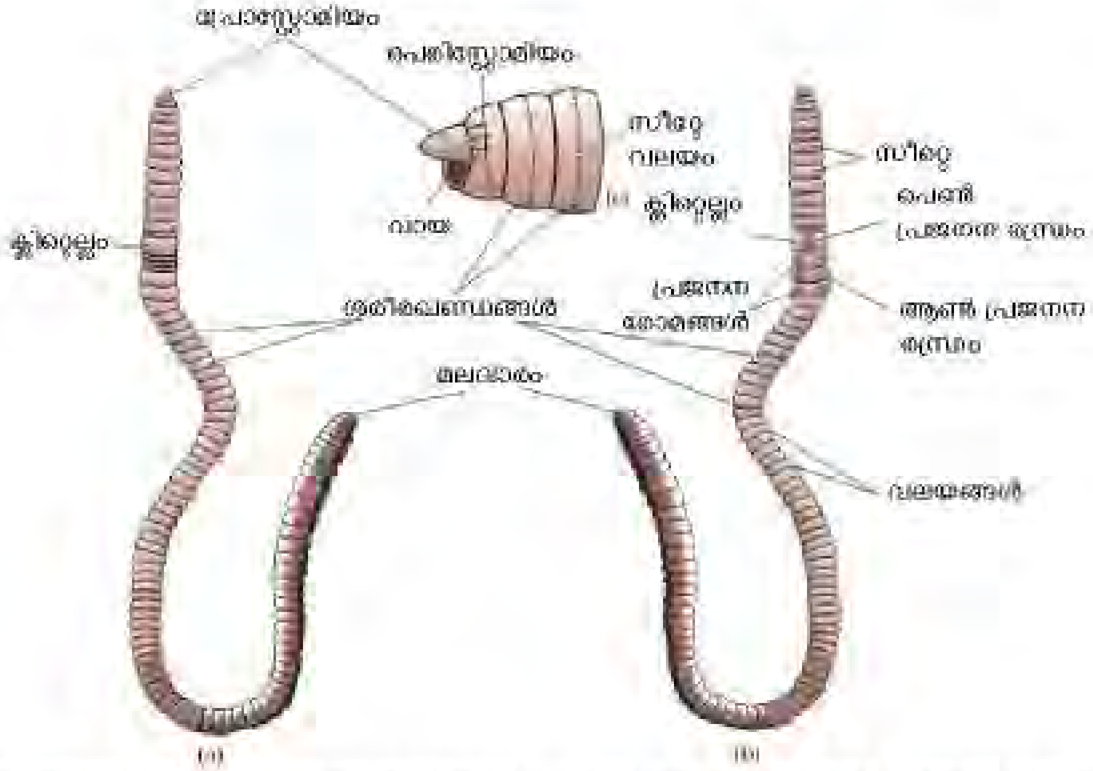
ബഹുകോശജീവികളിൽ മേൽ സൂചിപ്പിച്ച അടിസ്ഥാനകലകൾ കൂടിച്ചേർന്ന് വിവിധ അവയവങ്ങളും അവ യോജിച്ച് അവയവവ്യവസ്ഥകളും രൂപപ്പെടുന്നു. ഒരു ജീവിയിൽ കാണപ്പെടുന്ന കോടിക്കണക്കിനു കോശങ്ങളുടെ കാര്യക്ഷമവും ഏകോപിതവുമായ പ്രവർത്തനങ്ങൾക്ക് ഇത്തരം കൂടിച്ചേരലുകൾ അത്യന്താപേക്ഷിതമാണ്. നമ്മുടെ ശരീരത്തിലെ ഓരോ അവയവവും ഒന്നോ അതിലധികമോ തരം കലകളാൽ നിർമിതമാണ്. ഉദാഹരണത്തിന്, നമ്മുടെ ഹൃദയത്തിൽ ആവരണകല, യോജകകല, പേശീകല, നാഡീകല എന്നീ നാല് തരം കലകളും കാണപ്പെടുന്നു. അവയവങ്ങളുടെയും അവയവവ്യവസ്ഥകളുടെയും സങ്കീർണതയിൽ വിവേചിച്ചറിയാവുന്ന ഒരു പ്രവണത ഉണ്ടെന്ന് ശ്രദ്ധാപൂർവമുള്ള ഒരു പഠനത്തിലൂടെ നമുക്ക് മനസ്സിലാക്കാൻ കഴിയും. ഇത് ജീവപരിണാമ പ്രവണത (Evolutionary trend) എന്നറിയപ്പെടുന്നു (XII-ാം ക്ലാസിൽ ഇതിനെക്കുറിച്ച് കൂടുതൽ വിവരങ്ങൾ മനസ്സിലാക്കാൻ കഴിയും). ജീവപരിണാമത്തിന്റെ വിവിധതലങ്ങളിലുള്ള മൂന്ന് ജീവികളുടെ ബാഹ്യഘടനയും ആന്തരഘടനയും ഇവിടെ നിങ്ങൾക്ക് പരിചയപ്പെടുത്തുന്നു. ബാഹ്യമായി പ്രകടമാകുന്ന സ്വഭാവങ്ങളുടെയോ ആകൃതിയുടെയോ പഠനത്തെ **ബാഹ്യഘടനാശാസ്ത്രം (Morphology)** എന്നു പറയുന്നു. സസ്യങ്ങളുടെയോ സൂക്ഷ്മജീവികളുടെയോ കാര്യത്തിൽ ബാഹ്യഘടനാശാസ്ത്രം എന്ന പദം ഇതുമാത്രമാണ് ഉദ്ദേശിക്കുന്നത്. എന്നാൽ ജന്തുക്കളിൽ ഈ പദം സൂചിപ്പിക്കുന്നത് അവയവങ്ങളുടെയോ ശരീരഭാഗങ്ങളുടെയോ ബാഹ്യാകാരത്തെയാണ്. ആന്തരഘടനാശാസ്ത്രം (Anatomy) എന്ന പദം ഉപയോഗിക്കുന്നത് ജന്തുക്കളുടെ ആന്തരാവയവങ്ങളുടെ ഘടനയെക്കുറിച്ചുള്ള പഠനത്തിനുവേണ്ടിയാണ്. കശേരുകികൾ, അകശേരുകികൾ എന്നീ വിഭാഗങ്ങളിൽ നിന്ന് മണ്ണിര, പാറ്റ, തവള എന്നീ ജീവികളുടെ ബാഹ്യഘടനാശാസ്ത്രം, ആന്തരഘടനാശാസ്ത്രം എന്നിവയാണ് തുടർന്ന് പ്രതിപാദിക്കുന്നത്.

7.3 മണ്ണിര

മണ്ണിര ചുവന്ന തവിട്ടു നിറത്തിലുള്ള ഒരു അകശേരുകിയാണ്. ഇത് കരയിൽ, സാധാരണയായി നനഞ്ഞ മണ്ണിന്റെ മേൽപ്പാളികളിൽ കാണപ്പെടുന്നു. പകൽ സമയം ഇവ മണ്ണിലുണ്ടാക്കുന്ന കുഴികളിൽ കഴിയുന്നു. കുഞ്ഞിരികട്ട (ഇരമണ്ണ്/കുരിമണ്ണ്/പുറ്റുമണ്ണ്) (Worm castings) എന്നറിയപ്പെടുന്ന ഇവയുടെ വിസർജ്യത്തിന്റെ നിക്ഷേപക്കൂനകളിൽ നിന്ന് പറമ്പുകളിലെ മണ്ണിരയുടെ സാന്നിധ്യം തിരിച്ചറിയാം. ഫെറിറ്റിമ *(Pheretima)*, ലുമ്പ്രിക്കസ് *(Lumbricus)* എന്നിവയാണ് സാധാരണയായി കാണപ്പെടുന്ന ഇന്ത്യൻ മണ്ണിരകൾ.

7.3.1 ബാഹ്യഘടന

മണ്ണിരകളുടെ ശരീരം നീണ്ട കുഴലുപോലെയുള്ളതാണ്. ശരീരത്തെ നൂറിൽപരം സദൃശങ്ങളായ ലഘുഖണ്ഡങ്ങളായി വിഭജിച്ചിരിക്കുന്നു (100 മുതൽ 120 വരെ ശരീരഖണ്ഡങ്ങൾ (Metameres). ശരീരത്തിന് ഉപരിതലം മുതുക് ഭാഗത്ത് മധ്യത്തിലായി ഇരുണ്ടനിറത്തിലുള്ള ഒരു രക്തക്കുഴൽ (Dorsal blood vessel) കാണപ്പെടുന്നു. ശരീരത്തിന്റെ അടിഭാഗത്ത് പ്രജനനരന്ധ്രങ്ങൾ (Genital pores) ജോഡികളായി കാണപ്പെടുന്നു. മുൻ ഭാഗത്ത് വായയും പ്രാഗ്വദനം അഥവാ പ്രോസ്റ്റോമിയം (Prostomium) എന്ന മാംസളമായ ഭാഗവും കാണപ്പെടുന്നു. പ്രോസ്റ്റോമിയം വായയുടെ അടപ്പുപോലെ പ്രവർത്തിക്കുന്നു. മണ്ണിര ഇഴഞ്ഞുനീങ്ങുമ്പോൾ മണ്ണിനെ തുരന്നു മാറ്റുന്നതിനും പ്രോസ്റ്റോമിയം സഹായിക്കുന്നു. കൂടാതെ ഇത് സംവേദന അവയവമായും പ്രവർത്തിക്കുന്നു. ആദ്യത്തെ ശരീരഖണ്ഡത്തെ വദന ഖണ്ഡം (Buccal segment) അഥവാ ചുറ്റുവദനം (പെരിസ്റ്റോമിയം) എന്നുപറയുന്നു. വായ സ്ഥിതി ചെയ്യുന്നത് പെരിസ്റ്റോമിയത്തിലാണ്.



ചിത്രം 7.9 മണ്ണിരയുടെ ശരീരം: വായയുടെ (a) മുകളിൽ നിന്നുള്ള ദൃശ്യം (b) അടിയിൽ നിന്നുള്ള ദൃശ്യം (c) പാർശ്വദൃശ്യം

പൂർണവളർച്ചയെത്തിയ മണ്ണിരയിൽ 14 മുതൽ 16 വരെയുള്ള ഖണ്ഡങ്ങളെ, വ്യക്തമായി കാണുന്ന ഇരുണ്ട നിറത്തിലുള്ള ഗ്രന്ഥികലകൊണ്ട് ആവരണം ചെയ്തിരിക്കുന്നു. ഈ ഭാഗം **ക്ലിറ്റെല്ലം (Clitellum)** എന്നറിയപ്പെടുന്നു. അങ്ങനെ മണ്ണിരയുടെ ശരീരത്തെ വ്യക്തമായ മൂന്ന് ഭാഗങ്ങളായി തിരിച്ചിരിക്കുന്നു – ക്ലിറ്റെല്ലത്തിനു മുന്നിലുള്ള ഖണ്ഡം, ക്ലിറ്റെല്ലം, ക്ലിറ്റെല്ലത്തിനു പിറകിലുള്ള ഖണ്ഡം (ചിത്രം 7.9).

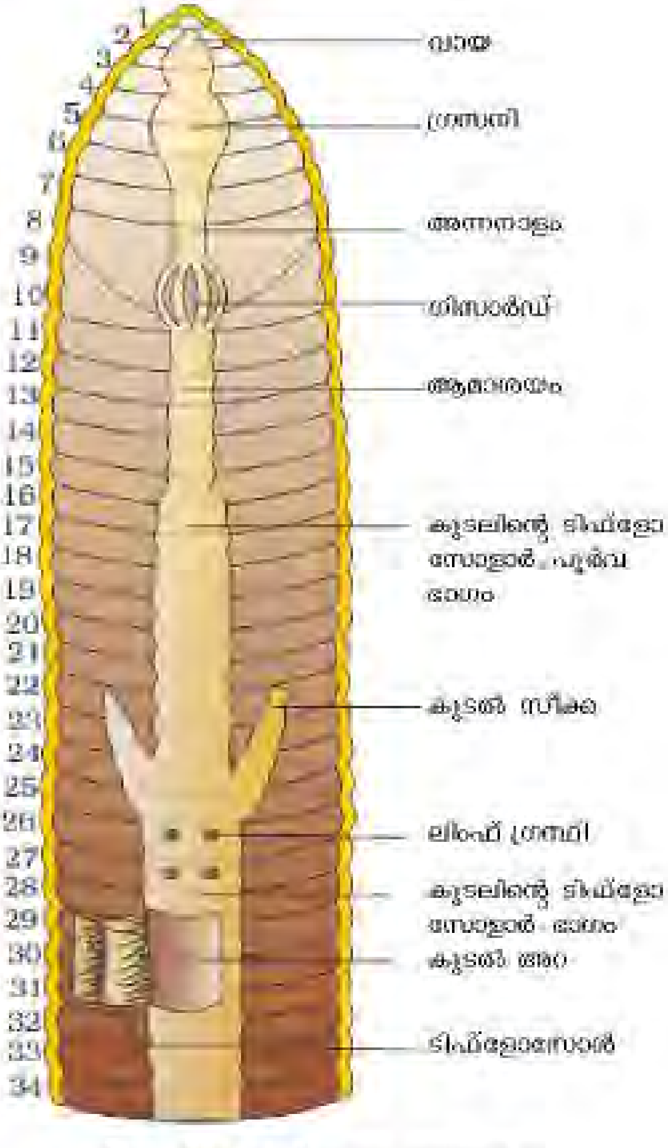
5 മുതൽ 9 വരെയുള്ള ഖണ്ഡങ്ങളുടെ അടിവശത്ത് ഇരുവശങ്ങളിലായി ബീജസംഭരണ സഞ്ചികളുടെ 4 ജോഡി സുഷിരങ്ങൾ (Spermathecal pores) കാണപ്പെടുന്നു. 14-ാം ഖണ്ഡത്തിന്റെ അടിവശത്ത് മധ്യത്തിലായി ഒരു പെൺപ്രജനന രന്ധ്രം കാണപ്പെടുന്നു. 18-ാം ഖണ്ഡത്തിന്റെ അടിവശത്ത് ഇരുവശങ്ങളിലുമായി ഒരു ജോഡി ആൺപ്രജനന രന്ധ്രങ്ങൾ കാണപ്പെടുന്നു. വിസർജനത്തിനു സഹായിക്കുന്ന നെഫ്രീഡിയോപോറുകൾ എന്നറിയപ്പെടുന്ന ധാരാളം സൂക്ഷ്മ സുഷിരങ്ങൾ ശരീരോപരിതലത്തിലേക്ക് തുറക്കുന്നു. ഒന്നാമത്തെയും അവസാനത്തെയും ഖണ്ഡങ്ങൾ, ക്ലിറ്റെല്ലം എന്നിവ ഒഴികെ എല്ലാ ശരീരഖണ്ഡങ്ങളിലും **'S' - ആകൃതിയിലുള്ള സീറ്റകളുടെ (Setae)** നിരകൾ കാണപ്പെടുന്നു. ഓരോ ഖണ്ഡത്തിന്റെയും നടുവിലെ ഉപരിവൃതിയിലുള്ള കുഴികളിൽ ആണ് ഇവ സ്ഥിതി ചെയ്യുന്നത്. പുറത്തേക്ക് നീട്ടാനും ഉൾവലിക്കാനും കഴിയുന്ന സീറ്റകൾ സഞ്ചാരത്തിന് സഹായിക്കുന്നു.

7.3.2 ആന്തരഘടന

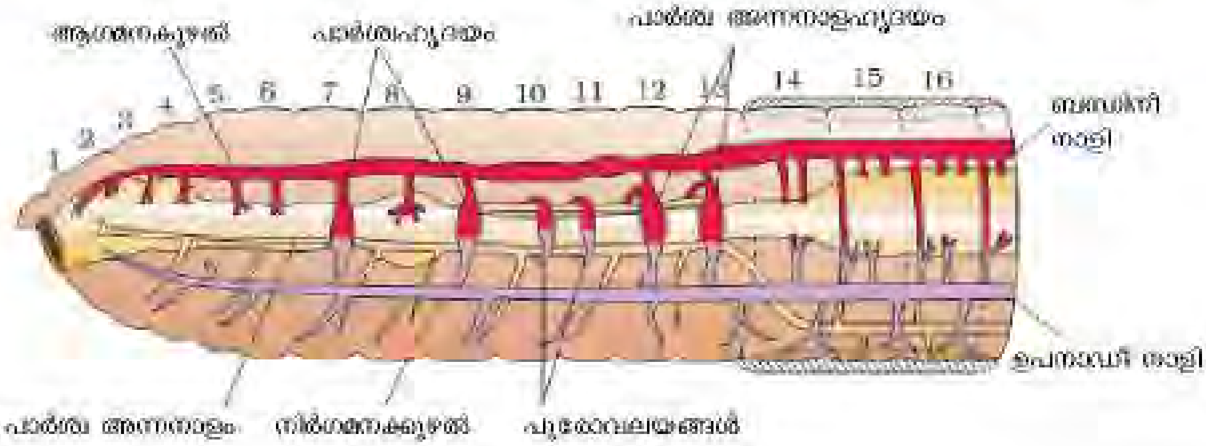
മണ്ണിരയുടെ ശരീരഭിത്തിയെ പൊതിഞ്ഞ് ക്യൂട്ടിക്കിൾ (Cuticle) കാണപ്പെടുന്നു. ഇതിനു താഴെ ഉപരിവൃതി, രണ്ടുപാളി പേശികൾ (വലയപേശികളും ദീർഘപേശികളും), ഏറ്റവും ഉള്ളിലായി സീലോമിക് ആവരണ കല എന്നിവ കാണപ്പെടുന്നു. ഒരു പാളി കോളംനാർ ആവരണ കോശങ്ങളാൽ നിർമിതമായിരിക്കുന്ന ഉപരിവൃതിയിൽ ഗ്രന്ഥീകോശങ്ങൾ കാണപ്പെടുന്നു.

ദഹനേന്ദ്രിയവ്യവസ്ഥ

മണ്ണിരയുടെ അന്നപഥം ആദ്യത്തെ ശരീരഖണ്ഡം മുതൽ അവസാനത്തെ ശരീരഖണ്ഡം വരെ നീളുന്ന ഒരു കുഴലാണ് (ചിത്രം 7.10). അന്നപഥത്തിന്റെ അഗ്രഭാഗത്ത് സ്ഥിതിചെയ്യുന്ന വായ 1 മുതൽ 3 വരെ ഖണ്ഡങ്ങളിൽ സ്ഥിതിചെയ്യുന്ന വദനഗഹ്വരത്തിലേക്ക് (Buccal cavity) തുറക്കുന്നു. ഇത് പേശീനിർമിതമായ ഗ്രസനിയിലേക്ക് നയിക്കുന്നു. അന്നനാളം (Oesophagus) ഒരു ചെറിയ ഇടുങ്ങിയ കുഴലാണ് (5 മുതൽ 7 വരെ ഖണ്ഡങ്ങളിൽ കാണപ്പെടുന്നു). ഇതിനെത്തുടർന്നുള്ള (8-9 ഖണ്ഡങ്ങളിൽ) ഭാഗമാണ് ഗിസാർഡ് (Gizzard). ഇത് മണ്ണും അഴുകിയ ഇലകളും പൊടിച്ചരയ്ക്കാൻ സഹായിക്കുന്ന പേശീ നിർമിതമായ അവയവമാണ്. ആമാശയം 9-14 ഖണ്ഡങ്ങളിൽ വ്യാപിച്ചു കിടക്കുന്നു. അഴുകിയ ഇലകളും മണ്ണിൽച്ചേർന്നിരിക്കുന്ന ജൈവ വസ്തുക്കളുമാണ് മണ്ണിരയുടെ ആഹാരം. ആമാശയത്തിലെ കാൽസിഫെറസ് ഗ്രന്ഥികൾ മണ്ണിലടങ്ങിയിരിക്കുന്ന ഹ്യൂമിക് ആസിഡിനെ നിർവീര്യമാക്കുന്നു. 15-ാമത്തെ ഖണ്ഡത്തിൽ നിന്നാരംഭിക്കുന്ന കുടൽ അവസാന ഖണ്ഡം വരെ നീണ്ടുകിടക്കുന്നു. 26-ാമത്തെ ഖണ്ഡ



ചിത്രം 7.10 മണ്ണിരയുടെ അന്നപഥം



ചിത്രം 7.11 അടഞ്ഞപര്യയനവ്യവസ്ഥ

ത്തിൽ ഒരു ജോഡി ചെറിയ, കോൺ ആകൃതിയിലുള്ള കുടൽ സീക്കകൾ പൊന്തി നിൽക്കുന്നു. 26-ാമത്തെ ഖണ്ഡത്തിനുശേഷം കുടലിൽ **ടിഫ്ലോസോൾ** എന്ന സവിശേഷഭാഗം കാണപ്പെടുന്നു. ഇത് കുടൽഭിത്തിയുടെ മധ്യത്തിലുള്ള ആന്തരികമടക്കുകളാണ്. ഈ മടക്കുകൾ കുടലിന്റെ ആഗിരണ വിസ്തീർണം വർധിപ്പിക്കുന്നു. അന്നപഥം അവസാനത്തെ ശരീരഖണ്ഡത്തിലെ മലദ്വാരം എന്നറിയപ്പെടുന്ന ചെറുസുഷിരംവഴി പുറത്തേക്ക് തുറക്കുന്നു. മണ്ണിര കഴിക്കുന്ന ജൈവവസ്തുക്കളടങ്ങിയ മണ്ണ് ദഹനപഥത്തിൽ വച്ച് ദഹനരസവുമായി കൂടിക്കലർന്ന് ആഗിരണം ചെയ്യാൻ കഴിയുന്ന ലഘുഘടകങ്ങളായി മാറുന്നു. ഈ ലഘുതന്മാത്രകൾ കുടലിലെ സ്തരങ്ങളിലൂടെ ആഗിരണം ചെയ്ത് ജീവൽപ്രവർത്തനങ്ങൾക്ക് ഉപയോഗിക്കുന്നു.

രക്തപര്യയന വ്യവസ്ഥ

മണ്ണിരയ്ക്ക് അടഞ്ഞ രക്തപര്യയന വ്യവസ്ഥയാണ്. ഇതിൽ രക്തക്കുഴലുകൾ, രക്തലോമികകൾ, ഹൃദയം എന്നിവ ഉൾപ്പെടുന്നു (ചിത്രം 7.11).

അടഞ്ഞ പര്യയനവ്യവസ്ഥയിൽ രക്തം ഹൃദയത്തിലും രക്തക്കുഴലുകളിലുമായി സംവഹിക്കപ്പെടുന്നു. ശരീരത്തിന്റെ സങ്കോചവികാസങ്ങൾ ഒരു ദിശയിൽ മാത്രം രക്തപ്രവാഹം സാധ്യമാക്കുന്നു. ആമാശയം, നാഡീദണ്ഡ്, ശരീരഭിത്തി എന്നീ ഭാഗങ്ങളിൽ രക്തം എത്തിക്കുന്നത് ചെറിയരക്തക്കുഴലുകൾ ആണ്. 4, 5, 6, ഖണ്ഡങ്ങളിൽ കാണപ്പെടുന്ന രക്തഗ്രന്ഥികൾ രക്തകോശങ്ങളും വർണകമായ ഹീമോഗ്ലോബിനും ഉൽപ്പാദിപ്പിക്കുന്നു. ഹീമോഗ്ലോബിൻ രക്തപ്ലാസ്മയിൽ അലിഞ്ഞുചേർന്നിരിക്കുന്നു. രക്തകോശങ്ങൾ ഭക്ഷകകോശസ്വഭാവം (Phagocytic nature) ഉള്ളവയാണ്.

ശ്വസനവ്യവസ്ഥ

മണ്ണിരയിൽ പ്രത്യേക ശ്വസനോപാധികളില്ല. നനഞ്ഞ ശരീരോപരിതലത്തിലൂടെയാണ് രക്തത്തിലേക്ക് ശ്വസനവാതകവിനിമയം നടക്കുന്നത്.

വിസർജനവ്യവസ്ഥ

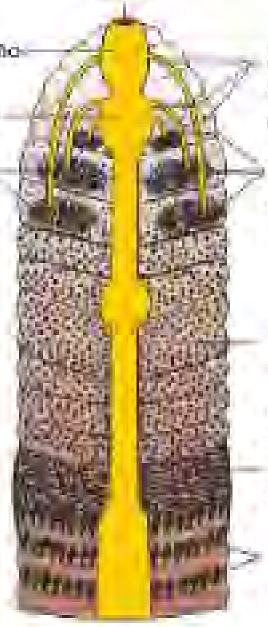
ഖണ്ഡങ്ങൾക്കുള്ളിൽ സ്ഥിതിചെയ്യുന്ന നെഫ്രീഡിയ എന്നറിയപ്പെടുന്ന ചുറ്റി

വളഞ്ഞ നളികകളാണ് മണ്ണിരയുടെ വിസർജനാവയവങ്ങൾ. നെഫ്രീഡിയകളെ മൂന്നായി തരംതിരിച്ചിരിക്കുന്നു:

i) ഫലക നെഫ്രീഡിയ (Septal nephridia):- 15 മുതൽ അവസാന ഖണ്ഡം വരെയുള്ള ഫലകങ്ങളുടെ (സെപ്റ്റ) ഇരുവശങ്ങളിലും കാണപ്പെടുന്നു. ഇത് കുടലിലേക്ക് തുറക്കുന്നു.

ii) ശരീരഭിത്തി നെഫ്രീഡിയ (Integumentary nephridia):- 3 മുതൽ അവസാനഖണ്ഡം വരെയുള്ള ശരീരഭിത്തിയുടെ ഉൾവശത്ത് ചേർന്ന് കാണപ്പെടുന്നു. ഇവ ശരീരോപരിതലത്തിലേക്ക് തുറക്കുന്നു.

iii) ഗ്രസനി നെഫ്രീഡിയ (Pharyngeal nephridia):- 4, 5, 6 ഖണ്ഡങ്ങളിൽ 3 ജോഡി കെട്ടുകളായി കാണപ്പെടുന്നു (ചിത്രം 7.12).



ചിത്രം 7.12 മണ്ണിരയിലെ നെഫ്രീഡിയ സംവിധാനം

ഈ വ്യത്യസ്തതരം നെഫ്രീഡിയകളുടെ അടിസ്ഥാന ഘടന ഒന്നുതന്നെയാണ്. ശരീരദ്രവത്തിന്റെ അളവും ഘടകങ്ങളും നിയന്ത്രിക്കുന്നത് നെഫ്രീഡിയകളാണ്. നെഫ്രീഡിയനളികയുടെ അഗ്രം ചോർപ്പിന്റെ രൂപത്തിലാണ്. ഇത് സീലോമിക അറയിൽ നിന്ന് അധികമുള്ള ദ്രാവകം ശേഖരിക്കുകയും മാലിന്യങ്ങളെ ശരീരഭിത്തിയുടെ പ്രതലത്തിലെ സുഷിരത്തിലൂടെ ദഹനനളിയിലേക്ക് കടത്തിവിടുകയും ചെയ്യുന്നു.

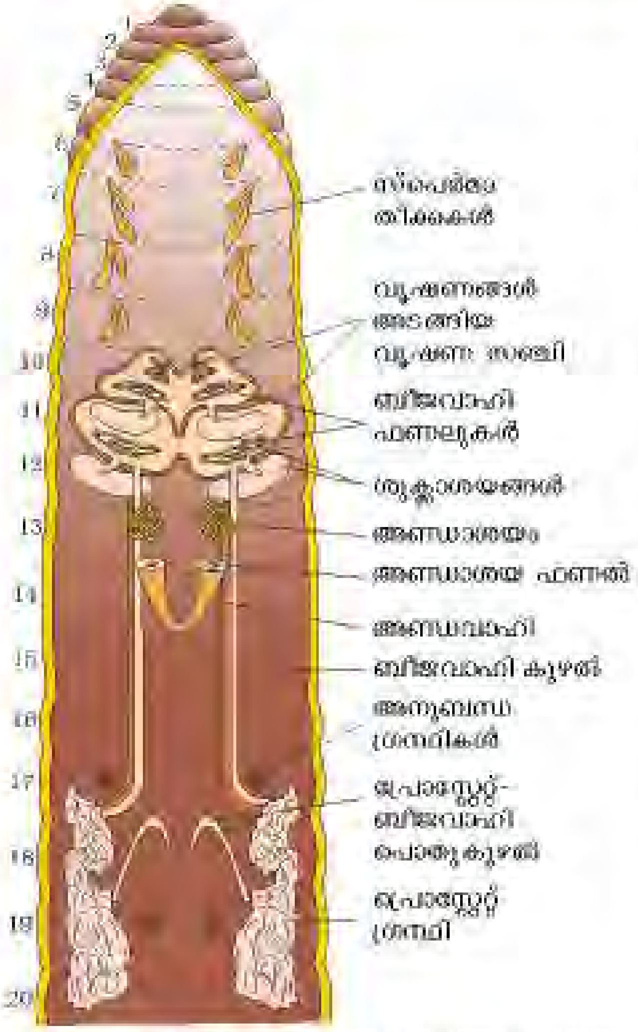
നാഡീവ്യവസ്ഥ

നാഡീവ്യവസ്ഥയെ പ്രതിനിധാനം ചെയ്യുന്നത് ശരീരത്തിന്റെ അടിവശത്തെ നാഡീഗാംഗ്ലിയകളാണ്. മുൻഭാഗത്ത് (3, 4 ഖണ്ഡങ്ങളിൽ) നാഡീചരട് രണ്ടായി പിരിഞ്ഞ് വശങ്ങളിലൂടെ ഗ്രസനിയെ ചുറ്റി പുറംഭാഗത്ത് സെറിബ്രൽ ഗാംഗ്ലിയയുമായി ചേർന്ന് നാഡീവലയമായിത്തീരുന്നു. സെറിബ്രൽ ഗാംഗ്ലിയകളും വലയത്തിലെ മറ്റു നാഡികളും ചേർന്ന് സംവേദങ്ങളെ ഉദ്ഗ്രഥിക്കുകയും ശരീരത്തിലെ പേശീപ്രതികരണങ്ങളെ നിയന്ത്രിക്കുകയും ചെയ്യുന്നു.

സംവേദനവ്യവസ്ഥയിൽ കണ്ണുകൾ ഇല്ല. എന്നാൽ വെളിച്ചം, സ്പർശം എന്നിവ തിരിച്ചറിയാനുള്ള ഗ്രാഹീകോശങ്ങൾ കാണപ്പെടുന്നു. ഇവയ്ക്ക് പ്രകാശതീവ്രത, പ്രതലത്തിലെ കമ്പനങ്ങൾ എന്നിവ വേർതിരിച്ചറിയാൻ കഴിയും. മണ്ണിരകളിൽ രാസ ഉദ്ദീപനങ്ങൾക്കനുസരിച്ച് പ്രതികരിക്കാൻ കഴിയുന്ന സവിശേഷ രാസഗ്രാഹികൾ (രുചി ഗ്രാഹികൾ – Chemo or taste receptors) കാണപ്പെടുന്നു. ഇത്തരം സംവേദാവയവങ്ങൾ മണ്ണിരയുടെ ശരീരത്തിന്റെ മുൻഭാഗത്താണ് സ്ഥിതിചെയ്യുന്നത്.

പ്രത്യുൽപ്പാദനവ്യവസ്ഥ

മണ്ണിര ഒരു ഉഭയലിംഗജീവിയാണ് (Hermaphrodite or bisexual). വൃഷണങ്ങളും അണ്ഡാശയങ്ങളും ഒരേ ജീവിയിൽ കാണപ്പെടുന്നു (ചിത്രം 7.13). 10, 11 ഖണ്ഡങ്ങളിൽ 2 ജോഡി വൃഷണങ്ങൾ കാണപ്പെടുന്നു. അവയുടെ ബീജവാഹിക്കുഴലുകൾ



ചിത്രം 7.13 മണ്ണിരയുടെ പ്രത്യുൽപ്പാദന വ്യവസ്ഥ

(Vasa deferentia) 18-ാമത് ഖണ്ഡം വരെ നീണ്ട് പ്രോസ്റ്റേറ്റിക് കുഴലുമായി ചേരുന്നു. 17-ാമത്തെയും 19-ാമത്തെയും ഖണ്ഡങ്ങളിൽ ഓരോ ജോഡി അനുബന്ധ ഗ്രന്ഥികൾ (Accessory glands) കാണപ്പെടുന്നു. പ്രോസ്റ്റേറ്റ്-ബീജവാഹിക്കുഴൽ 18-ാം ഖണ്ഡത്തിലെ ഒരു ജോഡി ആൺപ്രജനന സുഷിരം വഴി പുറത്തേക്ക് തുറക്കുന്നു.

6 മുതൽ 9 വരെ ഖണ്ഡങ്ങളിൽ 4 ജോഡി സ്പെർമാത്തീക്ക (ഒരു ഖണ്ഡത്തിൽ ഒരു ജോഡി വീതം) കാണപ്പെടുന്നു. ഇണചേരുന്ന സമയത്ത് പുംബീജങ്ങൾ ഇവിടെ സംഭരിക്കപ്പെടുന്നു. ഒരു ജോഡി അണ്ഡാശയങ്ങൾ 12, 13 ഖണ്ഡങ്ങളിലെ ഖണ്ഡാന്തര ഫലകവുമായി ചേർന്ന് കാണപ്പെടുന്നു. അണ്ഡാശയത്തിനു താഴെയായി കാണുന്ന ചോർപ്പ് പോലുള്ള ഭാഗങ്ങൾ അണ്ഡവാഹിയായി താഴോട്ടുവരികയും അവ രണ്ടും ചേർന്ന് ഒറ്റ പെൺപ്രജനന സുഷിരമായി 14-ാം ഖണ്ഡത്തിന്റെ അടിഭാഗത്ത് തുറക്കുകയും ചെയ്യുന്നു.

ഇണചേരുന്ന സമയത്ത് ഇവ പുംബീജങ്ങളെ സ്പെർമറ്റോഫോറുകൾ എന്നറിയപ്പെടുന്ന പുംബീജങ്ങളുടെ കൂട്ടങ്ങളായി അന്യോന്യം കൈമാറ്റം ചെയ്യുന്നു. രണ്ട് മണ്ണിരകൾ അവയുടെ പ്രജനനരന്ധ്രങ്ങൾ അഭിമുഖമായി വരത്തക്കവിധത്തിൽ എതിർദിശയിൽ തമ്മിൽ ചേർന്നാണ് ഇണചേരുന്നത്. ക്ലൈറ്റെല്ലത്തിലെ ഗ്രന്ഥീകോശങ്ങൾ ഉത്പാദിപ്പിക്കുന്ന കൊക്കൂണുകളിൽ പാകമായ പുംബീജവും അണ്ഡകോശങ്ങളും പോഷണദ്രവവും നിക്ഷേപിക്കപ്പെടുന്നു. ഈ കൊക്കൂണുകൾ മണ്ണിരയുടെ ശരീരത്തിൽ നിന്ന് മണ്ണിലേക്ക് വീഴുന്നു. മണ്ണിൽ നിക്ഷേപിക്കപ്പെടുന്ന ഈ കൊക്കൂണുകൾക്കുള്ളിലാണ് ബീജസംയോഗവും വികാസവും സംഭവിക്കുന്നത്. ബീജസംയോഗത്തിനുശേഷം ഈ കൊക്കൂണിനുള്ളിലാണ് ഭ്രൂണങ്ങളുണ്ടാകുന്നത്. മൂന്നാഴ്ചകൾക്കുശേഷം ഓരോ കൊക്കൂണിൽനിന്നും രണ്ട് മുതൽ ഇരുപതുവരെ (ശരാശരി നാലെണ്ണം) കുഞ്ഞുങ്ങൾ പുറത്തുവരുന്നു. മണ്ണിരയിൽ നേരിട്ടുള്ള വികാസമാണ് സംഭവിക്കുന്നത്, അതായത് വികാസഘട്ടങ്ങളിൽ ലാർവകൾ ഉണ്ടാകുന്നില്ല.

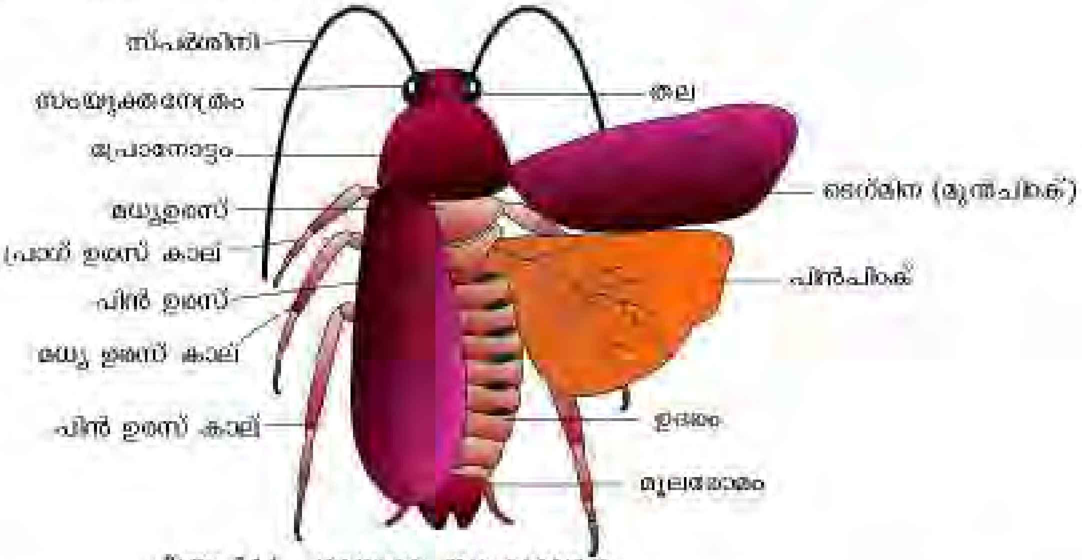
മണ്ണിരകൾ 'കർഷകമിത്രം' എന്നറിയപ്പെടുന്നു. അവ കുഴികളുണ്ടാക്കി മണ്ണിലെ വായു സഞ്ചാരം വർധിപ്പിക്കുന്നു. ഇത് സസ്യങ്ങളുടെ ശ്വസനത്തിനും സസ്യങ്ങളുടെ വേര് മണ്ണിലേക്ക് വേഗത്തിൽ ആഴ്ന്നിറങ്ങി വളരുന്നതിനും സഹായിക്കുന്നു. മണ്ണിരകളുടെ സഹായത്താൽ മണ്ണിന്റെ ഉർവരത വർധിപ്പിക്കുന്ന പ്രക്രിയയെ മണ്ണിര കമ്പോസ്റ്റിംഗ് (Vermicomposting) എന്നുപറയുന്നു. മീൻപിടിക്കാനായി ചൂണ്ടയിൽ ഇരയായി കോർക്കുന്നതിനും മണ്ണിരയെ ഉപയോഗിക്കുന്നു.

7.4 പാറ്റ

പാറ്റകൾ ആർത്രോപോഡ (Arthropoda) എന്ന ഫൈലത്തിലെ, ഷഡ്പദങ്ങൾ (Insecta) എന്ന ക്ലാസിൽ ഉൾപ്പെടുന്നു. ഇവയുടെ ശരീരം തവിട്ടുനിറത്തിലോ കറുത്തനിറത്തിലോ ഉള്ളതായിരിക്കും. ഉഷ്ണമേഖലാപ്രദേശങ്ങളിൽ തിളങ്ങുന്ന മഞ്ഞ, ചുവപ്പ്, പച്ച നിറങ്ങളിലുള്ള പാറ്റകളെ കണ്ടെത്തിയിട്ടുണ്ട്. ഇവയ്ക്ക് ¼ ഇഞ്ചുമുതൽ 3 ഇഞ്ചുവരെ (0.6 – 7.6 സെ.മീ.) വലുപ്പമുണ്ടാകും. ഇവയ്ക്ക് നീളമുള്ള സ്പർശിനികൾ (Antennae), കാലുകൾ എന്നിവയുണ്ട്. പരന്നിരിക്കുന്ന ശരീരഭിത്തിയുടെ മുകൾഭാഗം തലയെ മറയ്ക്കുന്നു. പാറ്റകൾ രാത്രികാലങ്ങളിൽ സജീവമാകുന്ന മിശ്രഭോജികളാണ്. ഇവ വീടുകളുടെയും മറ്റും ഇരുണ്ടമൂലകളിൽ കാണപ്പെടുന്നു. ഇവ മാരകമായ ഒരു കീടവും പലതരം രോഗങ്ങളുടെ വാഹകരുമാണ്.

7.4.1 ബാഹ്യഘടന

സാധാരണയായി കാണപ്പെടുന്ന *പെരിപ്ലാനെറ്റ അമേരിക്കാന (Periplaneta americana)* എന്ന വിഭാഗത്തിലെ പൂർണ വളർച്ചയെത്തിയ പാറ്റകൾക്ക് ഏകദേശം 34–53 മില്ലിമീറ്റർ നീളമുണ്ടാകും. ആൺപാറ്റകളിൽ ചിറകുകൾ ഉദരത്തിനു താഴെയ്ക്ക് നീണ്ടിരിക്കുന്നു. പാറ്റയുടെ ശരീരം ഖണ്ഡങ്ങളായി വിഭജിച്ചിരിക്കുന്നു. ഇവയുടെ ശരീരത്തിന് 3 പ്രധാന ഭാഗങ്ങളുണ്ട്-തല, ഉരസ്, ഉദരം (ചിത്രം 7.14).



ചിത്രം 7.14 പാറ്റയുടെ ബാഹ്യഘടന

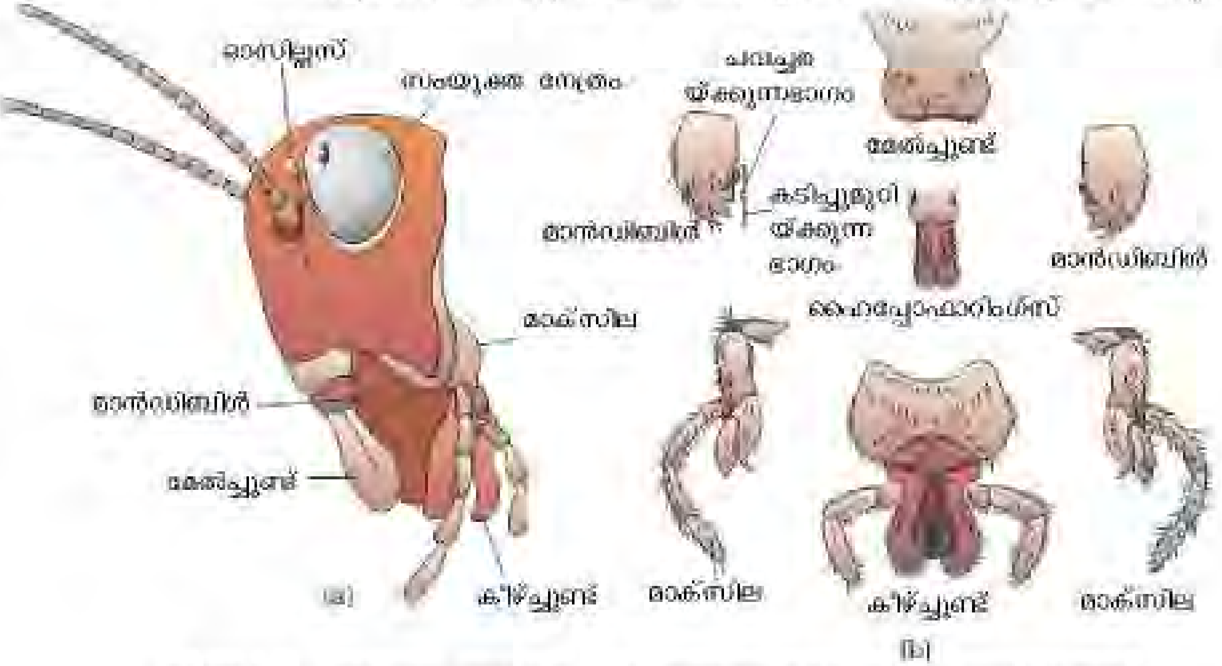
ശരീരം മുഴുവൻ പൊതിഞ്ഞ് കൈറ്റിൻ നിർമിതമായ കട്ടിയുള്ളതും തവിട്ടുനിറത്തിലുള്ളതുമായ ഒരു പുറന്തോടുണ്ട് (Exoskeleton). ഓരോ ഖണ്ഡത്തിലും പുറന്തോടിന് കട്ടിയുള്ള ഫലകങ്ങളുണ്ട്. ഇവയെ സ്ക്ലീറൈറ്റുകൾ എന്നു പറയുന്നു (മുകൾ വശത്ത് ടെർഗൈറ്റുകൾ എന്നും അടിവശത്ത് സ്റ്റേർണൈറ്റുകൾ എന്നും). സ്ക്ലീറൈറ്റുകൾ ഒരു നേർത്ത വലിയുന്ന സ്തരത്താൽ പരസ്പര ബന്ധിതമാണ്. ഇതിനെ ആർത്രോഡിയൽ സ്തരം (Articular or arthrodial membrane) എന്നുപറയുന്നു.

ത്രികോണാകൃതിയിലുള്ള തല ശരീരത്തിൽ തിരശ്ചീനതലത്തിൽ ലംബമായി സ്ഥിതിചെയ്യുന്നു. ആറ് ഖണ്ഡങ്ങൾ ചേർന്നാണ് തല ഉണ്ടായിരിക്കുന്നത്. വഴക്കമുള്ള കഴുത്തുള്ളതുകൊണ്ട് തല എല്ലാ വശത്തേക്കും ചലിപ്പിക്കാൻ കഴിയുന്നു (ചിത്രം 7.15).

തലയിൽ ഒരു ജോഡി സംയുക്തനേത്രങ്ങൾ കാണപ്പെടുന്നു. കണ്ണിനു മുൻവശത്തുള്ള സ്തരകോശത്തിൽ (Socket) നിന്ന് ഒരു ജോഡി സ്പർശിനികൾ (ആന്റിനകൾ) പുറപ്പെടുന്നു. സ്പർശിനികളിൽ ചുറ്റുപാടുമുണ്ടാകുന്ന മാറ്റങ്ങൾ അറിയാൻ സഹായിക്കുന്ന സംവേദ ഗ്രാഹികളുണ്ട്. തലയുടെ മുൻഭാഗത്ത് വായുടെ ഭാഗങ്ങളായി കടിച്ച് മുറിക്കാനും ചവച്ചരയ്ക്കാനും സഹായിക്കുന്ന അവയവങ്ങളുണ്ട്. ഒരു മേൽച്ചുണ്ട് (Labrum), ഒരു ജോഡി മാൻഡിബിളുകൾ, ഒരു ജോഡി മാക്സില, ഒരു കീഴ്ചുണ്ട് (Labium) എന്നിവയാണ് വായുടെ ഭാഗങ്ങൾ. ഉള്ളിൽ മധ്യഭാഗത്തായി കാണുന്ന വഴക്കമുള്ള ചെറിയഭാഗം നാവിന്റെ (ഹൈപ്പോഫാരിങ്സ്) ധർമം നിർവഹിക്കുന്നു (ചിത്രം 7. 15 b)

ഉരസിൽ (Thorax) മൂന്ന് ഖണ്ഡങ്ങളുണ്ട് – പ്രാഗ് ഉരസ് (പ്രോതൊറാക്സ്), മധ്യ ഉരസ് (മീസോതൊറാക്സ്), പിൻ ഉരസ് (മെറ്റാതൊറാക്സ്) എന്നിവ. പ്രോതൊറാക്സിന്റെ ചെറിയ തുടർഭാഗമായ കഴുത്ത് തലയെ ഉരസുമായി ബന്ധിപ്പിച്ചിരിക്കുന്നു. ഓരോ ഉരഖണ്ഡത്തിലും ഒരു ജോഡി കാലുകളുണ്ട്. ഒന്നാമത്തെ ജോഡി ചിറകുകൾ മീസോതൊറാക്സിൽ നിന്നും രണ്ടാമത്തെ ജോഡി ചിറകുകൾ മെറ്റാതൊറാക്സിൽ നിന്നും ഉത്ഭവിക്കുന്നു. ടെഗ്മിന (Tegmina) എന്നറിയപ്പെടുന്ന മുൻചിറകുകൾ അതാര്യമായ കറുത്ത തൊലിപോലുള്ള ഭാഗമാണ്. പിൻചിറകുകൾ സുതാര്യവും സ്തരനിർമിതവും പറക്കാൻ സഹായിക്കുന്നവയുമാണ്. പാറ്റ വിശ്രമിക്കുമ്പോൾ മുൻ ചിറകുകൾ പിൻചിറകുകളെ മൂടുകയും സംരക്ഷിക്കുകയും ചെയ്യുന്നു.

ആൺ-പെൺ പാറ്റകളുടെ ഉദരത്തിൽ 10 ഖണ്ഡങ്ങളുണ്ടാവും. പെൺ പാറ്റകളിൽ തോണിയുടെ ആകൃതിയിലുള്ള 7-ാമത്തെ സ്റ്റേർണം, 8, 9 സ്റ്റേർണങ്ങളുമായി ചേർന്ന് അണ്ഡസഞ്ചി (Brood pouch) അഥവാ പ്രജനനസഞ്ചി (Genital pouch) ആയിത്തീരുന്നു. ഇതിന്റെ മുൻഭാഗത്ത് പെൺപ്രജനനദ്വാരം, സ്പേർമതീക്കൽ സുഷിരം, കൊളാറ്ററൽ ഗ്രന്ഥികൾ എന്നിവ കാണപ്പെടുന്നു. ആൺപാറ്റകളിൽ



ചിത്രം 7.15 പാറ്റയുടെ തലഭാഗം : (a) തലയുടെ ഭാഗങ്ങൾ (b) വായ്ഭാഗങ്ങൾ

പ്രജനനയറ ഉദരത്തിന്റെ പിൻഭാഗത്തായി കാണപ്പെടുന്നു. ഇതിനെ വലയം ചെയ്ത് 9, 10 ടെർഗങ്ങൾ മുകൾഭാഗത്തും 9-ാമത്തെ സ്റ്റേർണം അടിഭാഗത്തും കാണപ്പെടുന്നു. ആൺപ്രജനന വ്യവസ്ഥയിൽ മുകൾഭാഗത്ത് മലദ്വാരം, അടിവശത്ത് ആൺ പ്രജനന സുഷിരം, ഗൊണാപോഫൈസിസ് എന്നിവ കാണപ്പെടുന്നു. ആൺജീവികളിൽ ഒരു ജോഡി ചെറിയ നാരുപോലുള്ള മലതന്തുകൾ (Anal styles) കാണപ്പെടുന്നു. ഇത് പെൺജീവികളിലില്ല. രണ്ട് വിഭാഗങ്ങളിലും (ആൺ-പെൺ) 10-ാമത്തെ ഖണ്ഡത്തിൽ ഒരു ജോഡി ഖണ്ഡിതമായ നാരുപോലുള്ള അവയവം കാണപ്പെടുന്നു. ഇതിനെ മലരോമങ്ങൾ (Anal cerci) എന്നുപറയുന്നു.

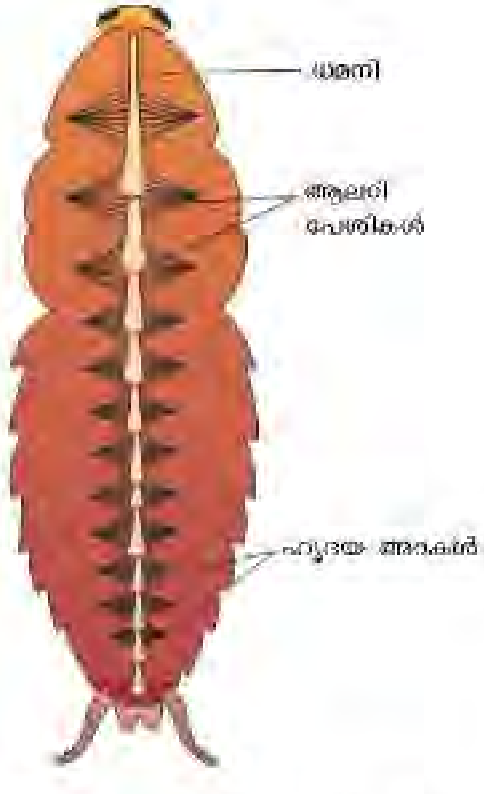
7.4.1 ആഹാരരീതി

ശരീരയറയിൽ കാണപ്പെടുന്ന അന്നപഥത്തിന് (Alimentary canal or gut) മുൻഭാഗം (Foregut), മധ്യഭാഗം (Mid gut or Mesenteron), പിൻഭാഗം (Hind gut) എന്നിങ്ങനെ 3 ഭാഗങ്ങളുണ്ട്. വായ ഒരു ചെറിയ നാളീരൂപത്തിലുള്ള ഗ്രസനിയിലേക്ക് തുറക്കുന്നു. ഇത് ഇടുങ്ങിയ കുഴലുപോലുള്ള അന്നനാളത്തിലേക്കും അന്നനാളം സഞ്ചിപോലുള്ള സംഭരണാവയവമായ ക്രോപ് (Crop) ലേക്കും തുറക്കുന്നു. ഇതിന്റെ തുടർച്ചയായി ഗിസാർഡ് അഥവാ പ്രോവെൻട്രിക്കുലസ് എന്ന ഭാഗം കാണപ്പെടുന്നു. ഇതിന്റെ പുറംപാളി വലയപേശികളാൽ നിർമിതമാണ്. അകത്തെ കട്ടിയുള്ള ക്യൂട്ടിക്കിൾ നിർമിതമായ പാളിയിൽനിന്ന് ആറ് കൈറ്റിൻ നിർമിതഫലകങ്ങൾ പല്ലുകൾ പോലെ രൂപാന്തരപ്പെട്ടിരിക്കുന്നു. ഗിസാർഡ് ഭക്ഷണപദാർഥങ്ങളെ ചെറുകണികകളാക്കാൻ സഹായിക്കുന്നു. അന്നപഥത്തിന്റെ മുൻഭാഗത്തിന്റെ ഉൾഭിത്തി പൂർണമായും ക്യൂട്ടിക്കിൾ കൊണ്ട് ആവരണം ചെയ്യപ്പെട്ടിരിക്കുന്നു.

മുൻഭാഗവും മധ്യഭാഗവും ചേരുന്ന ഭാഗത്ത് 6 മുതൽ 8 വരെ അടഞ്ഞ നളികകളുടെ ഒരു വലയം കാണപ്പെടുന്നു. ഇവ ഹെപാറ്റിക് സീക്ക (Hepatic or Gastric caeca) എന്നറിയപ്പെടുന്നു. ഇവ ദഹനരസത്തെ ഉത്പാദിപ്പിക്കുന്നു.

മധ്യഭാഗവും പിൻഭാഗവും ചേരുന്ന ഭാഗത്ത് 100 മുതൽ 150 വരെ മഞ്ഞനിറത്തിലുള്ള നേർത്ത നാരുകൾ പോലെ **മാൽപീജിയൻ നളികകൾ (Malpighian tubules)** കാണപ്പെടുന്നു. ഹീമോലിംഫ് എന്നറിയപ്പെടുന്ന ശരീരദ്രവത്തിലുള്ള വിസർജ്യവസ്തുക്കളെ

ചിത്രം 7.16 പാറ്റയുടെ അന്നപഥം



ചിത്രം 7.17 പാറ്റയിലെ രക്തപര്യയനവ്യവസ്ഥ

ഗിരണം ചെയ്യാൻ മാൽപീജിയൻ നളികകൾ സഹായിക്കുന്നു. പിൻഭാഗം, മധ്യഭാഗത്തെക്കാൾ വീതി കൂടിയതാണ്. ഇത് ഇലിയം (Ileum), വൻകുടൽ (Colon), മലാശയം (Rectum) എന്നിങ്ങനെ വിഭജിക്കപ്പെട്ടിരിക്കുന്നു. മലാശയം മലദ്വാരത്തിലൂടെ പുറത്തേക്ക് തുറക്കുന്നു.

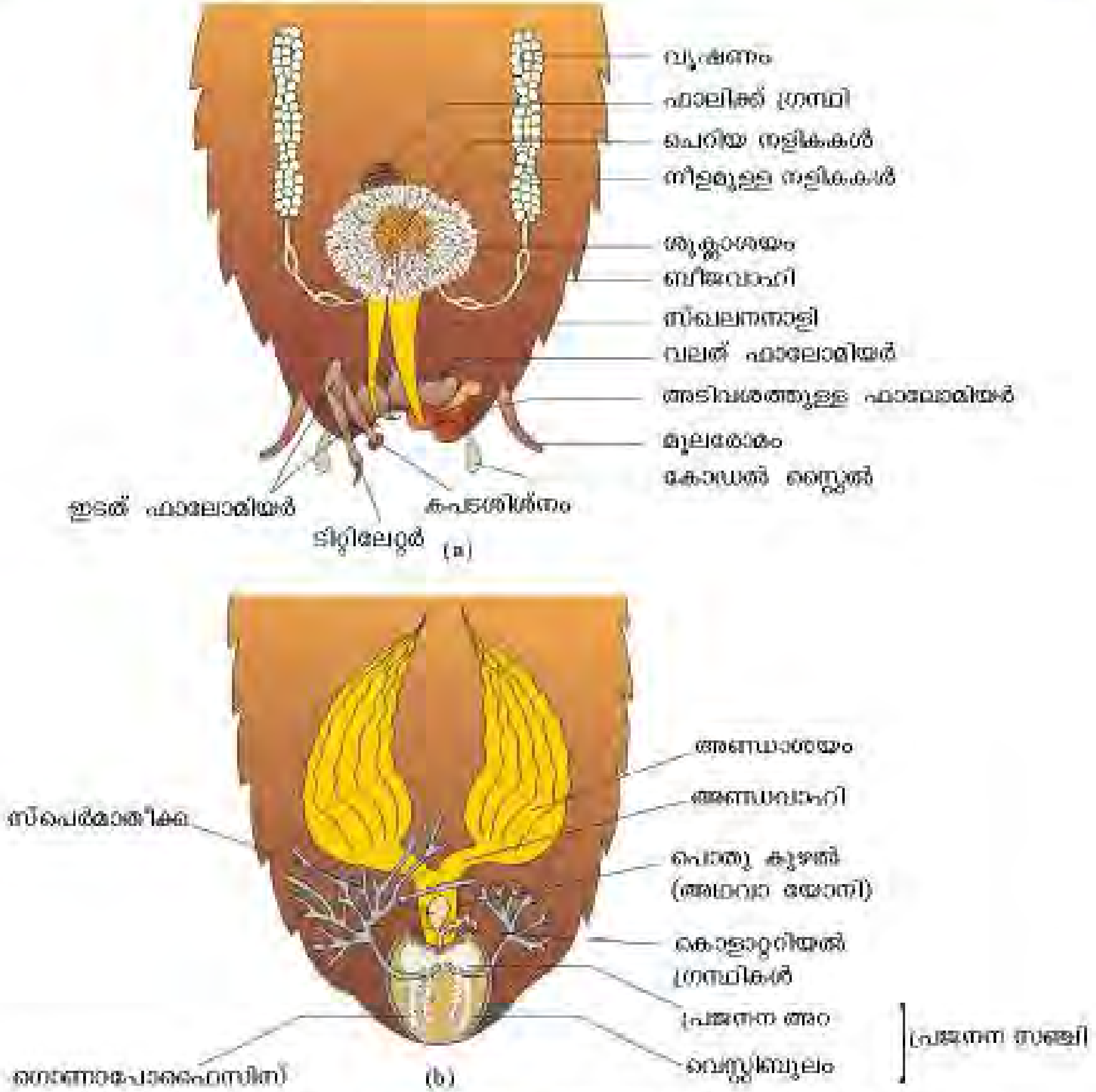
പാറ്റയിൽ തുറന്നപര്യയന വ്യവസ്ഥയാണുള്ളത് (ചിത്രം 7.17). രക്തക്കുഴലുകൾ വികാസം പ്രാപിച്ചിട്ടില്ല. ഇവ രക്തയറ (ഹീമോസീൽ) യിലേക്ക് തുറക്കപ്പെടുന്നു. രക്തയറയിൽ സ്ഥിതിചെയ്യുന്ന അവയവങ്ങൾ രക്തത്തിൽ (ഹീമോലിംഫ്) മുങ്ങിക്കിടക്കുന്നു. നിറമില്ലാത്ത പ്ലാസ്മയും ഹീമോസൈറ്റ് കോശങ്ങളും ചേർന്നതാണ് ഹീമോലിംഫ് അഥവാ ശരീരദ്രവം. ഇത് ഉരസിന്റെയും ഉദരത്തിന്റെയും ഉപരിഭാഗത്ത് മധ്യത്തിലായി സ്ഥിതിചെയ്യുന്നു. ചോർപ്പ് ആകൃതിയിലുള്ള അറകളായി കാണപ്പെടുന്ന ഹൃദയത്തിന്റെ ഇരുവശത്തും ഓസ്റ്റിയ (Ostia) എന്നറിയപ്പെടുന്ന സുഷിരങ്ങൾ കാണപ്പെടുന്നു. ഈ ഭാഗങ്ങളിലൂടെ അറകളിൽ നിന്ന് രക്തം ഹൃദയത്തിലേക്ക് പ്രവേശിക്കുന്നു. ഈ രക്തം വീണ്ടും ശരീരയറയിലേക്കുതന്നെ പമ്പുചെയ്യപ്പെടുന്നു.

ട്രക്കിയ എന്നറിയപ്പെടുന്ന കുഴലുകളുടെ ജാലികയാണ് ശ്വസനവ്യവസ്ഥ. ഇത് ശരീരത്തിനിരുവശത്തും കാണപ്പെടുന്ന സ്പൈറക്കിളുകൾ എന്നറിയപ്പെടുന്ന 10 ജോഡി സുഷിരങ്ങളിലൂടെ പുറത്തേക്ക് തുറക്കുന്നു. ട്രക്കിയ വീണ്ടും ട്രക്കിയോളുകൾ എന്ന നേർത്ത കുഴലുകളായി മാറുന്നു. ഇവ ശരീരത്തിന്റെ എല്ലാ ഭാഗത്തേക്കും ഓക്സിജൻ എത്തിക്കുന്നു. സ്പൈറക്കിളുകളുടെ തുറക്കൽ നിയന്ത്രിക്കുന്നത് സ്ഫിംക്റ്ററുകൾ എന്ന നിയന്ത്രണോപാധികളാണ്. ട്രക്കിയോളുകളിൽ വാതകവിനിമയം നടക്കുന്നത് വ്യാപനം വഴിയാണ്.

മാൽപീജിയൻ നളികകൾവിസർജനത്തിനു സഹായിക്കുന്നു. ഓരോ നളികയ്ക്കകത്തും ഗ്രന്ഥികോശങ്ങളും രോമകോശങ്ങളും കാണപ്പെടുന്നു. ഇവ നൈട്രജനിക വിസർജ്യവസ്തുക്കളെ ആഗിരണം ചെയ്യുകയും യൂറിക് ആസിഡാക്കി മാറ്റി അന്നപഥത്തിന്റെ പിൻഭാഗത്തിലൂടെ പുറന്തള്ളുകയും ചെയ്യുന്നു. അതിനാൽ പാറ്റ ഒരു **യൂറിക്കോടെലിക് ജീവി** എന്നറിയപ്പെടുന്നു. മാൽപീജിയൻ നളികകളെ കൂടാതെ കൊഴുപ്പു വസ്തു, നെഫ്രോസൈറ്റുകൾ, യൂറികോസ് ഗ്രന്ഥികൾ എന്നിവയും വിസർജനത്തിനു സഹായിക്കുന്നു.

പാറ്റയിലെ നാഡീവ്യവസ്ഥ ഖണ്ഡങ്ങളായി ക്രമീകരിച്ചിരിക്കുന്ന, കൂടിച്ചേർന്ന നിലയിലുള്ള ഗാംഗ്ലിയോണുകളുടെ ഒരു ശ്രേണിയാണ്. അധോവശത്ത് ഈ ഗാംഗ്ലിയോണുകൾ നിരയൊത്ത ബന്ധനികളാൽ (Longitudinal connectives) ബന്ധിച്ചിരിക്കുന്നു. മൂന്ന് ഗാംഗ്ലിയകൾ ഉരസിലും ആറെണ്ണം ഉദരത്തിലും കാണപ്പെടുന്നു. പാറ്റയിൽ നാഡീവ്യവസ്ഥയുടെ വളരെച്ചെറിയൊരു ഭാഗം തലയിലും ബാക്കി മുഴുവൻ ഭാഗങ്ങളും ശരീരത്തിന്റെ ഉദരഭാഗത്ത് അധോവശത്തുമായി സ്ഥിതി ചെയ്യുന്നു.

ഒരു പാറ്റയുടെ തല മുറിച്ചുകളഞ്ഞാലും ഒരാഴ്ചയോളം അത് ജീവിച്ചിരിക്കുന്നത് എന്തുകൊണ്ടാണെന്നിപ്പോൾ മനസ്സിലായിക്കാണുമല്ലോ? തലഭാഗത്ത് കാണുന്ന ഊർധ്വ അന്നനാള ഗാംഗ്ലിയോൺ (Supra-oesophageal ganglion) മസ്തിഷ്കത്തെ പ്രതിനിധീകരിക്കുന്നു. ഇതിൽ നിന്നും സ്പർശിനികളിലേക്കും സംയുക്തനേത്രത്തിലേക്കുമുള്ള നാഡികൾ പുറപ്പെടുന്നു. പാറ്റയിൽ സ്പർശിനികൾ, കണ്ണുകൾ, മാക്സിലറി പാൽപ്പുകൾ (Maxillary palps), ലേബിയൽ പാൽപ്പുകൾ



ചിത്രം 7.18 പാറ്റയുടെ പ്രത്യുൽപ്പാദന വ്യവസ്ഥ : (a) ആൺ (b) പെൺ

(Labial palps), മലരോമങ്ങൾ (Anal cerci) എന്നിവയാണ് പ്രധാന സംവേദന അവയവങ്ങൾ. തലയുടെ പുറം ഭാഗത്താണ് സംയുക്തനേത്രങ്ങൾ സ്ഥിതിചെയ്യുന്നത്. ഓരോ കണ്ണിലും ഏതാണ്ട് 2000 ഷഡ്ഭുജാകൃതിയിലുള്ള ഒമാറ്റീഡിയകൾ (Hexagonal ommatidia) കാണപ്പെടുന്നു. ധാരാളം ഒമാറ്റീഡിയകൾ ഉള്ളതുകൊണ്ട് ഒരു വസ്തുവിന്റെ അനേകം പ്രതിബിംബങ്ങൾ സ്വീകരിക്കാൻ പാറ്റയ്ക്ക് കഴിയും. ഇത്തരത്തിലുള്ള കാഴ്ചയെ മൊസൈക് കാഴ്ച എന്നുപറയുന്നു. ഉയർന്ന സംവേദനവും കുറഞ്ഞ വ്യക്തതയും മൊസൈക് കാഴ്ചയുടെ പ്രത്യേകതയാണ്. ഇത് രാത്രികാഴ്ചയ്ക്ക് (Nocturnal vision) സഹായിക്കുന്നു.

പാറ്റകൾ ഏകലിംഗജീവികളാണ്. ആൺ, പെൺ ജീവികൾക്ക് വളരെ വികസിതമായ പ്രത്യുൽപ്പാദന അവയവങ്ങളുണ്ട് (ചിത്രം 7.18). ആൺപാറ്റയുടെ പ്രത്യുൽപ്പാദനവ്യവസ്ഥയിൽ 4 മുതൽ 6 വരെ ഉദരഖണ്ഡങ്ങളിൽ ഇരുവശത്തുമായി

സ്ഥിതിചെയ്യുന്ന ഒരു ജോഡി വൃഷണങ്ങൾ (Testes) കാണപ്പെടുന്നു. ഓരോ വൃഷണത്തിൽ നിന്നും പുറപ്പെടുന്ന കനം കുറഞ്ഞ ബീജവാഹി (Vas deferens), ശുക്ലാശയത്തിലൂടെ (Seminal vesicle) സ്ഖലന നാളിയിലേക്ക് (Ejaculatory duct) തുറക്കുന്നു. സ്ഖലനനാളി, മലദ്വാരത്തിനടിവശത്ത് സ്ഥിതി ചെയ്യുന്ന ആൺ പ്രജനന രന്ധ്രത്തിലേക്ക് (Male gonopore) തുറക്കുന്നു. 6 മുതൽ 7 വരെ ഉദരഖണ്ഡങ്ങളിൽ കൂൺ ആകൃതിയിലുള്ള പ്രത്യേകതരം ഗ്രന്ഥികൾ സ്ഥിതിചെയ്യുന്നുണ്ട്. ഇവ അനുബന്ധ പ്രത്യുൽപ്പാദനഗ്രന്ഥിയായി പ്രവർത്തിക്കുന്നു. ആൺ പ്രജനനരന്ധ്രത്തിനു ചുറ്റും കാണുന്ന കൈറ്റിൻ നിർമ്മിതഭാഗങ്ങളായ ഗൊണോഫോഫൈസിസ് അഥവാ ഫാലോമിയർ ബാഹ്യജനനേന്ദ്രിയങ്ങളെ (External genitalia) പ്രതിനിധീകരിക്കുന്നു. പുംബീജങ്ങൾ ശുക്ലാശയത്തിൽ ശേഖരിക്കപ്പെടുന്നു. പുംബീജങ്ങൾ തമ്മിൽ ഒട്ടിച്ചേർന്ന് സ്പെർമാറ്റോഫോറുകളായിത്തീരുന്നു. ഇണചേരുന്ന സമയത്ത് ഇവ ഉത്സർജിക്കപ്പെടുന്നു. പെൺപാറ്റയുടെ പ്രത്യുൽപ്പാദന വ്യവസ്ഥയിൽ 2 മുതൽ 6 വരെ ഉദരഖണ്ഡങ്ങളിൽ ഇരുവശത്തുമായി ഒരു ജോഡി വലിയ അണ്ഡാശയങ്ങൾ (Ovaries) കാണപ്പെടുന്നു. ഓരോ അണ്ഡാശയവും ഉണ്ടായിരിക്കുന്നത് എട്ട് അണ്ഡാശയനളികകൾ (Ovarian tubules) അഥവാ ഒവേറിയോളുകൾ ചേർന്നാണ്. പക്വമായിക്കൊണ്ടിരിക്കുന്ന അണ്ഡങ്ങളുടെ ശൃംഖല ഇവയ്ക്കുള്ളിൽ കാണപ്പെടുന്നു. രണ്ട് അണ്ഡാശയങ്ങളിൽ നിന്നുമുള്ള അണ്ഡവാഹികൾ (Oviducts) ചേർന്ന് ഒരു കുഴലായി [യോനി (Vagina) എന്നും അറിയപ്പെടുന്നു] പ്രജനന അറയിലേക്കു (Genital chamber) തുറക്കുന്നു. 6-ാമത്തെ ഖണ്ഡത്തിൽ സ്ഥിതിചെയ്യുന്ന ഒരു ജോഡി സ്പെർമാത്തീക്കയും പ്രജനന അറയിലേക്കു തുറക്കുന്നു.

പുംബീജങ്ങൾ സ്പെർമാറ്റോഫോറുകൾ വഴി കൈമാറ്റം ചെയ്യപ്പെടുന്നു. ബീജസംയോഗം നടന്ന, കൈറ്റിൻ നിർമ്മിത കവചത്തിനുള്ളിൽ സ്ഥിതിചെയ്യുന്ന അണ്ഡം ഊതീക്ക (Ootheca) എന്നറിയപ്പെടുന്നു. ഇവ കടുത്ത ചുവപ്പുനിറമോ കറുത്ത തവിട്ടുനിറമോ ഉള്ളതും ഏതാണ്ട് $\frac{3}{8}$" (8 മിമീ) നീളമുള്ളതുമായിരിക്കും. ഇവ അനുയോജ്യമായ പ്രതലത്തിലേക്ക് ഉത്സർജിക്കപ്പെടുന്നു. സാധാരണയായി ഭക്ഷണസ്രോതസ്സിനു സമീപത്തെ ആപേക്ഷിക ആർദ്രതകൂടിയ ഇടുക്കിലോ വിടവുകളിലോ ആയിരിക്കും ഇവ ഉത്സർജിക്കപ്പെടുന്നത്. പെൺപാറ്റകൾ ഒരു പ്രജനനത്തിൽ ഏകദേശം 9-10 ഊതീക്കകൾ ഉൽപ്പാദിപ്പിക്കുന്നു. ഓരോന്നിലും 14 മുതൽ 16 അണ്ഡങ്ങൾ ഉണ്ടാകും. *പെരിപ്ലാനെറ്റ അമേരിക്കാന* എന്നയിനത്തിൽപ്പെട്ട പാറ്റയുടെ ജീവിത ചക്രത്തിൽ നിംഫുകൾ എന്ന കുഞ്ഞുങ്ങൾ ഉണ്ടാവുന്നതിനാൽ ഇവയുടെ വികാസത്തെ അപൂർണ രൂപാന്തരണം (Paurometabolous) എന്നുപറയുന്നു. നിംഫുകൾ പൂർണവളർച്ചയെത്തിയ ജീവിയുമായി അടുത്ത സാദൃശ്യം പുലർത്തുന്നു. നിംഫുകൾ 13 തവണ ശല്കങ്ങൾ പൊഴിച്ചുകൊണ്ടാണ് പൂർണവളർച്ചയെത്തിയ ജീവികളായി മാറുന്നത്. നിംഫ് ഘട്ടത്തിന്റെ അവസാനത്തിനുതൊട്ടുമുമ്പുള്ള ജീവിയിൽ ചിറകുകളുടെ അടയാളങ്ങളുണ്ടാകുമെങ്കിലും പൂർണവളർച്ചയെത്തിയ പാറ്റകൾക്കുമാത്രമെ ചിറകുകളുണ്ടാവുകയുള്ളൂ.

പല പാറ്റകളും വന്യ ഇനത്തിൽപ്പെട്ടതും പ്രത്യേകിച്ച് വാണിജ്യ പ്രാധാന്യമൊന്നുമില്ലാത്തവയുമാണ്. കുറച്ച് ഇനങ്ങൾ മനുഷ്യന്റെ ആവാസങ്ങളെ ചുറ്റിപ്പറ്റി ജീവിക്കുന്നു. ഇവ കീടങ്ങളാണ്. ഇവ ഭക്ഷണപദാർത്ഥങ്ങളിൽ വിസർജിച്ച് അതിനെ

മലിനപ്പെടുത്തുന്നു. തൽഫലമായി ഭക്ഷണത്തിലൂടെ പകരുന്ന പല ബാക്ടീരിയൽരോഗങ്ങളുടെയും വാഹകരായി ഇവ പ്രവർത്തിക്കുന്നു.

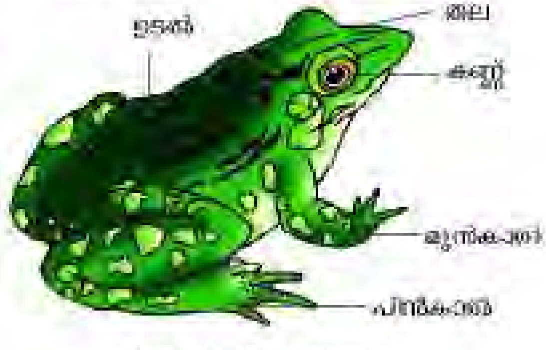
7.5 തവളകൾ

തവളകൾ കോർഡേറ്റ എന്ന ഫൈലത്തിലെ ഉഭയജീവികൾ എന്ന ക്ലാസിൽ ഉൾപ്പെടുന്നു. ഇവയ്ക്ക് കരയിലും വെള്ളത്തിലും ജീവിക്കാൻ കഴിയും. ഇന്ത്യയിൽ കൂടുതലായി കാണപ്പെടുന്നത് *റാണ ടൈഗ്രിന (Rana tigrina)* എന്നയിനത്തിൽപ്പെട്ട തവളകളാണ്.

അന്തരീക്ഷതാപനിലയ്ക്കനുസരിച്ച് വ്യത്യാസപ്പെടുന്നതിനാൽ ഇവയ്ക്ക് സ്ഥിരമായൊരു ശരീരതാപനില ഇല്ല. ഇത്തരം ജീവികളെ ശീതരക്തജീവികൾ (Cold blooded or Poikilotherms) എന്നറിയപ്പെടുന്നു. പുല്ലിലും ഉണങ്ങിയ മണ്ണിലും ഇരിക്കുമ്പോൾ തവളകളുടെ നിറം മാറുന്നത് നിങ്ങൾ ശ്രദ്ധിച്ചിട്ടുണ്ടാകുമല്ലോ. ഇവ ശത്രുക്കളിൽ നിന്നും രക്ഷനേടുന്നതിനായി അവയുടെ ചുറ്റുപാടുകൾക്ക് ഇണങ്ങുന്ന നിറം സ്വീകരിക്കാറുണ്ട് (Camouflage). ഈ സുരക്ഷാനിറമാറ്റത്തെ അനുകരണം അഥവാ മിമിക്രി എന്ന് പറയുന്നു. കടുത്ത വേനൽക്കാലത്തും ശൈത്യകാലത്തും തവളകളെ സാധാരണയായി കാണാൻ കഴിയില്ല. ഈ സമയത്ത് അവ കടുത്ത ചൂടിൽ നിന്നും തണുപ്പിൽ നിന്നും രക്ഷനേടുന്നതിനായി ആഴമുള്ള കുഴികളിൽ അഭയം പ്രാപിക്കുന്നു. ഈ പ്രതിഭാസം ഉഷ്ണനിദ്ര (Aestivation), ശീതനിദ്ര (Hibernation) എന്നീ പേരുകളിലറിയപ്പെടുന്നു.

7.5.1 ബാഹ്യഘടന

നിങ്ങൾ എപ്പോഴെങ്കിലും തവളകളുടെ ത്വക്കിൽ സ്പർശിച്ചിട്ടുണ്ടോ? ശ്ലേഷ്മത്തിന്റെ (Mucus) സാന്നിധ്യം കാരണം ത്വക്ക് മിനുസമുള്ളതും വഴുവഴുപ്പുള്ളതുമായിരിക്കും. കൂടാതെ ത്വക്ക് എല്ലായ്പ്പോഴും ഈർപ്പമുള്ളതായിരിക്കും. ശരീരോപരിതലം പൊതുവെ ഒലിവ് പച്ചനിറത്തിലുള്ളതും കറുത്ത ക്രമരഹിതമായ പുള്ളികളോട് കൂടിയതുമായിരിക്കും. ശരീരത്തിന്റെ അടിവശം ഇളം മഞ്ഞനിറത്തിൽ കാണപ്പെടുന്നു. തവള ഒരിയ്ക്കലും വെള്ളം കുടിക്കുന്നില്ല. എന്നാൽ ത്വക്ക് വഴി ജലം ആഗിരണം ചെയ്യുന്നു.



ചിത്രം 7.19 തവളയുടെ ബാഹ്യസവിശേഷതകൾ

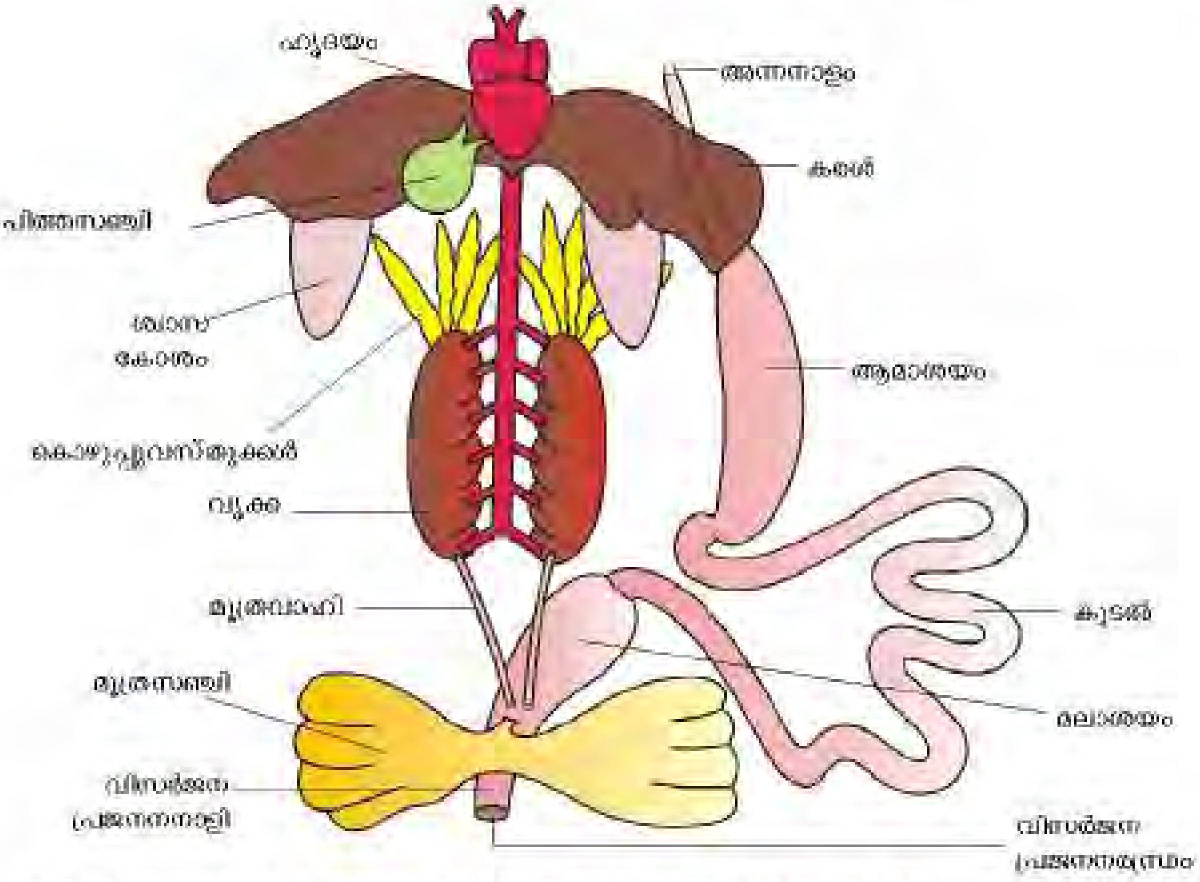
ശരീരം തല, ഉടൽ എന്നിങ്ങനെ രണ്ടായിതിരിച്ചിരിക്കുന്നു (ചിത്രം 7.19). ഇവയ്ക്ക് കഴുത്തും വാലും ഇല്ല. വായ്ക്കു മുകളിലായി ഒരു ജോഡി നാസാദ്വാരങ്ങൾ (Nostrils) കാണപ്പെടുന്നു. കണ്ണുകൾ ഉന്തിയതും, നേത്രാവരണം (Nictitating membrane) കൊണ്ട് ആവരണം ചെയ്യപ്പെട്ടതുമാണ്. ഇത് തവള വെള്ളത്തിൽ കഴിയുമ്പോൾ കണ്ണുകളെ സംരക്ഷിക്കുന്നു. കണ്ണുകളുടെ ഇരുവശങ്ങളിലുമായി കാണപ്പെടുന്ന സ്തരനിർമിത കർണപടം ശബ്ദവീചികളെ സ്വീകരിക്കുന്നു. മുൻകാലുകളും പിൻകാലുകളും നീന്താനും, നടക്കാനും, കുതിച്ചുചാടാനും, കുഴിക്കാനും സഹായിക്കുന്നു. അഞ്ച് വിരലുകളുള്ള പിൻകാലുകൾ നാലുവിരലുകളുള്ള മുൻകാലുകളെക്കാൾ നീളമുള്ളതും പേശീസമൃദ്ധവുമാണ്. പാദങ്ങളിലെ വിരലുകൾക്കിടയിൽ നീന്താൻ സഹായിക്കുന്ന സ്തരപടലം കാണപ്പെടുന്നു. തവള ഏകലിംഗജീവിയാണ്. ആൺതവളയെയും

പെൺതവളയെയും ബാഹ്യലക്ഷണങ്ങളിൽ നിന്നു തന്നെ വേർതിരിച്ചറിയാൻ സാധിക്കും. ആൺ തവളകൾക്ക് ശബ്ദം പുറപ്പെടുവിക്കുന്ന സ്വനസഞ്ചികളും മുൻകാലുകളിലെ ഒന്നാമത്തെ വിരലിനു താഴെ ഇണചേരലിനു സഹായിക്കുന്ന ഒരു ഭാഗവും (Copulatory pad) കാണപ്പെടുന്നു. ഇവ പെൺതവളകളിൽ കാണപ്പെടുന്നില്ല.

7.5.2 ആന്തരഘടന

തവളയുടെ ശരീരഅറയിൽ വികസിതമായ ദഹനവ്യവസ്ഥ, രക്തപര്യയന വ്യവസ്ഥ, ശ്വസനവ്യവസ്ഥ, നാഡീവ്യവസ്ഥ, വിസർജനവ്യവസ്ഥ, പ്രത്യുത്പാദനവ്യവസ്ഥ എന്നിവ സ്ഥിതിചെയ്യുന്നു (ചിത്രം 7.20).

ദഹനവ്യവസ്ഥയിൽ അന്നപഥവും ദഹനഗ്രന്ഥികളും കാണപ്പെടുന്നു. തവളകളുടെ അന്നപഥം നീളം കുറഞ്ഞതാണ്. മാംസഭുക്കുകളായ ഇവയുടെ കുടലിന്റെ നീളം കുറഞ്ഞതാണ് ഇതിനുകാരണം. വായ വദനഗഹ്വരത്തിലേക്ക് തുറക്കുന്നു. ഇത് ഗ്രസനിയിലൂടെ അന്നനാളത്തിലേക്ക് തുറക്കുന്നു.



ചിത്രം 7.20 തവളയിലെ ദഹനേന്ദ്രിയ വ്യവസ്ഥ ഉൾപ്പെടെയുള്ള ആന്തരികാവയവങ്ങളുടെ ചിത്രീകരണം

ഒരു ചെറിയ കുഴൽരൂപത്തിലുള്ള അന്നനാളം ആമാശയത്തിലേക്കും ആമാശയം കുടലിലേക്കും തുറക്കുന്നു. കുടലിനെ തുടർന്ന് കാണുന്ന മലാശയം ക്ലോയക്ക (വിസർജന പ്രജനനദ്വാരം) (Cloaca) യിലൂടെ പുറത്തേക്കു തുറക്കുന്നു. കരൾ ഉൽപ്പാദിപ്പിക്കുന്ന പിത്തരസം പിത്താശയത്തിൽ ശേഖരിക്കപ്പെടുന്നു.

ആഗ്നേയഗ്രന്ഥി (Pancreas) ഉൽപ്പാദിപ്പിക്കുന്ന ആഗ്നേയരസത്തിൽ (Pancreatic juice) ദഹനത്തിന് സഹായിക്കുന്ന രാസാഗ്നികൾ അടങ്ങിയിരിക്കുന്നു.

തവളകൾ ഇരപിടിക്കുന്നത് രണ്ടായി പിളർന്നിരിക്കുന്ന നാവുപയോഗിച്ചാണ്. HCl ഉം ആമാശയഭിത്തിയിൽ നിന്നും പുറപ്പെടുവിക്കുന്ന ആമാശയരസവും ചേർന്ന് ഭക്ഷണത്തിന്റെ ദഹനത്തെ സഹായിക്കുന്നു. ഭാഗികമായി ദഹിച്ച ഭക്ഷണം (Chyme) ആമാശയത്തിൽ നിന്ന് ചെറുകുടലിന്റെ ആദ്യഭാഗമായ പക്വാശയത്തിൽ (Duodenum) എത്തുന്നു. പിത്താശയത്തിൽ നിന്ന് പിത്തരസവും ആഗ്നേയഗ്രന്ഥിയിൽ നിന്ന് ആഗ്നേയരസവും ഒരു പൊതുപിത്തനാളി വഴിയാണ് പക്വാശയത്തിലെത്തുന്നത്. പിത്തരസം കൊഴുപ്പിനെ ചെറുകണികകളായി വിഘടിപ്പിക്കുന്നു. ആഗ്നേയരസം ധാന്യകത്തെയും മാംസ്യത്തെയും ദഹിപ്പിക്കുന്നു. ചെറുകുടലിൽ വച്ചാണ് ദഹനം പൂർത്തിയാകുന്നത്. ദഹിച്ച ആഹാരം, വില്ലസുകൾ (Villi and microvilli) എന്നറിയപ്പെടുന്ന ചെറുകുടലിന്റെ ഉൾഭിത്തിയിൽ കാണപ്പെടുന്ന വിരലുകൾ പോലെയുള്ള നൂറുകണക്കിന് മടക്കുകളിലൂടെ ആഗിരണം ചെയ്യപ്പെടുന്നു. ദഹിക്കാതെ അവശേഷിക്കുന്ന വിസർജ്യവസ്തുക്കൾ മലാശയത്തിലെത്തുകയും ക്ലോയേക്ക വഴി വിസർജിക്കപ്പെടുകയും ചെയ്യുന്നു.

തവള കരയിലും വെള്ളത്തിലും ശ്വസിക്കുന്നത് രണ്ട് വ്യത്യസ്ത മാർഗങ്ങളിലൂടെയാണ്. ജലത്തിലായിരിക്കുമ്പോൾ ത്വക്കിലൂടെയാണ് ശ്വസിക്കുന്നത് (Cutaneous respiration). ജലത്തിൽ അലിഞ്ഞിരിക്കുന്ന ഓക്സിജൻ ത്വക്കിലൂടെ ശരീരത്തിലേക്ക് അന്തർവ്യാപനം ചെയ്യുന്നു.

കരയിലായിരിക്കുമ്പോൾ വദനഗഹ്വരം, ത്വക്ക്, ശ്വാസകോശങ്ങൾ എന്നിവയാണ് ശ്വസനോപാധികൾ. ശ്വാസകോശങ്ങൾ വഴിയുള്ള ശ്വസനത്തെ ശ്വാസകോശശ്വസനം (Pulmonary respiration) എന്നുപറയുന്നു. ഉടലിന്റെ ഔരസഭാഗത്തായി (Trunk region or thorax) കാണപ്പെടുന്ന ഒരു ജോഡി നീണ്ട പിങ്ക് നിറത്തിലുള്ള സഞ്ചികളെപ്പോലുള്ള അവയവങ്ങളാണ് ശ്വാസകോശങ്ങൾ. നാസാദ്വാരങ്ങളിലൂടെ വദനഗഹ്വരത്തിലെത്തുന്ന വായു ശ്വാസകോശത്തിലേക്ക് കടക്കുന്നു. തവള, ഉഷ്ണനിദ്രയിലോ ശീതനിദ്രയിലോ ആയിരിക്കുമ്പോൾ ത്വക്കിലൂടെയാണ് വാതകവിനിമയം നടക്കുന്നത്.

തവളയ്ക്ക് വളരെ വികസിതമായ അടഞ്ഞ രക്തപര്യയനവ്യവസ്ഥയാണുള്ളത്. ഇവയുടെ ശരീരത്തിൽ ഒരു ലിംഫ്‌വ്യവസ്ഥയും കാണപ്പെടുന്നു. രക്തപര്യയനവ്യവസ്ഥയിൽ ഹൃദയം, രക്തക്കുഴലുകൾ, രക്തം എന്നീ ഭാഗങ്ങളും ലിംഫ് വ്യവസ്ഥയിൽ ലിംഫ്, ലിംഫ് ചാലുകൾ, ലിംഫ് മുഴകൾ എന്നീ ഭാഗങ്ങളും ഉൾപ്പെട്ടിരിക്കുന്നു. ശരീരഅറയുടെ മുകൾഭാഗത്ത് സ്ഥിതിചെയ്യുന്ന പേശീനിർമിതമായ അവയവമാണ് ഹൃദയം. ഹൃദയത്തിന് മൂന്ന് അറകളുണ്ട്-രണ്ട് ഏട്രിയങ്ങളും ഒരു വെൻട്രിക്കിളും. പെരികാർഡിയം എന്ന സ്തരം ഹൃദയത്തെ ആവരണം ചെയ്യുന്നു. ത്രികോണാകൃതിയിലുള്ള സൈനസ് വിനോസസ് (Sinus venosus) വലത്തെ ഏട്രിയത്തോട് ചേർന്നുകാണപ്പെടുന്നു. ഈ ഭാഗം മഹാസിര എന്ന പ്രധാനരക്തക്കുഴലുകളിൽ നിന്ന് രക്തം സ്വീകരിക്കുന്നു. വെൻട്രിക്കിൾ, ഹൃദയത്തിനടിവശത്തു കാണുന്ന സഞ്ചി പോലുള്ള കോണസ് ആർട്ടീരിയോസസ് (Conus arteriosus) എന്ന ഭാഗത്തേക്ക് തുറക്കുന്നു. ധമനികൾ ഹൃദയത്തിൽ നിന്ന് രക്തത്തെ ശരീരത്തിന്റെ വിവിധ ഭാഗങ്ങളിലെത്തിക്കുന്നു. സിരകൾ ശരീരത്തിന്റെ വിവിധ ഭാഗങ്ങളിൽ നിന്ന് രക്തം ശേഖരിച്ച് ഹൃദയത്തിലെത്തിക്കുന്നു.

തവളകളിൽ കരൾ, കുടൽ, വൃക്ക, ശരീരത്തിന്റെ അധോഭാഗങ്ങൾ എന്നിവ തമ്മിൽ പ്രത്യേകതരം സിരകളാൽ ബന്ധിക്കപ്പെട്ടിരിക്കുന്നു. കരളും കുടലും തമ്മിൽ ചേർന്ന് പ്രവർത്തിക്കുന്ന സിരാവ്യവസ്ഥയെ ഹെപ്പാറ്റിക് പോർട്ടൽ വ്യവസ്ഥയെന്നും വൃക്കയും ശരീരത്തിന്റെ അധോഭാഗങ്ങളും തമ്മിൽ ചേർന്ന് പ്രവർത്തിക്കുന്ന സിരാവ്യവസ്ഥയെ റീനൽ പോർട്ടൽ വ്യവസ്ഥയെന്നും പറയുന്നു.

രക്തത്തിൽ പ്ലാസ്മയും രക്തകോശങ്ങളും അടങ്ങിയിരിക്കുന്നു. അരുണരക്താണുക്കൾ (RBC or Erythrocytes), ശ്വേതരക്താണുക്കൾ (WBC or Leucocytes), പ്ലേറ്റ്ലെറ്റുകൾ എന്നിവയാണ് രക്തകോശങ്ങൾ. അരുണരക്താണുക്കളിൽ മർമം കാണപ്പെടുന്നു. കൂടാതെ ഹീമോഗ്ലോബിൻ എന്ന ചുവന്ന വർണകവും അടങ്ങിയിരിക്കുന്നു. ലിംഫ് രക്തത്തിൽ നിന്ന് വ്യത്യസ്തമാണ്. ലിംഫിൽ അരുണരക്താണുക്കളും ചില മാംസ്യങ്ങളും കാണപ്പെടുന്നില്ല. പോഷകങ്ങൾ, വാതകങ്ങൾ, ജലം എന്നിവയെ രക്തം അതത് കലകളിൽ എത്തിക്കുന്നു. പേശീനിർമിതമായ ഹൃദയത്തിന്റെ താളാത്മകമായ സങ്കോചവികാസ പ്രവർത്തനം കൊണ്ടാണ് രക്തത്തിന്റെ പര്യയനം സാധ്യമാകുന്നത്.

വികസിതമായ ഒരു വിസർജന വ്യവസ്ഥ നൈട്രജനിക മാലിന്യങ്ങളുടെ വിസർജനത്തിന് സഹായിക്കുന്നു. ഒരു ജോഡി വൃക്കകൾ, മൂത്രവാഹി, ക്ലോയേക്ക (വിസർജന പ്രജനനദ്വാരം), മൂത്രസഞ്ചി എന്നിവയാണ് വിസർജന വ്യവസ്ഥയുടെ ഭാഗങ്ങൾ. നട്ടെല്ലിനിരുവശത്തുമായി സ്ഥിതിചെയ്യുന്ന ഇരുണ്ട ചുവപ്പ് നിറത്തിലുള്ളതും അമരവിത്തിന്റെ ആകൃതിയിലുള്ളതുമായ അവയവങ്ങളാണ് വൃക്കകൾ. ഓരോ വൃക്കയിലും ധാരാളം വൃക്കാനളികകൾ അഥവാ നെഫ്രോണുകൾ കാണപ്പെടുന്നു. ഇവ വൃക്കകളുടെ ഘടനാപരവും ജീവധർമപരവുമായ അടിസ്ഥാന ഘടകങ്ങളാണ്. ആൺതവളകളുടെ വൃക്കകളിൽ നിന്ന് രണ്ട് മൂത്രവാഹികൾ പുറപ്പെടുന്നു. മൂത്രവാഹി, മൂത്രപ്രജനനനാളിയായി (Urinogenital duct) പ്രവർത്തിക്കുന്നു. ഇത് ക്ലോയേക്ക വഴി പുറത്തേക്ക് തുറക്കുന്നു. പെൺതവളകളിൽ മൂത്രവാഹിയും അണ്ഡവാഹിയും പ്രത്യേകം കുഴലുകളായി ക്ലോയേക്കയിലേക്ക് തുറക്കുന്നു. മലാശയത്തിനടിവശത്തായി നേർത്ത ഭിത്തിയുള്ള മൂത്രസഞ്ചി കാണപ്പെടുന്നു. ഇതും ക്ലോയേക്കയിലേക്ക് തുറക്കുന്നു.

തവള, യൂറിയ വിസർജിക്കുന്ന ജീവിയായതിനാൽ ഇത് **യൂറിയോടെലിക്സ് (യൂറിയോടെലിക്) ജീവി** എന്നറിയപ്പെടുന്നു. രക്തം വിസർജ്യവസ്തുക്കളെ വൃക്കകളിലെത്തിക്കുന്നു. അവിടെവെച്ച് ഈ മാലിന്യങ്ങൾ വേർതിരിക്കപ്പെടുകയും വിസർജിക്കപ്പെടുകയും ചെയ്യുന്നു.

തവളയിൽ നിയന്ത്രണ-ഏകോപന വ്യവസ്ഥ വളരെ ഉയർന്നതലത്തിലുള്ളതാണ്. ഇതിൽ നാഡീവ്യവസ്ഥയും അന്തഃസ്രാവീഗ്രന്ഥികളും ഉൾപ്പെടുന്നു. ശരീരത്തിലെ വിവിധ അവയവങ്ങളുടെ രാസീയ ഏകോപനം സാധ്യമാക്കുന്നത്

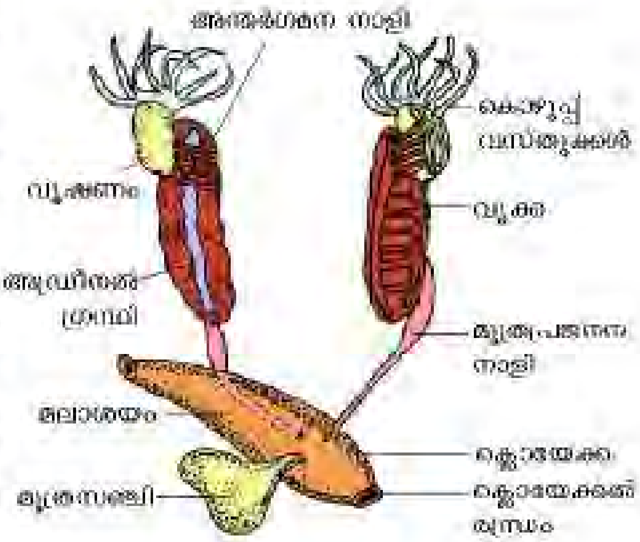
നാഡീവ്യവസ്ഥ

- കേന്ദ്രനാഡീവ്യവസ്ഥ → (മസ്തിഷ്കം, സുഷുമ്ന)
- പരിധീയനാഡീവ്യവസ്ഥ → (ശിരോനാഡികളും സുഷുമ്നാനാഡികളും)
- സ്വതന്ത്രനാഡീവ്യവസ്ഥ → (സിമ്പതറ്റിക് വ്യവസ്ഥയും പാരാസിമ്പതറ്റിക് വ്യവസ്ഥയും)

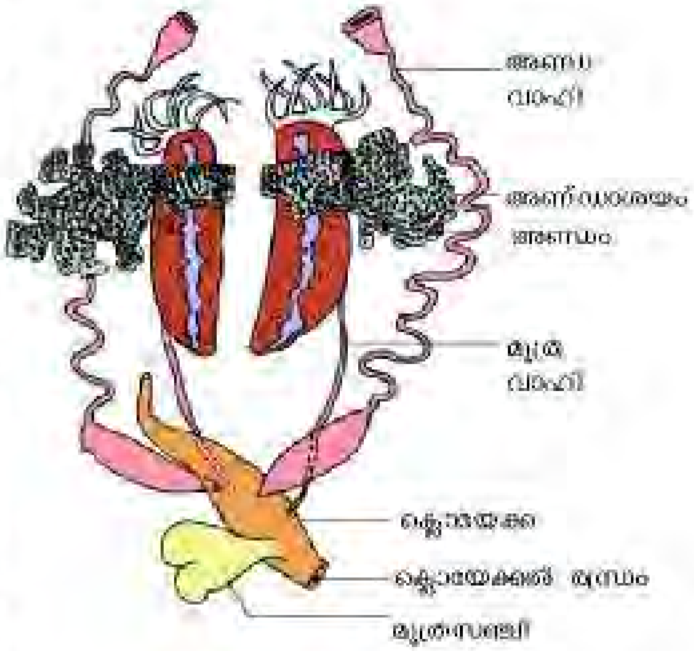
അന്തഃസ്രാവീഗ്രന്ഥികൾ സ്രവിപ്പിക്കുന്ന ഹോർമോണുകളാണ്. തവളയിൽ കാണുന്ന പ്രധാന അന്തഃസ്രാവീ ഗ്രന്ഥികൾ പീയൂഷഗ്രന്ഥി (Pituitary), തൈറോയ്ഡ്, പാരാതൈറോയ്ഡ്, തൈമസ്, പീനിയൽ ഗ്രന്ഥി, ആഗ്നേയ കോശദ്വീപുകൾ (Pancreatic islets), അഡ്രീനൽ ഗ്രന്ഥി, ലൈംഗികഗ്രന്ഥികൾ (Gonads) എന്നിവയാണ്. കേന്ദ്രനാഡീവ്യവസ്ഥ (Central nervous system), പരിധീയനാഡീവ്യവസ്ഥ (Peripheral nervous system), സ്വതന്ത്രനാഡീവ്യവസ്ഥ (Autonomous nervous system) എന്നിങ്ങനെ നാഡീവ്യവസ്ഥ വിഭജിക്കപ്പെട്ടിരിക്കുന്നു.

മസ്തിഷ്കത്തിൽ നിന്ന് 10 ജോഡി ശിരോനാഡികൾ പുറപ്പെടുന്നു. തലയോട് (Cranium) എന്നറിയപ്പെടുന്ന അസ്ഥിനിർമിതമായ ഒരു പേടകത്തിനകത്ത് മസ്തിഷ്കം സംരക്ഷിക്കപ്പെട്ടിരിക്കുന്നു. പൂർവമസ്തിഷ്കം, മധ്യമസ്തിഷ്കം, പിൻമസ്തിഷ്കം എന്നിങ്ങനെ മസ്തിഷ്കത്തിന് മൂന്ന് ഭാഗങ്ങളുണ്ട്. പൂർവമസ്തിഷ്കത്തിൽ ഘ്രാണദളങ്ങൾ (Olfactory lobes), ഒരു ജോഡി സെറിബ്രൽ അർധഗോളങ്ങൾ, ഒരു ഡയൻസെഫലോൺ എന്നിവ കാണപ്പെടുന്നു. മധ്യമസ്തിഷ്കത്തിൽ ഒരു ജോഡി നേത്രീയ ദളങ്ങൾ (Optic lobes) കാണപ്പെടുന്നു. പിൻമസ്തിഷ്കത്തിൽ സെറിബെല്ലം, മെഡുല്ല ഒബ്ലോംഗേറ്റ എന്നീഭാഗങ്ങളുണ്ട്. മെഡുല്ല ഒബ്ലോംഗേറ്റ ഫൊറാമെൻ മാഗ്നം എന്ന സുഷിരം വഴിപുറത്തേക്കുവന്ന് സുഷുമ്നയായി താഴേക്ക് നീളുന്നു. സുഷുമ്ന നട്ടെല്ലിനുള്ളിലാണ് സംരക്ഷിക്കപ്പെട്ടിരിക്കുന്നത്.

തവളയ്ക്ക് വ്യത്യസ്തതരം സംവേദന അവയവങ്ങളുണ്ട്. ഉദാ: സ്പർശം (സംവേദ പാപ്പിലകൾ), രുചി (രുചി മുകുളങ്ങൾ), ഗന്ധം (മൂക്കിലെ ആവരണകല), കാഴ്ച (കണ്ണുകൾ), കേൾവി (കർണപടം, ആന്തരകർണങ്ങൾ). ഇവയിൽ കണ്ണുകൾ, ആന്തരകർണങ്ങൾ എന്നിവ വളരെ വികസിതമായ അവയവങ്ങളും ബാക്കിയുള്ളവ നാഡീ അഗ്രത്തിന് ചുറ്റുമുള്ള കോശീയ സഞ്ചയങ്ങളുമാണ്. ഗോളാകൃതിയിലുള്ള ഒരു ജോഡി കണ്ണുകൾ തലയോട്ടിയിലെ നേത്രകോടരത്തിൽ (Orbit) സ്ഥിതിചെയ്യുന്നു. ഇവ ലഘുനേത്രങ്ങളാണ്. തവളയ്ക്ക് ബാഹ്യകർണം ഇല്ല. എന്നാൽ കർണപടം പുറമേകാണാം. ചെവി കേൾവിക്കും ശരീരതുലനനിലപാലനത്തിനും സഹായിക്കുന്നു.



ചിത്രം 7.21 ആൺപ്രത്യുൽപ്പാദന വ്യവസ്ഥ



ചിത്രം 7.22 പെൺപ്രത്യുൽപ്പാദന വ്യവസ്ഥ

തവളയിൽ സുസംഘടിതമായ ആൺ-പെൺ പ്രത്യുൽപ്പാദന വ്യവസ്ഥകളുണ്ട്. ആൺതവളകളിൽ അണ്ഡാകൃതിയിലും മഞ്ഞനിറത്തിലും കാണപ്പെടുന്ന ഒരു ജോഡി വൃഷണങ്ങളുണ്ട് (ചിത്രം 7.21). ഇവ വൃക്കകളുടെ മുകൾഭാഗത്ത മീസോർക്കിയം എന്നറിയപ്പെടുന്ന ഇരട്ട മടക്കുകളുള്ള പെരിട്ടോണിയം കൊണ്ട് ബന്ധിപ്പിച്ചിരിക്കുന്നു. വൃഷണങ്ങളിൽ നിന്ന് 10-12 അപവാഹന നാളികൾ (Vasa efferentia) പുറപ്പെടുന്നു. ഇവ വൃക്കകളിലേക്ക് കടന്ന് ബിഡ്ഡർ കനാലിലേക്ക് (Bidder's canal) തുറക്കുന്നു. ഒടുവിലിത് മൂത്ര-പ്രജനന നളികയുമായി ചേർന്ന് വൃക്കയുടെ പുറത്തേക്ക് വരുകയും ക്ലോയേക്കയിലേക്ക് തുറക്കുകയും ചെയ്യുന്നു. മലമൂത്ര വിസർജനം, ബീജോത്സർജനം എന്നിവ നടക്കുന്ന ചെറിയ മധ്യ അറയാണ് ക്ലോയേക്ക.

പെൺപ്രത്യുൽപ്പാദന വ്യവസ്ഥയിൽ ഒരു ജോഡി അണ്ഡാശയങ്ങൾ കാണപ്പെടുന്നു (ചിത്രം 7.22). അണ്ഡാശയങ്ങൾ വൃക്കയുടെ സമീപത്തായി സ്ഥിതിചെയ്യുന്നു. എന്നാൽ ഇവ വൃക്കയുമായി ധർമപരമായി ബന്ധപ്പെട്ടിട്ടില്ല. അണ്ഡാശയങ്ങളിൽ നിന്ന് പുറപ്പെടുന്ന ഒരു ജോഡി അണ്ഡവാഹികൾ വെവ്വേറെ ക്ലോയേക്കയിലേക്ക് തുറക്കുന്നു. പൂർണവളർച്ചയെത്തിയ ഒരു തവള ഒരു പ്രാവശ്യം 2500 മുതൽ 3000 അണ്ഡങ്ങൾവരെയിടുന്നു. വെള്ളത്തിൽ വച്ച് ബാഹ്യ ബീജസംയോഗം നടക്കുന്നു. ജീവിത ചക്രത്തിൽ വാൽമാക്രികൾ (Tadpole) എന്നറിയപ്പെടുന്ന ലാർവകൾ ഉൾപ്പെട്ടിരിക്കുന്നു. വാൽമാക്രികൾ രൂപാന്തരം (Metamorphosis) പ്രാപിച്ച് പൂർണവളർച്ചയെത്തിയ തവളകളായി മാറുന്നു.

തവളകൾ മനുഷ്യരാശിക്ക് വളരെയേറെ പ്രയോജനപ്പെടുന്നു. അവ കീടങ്ങളെ തിന്നുതീർപ്പിച്ച് വിളകൾ സംരക്ഷിക്കുന്നു. തവളകൾ പരിസ്ഥിതി സന്തുലനത്തിൽ പ്രധാന പങ്കുവഹിക്കുന്നു. അവ ആവാസവ്യവസ്ഥയിലെ ആഹാരശൃംഖലയിലെയും (Food chain) ആഹാരശൃംഖലാജാലികയിലെയും (Food web) പ്രധാന കണ്ണിയായി വർത്തിക്കുന്നു. ചില രാജ്യങ്ങളിൽ തവളയുടെ മാംസളമായ കാലുകൾ മനുഷ്യർ ആഹാരമായും ഉപയോഗിക്കുന്നു.

സംഗ്രഹം

ശരീരത്തിന്റെ പൂർണമായ നിലനിൽപിനായി കോശങ്ങൾ, കലകൾ, അവയവങ്ങൾ, അവയവവ്യവസ്ഥകൾ എന്നിവ ശരീരത്തിൽ വെവ്വേറെ ധർമങ്ങൾ നിർവഹിക്കുന്നു. ശരീരത്തിലെ ഒന്നോ അതിലധികമോ ധർമങ്ങൾ നിർവഹിക്കുന്ന കോശസമൂഹത്തെയും കോശാന്തരപദാർഥങ്ങളെയും ചേർത്ത് ഒരു കല എന്നുപറയാം. ആവരണകലകൾ ശരീരോപരിതലത്തെയും ഉള്ളറകളെയും കുഴലുകളെയും നളികകളെയും സംരക്ഷിക്കുന്ന പാളികളായി പ്രവർത്തിക്കുന്നു. ആവരണകലകൾക്ക് ശരീരദ്രവത്തിലേക്കോ ബാഹ്യ ചുറ്റുപാടിലേക്കോ അഭിമുഖമായ ഒരു സ്വതന്ത്രപ്രതലമുണ്ട്. ഇവയുടെ കോശങ്ങൾ ഘടനാപരമായും ജീവധർമപരമായും കൂടിച്ചേർന്നിരിക്കുന്നു.

പലതരം യോജകകലകൾ, ശരീരത്തിലെ മറ്റുകലകളെ തമ്മിൽ ചേർത്തു പിടിക്കുകയും, താങ്ങും ബലവും നൽകുകയും അവയെ ആഘാതങ്ങളിൽ നിന്ന് സംരക്ഷിക്കുകയും ചെയ്യുന്നു. മാംസ്യനാരുകളും പലതരം കോശങ്ങളും മൂലപദാർഥങ്ങളും ചേർന്നതാണ് മൃദുയോജകകലകൾ. തരുണാസ്ഥി, അസ്ഥി, രക്തം, കൊഴുപ്പുകല എന്നിവ സവിശേഷയോജക കലകളാണ്. തരുണാസ്ഥിയും അസ്ഥിയും പ്രത്യക്ഷഘടന പ്രദാനം ചെയ്യുന്നു. രക്തം സംവഹനത്തിന് സഹായിക്കുന്ന ഒരു ദ്രവകലയാണ്. കൊഴുപ്പുകല സംഭൃത ഊർജത്തിന്റെ സംഭരണിയാണ്. ഉദ്ദീപനങ്ങൾക്കനുസരിച്ച് ചുരുങ്ങാൻ കഴിവുള്ള പേശികല ശരീരത്തിന്റെയും പ്രത്യേക അവയവങ്ങളുടെയും ചലനത്തിന് സഹായിക്കുന്നു. അസ്ഥിപേശികൾ അസ്ഥികളുമായി ചേർന്നു കാണപ്പെടുന്നു. മിനുസപേശികൾ ആന്തരാവയവങ്ങളുടെ ഭാഗമാണ്. ഹൃദയപേശികൾ ഹൃദയഭിത്തിയിൽ കാണപ്പെടുന്നു. യോജകകലകൾ മറ്റു മൂന്നുതരം കലകളെയും പരസ്പരം ബന്ധിപ്പിക്കുന്നു. ശരീരത്തിന്റെ പ്രതികരണങ്ങളിൽ ഏറ്റവും കൂടുതൽ നിയന്ത്രണം നാഡീകലയ്ക്കാണ്. ന്യൂറോണുകളാണ് നാഡീകലയുടെ അടിസ്ഥാനഘടകം.

മണ്ണിര, പാറ്റ, തവള എന്നിവ ശരീരഘടനയിൽ സവിശേഷതകൾ പ്രകടിപ്പിക്കുന്നു. മണ്ണിര *ഫെറിറ്റിമ പോസ്തുമ* യുടെ ശരീരം ക്യൂട്ടിക്കിൾ കൊണ്ട് ആവരണം ചെയ്യപ്പെട്ടിരിക്കുന്നു. ഇവയുടെ 14, 15, 16 ഖണ്ഡങ്ങൾ ഒഴികെ മറ്റെല്ലാ ശരീരഖണ്ഡങ്ങളും ഒരുപോലെയാണ്. 14, 15, 16 ഖണ്ഡങ്ങൾ കട്ടികൂടിയതും ഇരുണ്ടതും വഴുവഴുപ്പുള്ളതുമാണ്. ഇതിനെ 'ക്ലൈറ്റെല്ലം' എന്നുപറയുന്നു. ഓരോ ഖണ്ഡത്തിലും S ആകൃതിയിലുള്ള കൈറ്റിൻ നിർമിത സീറ്റകളുടെ ഒരു വലയം കാണപ്പെടുന്നു. സീറ്റകൾ സഞ്ചാരത്തിന് സഹായിക്കുന്നു. ശരീരത്തിനടിവശത്ത് 5 - 6, 6 - 7, 7 - 8, 8 - 9 ഖണ്ഡങ്ങൾക്കിടയിലെ വിടവുകളിൽ സ്പെർമാത്തിക്കയുടെ സുഷിരങ്ങൾ കാണപ്പെടുന്നു. പെൺപ്രജനന സുഷിരങ്ങൾ 14-ാം ഖണ്ഡത്തിലും ആൺ പ്രജനന സുഷിരങ്ങൾ 18-ാം ഖണ്ഡത്തിലും കാണപ്പെടുന്നു. അന്നപഥം ഇടുങ്ങിയ ഒരു കുഴലാണ്. വായ, വക്ത്രഗഹ്വരം, ഗ്രസനി, ഗിസാർഡ്, ആമാശയം, കുടൽ, മലദ്വാരം എന്നിവയാണ് അന്നപഥത്തിന്റെ പ്രധാന ഭാഗങ്ങൾ. ഹൃദയവും രക്തക്കുഴലുകളും ഉൾപ്പെട്ട അടഞ്ഞ രക്തപര്യയന വ്യവസ്ഥയാണ് ഇവയ്ക്കുള്ളത്. [illegible] നാഡീവ്യവസ്ഥയെ പ്രതിനിധാനം ചെയ്യുന്നു. മണ്ണിരകൾ ഉഭയലിംഗ ജീവികളാണ്. 10, 11 ഖണ്ഡങ്ങളിൽ 2 ജോഡി വൃഷണങ്ങൾ കാണപ്പെടുന്നു. 12, 13 ഖണ്ഡാന്തര ഫലകത്തിൽ ഒരു ജോഡി അണ്ഡാശയങ്ങൾ കാണപ്പെടുന്നു. ഉഭയലിംഗജീവിയായ മണ്ണിര പരബീജസംയോഗം നടത്തുന്നു. ബീജസംയോഗവും വികാസവും ക്ലൈറ്റെല്ലത്തിലെ ഗ്രന്ഥികൾ സ്രവിപ്പിക്കുന്ന കൊക്കൂണിനുള്ളിലാണ് നടക്കുന്നത്.

പാറ്റയുടെ (*പെരിപ്ലാനെറ്റ അമേരിക്കാന*) ശരീരം കൈറ്റിൻ നിർമിത പുറന്തോടുകൊണ്ട് ആവരണം ചെയ്തിരിക്കുന്നു. തല, ഉരസ്, ആമാശയം എന്നിങ്ങനെ ശരീരം വിഭജിച്ചിരിക്കുന്നു. ശരീരഖണ്ഡങ്ങളിൽ ഖണ്ഡിത പാദങ്ങൾ **(Jointed appendages)** കാണപ്പെടുന്നു.

ഉരസിലെ 3 ഖണ്ഡങ്ങളിൽ നിന്നും ഓരോ ജോഡികാലുകൾ പുറപ്പെടുന്നു. ഇവ നടക്കാൻ സഹായിക്കുന്നു. രണ്ടാമത്തെയും മൂന്നാമത്തെയും ഖണ്ഡങ്ങളിൽ രണ്ടുജോഡി ചിറകുകൾ കാണപ്പെടുന്നു. ഉദരത്തിൽ 10 ഖണ്ഡങ്ങളുണ്ട്. വളരെ വികസിതമായ അന്നപഥത്തിൽ വായ, ഗ്രസനി, അന്നനാളം, ക്രോപ്, ഗിസാർഡ്, കുടലിന്റെ മധ്യഭാഗം, പിൻഭാഗം, മലദ്വാരം എന്നീ ഭാഗങ്ങളുണ്ട്. കുടലിന്റെ മുൻഭാഗവും മധ്യഭാഗവും ചേരുന്ന സ്ഥലത്ത് ഹെപ്പാറ്റിക് സീക്കകൾ കാണപ്പെടുന്നു. കുടലിന്റെ മധ്യഭാഗവും പിൻഭാഗവും ചേരുന്ന സ്ഥലത്ത് കാണപ്പെടുന്ന മാൽപീജിയൻ നളികകൾ വിസർജനത്തിന് സഹായിക്കുന്നു. ക്രോപിനു **(Crop)** സമീപത്തായി ഒരു ജോഡി ഉമിനീർഗ്രന്ഥികൾ കാണപ്പെടുന്നു. ഇവയ്ക്ക് തുറന്ന രക്തപര്യയന വ്യവസ്ഥയാണുള്ളത്. ശ്വാസനീജാലിക ശ്വസനത്തിന് സഹായിക്കുന്നു. ശ്വാസനി, സ്പൈറക്കിളുകൾ എന്നറിയപ്പെടുന്ന സുഷിരങ്ങളിലൂടെ പുറത്തേക്ക് തുറക്കുന്നു. ഖണ്ഡങ്ങളിൽ ക്രമീകരിച്ചിരിക്കുന്ന ഗാംഗ്ലിയകളും അനേകം നാഡീതന്തുവും ചേർന്നതാണ് നാഡീവ്യവസ്ഥ. ആൺപാറ്റയിൽ 4, 5 ഖണ്ഡങ്ങളിൽ ഒരു ജോഡി അണ്ഡാശയങ്ങളും കാണപ്പെടുന്നു. പാറ്റയിൽ ആന്തരിക ബീജസംയോഗമാണ് നടക്കുന്നത്. പെൺപാറ്റകൾ വളർച്ച പ്രാപിച്ചുകൊണ്ടിരിക്കുന്ന ഭ്രൂണങ്ങളെ വഹിക്കുന്ന 10- 40 വരെ ഊതിക്ക **(Ootheca)** കൾ ഉത്പാദിപ്പിക്കുന്നു. ഒരു ഊതിക്ക വിരിഞ്ഞ് നിംഫുകൾ എന്നറിയപ്പെടുന്ന 16 കുഞ്ഞുങ്ങൾ പുറത്തുവരുന്നു.

ഇന്ത്യയിൽ സാധാരണയായി കാണപ്പെടുന്ന തവളകളാണ് *റാണ ടൈഗ്രിന*. ശരീരത്തെ പൊതിഞ്ഞ് ത്വക്ക് കാണപ്പെടുന്നു. രക്തലോമികകൾ ധാരാളമുള്ള ത്വക്കിൽ കാണപ്പെടുന്ന ശ്ലേഷ്മഗ്രന്ഥികൾ ജലത്തിലും കരയിലും ശ്വസനത്തിന് സഹായിക്കുന്നു. ശരീരത്തെ തല, ഉടൽ എന്നിങ്ങനെ രണ്ടായി വിഭജിച്ചിരിക്കുന്നു. പേശീനിർമിതമായ നാവിന്റെ അഗ്രഭാഗം രണ്ടായി പിളർന്നിരിക്കുന്നു. നാവ് ഇരപിടിക്കാൻ സഹായിക്കുന്നു. അന്നപഥത്തിന് അന്നനാളം, ആമാശയം, കുടൽ, വിസർജന പ്രജനനമാർഗത്തിലേക്ക് **(Cloaca)** തുറക്കുന്ന മലാശയം എന്നീ ഭാഗങ്ങളുണ്ട്. കരൾ, ആഗ്നേയ ഗ്രന്ഥി എന്നിവയാണ് പ്രധാന ദഹനഗ്രന്ഥികൾ. ഇവ ജലത്തിലായിരിക്കുമ്പോൾ ത്വക്കിലൂടെയും കരയിലായിരിക്കുമ്പോൾ ശ്വാസകോശത്തിലൂടെയും ശ്വസിക്കുന്നു. അടഞ്ഞ രക്തപര്യയനവ്യവസ്ഥയിൽ ഒരു ദിശയിൽ മാത്രം രക്തപ്രവാഹം സാധ്യമാകുന്നു. ചുവന്നരക്താണുക്കളിൽ മർമം കാണപ്പെടുന്നു. നാഡീവ്യവസ്ഥയെ കേന്ദ്രനാഡീവ്യവസ്ഥ, ബാഹ്യനാഡീവ്യവസ്ഥ, സ്വതന്ത്രനാഡീവ്യവസ്ഥ എന്നിങ്ങനെ വിഭജിച്ചിരിക്കുന്നു. വൃക്കകളും മൂത്രപ്രജനന നളികകളും ചേർന്ന വ്യവസ്ഥ ക്ലോയക്കയിലേക്ക് തുറക്കുന്നു. ഒരു ജോഡി വൃഷണങ്ങളാണ് ആൺപ്രത്യുത്പാദന അവയവങ്ങൾ. ഒരു ജോഡി അണ്ഡാശയങ്ങളാണ് പെൺപ്രത്യുത്പാദന അവയവങ്ങൾ. ഒരു പെൺതവള ഒരേ സമയം 2500 മുതൽ 3000 മുട്ടകളിടുന്നു. ബാഹ്യബീജസങ്കലനം നടക്കുന്ന തവളയുടെ വികാസം ശരീരത്തിനുപുറത്താണ് നടക്കുന്നത്. മുട്ടവിരിഞ്ഞ് ഉണ്ടാകുന്ന വാൽമാക്രികൾ തവളകളായി രൂപാന്തരം പ്രാപിക്കുന്നു.

പരിശീലന പ്രവർത്തനങ്ങൾ

1. ഒരു വാക്കിലോ ഒരു വാചകത്തിലോ ഉത്തരമെഴുതുക
   i) പെരിപ്ലാനെറ്റ അമേരിക്കാനയുടെ സാധാരണനാമം എഴുതുക?
   ii) മണ്ണിരയിലെ സ്പെർമാത്തിക്കയുടെ എണ്ണം എത്ര?
   iii) പാറ്റയിൽ അണ്ഡാശയങ്ങൾ കാണപ്പെടുന്നതെവിടെ?
   iv) പാറ്റയുടെ ആമാശയത്തിൽ എത്ര വളയങ്ങളുണ്ട്?
   v) മാൽപീജിയൻ നളികകൾ എവിടെ കാണപ്പെടുന്നു?
2. ഉത്തരമെഴുതുക
   i) നെഫ്രിഡിയയുടെ ധർമം എന്ത്?
   ii) മണ്ണിരയിൽ സ്ഥിതിചെയ്യുന്ന സ്ഥാനം അനുസരിച്ച് എത്രതരം നെഫ്രിഡിയകൾ കാണപ്പെടുന്നു
3. മണ്ണിരയുടെ പ്രത്യുൽപാദന വ്യവസ്ഥയുടെ ചിത്രം വരച്ച് ഭാഗങ്ങൾ അടയാളപ്പെടുത്തുക.
4. പാറ്റയുടെ അന്നപഥത്തിന്റെ ചിത്രം വരച്ച് ഭാഗങ്ങൾ അടയാളപ്പെടുത്തുക?
5. ചുവടെ തന്നിരിക്കുന്നവ തമ്മിലുള്ള വ്യത്യാസമെന്ത്?
   a) പ്രോസ്റ്റോമിയം, പെരിസ്റ്റോമിയം
   b) സെപ്റ്റൽ നെഫ്രിഡിയം, ഫാരിൻജിയൽ നെഫ്രിഡിയം
6. രക്തത്തിലെ കോശഘടകങ്ങൾ ഏവ?
7. താഴെപറയുന്നവ എന്താണെന്നും അവ ജന്തുശരീരത്തിൽ എവിടെ കാണപ്പെടുന്നു എന്നും എഴുതുക
   a) കോണ്ട്രിയോസൈറ്റുകൾ
   b) ആക്സോണുകൾ
   c) സിലിയ ഉള്ള ആവരണകല
8. ചിത്രങ്ങളുടെ സഹായത്തോടെ വ്യത്യസ്തതരം ആവരണകലകളെക്കുറിച്ച് വിശദീകരിക്കുക?
9. വ്യത്യാസം കണ്ടെത്തി എഴുതുക
   a) ലഘു ആവരണകല, സങ്കീർണ ആവരണകല
   b) ഹൃദയപേശി, രേഖാങ്കിതപേശി
   c) നിബിഡക്രമയോജകകല, നിബിഡക്രമരഹിതയോജകകല
   d) കൊഴുപ്പുകല, രക്തകല
   e) ലഘുഗ്രന്ഥി, സങ്കീർണഗ്രന്ഥി
10. ഓരോ ശ്രേണിയിലും ഒറ്റപ്പെട്ടത് ഏതെന്ന് കണ്ടെത്തുക
    a) എറിയോളാർ കല, രക്തം, ന്യൂറോൺ, ടെൻഡൻ
    b) RBC, WBC, പ്ലേറ്റ്ലെറ്റുകൾ, തരുണാസ്ഥി

c) ബഹിർസ്രാവിഗ്രന്ഥികൾ, അന്തഃസ്രാവിഗ്രന്ഥികൾ, ഉമിനീർഗ്രന്ഥി, സ്നായു

d) മാക്സില്ല, മാൻഡിബിൾ, ലേബ്രം, ആന്റിനകൾ

e) പ്രോസ്റ്റോമിയം, മീസോതൊറാക്സ്, മെറ്റാതൊറാക്സ്, കോക്സ

11. കോളം I, കോളം II ഇവ ജോഡി ചേർക്കുക

കോളം I	കോളം II
a) സങ്കീർണ്ണ ആവരണകല	i) അന്നപഥം
b) സംയുക്തനേത്രം	ii) പാറ്റ
c) ഹെപ്പാറ്റിക് സീക്ക	iii) ത്വക്ക്
d) തുറന്ന പര്യയന വ്യവസ്ഥ	iv) മൊസൈക് കാഴ്ച
e) ടിഫ്ളോസോൾ	v) മണ്ണിര
f) ഓസ്റ്റിയോസൈറ്റുകൾ	vi) ഫാലോമിയർ
g) ജനനേന്ദ്രിയം	vii) അസ്ഥി

12. മണ്ണിരയിലെ രക്തപര്യയന വ്യവസ്ഥ വിവരിക്കുക?

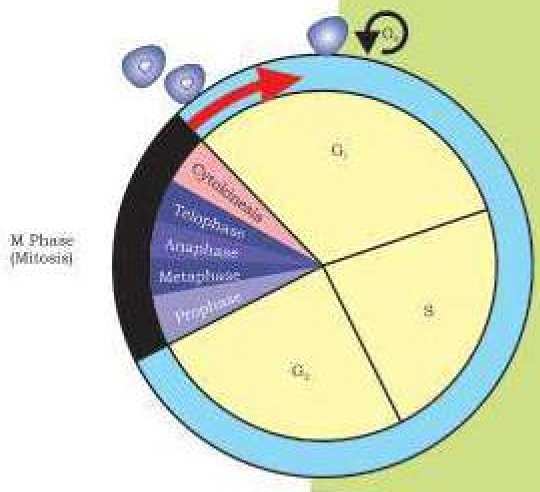
13. തവളയുടെ ദഹനവ്യവസ്ഥയുടെ ചിത്രം വരച്ച് ഭാഗങ്ങൾ അടയാളപ്പെടുത്തുക.

14. ചുവടെ ചേർത്തിരിക്കുന്നവയുടെ ധർമ്മം എഴുതുക

a) തവളയിലെ മൂത്രവാഹികൾ

b) മാൽപീജിയൻ നളികകൾ

c) മണ്ണിരയിലെ [illegible]



യൂണിറ്റ് 3

കോശം : ഘടനയും ധർമവും
(CELL: STRUCTURE AND FUNCTIONS)

അധ്യായം 8
കോശം : ജീവന്റെ അടിസ്ഥാനഘടകം

അധ്യായം 9
ജൈവതന്മാത്രകൾ

അധ്യായം 10
കോശചക്രവും കോശവിഭജനവും

ജീവജാലങ്ങളെ കുറിച്ചുള്ള പഠനമാണ് ജീവശാസ്ത്രം. ജീവികളുടെ രൂപം, ആകൃതി എന്നിവയെക്കുറിച്ചുള്ള വിശദീകരണം അവയുടെ വൈവിധ്യത്തെ മാത്രമെ പ്രതിപാദിക്കുന്നുള്ളു. വൈവിധ്യമാർന്ന ജീവജാലങ്ങളുടെ കോശതലഘടനയിലുള്ള (Cellular organisation) ഐക്യത്തെക്കുറിച്ച് സൂചിപ്പിക്കുന്ന കോശസിദ്ധാന്തം, വൈവിധ്യത്തിലും ജീവികളുടെ അടിസ്ഥാനം ഈ ഏകതയാണെന്ന് ഊന്നിപ്പറയുന്നു. ഈ യൂണിറ്റിലെ അധ്യായങ്ങളിൽ കോശഘടനയും കോശവിഭജനവും വിശദമായി പ്രതിപാദിക്കുന്നു. ജീവൽ പ്രതിഭാസങ്ങൾ, അതായത് ജീവധർമപരവും (Physiological) സ്വഭാവസവിശേഷപരവുമായ (Behavioural) പ്രക്രിയകളെപ്പറ്റിയൊരു നിഗൂഢബോധം കോശസിദ്ധാന്തം സൃഷ്ടിച്ചു. വിവിധ ജീവൽ പ്രതിഭാസങ്ങൾ നിരീക്ഷിക്കുന്നതിനോ വിശദമാക്കുന്നതിനോ പരിപൂർണ കോശതലഘടന ആവശ്യമാണ് എന്നതായിരുന്നു ഈ നിഗൂഢത. ഭൗതിക-രാസ സമീപനത്തിലൂടെ (Physico-chemical approach) കോശരഹിത വ്യവസ്ഥകൾ ഉപയോഗിച്ച് അന്വേഷണം നടത്തി മേൽസൂചിപ്പിച്ച പ്രക്രിയകളെപ്പറ്റി പഠിക്കാനും വിശദമായി മനസ്സിലാക്കാനും സാധിക്കും. വിവിധ പ്രക്രിയകളെ തന്മാത്രാതലത്തിൽ വിവരിക്കുന്നതിന് ഈ സമീപനം നമ്മെ പ്രാപ്തമാക്കുന്നു. മൂലകങ്ങൾക്കും സംയുക്തങ്ങൾക്കുമായുള്ള ജീവകലയുടെ വിശകലനത്തിലൂടെയാണ് ഈ സമീപനം ആവിഷ്കരിച്ചിട്ടുള്ളത്. ജീവികളിൽ ഏതുതരത്തിലുള്ള കാർബണിക സംയുക്തങ്ങളാണ് ഉള്ളതെന്ന് മനസ്സിലാക്കാൻ ഇത്തരം പഠനങ്ങൾ സഹായിക്കുന്നു. ഇത് പഠനവിധേയമാക്കുന്ന ഒരു വ്യക്തിക്ക് അടുത്ത ഘട്ടത്തിൽ ഇത്തരം സംയുക്തങ്ങൾ കോശങ്ങൾക്കുള്ളിൽ എന്തുചെയ്യുന്നു എന്ന സംശയമുണ്ടാകാം. ഇവ എങ്ങനെയാണ് ദഹനം, വിസർജനം, ഓർമ, തിരിച്ചറിവ്, പ്രതിരോധം തുടങ്ങി വിവിധ ജീവൽപ്രവർത്തനങ്ങൾ നടത്തുന്നത്? മറ്റൊരു തരത്തിൽ പറഞ്ഞാൽ ജീവൽപ്രവർത്തനങ്ങളുടെ തന്മാത്രാടിസ്ഥാനം എന്ത് എന്ന ചോദ്യത്തിനുള്ള ഉത്തരമാണിത്. രോഗാവസ്ഥയിൽ ശരീരത്തിലുണ്ടാകുന്ന അസാധാരണ പ്രവർത്തനങ്ങളെക്കുറിച്ച് വിശദീകരിക്കുവാനും ഇതിലൂടെ കഴിയും. ജീവജാലങ്ങളെക്കുറിച്ച് പഠിക്കുന്നതിനും മനസ്സിലാക്കുന്നതിനുമുള്ള ഈ ഭൗതിക-രാസ സമീപനത്തെ 'ന്യൂനീകരണ ജീവശാസ്ത്രം' (Reductionist Biology) എന്ന് പറയുന്നു. ഭൗതികശാസ്ത്രത്തിലെയും രസതന്ത്രത്തിലെയും ആശയങ്ങളും സങ്കേതങ്ങളും ജീവശാസ്ത്രത്തെ മനസ്സിലാക്കുന്നതിനായി ഉപയോഗിക്കുന്നു. ഈ യൂണിറ്റിലെ 9-ാം അധ്യായത്തിൽ ജൈവതന്മാത്രകളെപ്പറ്റിയുള്ള ഒരു ലഘുവിവരണം നൽകിയിട്ടുണ്ട്.

ജി.എൻ.രാമചന്ദ്രൻ
(1922 – 2001)

പ്രോട്ടീൻ ഘടനയുടെ കണ്ടുപിടിത്തത്തിൽ വളരെ പ്രധാന പങ്കുവഹിച്ച പ്രമുഖ വ്യക്തിയാണ് ജി.എൻ. രാമചന്ദ്രൻ. 'മദ്രാസ് സ്കൂളിലെ' കൺഫർമേഷണൽ അനാലിസിസ് ഓഫ് ബയോപോളിമേഴ്സിന്റെ സ്ഥാപകനായിരുന്നു ഇദ്ദേഹം. 1954 ൽ നേച്ചർ മാഗസിനിൽ പ്രസിദ്ധീകരിച്ച കൊളാജൻ പ്രോട്ടീനിന്റെ അദ്ദേഹം കണ്ടെത്തിയ ത്രിമാന ഹെലിക്കൽ ഘടനയും മാംസ്യങ്ങളുടെ അനുവദനീയ സംരൂപണങ്ങളെക്കുറിച്ച് (Allowed conformations of proteins) 'രാമചന്ദ്രൻ പ്ലോട്ടി'ലൂടെ അദ്ദേഹം നടത്തിയ വിശകലനവും ഘടനാത്മക ജീവശാസ്ത്രത്തിലെ (Structural Biology) പ്രധാന നാഴികക്കല്ലുകളാണ്. ഇന്ത്യയുടെ തെക്കുപടിഞ്ഞാറേത്തീരത്ത്, കൊച്ചിയിൽ നിന്ന് അകലെയല്ലാത്ത ഒരു ചെറിയ പട്ടണത്തിൽ 1922 ഒക്ടോബർ 8 ന് അദ്ദേഹം ജനിച്ചു. ഗണിതശാസ്ത്ര പ്രൊഫസർ ആയിരുന്ന അദ്ദേഹത്തിന്റെ പിതാവിന് അദ്ദേഹത്തിൽ ഗണിതശാസ്ത്രത്തിൽ ഒരു പ്രത്യേക താൽപ്പര്യം ഉണ്ടാക്കിയെടുക്കുന്നതിൽ വലിയ പങ്ക് ഉണ്ടായിരുന്നു. സ്കൂൾ വിദ്യാഭ്യാസത്തിനുശേഷം 1942 ൽ മദ്രാസ് സർവകലാശാലയിൽനിന്ന് അദ്ദേഹം ഭൗതികശാസ്ത്രത്തിൽ (B.Sc. Honors in Physics) ഉയർന്ന റാങ്കോടുകൂടി ഉന്നതവിജയം കരസ്ഥമാക്കി. 1949 ൽ കേംബ്രിഡ്ജ് സർവകലാശാലയിൽനിന്നും ഡോക്ടറേറ്റ് (Ph.D) നേടി. കേംബ്രിഡ്ജിലെ ഗവേഷണ വേളയിൽ ലിനസ് പോളിംഗ് എന്ന ശാസ്ത്രജ്ഞനെ കണ്ടുമുട്ടി. α - ഹെലിക്സ്, ഷീറ്റ് ഘടനകളുടെ മാതൃകകളെപ്പറ്റിയുള്ള ലിനസ് പോളിംഗിന്റെ പ്രസിദ്ധീകരണങ്ങൾ രാമചന്ദ്രനെ വളരെയധികം സ്വാധീനിച്ചു. ഇത് കൊളാജന്റെ ഘടന രൂപീകരിക്കുന്നതിലേക്ക് നയിച്ചു. 2001 ഏപ്രിൽ മാസം 7-ാം തീയതി 78-ാം വയസ്സിൽ അദ്ദേഹം നിര്യാതനായി.

Z2C2J8

അധ്യായം 8

കോശം : ജീവന്റെ അടിസ്ഥാനഘടകം
(Cell: The Unit of Life)

8.1 എന്താണ് കോശം?

8.2 കോശസിദ്ധാന്തം

8.3 കോശം - ഒരു അവലോകനം

8.4 പ്രോക്കാരിയോട്ടിക്ക് കോശങ്ങൾ

8.5 യൂക്കാരിയോട്ടിക്ക് കോശങ്ങൾ

നിങ്ങൾ ചുറ്റുപാടും നോക്കിയാൽ ധാരാളം ജീവനുള്ളവയെയും ജീവനില്ലാത്ത വസ്തുക്കളെയും കാണാൻ കഴിയും. നിങ്ങൾ അത്ഭുതപ്പെട്ട് നിങ്ങളോട് തന്നെ ചോദിച്ചിട്ടുണ്ടാകാം- 'എന്താണ് ഒരു ജീവിയെ ജീവനുള്ളതാക്കുന്നത്, അതല്ലെങ്കിൽ ഒരു നിർജീവവസ്തുവിനില്ലാത്ത എന്താണ് ഒരു ജീവിക്ക് ഉള്ളത്?' അതിനുള്ള ഉത്തരമാണ് – ജീവന്റെ അടിസ്ഥാന ഘടകത്തിന്റെ സാന്നിധ്യം – എല്ലാ ജീവജാലങ്ങളിലും കാണപ്പെടുന്ന കോശം.

എല്ലാ ജീവജാലങ്ങളും കോശത്താൽ നിർമിതമാണ്. ചില ജീവികൾ ഒറ്റ കോശത്താൽ നിർമിതമാണ്. അവയെ ഏകകോശ ജീവികൾ എന്ന് വിളിക്കുന്നു. എന്നാൽ മനുഷ്യരെപ്പോലെ മറ്റ് അനേകം ജീവികളുടെ ശരീരം ധാരാളം കോശങ്ങളാൽ നിർമിതമാണ്. അവയെ ബഹുകോശ ജീവികൾ എന്ന് വിളിക്കുന്നു.

8.1 എന്താണ് കോശം?

ഏകകോശ ജീവികൾക്ക് താഴെ പറയുന്ന സവിശേഷതകളുണ്ട്:

i) സ്വതന്ത്രമായി നിലനിൽക്കുന്നു;

ii) ജീവന് ആധാരമായ ധർമങ്ങൾ നിർവഹിക്കുന്നു.

പൂർണമായ ഘടനയുള്ള കോശത്തിൽക്കുറഞ്ഞ ഒന്നിനും സ്വതന്ത്രമായി നിലനിൽക്കുവാനുള്ള കഴിവില്ല. അതിനാൽ എല്ലാ ജീവജാലങ്ങളുടെയും ഘടനാപരവും ജീവധർമപരവുമായ അടിസ്ഥാനഘടകമാണ് കോശം.

ഒരു ജീവകോശത്തെ ആദ്യമായി കണ്ടെത്തി വിശദീകരണം നൽകിയത് ആന്റണി വാൻ ലീവൻഹോക്ക് (Antonie van Leeuwenhoek) എന്ന ശാസ്ത്രജ്ഞനാണ്. പിന്നീട് റോബർട്ട് ബ്രൗൺ (Robert Brown) എന്ന ശാസ്ത്രജ്ഞൻ മർമത്തെ കണ്ടെത്തി. മൈക്രോസ്കോപ്പിന്റെ കണ്ടുപിടിത്തവും തുടർന്ന് ഇലക്ട്രോൺ മൈക്രോസ്കോപ്പിന്റെ ആവിർഭാവവും കോശഘടനയെക്കുറിച്ച് വിശദമായി മനസ്സിലാക്കാൻ സഹായിച്ചു.

8.2 കോശസിദ്ധാന്തം (Cell Theory)

ജർമൻ സസ്യശാസ്ത്രജ്ഞനായ മാത്തിയാസ് ഷ്ളീഡൻ (Matthias Schleiden) 1838 ൽ ധാരാളം സസ്യങ്ങളെ പഠനവിധേയമാക്കി. ഈ സസ്യങ്ങൾ വിവിധതരത്തിലുള്ള കോശങ്ങൾ കൊണ്ട് നിർമിതമാണെന്നും അവ സസ്യത്തിന്റെ കലകളായി രൂപപ്പെടുന്നുവെന്നും അദ്ദേഹം കണ്ടെത്തി. ഇതേ കാലയളവിൽ ബ്രിട്ടീഷ് ജന്തുശാസ്ത്രജ്ഞനായ തീയോഡോർ ഷ്വാൻ (Theodore Schwann) 1839 ൽ ധാരാളം ജന്തുകോശങ്ങളെ പഠനവിധേയമാക്കുകയും ജന്തുകോശങ്ങൾക്ക് ഒരു നേർത്ത ബാഹ്യസ്തരമുണ്ടെന്ന് അഭിപ്രായപ്പെടുകയും ചെയ്തു. ഇന്ന് അതിനെ 'പ്ലാസ്മാസ്തരം' എന്നു വിളിക്കുന്നു. അദ്ദേഹം സസ്യകലകളിൽ നടത്തിയ പഠനങ്ങളുടെ അടിസ്ഥാനത്തിൽ കോശഭിത്തി സസ്യകോശങ്ങളുടെ പ്രത്യേകതയാണെന്നും സ്ഥിരീകരിച്ചു. ഈ പഠനങ്ങളുടെ അടിസ്ഥാനത്തിൽ ജന്തുക്കളുടെയും സസ്യങ്ങളുടെയും ശരീരം കോശങ്ങളും അവയുടെ ഉൽപ്പന്നങ്ങളും കൊണ്ട് നിർമിതമാണെന്ന പരികൽപ്പനയ്ക്ക് ഷ്വാൻ രൂപം കൊടുത്തു.

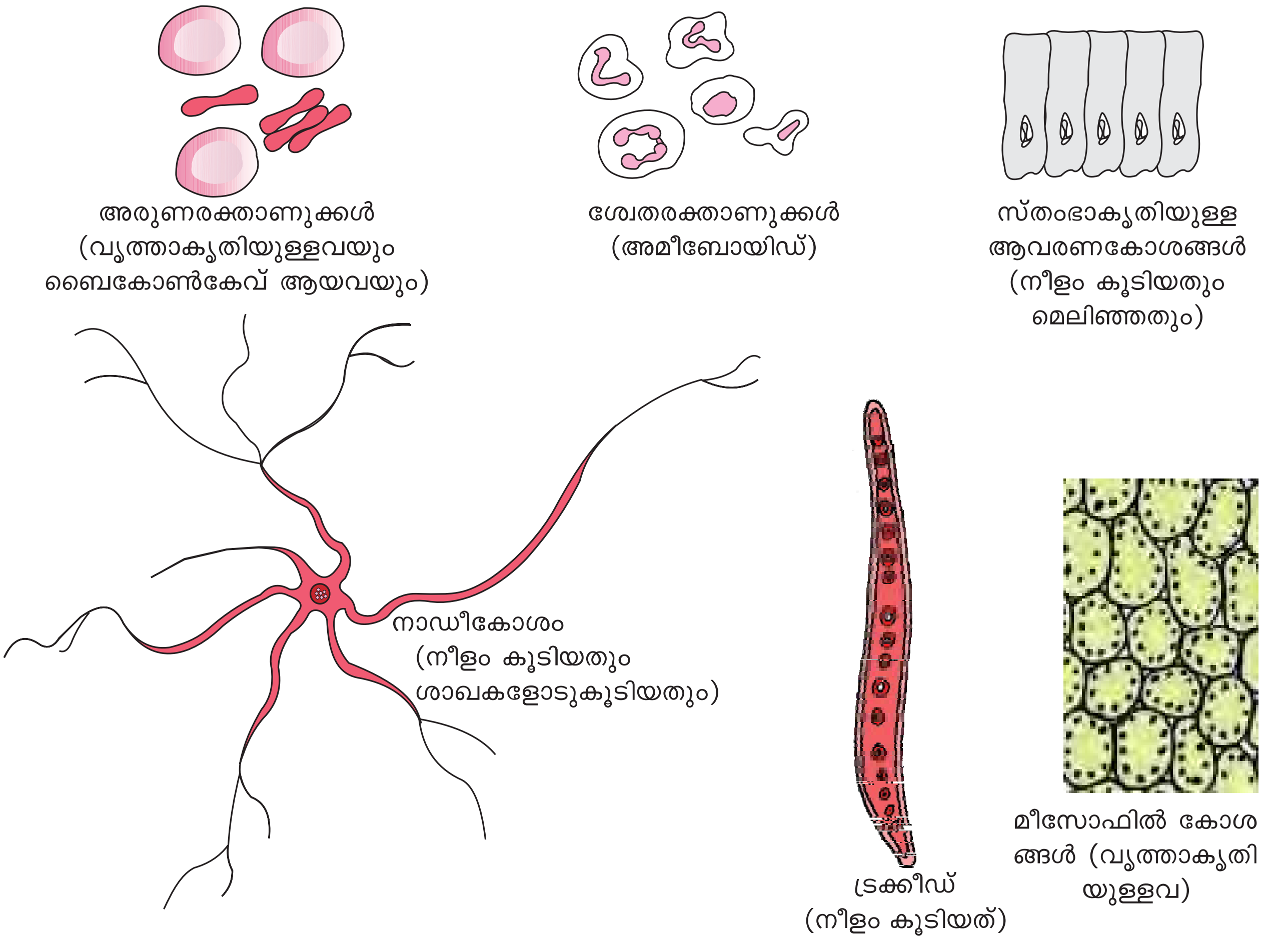
ഷ്ളീഡനും ഷ്വാനും ചേർന്ന് കോശസിദ്ധാന്തം (Cell theory) ആവിഷ്ക്കരിച്ചു. എന്നാൽ ഈ സിദ്ധാന്തം പുതിയ കോശങ്ങൾ എങ്ങനെയുണ്ടാകുന്നു എന്ന് വിശദീകരിക്കുന്നില്ല. കോശങ്ങൾ വിഭജിക്കുന്നുവെന്നും നിലവിലുള്ള കോശങ്ങളിൽ നിന്നുമാണ് പുതിയവ ഉണ്ടാകുന്നതെന്നും *(Omnis cellula-e cellula)* ആദ്യമായി വിശദീകരിച്ചത് റുഡോൾഫ് വിർഷോ (Rudolf Virchow) (1855) ആണ്. അദ്ദേഹം ഷ്ളീഡന്റെയും ഷ്വാനിന്റെയും നിഗമനങ്ങളെ മെച്ചപ്പെടുത്തിക്കൊണ്ട് കോശസിദ്ധാന്തത്തിന് അന്തിമരൂപം നൽകി. ഇതിന്റെ അടിസ്ഥാനത്തിൽ കോശസിദ്ധാന്തത്തെ ഇങ്ങനെ മനസ്സിലാക്കാം:

i) എല്ലാ ജീവജാലങ്ങളും നിർമിച്ചിരിക്കുന്നത് കോശങ്ങളും കോശ ഉൽപ്പന്നങ്ങളും കൊണ്ടാണ്.

ii) എല്ലാ കോശങ്ങളും മുൻപ് നിലവിലുണ്ടായിരുന്ന കോശങ്ങളിൽ നിന്നാണ് ഉണ്ടാകുന്നത്.

8.3 കോശം-ഒരവലോകനം

ഉള്ളിത്തൊലിയിലെ കോശങ്ങളെയും മനുഷ്യന്റെ കവിളിലെ ആവരണകലയിലെ കോശങ്ങളെയും മൈക്രോസ്കോപ്പിന്റെ സഹായത്താൽ നിങ്ങൾ നിരീക്ഷിച്ചിട്ടുണ്ടാകും. അവയുടെ ഘടന ഒന്നുകൂടി പരിശോധിക്കാം. സസ്യകോശത്തിന്റെ ഉത്തമോദാഹരണമായ ഉള്ളിയുടെ കോശത്തിന് ഏറ്റവും പുറമെയായി വ്യക്തമായ ഒരു കോശഭിത്തിയും അതിനുള്ളിലായി കോശസ്തരവുമുണ്ട്. മനുഷ്യന്റെ കവിളിലെ കോശങ്ങൾക്ക് ഏറ്റവും പുറമെ ഒരു കോശസ്തരം മാത്രമാണുള്ളത്. ഓരോ കോശത്തിനും ഉള്ളിലായി കട്ടികൂടിയ സ്തരത്താൽ പൊതിഞ്ഞ മർമം കാണപ്പെടുന്നു. മർമത്തിനുള്ളിലായി ക്രോമസോമുകളും അവയ്ക്കുള്ളിലായി ജനിതക വസ്തുവായ ഡി.എൻ.എ.യും കാണപ്പെടുന്നു. ഇങ്ങനെ സ്തരത്താൽ പൊതിഞ്ഞ മർമം ഉള്ള കോശങ്ങളെ യൂക്കാരിയോട്ടുകളെന്നും സ്തരത്താൽ പൊതിയാത്ത മർമമുള്ള കോശങ്ങളെ പ്രോക്കാരിയോട്ടുകളെന്നും വിളിക്കുന്നു. ഈ രണ്ടുതരം കോശങ്ങളുടെയും ഉൾഭാഗത്ത് അർധദ്രാവകാവസ്ഥയിലുള്ള കോശദ്രവ്യം (Cytoplasm) നിറഞ്ഞിരിക്കുന്നു. സസ്യകോശങ്ങളിലും ജന്തുകോ



ചിത്രം 8.1 വിവിധ ആകൃതിയിലുള്ള കോശങ്ങളുടെ ചിത്രീകരണം

ശങ്ങളിലും കോശപ്രവർത്തനങ്ങൾ നടക്കുന്നത് പ്രധാനമായും കോശദ്രവ്യത്തിൽ വെച്ചാണ്. ഒരു കോശത്തെ 'ജീവൽപ്രവർത്തനാവസ്ഥയിൽ' നിലനിർത്തുന്നത് കോശദ്രവ്യത്തിൽ നടക്കുന്ന വിവിധ രാസപ്രവർത്തനങ്ങളാണ്.

മർമത്തെകൂടാതെ ഒരു യൂക്കാരിയോട്ടിക് കോശത്തിൽ സ്തരാവരണമുള്ള വിവിധ **കോശാംഗങ്ങൾ (Organelles)** ഉണ്ട്. അന്തർദ്രവ്യജാലിക (Endoplasmic reticulum), ഗോൾജി കോംപ്ലക്സ്, ലൈസോസോമുകൾ, മൈറ്റോകോൺട്രിയകൾ, ഫേനങ്ങൾ (Vacuoles), മൈക്രോബോഡികൾ മുതലായവ ഉദാഹരണങ്ങളാണ്. എന്നാൽ ഒരു പ്രോക്കാരിയോട്ടിക് കോശത്തിൽ സ്തരാവരണമുള്ള മർമമോ മറ്റ് കോശാംഗങ്ങളോ കാണപ്പെടുന്നില്ല.

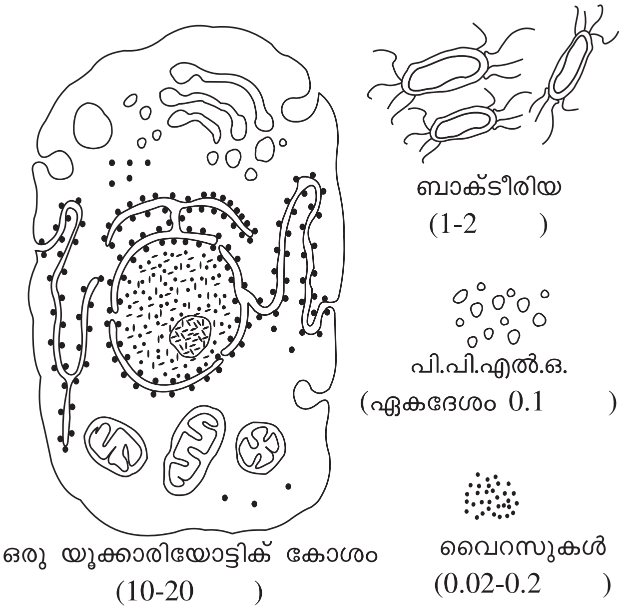
പ്രോക്കാരിയോട്ടിക് കോശങ്ങളിലും യൂക്കാരിയോട്ടിക് കോശങ്ങളിലും കാണപ്പെടുന്ന സ്തരാവരണമില്ലാത്ത കോശാംഗമാണ് റൈബോസോം. കോശത്തിനുള്ളിൽ റൈബോസോമുകൾ കോശദ്രവ്യത്തെ കൂടാതെ അന്തർദ്രവ്യജാലികയുടെ പുറത്തായും മറ്റ് രണ്ടു കോശാംഗങ്ങളായ ഹരിതകണം (Chloroplast) (സസ്യങ്ങളിൽ), മൈറ്റോകോൺട്രിയ എന്നിവയുടെ ഉള്ളിലായും കാണപ്പെടുന്നു.

ജന്തുകോശങ്ങളിൽ കാണപ്പെടുന്ന സ്തരാവരണമില്ലാത്ത മറ്റൊരു കോശാംഗം ആണ് സെൻട്രോസോം. ഇത് കോശവിഭജനത്തിനു സഹായിക്കുന്നു.

കോശങ്ങൾ ആകൃതിയിലും വലുപ്പത്തിലും ധർമത്തിലും വളരെയധികം വ്യത്യാസം പുലർത്തുന്നു (ചിത്രം 8.1). ഉദാഹരണത്തിന്, ഏറ്റവും ചെറിയ കോശമായ മൈക്കോപ്ലാസ്മകൾക്ക് 0.3 μm നീളം മാത്രമേയുള്ളൂ. എന്നാൽ ബാക്ടീരിയകൾക്ക് 3 μm മുതൽ 5 μm വരെ നീളമുണ്ട്. ഏറ്റവും വലിയ ഒറ്റക്കോശമാണ് ഒട്ടകപ്പക്ഷിയുടെ മുട്ട. ബഹുകോശജീവിയായ മനുഷ്യന്റെ ചുവന്ന രക്താണുക്കളുടെ വ്യാസം ഏകദേശം 7.0 μm ആണ്. നീളം കൂടിയ കോശങ്ങളിൽ ചിലതാണ് നാഡീകോശങ്ങൾ. ആകൃതിയിലും കോശങ്ങൾ വൈവിധ്യമുള്ളവയാണ്. ഡിസ്ക് ആകൃതി, ബഹുഭുജാകൃതി, സ്തംഭാകൃതി (Columnar), ക്യൂബാകൃതി (Cuboidal), നൂലുപോലെയും അല്ലെങ്കിൽ പ്രത്യേക ആകൃതിയില്ലാതെയും കോശങ്ങൾ കാണപ്പെടുന്നു. കോശങ്ങൾ നിർവഹിക്കുന്ന ധർമത്തിന്റെ അടിസ്ഥാനത്തിൽ അവയുടെ ആകൃതിയിൽ മാറ്റമുണ്ടാകും.

8.4 പ്രോക്കാരിയോട്ടിക് കോശങ്ങൾ

ബാക്ടീരിയകൾ, നീല-ഹരിത ആൽഗകൾ, മൈക്കോപ്ലാസ്മകൾ, പ്ലൂറോ ന്യുമോണിയ പോലെയുള്ള ജീവികൾ (Pleuro Pneumonia Like Organisms -PPLO) എന്നിവ പ്രോക്കാരിയോട്ടിക് കോശങ്ങളാണ്. ഇവ യൂക്കാരിയോട്ടിക് കോശങ്ങളെക്കാൾ പൊതുവെ ചെറിയവയും വളരെ വേഗം വിഭജിക്കുവാൻ കഴിവുള്ളവയും ആണ് (ചിത്രം .8.2). ഇവയുടെ ആകൃതിയിലും വലുപ്പത്തിലും വളരെയേറെ വൈവിധ്യമുണ്ട്. ബാക്ടീരിയകൾ പ്രധാനമായും നാല് ആകൃതിയിൽ ഉണ്ട് - ദണ്ഡാകൃതിയുള്ള (Rod like) ബാസിലസ്സുകൾ, ഗോളാകൃതിയുള്ള (Spherical) കോക്കസുകൾ, കോമ രൂപത്തിലുള്ള (Comma shaped) വിബ്രിയോകൾ, സർപ്പിളാകൃതിയുള്ള (Spiral) സ്പൈറില്ലം.



ചിത്രം 8.2 യൂക്കാരിയോട്ടിക് കോശവും മറ്റ് ജീവികളുമായുള്ള താരതമ്യം കാണിക്കുന്ന ചിത്രീകരണം.

പ്രോക്കാരിയോട്ടിക് കോശങ്ങൾ ധർമത്തിലും ആകൃതിയിലും വ്യത്യാസം കാണിക്കാറുണ്ടെങ്കിലും അടിസ്ഥാനപരമായി അവയുടെ ഘടന ഒരുപോലെയാണ്. മൈക്കോപ്ലാസ്മ ഒഴികെ ബാക്കി എല്ലാ പ്രോക്കാരിയോട്ടിക് കോശങ്ങളിലും കോശസ്തരത്തിനെ ചുറ്റി കോശഭിത്തി കാണപ്പെടുന്നു. കോശത്തിനുള്ളിൽ നിറഞ്ഞിരിക്കുന്ന ദ്രവാവസ്ഥയിലുള്ള ഭാഗമാണ് കോശദ്രവ്യം. വ്യക്തമായ മർമം ഇവിടെ കാണുന്നില്ല. ഇവയുടെ ജനിതകവസ്തു സ്തരത്താൽ പൊതിഞ്ഞിട്ടില്ല. മിക്കവാറും ബാക്ടീരിയകളിൽ ജനിതക ഡി.എൻ.എ. (Genomic DNA ഏക ക്രോമസോം/വൃത്താകൃതിയിലുള്ള ഡി.എൻ.എ.)യെ കൂടാതെ വൃത്താകൃതിയിലുള്ള ചെറിയ ഡി.എൻ.എ കാണപ്പെടുന്നു. ഇത്തരത്തിലുള്ള ചെറിയ ഡി.എൻ.എ യെ പ്ലാസ്മിഡുകൾ (Plasmids) എന്നുവിളിക്കുന്നു. ഇവ ബാക്ടീരിയകൾക്ക് ചില

പ്രത്യേക സ്വഭാവ സവിശേഷതകൾ പ്രദാനം ചെയ്യുന്നു. അത്തരത്തിലുള്ള ഒരു സവിശേഷതയാണ് ആന്റിബയോട്ടിക്കുകളെ ചെറുത്തു നിൽക്കുന്നതിനുള്ള കഴിവ്. അന്യജീനുകൾ (Foreign DNA) ഉപയോഗിച്ച് കൊണ്ട് ബാക്ടീരിയയിൽ നടക്കുന്ന പരിവർത്തനപ്രക്രിയ (Transformation) പരിശോധിക്കുന്നതിൽ പ്ലാസ്മിഡുകൾക്കുള്ള പങ്കിനെക്കുറിച്ച് നിങ്ങൾ ഉയർന്ന ക്ലാസുകളിൽ പഠിക്കും. യൂക്കാരിയോട്ടിക് കോശങ്ങളിൽ മർമസ്തരം കാണപ്പെടുന്നു. റൈബോസോമുകൾ ഒഴികെ യൂക്കാരിയോട്ടിൽ കാണുന്ന ഒരു കോശാംഗവും പ്രോക്കാരിയോട്ടിൽ കാണപ്പെടുന്നില്ല. യൂക്കാരിയോട്ടിക് കോശങ്ങളിൽ കാണപ്പെടാത്ത ഇൻക്ലൂഷനുകൾ പ്രോക്കാരിയോട്ടിക് കോശങ്ങളുടെ സവിശേഷതയാണ്. കോശസ്തരം വൈവിധ്യവൽക്കരിക്കപ്പെട്ട് രൂപപ്പെടുന്ന മീസോസോമുകൾ പ്രോക്കാരിയോട്ടുകളുടെ മാത്രം പ്രത്യേകതയാണ്. ഇവ യഥാർഥത്തിൽ കോശസ്തരത്തിന്റെ ഉൾമടക്കുകളാണ്.

8.4.1 കോശ ആവരണവും (Cell envelope) അതിന്റെ രൂപാന്തരങ്ങളും

മിക്ക പ്രോക്കാരിയോട്ടുകൾക്കും, പ്രത്യേകിച്ച് ബാക്ടീരിയ കോശങ്ങൾക്ക് രാസപരമായി സങ്കീർണതയുള്ള കോശാവരണമുണ്ട്. ഈ ആവരണത്തിന് ദൃഢമായി ചേർന്നിരിക്കുന്ന മൂന്ന് പാളികൾ ഉണ്ട് - ഏറ്റവും പുറമെയായി ഗ്ലൈക്കോകാലിക്സ് (Glycocalyx), അതിനുള്ളിലായി കോശഭിത്തി, ഏറ്റവും ഉള്ളിൽ കോശസ്തരം. ഇവയ്ക്ക് ഓരോന്നിനും പ്രത്യേക ധർമങ്ങളുണ്ടെങ്കിലും എല്ലാ സ്തരങ്ങളും ചേർന്ന് ഒറ്റ യൂണിറ്റായി കോശത്തെ സംരക്ഷിക്കുന്നു. കോശാവരണത്തിലുള്ള വ്യത്യാസവും ഗ്രാം സ്റ്റെയിനിംഗിനോടുള്ള (Gram staining) പ്രതികരണവും അനുസരിച്ച് ബാക്ടീരിയകളെ രണ്ടായി തരംതിരിക്കാം. ഗ്രാം സ്റ്റെയിൻ പിടിച്ചെടുക്കുന്നവയെ **ഗ്രാം പോസിറ്റീവ് (Gram positive)** എന്നും പിടിച്ചെടുക്കാത്തവയെ **ഗ്രാം നെഗറ്റീവ് (Gram negative)** ബാക്ടീരിയകൾ എന്നും അറിയപ്പെടുന്നു. ഈ സ്റ്റെയിനിംഗ് രീതി കണ്ടുപിടിച്ചത് ഹാൻസ് ക്രിസ്റ്റ്യൻ ഗ്രാം (Hans Christian Gram) എന്ന ശാസ്ത്രജ്ഞനാണ്.

വ്യത്യസ്ത ബാക്ടീരിയകളിലെ ഗ്ലൈക്കോകാലിക്സ് അതിന്റെ ഘനത്തിലും ഘടനയിലും വ്യത്യാസപ്പെട്ടിരിക്കുന്നു. ഇത് അയഞ്ഞ ആവരണമായി (Loose Sheath) കാണപ്പെടുന്നുവെങ്കിൽ അതിനെ **സ്ലൈം പാളി (Slime layer)** എന്നും, കനവും കടുപ്പവുമുള്ള ഒന്നായി കാണപ്പെടുന്നുവെങ്കിൽ അതിനെ **ക്യാപ്സ്യൂൾ (Capsule)** എന്നും വിളിക്കാം. **കോശഭിത്തി** ബാക്ടീരിയകൾക്ക് നിയതമായ ആകൃതി നൽകുകയും അവയെ തകർന്ന് പോകാതെ സംരക്ഷിക്കുകയും ചെയ്യുന്നു.

പ്ലാസ്മാസ്തരം വരണ താര്യസ്തരമായി (Selectively permeable) വർത്തിച്ച് പുറം ലോകവുമായി ഇടപെടുന്നു. ഈ സ്തരം ഘടനയിൽ യൂക്കാരിയോട്ടിക് കോശങ്ങളിലേതിന് സമാനമാണ്.

പ്ലാസ്മാസ്തരം ചില ഭാഗങ്ങളിൽ കോശത്തിനുള്ളിലേക്ക് മടങ്ങി പ്രത്യേക ഘടനയോടുകൂടിയ **മീസോസോമുകളായി** മാറുന്നു. ഇവ **ചെറു സഞ്ചികളായും (Vesicles) നളികകളായും (Tubules) പാളികളായും (Lamellae)** കാണപ്പെടുന്നു. മീസോസോമുകൾ കോശഭിത്തിയുടെ രൂപീകരണത്തിനും ഡി.എൻ.എ ഇരട്ടിച്ച്

പുത്രികാകോശങ്ങൾക്ക് പങ്കിടുന്നതിനും സഹായിക്കുന്നു. കൂടാതെ ശ്വസനത്തിനും സ്രവങ്ങളുടെ ഉൽപ്പാദനത്തിനും കോശസ്തരത്തിന്റെ വിസ്തൃതി വർധിപ്പിക്കുന്നതിനും രാസാഗ്നികളുടെ അളവ് കൂട്ടുന്നതിനും സഹായിക്കുന്നു. ചില പ്രോക്കാരിയോട്ടുകളായ നീല-ഹരിത ആൽഗകളുടെ കോശദ്രവ്യത്തിലേക്ക് നീണ്ടുനിൽക്കുന്ന സ്തരപാളികൾ കാണപ്പെടുന്നു. വർണവസ്തുക്കൾ നിറഞ്ഞ ഇവയെ ക്രോമറ്റോഫോറുകൾ (Chromatophores) എന്നു വിളിക്കുന്നു.

ബാക്ടീരിയകളിൽ ചലിക്കുവാൻ കഴിയുന്നവയും കഴിയാത്തവയും ഉണ്ട്. ചലനശേഷിയുള്ളവയ്ക്ക് ഫ്ളജല്ല (Flagella) ഉണ്ടായിരിക്കും. കോശഭിത്തിയിൽ നിന്ന് പുറത്തേക്ക് നീണ്ടു നിൽക്കുന്ന നേർത്ത നാരുപോലുള്ള ഭാഗത്തെയാണ് ഫ്ളജല്ല എന്നുപറയുന്നത്. ബാക്ടീരിയകളിൽ ഇവയുടെ എണ്ണത്തിലും ക്രമീകരണത്തിലും വ്യത്യാസമുണ്ട്. ബാക്ടീരിയയുടെ ഫ്ളജല്ലയ്ക്ക് മൂന്ന് ഭാഗങ്ങളുണ്ട് - **ഫിലമെന്റ് (Filament), ഹൂക്ക് (Hook), ബേസൽ ബോഡി (Basal body)**. ഇവയിൽ ഏറ്റവും നീളംകൂടിയ ഭാഗമായ ഫിലമെന്റ് കോശത്തിന്റെ പ്രതലത്തിൽ നിന്ന് പുറത്തേക്കു തള്ളി നിൽക്കുന്നു.

ഫ്ളജല്ലയെക്കൂടാതെ **പിലി (Pili), ഫിംബ്രിയേ (Fimbriae)** എന്നീ രണ്ട് ഭാഗങ്ങൾ കോശപ്രതലത്തിൽ നിന്ന് പുറത്തേക്ക് നീണ്ടു നിൽക്കുന്നു. പക്ഷേ, ബാക്ടീരിയയുടെ ചലനശേഷിയുമായി ഇവയ്ക്ക് ബന്ധമില്ല. പ്രത്യേകതരം പ്രോട്ടീൻ കൊണ്ട് നിർമിതമായ നീളം കൂടിയ കുഴൽ പോലെയുള്ളവയാണ് പിലി. കോശത്തിന് പുറത്തേക്ക് വളരുന്ന ചെറിയ ദൃഢരോമങ്ങളാണ് ഫിംബ്രിയേ. ചില ബാക്ടീരിയകളെ ആതിഥേയ ജീവികളിലും ഒഴുക്കുള്ള ജലാശയങ്ങളിലെ പാറകളിലും പറ്റിപ്പിടിച്ചിരിക്കുവാൻ ഇവ സഹായിക്കുന്നു.

8.4.2 റൈബോസോമുകളും ഇൻക്ലൂഷൻ ബോഡികളും

പ്രോക്കാരിയോട്ടുകളിൽ സാധാരണയായി റൈബോസോമുകൾ കോശസ്തരത്തോട് ചേർന്നാണ് കാണപ്പെടുന്നത്. ഇവയ്ക്ക് 15 nm മുതൽ 20 nm വരെ വലുപ്പമുണ്ട്. ഇവയ്ക്ക് രണ്ട് ഉപയൂണിറ്റുകൾ ഉണ്ട് - 50S ഉം 30S ഉം. ഈ ഉപയൂണിറ്റുകൾ ഒന്നിച്ചു ചേരുമ്പോൾ 70S ആയി മാറുന്നു. പ്രോട്ടീൻ നിർമാണത്തിന്റെ കേന്ദ്രം റൈബോസോമുകളാണ്. ഒരു mRNA യിൽ ധാരാളം റൈബോസോമുകൾ പറ്റിച്ചേർന്ന് മാലപോലെ കാണപ്പെടുന്നു. ഇതിനെ **പോളി റൈബോസോമുകൾ (Polyribosomes)** അഥവാ **പോളിസോം (Polysome)** എന്നു വിളിക്കുന്നു. പോളിറൈബോസോമിലെ റൈബോസോമുകൾ mRNA യിൽ നിന്നും ട്രാൻസ്ലേഷൻ പ്രക്രിയയിലൂടെ പ്രോട്ടീനുകൾ നിർമിക്കുന്നു.

ഇൻക്ലൂഷൻ ബോഡികൾ

പ്രോക്കാരിയോട്ടുകളുടെ കോശദ്രവ്യത്തിൽ ആഹാരവസ്തുക്കൾ സംഭരിച്ചിരിക്കുന്നത് ഇൻക്ലൂഷൻ ബോഡികളായാണ്. ഇവയെ ഒരു ആവരണ വ്യവസ്ഥ കൊണ്ടും പൊതിഞ്ഞിട്ടില്ല. ഇവ കോശദ്രവ്യത്തിൽ സ്വതന്ത്രമായി കാണപ്പെടുന്നു. ഫോസ്ഫേറ്റു തരികൾ, സയാനോഫൈസിയൻ തരികൾ, ഗ്ലൈക്കോജൻ തരികൾ എന്നിവ ഇൻക്ലൂഷൻ ബോഡികൾക്ക് ഉദാഹരണങ്ങളാണ്. വായു നിറഞ്ഞ ഫേനങ്ങൾ പ്രകാശസംശ്ലേഷണത്തിന് കഴിവുള്ള നീല-ഹരിത ബാക്ടീരിയകളിലും പർപ്പിൾ ബാക്ടീരിയകളിലും ഹരിത ബാക്ടീരിയകളിലും കാണുന്നു.

8.5 യൂക്കാരിയോട്ടിക് കോശങ്ങൾ

പ്രോട്ടിസ്റ്റകൾ, സസ്യങ്ങൾ, ജന്തുക്കൾ, ഫംഗസുകൾ ഇവയെല്ലാം യൂക്കാരിയോട്ടുകളാണ്. എല്ലാ യൂക്കാരിയോട്ടിക് കോശങ്ങളിലും സ്തരം കൊണ്ട് ആവരണം ചെയ്യപ്പെട്ട കോശാംഗങ്ങൾ മുഖേന കോശദ്രവ്യത്തിന്റെ സമഗ്രവിഭജനം (Compartmentalisation of cytoplasm) നടന്നിട്ടുള്ളതായി കാണാം. യൂക്കാരിയോട്ടിക് കോശങ്ങൾക്ക് സ്തരാവരണമുള്ള വ്യക്തമായ മർമ്മമുണ്ട്. കൂടാതെ ഇവയ്ക്ക് സങ്കീർണമായ ചലന (Locomotory) സംവിധാനങ്ങളും കോശാസ്ഥിഘടനകളും (Cytoskeletal structures) ഉണ്ട്. ഇവയുടെ ജനിതകവസ്തു ക്രോമസോമുകളായി രൂപം പ്രാപിച്ചിരിക്കുന്നു.

യൂക്കാരിയോട്ട് കോശങ്ങൾ എല്ലാം ഒരുപോലെയല്ല. സസ്യകോശങ്ങളും ജന്തുകോശങ്ങളും തമ്മിൽ ചില വ്യത്യാസങ്ങൾ ഉണ്ട്. സസ്യകോശങ്ങളിൽ കോശഭിത്തിയും ജൈവകണങ്ങളും (Plastids) മധ്യത്തിൽ ഒരു വലിയ ഫേനവും കാണുന്നു. ഇവയൊന്നും ജന്തുകോശങ്ങളിൽ കാണപ്പെടുന്നില്ല. എന്നാൽ ജന്തുകോശങ്ങളിൽ കാണപ്പെടുന്ന സെൻട്രിയോളുകൾ സസ്യകോശങ്ങളിൽ കാണപ്പെടുന്നില്ല (ചിത്രം 8.3).

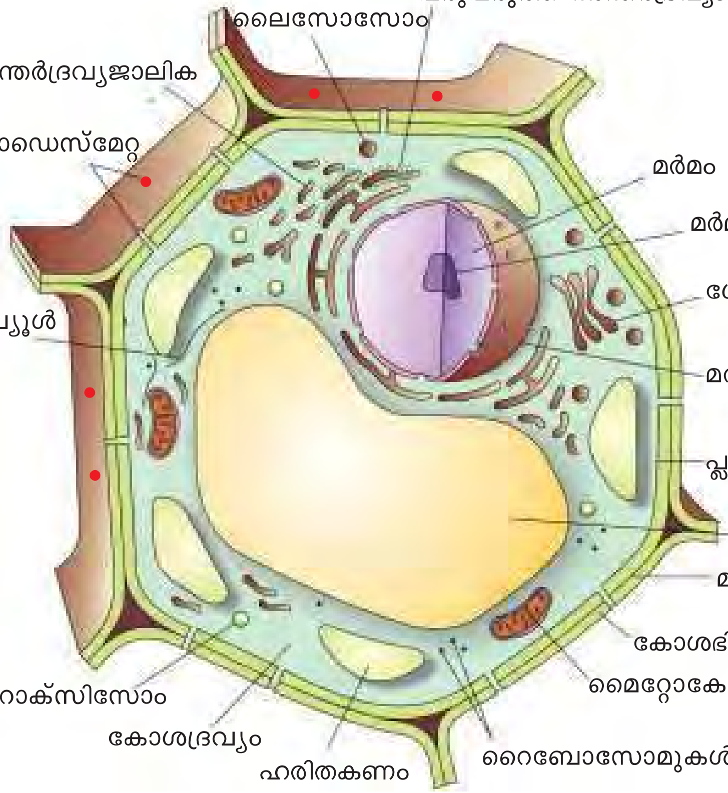
ഇനി നമുക്ക് ഓരോ കോശാംഗത്തിന്റെയും ഘടനയും ധർമവും എന്താണെന്ന് പരിശോധിക്കാം.

8.5.1 കോശസ്തരം (Cell membrane)

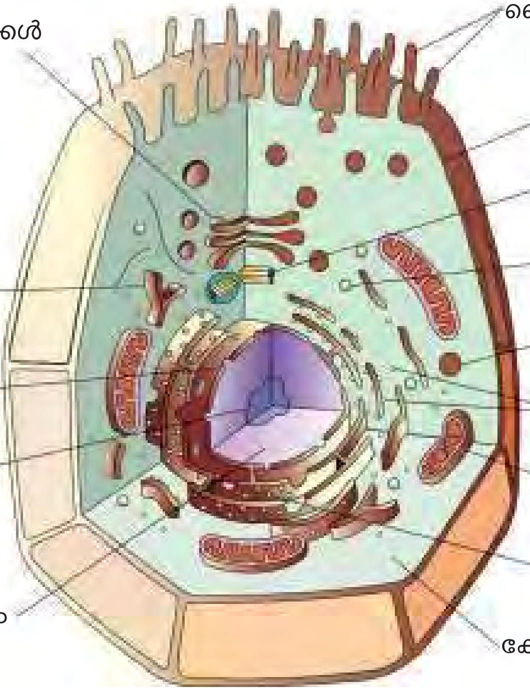
കോശസ്തരത്തിന്റെ വിശദമായ ഘടന നമുക്ക് പഠിക്കുവാൻ സാധിച്ചത് 1950 കളിൽ ഇലക്ട്രോൺ മൈക്രോസ്കോപ്പ് കണ്ടുപിടിച്ചതോടുകൂടിയാണ്. അതിനിടയിൽ, കോശസ്തരത്തെക്കുറിച്ചുള്ള രാസപഠനങ്ങൾ പ്രത്യേകിച്ച്, മനുഷ്യന്റെ ചുവന്ന രക്താണുക്കളിൽ നടത്തിയവ കോശസ്തരത്തിന്റെ സാധ്യമായ ഘടന ഗ്രഹിക്കുവാൻ ശാസ്ത്രജ്ഞരെ സഹായിച്ചു.

ഈ പഠനങ്ങൾ കോശസ്തരം ലിപ്പിഡുകളും പ്രോട്ടീനുകളും കൊണ്ട് നിർമിതമാണെന്ന് തെളിയിച്ചു. പ്രധാന ലിപ്പിഡുകൾ ഫോസ്ഫോലിപ്പിഡുകളാണ്. ഇവ രണ്ടുപാളികളായി ക്രമീകരിച്ചിരിക്കുന്നു. സ്തരത്തിൽ ലിപ്പിഡുകൾ ക്രമീകരിച്ചിരിക്കുന്നത് ലിപ്പിഡുകളുടെ ധ്രുവീയശീർഷം (Polar head) പുറത്തേക്കും ജലഭീതിയുള്ള വാൽഭാഗം (Hydrophobic tail) സ്തരത്തിന്റെ ഉൾഭാഗത്തേക്കും തള്ളിനിൽക്കുന്ന രീതിയിലാണ്. ഈ ക്രമീകരണത്തിലൂടെ ലിപ്പിഡിന്റെ പൂരിത (Saturated) ഹൈഡ്രോകാർബണുകളുള്ള അധ്രുവീയ (Non-polar) വാൽഭാഗം ജലാംശമുള്ള ചുറ്റുപാടുകളിൽനിന്ന് സംരക്ഷിക്കപ്പെട്ടിരിക്കുന്നു (ചിത്രം 8.4). സ്തരത്തിൽ ഫോസ്ഫോലിപ്പിഡുകളെക്കൂടാതെ കൊളസ്ട്രോളും കാണപ്പെടുന്നു. പ്രധാനമായും ഫോസ്ഫോഗ്ലിസറൈഡുകളാൽ നിർമിതമാണ് കോശസ്തരലിപ്പിഡുകൾ.

ഇവയെക്കൂടാതെ പ്രോട്ടീനുകളും കാർബോഹൈഡ്രേറ്റുകളും കൂടിച്ചേർന്നാണ് പ്ലാസ്മാസ്തരം നിർമിച്ചിരിക്കുന്നതെന്ന് തുടർന്നു നടന്ന ജൈവരാസ ഗവേഷണങ്ങൾ തെളിയിച്ചു. വിവിധകോശങ്ങളിൽ പ്രോട്ടീൻ, ലിപ്പിഡ് അനുപാതം വ്യത്യസ്തമാണ്. മനുഷ്യനിലെ ചുവന്ന രക്തകോശസ്തരത്തിൽ ഏകദേശം 52% പ്രോട്ടീനുകളും 40% ലിപ്പിഡുകളുമാണുള്ളത്.

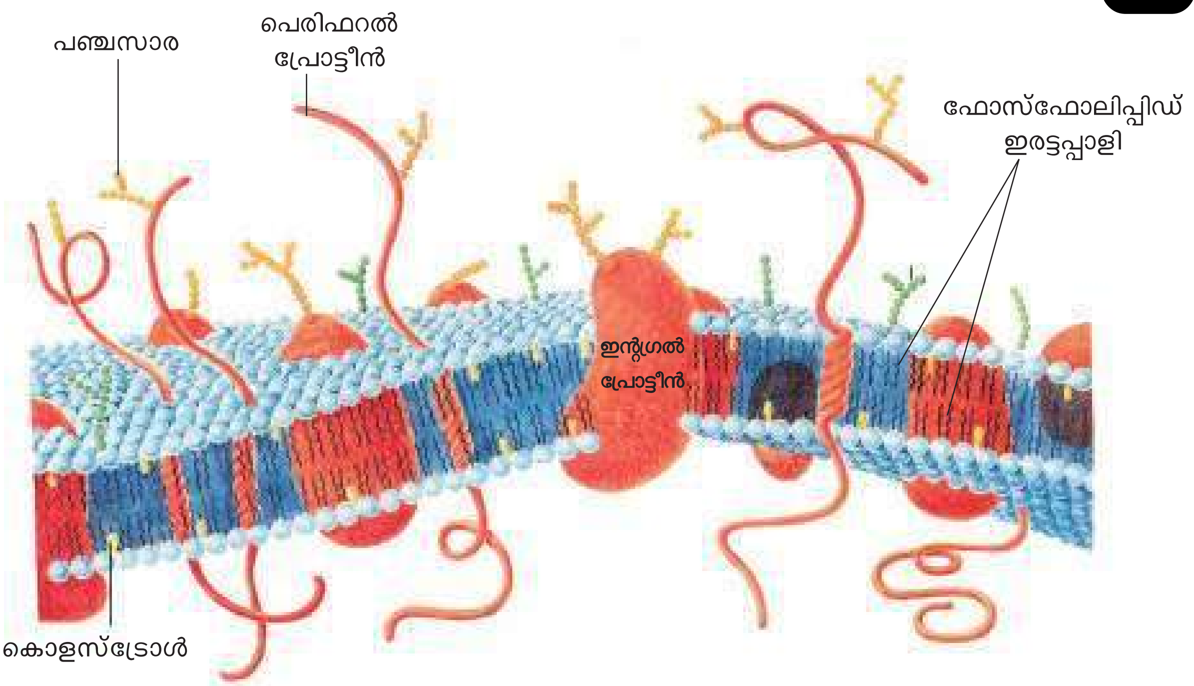


(a)



(b)

ചിത്രം 8.3 ചിത്രീകരണം : (a) സസ്യകോശം (b) ജന്തുകോശം



ചിത്രം 8.4 പ്ലാസ്മാസ്തരത്തിന്റെ ഫ്ളൂയിഡ് മൊസൈക്ക് മാതൃക

വേർതിരിച്ചെടുക്കുവാനുള്ള സൗകര്യത്തിന്റെ അടിസ്ഥാനത്തിൽ കോശസ്തര പ്രോട്ടീനുകളെ ഇന്റഗ്രൽ പ്രോട്ടീനുകൾ, പെരിഫറൽ പ്രോട്ടീനുകൾ എന്നിങ്ങനെ രണ്ടായി തരംതിരിക്കാം. പെരിഫറൽ പ്രോട്ടീനുകൾ സ്തരത്തിന്റെ പ്രതലത്തിലും ഇന്റഗ്രൽ പ്രോട്ടീനുകൾ ഭാഗികമായോ മുഴുവനായോ സ്തരത്തിനുള്ളിലുമായി കാണപ്പെടുന്നു.

സിംഗർ (Singer), നിക്കോൾസൻ (Nicolson) എന്നീ ശാസ്ത്രജ്ഞർ 1972 ൽ കോശസ്തരത്തിന്റെ ഒരു മെച്ചപ്പെടുത്തിയ ഘടന മുന്നോട്ടുവച്ചു. പൊതുവെ അംഗീകരിക്കപ്പെട്ട ഈ കോശസ്തര ഘടനയാണ് ഫ്ളൂയിഡ് മൊസൈക്ക് മാതൃക (Fluid mosaic model) (ചിത്രം 8.4). ഈ ഘടനപ്രകാരം, ലിപ്പിഡി ഒരു അർധദ്രവാവസ്ഥ (Quasi-fluid) ഇരട്ടപ്പാളിയിലുടനീളം പ്രോട്ടീനിന്റെ പാർശ്വാന്തരചലനം (Lateral movement) സാധ്യമാക്കുന്നു. സ്തരത്തിലൂടെ ഇങ്ങനെ ചലിക്കുവാനുള്ള കഴിവിനെ അതിന്റെ ഫ്ളൂയിഡിറ്റിയായി കണക്കാക്കുന്നു.

കോശവളർച്ച (Cell growth), കോശാന്തര സന്ധിസ്ഥാനങ്ങളുടെ രൂപീകരണം (Formation of intercellular junctions), സ്രവണം, കോശാന്തര അവശോഷണം (Endocytosis), കോശവിഭജനം തുടങ്ങിയ പ്രവർത്തനങ്ങളിൽ പ്ലാസ്മാസ്തരത്തിന്റെ അർധദ്രവാവസ്ഥയ്ക്ക് വളരെ പ്രാധാന്യമുണ്ട്.

കോശസ്തരത്തിന്റെ ഒരു പ്രധാന ധർമമാണ് അവയിലൂടെയുള്ള പദാർഥങ്ങളുടെ സംവഹനം. കോശസ്തരത്തിന് ഇരുവശത്തുമുള്ള ചില തന്മാത്രകളെ മാത്രമേ കോശസ്തരം അതിലൂടെ കടത്തിവിടുന്നുള്ളൂ. അതിനാൽ ഇവയെ വരണതാര്യസ്തരം (Selectively permeable membrane) എന്നു വിളിക്കുന്നു. ധാരാളം തന്മാത്രകൾക്ക് ഊർജം ഉപയോഗിക്കാതെ ഈ സ്തരത്തിലൂടെ കടന്നുപോകുവാൻ കഴിയും. തന്മാത്രകളുടെ ഇത്തരത്തിലുള്ള ചലനത്തെ **നിഷ്ക്രിയ**

സംവഹനം (Passive transport) എന്ന് വിളിക്കാം. ചാർജില്ലാത്ത ലേയപദാർഥങ്ങൾ (Neutral Solutes) അവയുടെ ഗാഢതാ വ്യതിയാനത്തിന് (Concentration gradient) അനുസൃതമായി, വ്യാപനം (Diffusion) മുഖേന ഗാഢത കൂടിയ ഭാഗത്തുനിന്ന് ഗാഢത കുറഞ്ഞ ഭാഗത്തേക്ക് ഈ സ്തരത്തിലൂടെ കടന്നുപോകും. അതുപോലെ ജലതന്മാത്രകൾക്കും അവയുടെ ഗാഢത കൂടിയ ഭാഗത്തുനിന്ന് കുറഞ്ഞഭാഗത്തേക്ക് ഈ സ്തരത്തിലൂടെ കടന്നുപോകുവാൻ സാധിക്കും. ജലതന്മാത്രകളുടെ സ്തരത്തിലൂടെയുള്ള വ്യാപനത്തെ **വൃതിവ്യാപനം (Osmosis)** എന്നുപറയുന്നു. ധ്രുവീയ തന്മാത്രകൾക്ക് സ്തരത്തിലെ അധ്രുവീയ ലിപ്പിഡുകളുടെ ഇരട്ടപ്പാളിയിലൂടെ കടന്നുപോകുവാൻ കഴിയുകയില്ല. അതിനാൽ ഇവയെ സ്തരത്തിലൂടെ വഹിച്ചുകൊണ്ടുപോകുന്നതിന് പ്രോട്ടീൻ തന്മാത്രകൾ ആവശ്യമാണ്. ചില തന്മാത്രകളെയും അയോണുകളെയും ഗാഢതാവ്യതിയാനത്തിന് വിപരീതമായി, അതായത് അവയുടെ ഗാഢത കുറഞ്ഞ ഭാഗത്തുനിന്ന് ഗാഢത കൂടിയ ഭാഗത്തേക്ക് സ്തരത്തിലൂടെ വഹിച്ചുകൊണ്ട് പോകാറുണ്ട്. ഇങ്ങനെയുള്ള പദാർഥസംവഹനത്തിന് ഊർജം അഥവാ ATP തന്മാത്രകൾ ആവശ്യമാണ്. ഇങ്ങനെയുള്ള പദാർഥസംവഹനത്തെ **സക്രിയസംവഹനം (Active transport)** എന്നുവിളിക്കുന്നു. ഉദാഹരണത്തിന് Na^+ / K^+ പമ്പ്.

8.5.2 കോശഭിത്തി (Cell wall)

സസ്യങ്ങളുടെയും ഫംഗസ്സുകളുടെയും കോശസ്തരത്തെ പൊതിഞ്ഞുകൊണ്ട് കട്ടിയേറിയ ജീവനില്ലാത്ത ഒരാവരണമുണ്ട്. ഇതിനെ കോശഭിത്തി എന്നുവിളിക്കുന്നു. ഇത് കോശത്തിന് ആകൃതി നൽകുന്നതിനോടൊപ്പം ആഘാതങ്ങളിൽ നിന്നും അണുബാധയിൽ നിന്നും സംരക്ഷണം നൽകുന്നു. കൂടാതെ കോശങ്ങൾ തമ്മിലുള്ള പരസ്പര വിനിമയത്തെ സഹായിക്കുകയും അഭിലഷണീയമല്ലാത്ത സ്ഥൂല തന്മാത്രകൾക്ക് തടസ്സമായി നിലകൊള്ളുകയും ചെയ്യുന്നു. ആൽഗകളുടെ കോശഭിത്തി സെല്ലുലോസ്, ഗാലക്ടൻസ്, മാന്നാൻസ്, കാൽസ്യം കാർബണേറ്റ് എന്നീ പദാർഥങ്ങൾകൊണ്ടാണ് നിർമിച്ചിരിക്കുന്നത്. എന്നാൽ മറ്റു സസ്യകോശങ്ങളുടെ കോശഭിത്തി നിർമിച്ചിരിക്കുന്നത് സെല്ലുലോസ്, ഹെമി സെല്ലുലോസ്, പെക്ടിനുകൾ, പ്രോട്ടീനുകൾ എന്നിവ കൊണ്ടാണ്. പുതിയതായി രൂപം പ്രാപിച്ച ഒരു സസ്യകോശത്തിന്റെ **പ്രാഥമിക കോശഭിത്തി (Primary wall)** വളർച്ചാശേഷിയുള്ളതാണ്. ഈ കഴിവ് സസ്യകോശം പൂർണ വളർച്ച എത്തുന്നതനുസരിച്ച് കുറഞ്ഞുവരുന്നു. തുടർന്ന് കോശത്തിന്റെ ഉൾഭാഗത്തായി (അതായത് സ്തരത്തിനോടടുത്ത്) ദ്വിതീയ കോശഭിത്തി (Secondary wall) രൂപം കൊള്ളുന്നു.

സമീപത്തുള്ള കോശങ്ങളെത്തമ്മിൽ ചേർത്തു നിർത്തുന്ന ഒരു പാളിയാണ് മിഡിൽ ലാമെല്ല. ഇത് പ്രധാനമായും കാൽസ്യം പെക്ടേറ്റ് കൊണ്ടാണ് നിർമിച്ചിരിക്കുന്നത്. സമീപകോശങ്ങളെ ബന്ധിപ്പിച്ചുകൊണ്ട് കോശഭിത്തിക്കും മിഡിൽ ലാമെല്ലക്കും കുറുകെ കോശദ്രവ്യം ഒരു പാലം പോലെ കാണപ്പെടുന്നു. ഇതിനെ പ്ലാസ്മോഡെസ്മേറ്റ (Plasmodesmata) എന്നുവിളിക്കുന്നു.

8.5.3 അന്തർസ്തര വ്യവസ്ഥ (Endomembrane system)

സ്തരാവരണ കോശാംഗങ്ങൾ ഘടനാപരമായും ധർമപരമായും വ്യത്യാസപ്പെ

ട്ടിരിക്കുന്നുവെങ്കിലും ഇവയുടെ പ്രവർത്തനങ്ങൾ ഏകോപിപിക്കപ്പെട്ടിരിക്കുന്നതിനാൽ ഇവയിൽ പല തിനെയും ഒരുമിച്ച് ചേർത്ത് ഒരു അന്തർസ്തര വ്യവ സ്ഥയായി പരിഗണിക്കുന്നു. അന്തർദ്രവ്യജാലിക, ഗോൾജി വസ്തുക്കൾ, ലൈസോസോമുകൾ, ഫേന ങ്ങൾ എന്നിവ അന്തർസ്തര വ്യവസ്ഥയിൽ ഉൾപ്പെ ട്ടിരിക്കുന്നു.

മൈറ്റോകോൺട്രിയകൾ, ഹരിതകണങ്ങൾ, പെറോക് സിസോമുകൾ എന്നിവയുടെ ധർമങ്ങൾ മുകളിൽ പറഞ്ഞ ഘടകങ്ങളുമായി ഏകോപിപിക്കപ്പെട്ടിട്ടില്ലാത്ത തിനാൽ ഇവയെ അന്തർസ്തര വ്യവസ്ഥയുടെ ഭാഗ മായി കണക്കാക്കപ്പെടുന്നില്ല.

ചിത്രം 8.5 അന്തർദ്രവ്യജാലിക

8.5.3.1 അന്തർദ്രവ്യജാലിക (Endoplasmic reticulum-ER)

യൂക്കാരിയോട്ടിക് കോശങ്ങളുടെ കോശദ്രവ്യത്തിൽ ജാലികാരൂപേണ വ്യാപിച്ചുകിടക്കുന്ന വളരെച്ചെറിയ കുഴലുകളുടെ സമൂഹമാണ് അന്തർദ്രവ്യജാലിക (ചിത്രം 8.5). ഇലക്ട്രോൺ മൈക്രോസ്കോപ്പുകളുടെ ആവിർഭാ വത്തോടെയാണ് നമുക്ക് ഇവയെ കാണുവാൻ സാധി ച്ചത്. ഇവ കോശത്തിനകത്തുള്ള സ്ഥലം രണ്ടു വ്യക്തമായ അറകളായി വേർതിരിക്കുന്നു. അതായത് ലൂമിനൽ ഭാഗവും (അന്തർദ്രവ്യജാലികയുടെ ഉൾഭാഗം) (Luminal), അന്തർദ്രവ്യജാലികയുടെ പുറംഭാഗവും (Extra luminal) (അതായത് കോശദ്രവ്യം).

അന്തർദ്രവ്യജാലികയുടെ ബാഹ്യപ്രതലത്തിൽ മിക്ക പ്പോഴും റൈബോസോമുകൾ പറ്റിപ്പിടിച്ചുകാണാറുണ്ട്. ഇവയെ പരുപരുത്ത അന്തർദ്രവ്യജാലിക (Rough Endoplasmic Reticulum -RER) എന്നുവിളിക്കുന്നു. എന്നാൽ മറ്റു ചില അന്തർദ്രവ്യജാലികയുടെ ബാഹ്യ പ്രതല ത്തിൽ റൈബോസോമുകൾ കാണപ്പെടുന്നില്ല. ഇവയെ മിനുസ അന്തർദ്രവ്യജാ ലിക (Smooth Endoplasmic Reticulum-SER) എന്നുവിളിക്കുന്നു.

RER സാധാരണയായി മാംസ്യസംശ്ലേഷണം, സ്രവിപ്പിക്കൽ എന്നിവയിലേർപ്പെ ടുന്ന കോശങ്ങളിൽ കാണപ്പെടുന്നു. ഇവ മർമത്തിന്റെ ബാഹ്യസ്തരത്തിന് തുടർച്ച യായി വ്യാപിച്ചു കിടക്കുന്നു.

ലിപ്പിഡുകളുടെ സംശ്ലേഷണം നടത്തുന്ന പ്രധാന കോശാംഗമാണ് SER. ജന്തു കോശങ്ങളിൽ ലിപ്പിഡുകളെപ്പോലെയുള്ള സ്റ്റിറോയിഡ് ഹോർമോണുകളെ ഇവ നിർമിക്കുന്നു.

8.5.3.2 ഗോൾജി വസ്തുക്കൾ (Golgi apparatus)

മർമത്തിനോട് ചേർന്ന് നന്നായി നിറം പിടിക്കുന്ന ജാലികപോലെയുള്ള ചില കോശാംഗങ്ങളെ 1898 ൽ കാമില്ലോ ഗോൾജി (Camillo Golgi) കണ്ടെത്തി. അതി നാൽ ഇവ പിന്നീട് ഗോൾജി വസ്തുക്കൾ എന്ന് നാമകരണം ചെയ്യപ്പെട്ടു. ഇവ

ചിത്രം 8.6 ഗോൾജി വസ്തുക്കൾ

യിൽ 0.5 μm മുതൽ 1.0 μm വരെ വ്യാസമുള്ള പരന്ന ഡിസ്ക് ആകൃതിയോടുകൂടിയ നേർത്ത സ്തരസഞ്ചികൾ (Cisternae) ഒന്നിനുപുറത്ത് ഒന്നായി സമാന്തരമായി ക്രമീകരിച്ചിരിക്കുന്നു (ചിത്രം 8.6). ഗോൾജി കോംപ്ലക്സുകളിൽ കാണപ്പെടുന്ന സ്തരസഞ്ചികളുടെ എണ്ണം വ്യത്യസ്തമായിരിക്കും. മർമത്തിന് അടുത്തായി ഗോൾജി സ്തരസഞ്ചികൾ ഏകകേന്ദ്രീകൃത (Concentrical) രീതിയിൽ ക്രമീകരിച്ചിരിക്കുന്നു. ഈ ക്രമീകരണത്തിൽ ഒരു കോൺവെക്സ് സിസ് (Cis) വശം അഥവാ രൂപീകരണ വശവും (Forming face) കോൺകേവ് ട്രാൻസ് (Trans) അഥവാ പാകമാകുന്ന വശവും (Maturing face) ഉണ്ട്. ഈ രണ്ട് വശങ്ങളും വളരെ വ്യത്യസ്തമാണെങ്കിലും പരസ്പരം ബന്ധിക്കപ്പെട്ടിരിക്കുന്നു.

പദാർഥങ്ങളുടെ പാക്കേജിങ് ആണ് ഗോൾജി വസ്തുക്കളുടെ പ്രധാന ധർമം. ഇങ്ങനെ പൊതിയപ്പെടുന്ന വസ്തുക്കൾ കോശത്തിനകത്തോ കോശത്തിനു വെളിയിലേക്കോ സ്രവിക്കപ്പെടുന്നു. അന്തർദ്രവ്യജാലികയിൽ നിന്നുമുള്ള പൊതിയപ്പെടേണ്ട പദാർഥങ്ങൾ ചെറിയ സഞ്ചികളുടെ രൂപത്തിൽ ഗോൾജി വസ്തുക്കളുടെ രൂപീകരണ (കോൺവെക്സ്) ഭാഗവുമായി കൂടിച്ചേരുന്നു. തുടർന്ന് ഈ പദാർഥങ്ങൾ പാകമാകുന്ന (കോൺകേവ്) ഭാഗത്തേക്ക് നീങ്ങുന്നു. ഇതിൽനിന്നും ഗോൾജി വസ്തുക്കളും അന്തർദ്രവ്യജാലികയും വളരെ അടുത്തടുത്തായി കാണപ്പെടുന്നതിന്റെ കാരണം മനസ്സിലായിക്കാണുമല്ലോ? അന്തർദ്രവ്യജാലികയുടെ പ്രതലത്തിൽ കാണപ്പെടുന്ന റൈബോസോമുകൾ നിർമിക്കുന്ന വിവിധ പ്രോട്ടീനുകൾ ഗോൾജി വസ്തുക്കളുടെ സ്തരസഞ്ചികളിൽ വച്ച് മാറ്റങ്ങൾക്ക് വിധേയമാകുന്നു. ശേഷം അവയെ ട്രാൻസ് വശത്തിലൂടെ പുറത്തേക്കു വിടുന്നു. ഗോൾജി വസ്തുക്കൾ ഗ്ലൈക്കോപ്രോട്ടീനുകളുടെയും ഗ്ലൈക്കോലിപ്പിഡുകളുടെയും പ്രധാന നിർമാണ കേന്ദ്രമാണ്.

8.5.3.3 ലൈസോസോമുകൾ (Lysosomes)

ഗോൾജി വസ്തുക്കളിൽ പാക്കേജിങ് പ്രക്രിയ വഴിയുണ്ടാക്കപ്പെടുന്ന സ്തരത്താൽ ചുറ്റപ്പെട്ട ചെറിയ സഞ്ചികൾ ആണ് ലൈസോസോമുകൾ. ഇങ്ങനെയുണ്ടാകുന്ന ലൈസോസോം സഞ്ചികൾ ഏകദേശം എല്ലാത്തരം ദഹനരാസാഗ്നികളാലും (ലിപേസ്, പ്രോട്ടിയേസ്, കാർബോഹൈഡ്രേസ് തുടങ്ങിയവ) സമ്പുഷ്ടമാണ്. ഈ രാസാഗ്നികൾ അസിഡിക് pH ൽ നന്നായി പ്രവർത്തിക്കുന്നവയാണ്. ഇവയ്ക്ക് കാർബോഹൈഡ്രേറ്റുകൾ, പ്രോട്ടീനുകൾ, ലിപ്പിഡുകൾ, ന്യൂക്ലിക് ആസിഡുകൾ എന്നിവയെ ദഹിപ്പിക്കുവാനുള്ള കഴിവുണ്ട്.

8.5.3.4 ഫേനങ്ങൾ (Vacuoles)

ഒറ്റസ്തരത്താൽ പൊതിയപ്പെട്ട് കോശദ്രവത്തിൽ കാണപ്പെടുന്ന അറകളാണ് ഫേനങ്ങൾ. ഈ അറയ്ക്കുള്ളിൽ ജലം, ലവണങ്ങൾ, വിസർജ്യവസ്തുക്കൾ, കോശത്തിനാവശ്യമില്ലാത്ത മറ്റു പദാർഥങ്ങൾ എന്നിവ അടങ്ങിയിരിക്കുന്നു. ഫേനത്തിന്റെ സ്തരാവരണത്തെ ടോണോപ്ലാസ്റ്റ് (Tonoplast) എന്ന് വിളിക്കുന്നു. സസ്യ

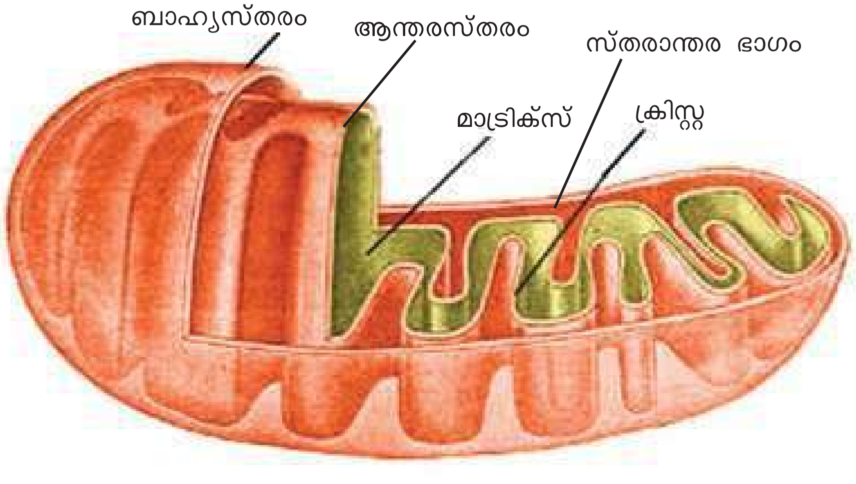
കോശത്തിന്റെ ഏകദേശം 90% ഭാഗവും ഫേനങ്ങൾ കൈയടക്കിയിരിക്കുന്നു.

സസ്യങ്ങളിൽ വിവിധ തരത്തിലുള്ള അയോണുകളെയും മറ്റു പദാർഥങ്ങളെയും ഫേനത്തിനുള്ളിലേക്ക്, അവയുടെ ഗാഢത കുറഞ്ഞ ഭാഗത്തുനിന്ന് ഗാഢത കൂടിയ ഭാഗത്തേക്ക് കടത്തിവിടാൻ സഹായിക്കുന്നത് ടോണോപ്ലാസ്റ്റ് ആണ്. അതിനാൽ ഫേനങ്ങൾക്കുള്ളിൽ ഇവയുടെ ഗാഢത കോശദ്രവ്യത്തെ അപേക്ഷിച്ച് വളരെ കൂടുതലായിരിക്കും.

അമീബകളിൽ വിസർജനത്തിന് സഹായിക്കുന്ന **സങ്കോച ഫേനം (Contractile vacuole)** ഉണ്ട്. കൂടാതെ പ്രോട്ടിസ്റ്റകളുടെ കോശങ്ങളിൽ ആഹാരകണികകളെ വിഴുങ്ങുന്നതുമൂലം **ഭക്ഷണ ഫേനം (Food vacuole)** ഉണ്ടാകാറുണ്ട്.

8.5.4 മൈറ്റോകോൺട്രിയ (Mitochondria)

മൈറ്റോകോൺട്രിയകളെ മൈക്രോസ്കോപ്പിലൂടെ നിരീക്ഷിക്കണമെങ്കിൽ അവയെ പ്രത്യേകമായി നിറം പിടിപ്പിക്കേണ്ടതുണ്ട്. ഇവയുടെ എണ്ണം കോശത്തിനുള്ളിൽ നടക്കുന്ന ശരീരധർമ പ്രവർത്തനങ്ങൾക്കനുസൃതമായി വ്യത്യാസപ്പെട്ടിരിക്കുന്നു. മൈറ്റോകോൺട്രിയയുടെ വലുപ്പത്തിലും ആകൃതിയിലും വളരെയധികം വ്യത്യാസം കാണപ്പെടുന്നു. നീണ്ട്, അറ്റം ഉരുണ്ട ആകൃതിയിലോ (Sausage - shaped) ദണ്ഡാകൃതിയിലോ ഇവ കാണപ്പെടുന്നു. ഇതിന്റെ വ്യാസം 0.2 - 1.0µm (ശരാശരി 0.5µm) ആണ്. ഇതിന്റെ നീളം 1.0 - 4.1µm വരെയുമാണ്. ഇവ ഇരട്ട സ്തരത്താൽ ആവരണം ചെയ്യപ്പെട്ടിരിക്കുന്നു. ബാഹ്യസ്തരവും ആന്തരസ്തരവും മൈറ്റോകോൺട്രിയയുടെ ഉൾഭാഗത്തെ രണ്ടു ജലീയ അറകളായി തിരിച്ചിരിക്കുന്നു, അതായത് ബാഹ്യ അറയും ആന്തര അറയും. അന്തര അറയിൽ **മാട്രിക്സ് (Matrix)** നിറഞ്ഞിരിക്കുന്നു. ബാഹ്യസ്തരം തുടർച്ചയായതും മൈറ്റോകോൺട്രിയയുടെ അതിർവരമ്പായി നിലകൊള്ളുന്നതുതാണ്. ആന്തരസ്തരത്തിൽ നിന്നും ധാരാളം ഉൾമടക്കുകൾ മാട്രിക്സിലേക്ക് കാണപ്പെടുന്നു. ഇവയെ ക്രിസ്റ്റകൾ (Cristae, sing : crista) എന്നുവിളിക്കുന്നു (ചിത്രം 8.7).

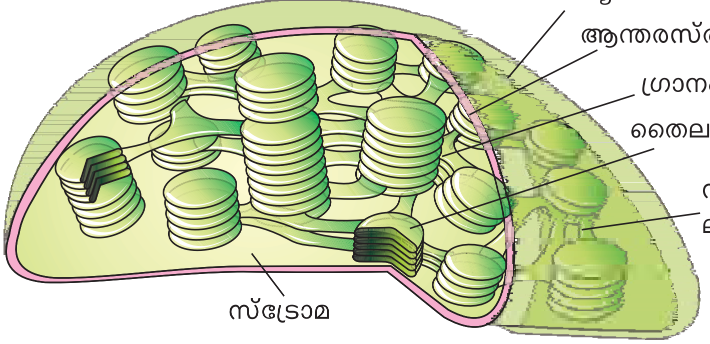


ചിത്രം 8.7 മൈറ്റോകോൺട്രിയോണിന്റെ ഘടന (നെടുകെയുള്ള ഛേദം)

ക്രിസ്റ്റകൾ ആന്തരസ്തരത്തിന്റെ ഉപരിതലവിസ്തീർണം വർധിപ്പിക്കുന്നു. മൈറ്റോകോൺട്രിയയുടെ ധർമവുമായി ബന്ധപ്പെട്ട് രണ്ട് സ്തരങ്ങളിലും അവയുടെതായ സവിശേഷ രാസാഗ്നികൾ ഉണ്ട്. വായുശ്വസനം നടക്കുന്നത് മൈറ്റോകോൺട്രിയയിൽവെച്ചാണ്. കോശത്തിനാവശ്യമായ ഊർജം ATP യുടെ രൂപത്തിൽ നിർമിക്കുന്നതും സംഭരിക്കുന്നതും മൈറ്റോകോൺട്രിയയാണ്. അതിനാൽ ഇവയെ കോശത്തിന്റെ 'ഊർജനിലയങ്ങൾ' (Power houses) എന്നു വിളിക്കുന്നു. മാട്രിക്സിൽ വൃത്താകൃതിയിലുള്ള ഒരു DNA തന്മാത്ര, കുറച്ച് RNA തന്മാത്രകൾ, റൈബോസോമുകൾ (70S), പ്രോട്ടീനുകളുടെ നിർമാണത്തിനാവശ്യമായ ഘടകങ്ങൾ എന്നിവയും കാണപ്പെടുന്നു. വിഭജനം (Fission) വഴി മൈറ്റോകോൺട്രിയകൾ ഇരട്ടിക്കുന്നു.

8.5.5 ജൈവകണങ്ങൾ (Plastids)

സസ്യകോശങ്ങളിലും യൂഗ്ലിനോയിഡുകളിലും ജൈവകണങ്ങൾ കണ്ടുവരുന്നു. ഇവ വലുപ്പമേറിയവയായതിനാൽ മൈക്രോസ്കോപ്പിലൂടെ വ്യക്തമായി കാണാൻ കഴിയും. ജൈവകണങ്ങളിൽ പ്രത്യേക തരത്തിലുള്ള വർണവസ്തുക്കൾ ഉള്ളതുകൊണ്ട് ഇവ സസ്യങ്ങൾക്ക് വൈവിധ്യമാർന്ന നിറങ്ങൾ നൽകുന്നു. ജൈവകണങ്ങളെ വർണവസ്തുക്കളുടെ അടിസ്ഥാനത്തിൽ **ഹരിതകണം (Chloroplast), വർണകണം (Chromoplast), ശ്വേതകണം (Leucoplast)** എന്നിങ്ങനെ മൂന്നായി തരംതിരിച്ചിട്ടുണ്ട്.



ചിത്രം 8.8 ഹരിതകണത്തിന്റെ ഛേദം

ഹരിതകണങ്ങളിൽ **ഹരിതകം (Chlorophyll)**, കരോട്ടിനോയിഡ് എന്നീ വർണവസ്തുക്കളുണ്ട്. ഇവ പ്രകാശസംശ്ലേഷണത്തിനാവശ്യമായ സൗരോർജത്തെ വലിച്ചെടുക്കുന്നു. വർണകണങ്ങളിൽ കാണുന്നത് കൊഴുപ്പിൽ ലയിക്കുന്ന വർണവസ്തുക്കളായ **കരോട്ടിനോയിഡുകൾ** ആണ്. കരോട്ടിൻ, സാന്തോഫിൽ തുടങ്ങിയവയാണ് ഈ കരോട്ടിനോയിഡുകൾ. ഇവ സസ്യഭാഗങ്ങൾക്ക് മഞ്ഞ, ഓറഞ്ച്, ചുവപ്പ് എന്നീ നിറങ്ങൾ നൽകുന്നു. നിറമില്ലാത്ത ജൈവകണങ്ങളായ ശ്വേതകണങ്ങൾ വിവിധ വലുപ്പത്തിലും ആകൃതിയിലും കാണപ്പെടുന്നു. ഇവ പോഷകങ്ങൾ സംഭരിക്കുന്നു: **അമൈലോപ്ലാസ്റ്റുകൾ (Amyloplasts)** കാർബോഹൈഡ്രേറ്റുകളും (അന്നജം) ഉദാ: ഉരുളക്കിഴങ്ങ്, **ഏലിയോപ്ലാസ്റ്റുകൾ (Elaioplasts)** എണ്ണയും കൊഴുപ്പുകളും, **അല്യൂറോപ്ലാസ്റ്റുകൾ (Aleuroplasts)** പ്രോട്ടീനുകളും സംഭരിക്കുന്നു.

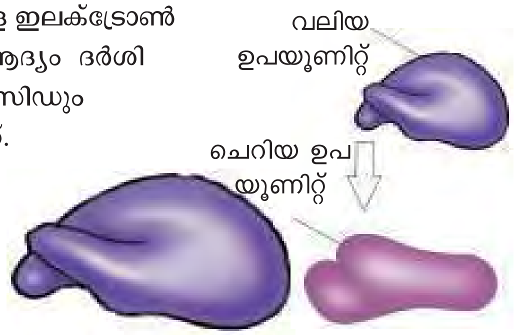
ഹരിതസസ്യങ്ങളിൽ ഹരിതകണം കൂടുതലായും ഇലകളിലെ മീസോഫിൽ കോശങ്ങളിലാണ് കാണപ്പെടുന്നത്. ഇവ ലെൻസിന്റെ ആകൃതിയിലോ ഗോളാകൃതിയിലോ അണ്ഡാകൃതിയിലോ ഡിസ്കുപോലെയോ റിബൺപോലെയോ വ്യത്യസ്ത ആകൃതികളിൽ കാണപ്പെടുന്നു. ഇവയ്ക്ക് 5-10 നീളവും 2-4 വീതിയുമുണ്ട്. *ക്ലാമിഡോമൊണാസ്* എന്ന ഹരിത ആൽഗയിൽ ഒരു കോശത്തിൽ

ഒരു ഹരിതകണവും ഉയർന്നപടിയിലുള്ള സസ്യങ്ങളിൽ ഒരു കോശത്തിൽ 20-40 വരെ എണ്ണവും കാണപ്പെടുന്നു.

മൈറ്റോകോൺട്രിയപോലെ ഹരിതകണവും ഇരട്ടസ്തരത്താൽ ആവരണം ചെയ്യപ്പെട്ട കോശാംഗമാണ്. ഇവയിൽ ആന്തരസ്തരത്തിന് ബാഹ്യസ്തരത്തെ അപേക്ഷിച്ച് താര്യത കുറവാണ്. ആന്തരസ്തരത്തിനകത്തുള്ള സ്ഥലത്തെ സ്ട്രോമ (Stroma) എന്നുപറയുന്നു. ഇതിൽ ധാരാളം പരന്ന സ്തരസഞ്ചികൾ ക്രമീകരിച്ചിരിക്കുന്നു (ചിത്രം 8.8). ഇവയെ **തൈലക്കോയിഡുകൾ (Thylakoids)** എന്നു വിളിക്കുന്നു. ഈ തൈലക്കോയിഡുകൾ ഒന്നിനുമുകളിലൊന്നായി നാണയങ്ങൾ അടുക്കിയിരിക്കുന്നതുപോലെ കാണപ്പെടുന്നു. ഈ അടുക്കിനെ ഗ്രാനം (Granum) അഥവാ ഇന്റർഗ്രാനൽ തൈലക്കോയിഡ് (Intergranal thylakoid) എന്നുവിളിക്കുന്നു. ഗ്രാനകളിലെ തൈലക്കോയിഡുകളെ തമ്മിൽ ബന്ധിപ്പിക്കുന്ന പരന്ന സ്തരനളികകളെ സ്ട്രോമാ ലാമെല്ല എന്ന് വിളിക്കുന്നു. തൈലക്കോയിഡുകൾക്കുള്ളിലുള്ള സ്ഥലത്തെ ലൂമൻ (Lumen) എന്നുപറയുന്നു. കാർബോഹൈഡ്രേറ്റുകളും പ്രോട്ടീനുകളും നിർമിക്കുന്നതിനാവശ്യമായ രാസാഗ്നികൾ സ്ട്രോമയിലുണ്ട്. കൂടാതെ രണ്ട് ഇഴകളും വലയാകൃതിയുമുള്ള ചെറിയ ഡി.എൻ.എ തന്മാത്രകളും റൈബോസോമുകളും സ്ട്രോമയിൽ കാണപ്പെടുന്നു. തൈലക്കോയിഡുകളിൽ വർണവസ്തുവായ ഹരിതകം അടങ്ങിയിരിക്കുന്നു. കോശദ്രവ്യ റൈബോസോമുകളെക്കാൾ (80S) ചെറിയ റൈബോസോമുകളാണ് (70S) ഹരിതകണത്തിൽ കാണപ്പെടുന്നത്.

8.5.6 റൈബോസോമുകൾ (Ribosomes)

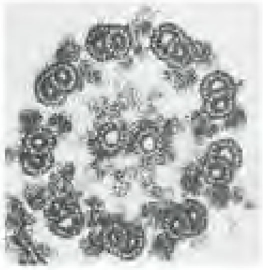
റൈബോസോമുകൾ എന്ന ചെറുതരികളായുള്ള കോശാംഗങ്ങളെ ഇലക്ട്രോൺ മൈക്രോസ്കോപ്പിലൂടെ സാന്ദ്രതയേറിയ പദാർഥങ്ങളായി ആദ്യം ദർശിച്ചത് ജോർജ് പലാഡേ (1953) ആയിരുന്നു. റൈബോന്യൂക്ലിക് ആസിഡും (RNA) പ്രോട്ടീനുകളും കൊണ്ടാണ് ഇവ നിർമിച്ചിരിക്കുന്നത്. ഇവയ്ക്ക് സ്തരാവരണമില്ല. യൂക്കാരിയോട്ടിക് റൈബോസോമുകൾ 80S വിഭാഗത്തിലും പ്രോക്കാരിയോട്ടിക് റൈബോസോമുകൾ 70S വിഭാഗത്തിലുംപെടുന്നു. ഓരോ റൈബോസോമിനും വലുതും ചെറുതുമായ രണ്ട് ഉപയൂണിറ്റുകളുണ്ട് (ചിത്രം 8.9). 80S റൈബോസോമുകളുടെ ഉപയൂണിറ്റുകൾ 60S ഉം 40S ഉം ആണ്. 70S റൈബോസോമുകളുടെ ഉപയൂണിറ്റുകൾ 50S ഉം 40S ഉം ആണ്. 'S' (സ്വെഡ്ബർഗ് യൂണിറ്റ്) സെഡിമെന്റേഷൻ കോയഫിഷ്യന്റിനെ സൂചിപ്പിക്കുന്നു. ഇത് സാന്ദ്രതയുടെയും വലുപ്പത്തിന്റെയും തോതു കാണിക്കുന്നു. 70S ഉം 80S റൈബോസോമുകളും രണ്ട് ഉപയൂണിറ്റുകളാൽ നിർമിതമാണ്.



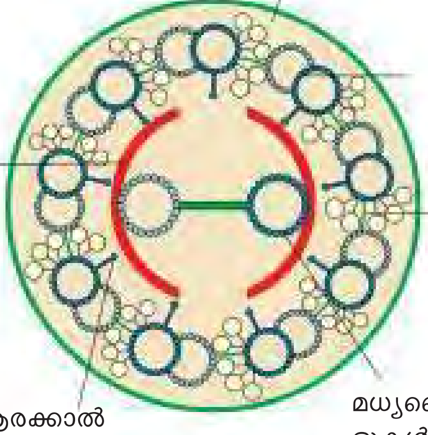
ചിത്രം 8.9 റൈബോസോം

8.5.7 കോശാസ്ഥികൂടം (Cytoskeleton)

കോശദ്രവ്യത്തിൽ വിശാലമായി വ്യാപിച്ചുകിടക്കുന്ന പ്രോട്ടീൻ തന്തുക്കളുടെ ജാലികാസമൂഹത്തെ **കോശാസ്ഥികൂടം** എന്നു വിളിക്കുന്നു. താങ്ങ് നൽകുക, ചലനത്തിന് സഹായിക്കുക, കോശത്തിന്റെ ആകൃതി നിലനിർത്തുക എന്നിവയാണ് ഇവയുടെ ധർമങ്ങൾ.



(a)



(b)

ചിത്രം 8.10 സീലിയ/ഫ്ളജല്ലയുടെ വിവിധ ഭാഗങ്ങൾ കാണിക്കുന്ന ഛേദം (a) ഇലക്ട്രോൺ മൈക്രോഗ്രാഫ് (b) ആന്തരഘടനയുടെ ചിത്രീകരണം

8.5.8 സീലിയകളും ഫ്ളജല്ലകളും (Cilia and Flagella)

കോശസ്തരത്തിൽ നിന്ന് പുറത്തേക്കുണ്ടാകുന്ന മുടിനാരിഴപോലെയുള്ള വളർച്ചകളാണ് സീലിയകളും ഫ്ളജല്ലകളും. സീലിയ വലുപ്പത്തിൽ ചെറുതും തുഴകൾ (Oars) പോലെ പ്രവർത്തിക്കുന്നവയുമാണ്. ഇവ കോശത്തിന്റെയോ ചുറ്റുമുള്ള ദ്രവത്തിന്റെയോ ചലനത്തിന് സഹായിക്കുന്നു. താരതമ്യേന നീളം കൂടിയ ഫ്ളജല്ലകൾ കോശത്തിന്റെ ചലനത്തെ സഹായിക്കുന്നു. പ്രോക്കാരിയോട്ടിക് ബാക്ടീരിയകൾക്ക് ഫ്ളജല്ല ഉണ്ടെങ്കിലും അവ യൂക്കാരിയോട്ടിക് ഫ്ളജല്ലകളിൽനിന്ന് ഘടനാപരമായി വ്യത്യാസപ്പെട്ടിരിക്കുന്നു.

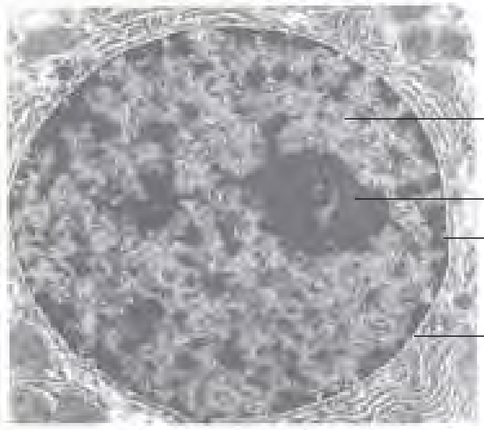
സീലിയയുടെയും ഫ്ളജല്ലയുടെയും ഇലക്ട്രോൺ മൈക്രോസ്കോപ്പിലൂടെയുള്ള പഠനങ്ങൾ കാണിക്കുന്നത് ഇവ കോശസ്തരത്താൽ ആവരണം ചെയ്യപ്പെട്ടിരിക്കുന്നു എന്നാണ്. ഇവയ്ക്ക് **ആക്സോണിം (Axoneme)** എന്നപേരുള്ള ഒരു കാമ്പ് (Core) ഉണ്ട്. ഈ കാമ്പ് നിർമിച്ചിരിക്കുന്നത് സമാന്തരമായി കാണപ്പെടുന്ന അനേകം മൈക്രോട്യൂബ്യൂളുകൾ കൊണ്ടാണ്. ആക്സോണിമിന് മധ്യഭാഗത്തായി രണ്ട് മൈക്രോട്യൂബ്യൂളുകളും അതിന് ചുറ്റുമായി ഒമ്പത് ജോഡി ബാഹ്യമൈക്രോട്യൂബ്യൂളുകളും (Peripheral doublets) ക്രമീകരിച്ചിരിക്കുന്നു. ഇതിനെ 9 + 2 ക്രമീകരണമെന്ന് വിളിക്കുന്നു (ചിത്രം 8.10). മധ്യഭാഗത്തുള്ള രണ്ടു മൈക്രോട്യൂബ്യൂളുകളെ ഒരു പാലം കൊണ്ട് ബന്ധിച്ചിരിക്കുന്നു. കൂടാതെ ഇവയെ ഒരു മധ്യപാളി കൊണ്ടു പൊതിഞ്ഞിരിക്കുന്നു. ഈ പാളിയിൽനിന്ന് പുറപ്പെടുന്ന **ആരക്കാലുകൾ (Radial spokes)** 9 ജോഡി ബാഹ്യമൈക്രോട്യൂബ്യൂളുകളിലെയും ഓരോ മൈക്രോട്യൂബ്യൂളുമായി ബന്ധിച്ചിരിക്കുന്നു. അതിനാൽ 9 ആരക്കാലുകൾ കാണപ്പെടുന്നു. 9 ബാഹ്യമൈക്രോട്യൂബ്യൂളുകളെ ലിങ്കറുകൾ ഉപയോഗിച്ച് പരസ്പരം ബന്ധിച്ചിരിക്കുന്നു. സീലിയകളും ഫ്ളജല്ലകളും ഉൽഭവിക്കുന്നത് സെൻട്രിയോളുകളുടെ ഘടനയോട് സാദൃശ്യമുള്ള ബേസൽ ബോഡികളിൽ നിന്നാണ്.

8.5.5 സെൻട്രോസോമും സെൻട്രിയോളുകളും (Centrosome and Centrioles)

സിലിണ്ടർ ആകൃതിയിലുള്ള രണ്ട് സെൻട്രിയോളുകൾ ചേർന്നാണ് **സെൻട്രോസോം** എന്ന കോശാംഗമുണ്ടായിരിക്കുന്നത്. സെൻട്രിയോളുകൾക്ക് ചുറ്റും ക്ലിപ്തരൂപമില്ലാത്ത (Amorphous) പെരിസെൻട്രിയോളാർ വസ്തുക്കൾകൊണ്ട് പൊതിഞ്ഞിരിക്കുന്നു. ഒരു സെൻട്രോസോമിലെ രണ്ട് സെൻട്രിയോളുകളും പരസ്പരം ലംബമായി ക്രമീകരിച്ചിരിക്കുന്നു. ഓരോ സെൻട്രിയോളിനും കാളവണ്ടിച്ചക്രത്തിന് സമാനമായ ഘടനയാണുള്ളത്. ഇവ ഉണ്ടാക്കിയിരിക്കുന്നത് തുല്യ അകലത്തിലുള്ള ഒമ്പത് ബാഹ്യഫൈബ്രിലുകൾ കൊണ്ടാണ്. ട്യൂബുലിൻ (Tubulin) പ്രോട്ടീൻകൊണ്ടാണ് ഫൈബ്രിലുകൾ നിർമിച്ചിരിക്കുന്നത്. ഓരോ ബാഹ്യഫൈബ്രിലിലും മൂന്ന് മൈക്രോട്യുബ്യൂളുകൾ ഉണ്ട് (ട്രിപ്ലെറ്റ്). അടുത്തുള്ള ട്രിപ്ലെറ്റുകളെ പരസ്പരം ബന്ധിച്ചിരിക്കുന്നു. സെൻട്രിയോളിന്റെ മുൻഭാഗത്ത് മധ്യത്തിലായി കാണപ്പെടുന്ന മാംസ്യനിർമിതഭാഗമാണ് **ഹബ് (Hub)**. ഇതിനെ ബാഹ്യഭാഗത്തുള്ള ട്രിപ്ലെറ്റുകളുമായി മാംസ്യനിർമിത **ആരക്കാലുകൾ (Radial spokes)** ഉപയോഗിച്ച് ബന്ധിച്ചിരിക്കുന്നു. സീലിയയുടെയും ഫ്ളജല്ലയുടെയും ബേസൽ ബോഡി സെൻട്രിയോളുകളാണ്. ജന്തുകോശങ്ങളുടെ വിഭജനസമയത്തുണ്ടാകുന്ന സ്പിൻഡിൽ അപ്പാരറ്റസിന്റെ ഭാഗമായ സ്പിൻഡിൽ ഫൈബറുകൾ (കീലതന്തുക്കൾ) സെൻട്രിയോളുകളിൽ നിന്നാണ് രൂപപ്പെടുന്നത്.

8.5.10 മർമം (Nucleus)

മർമത്തെ ഒരു കോശാംഗം എന്ന നിലയിൽ ആദ്യമായി വിശദീകരിച്ചത് റോബർട്ട് ബ്രൗൺ (1831) ആണ്. പിന്നീട് ക്ഷാര സ്വഭാവമുള്ള ഡൈകൊണ്ട് (ചായം കൊണ്ട്) നിറം പിടിപ്പിക്കാൻ കഴിയുന്ന മർമത്തിന്റെ ഘടകത്തെ **ക്രൊമാറ്റിൻ** എന്ന് ഫ്ളെമിങ് (Flemming) നാമകരണം ചെയ്തു.



ചിത്രം 8.11 മർമത്തിന്റെ ഘടന

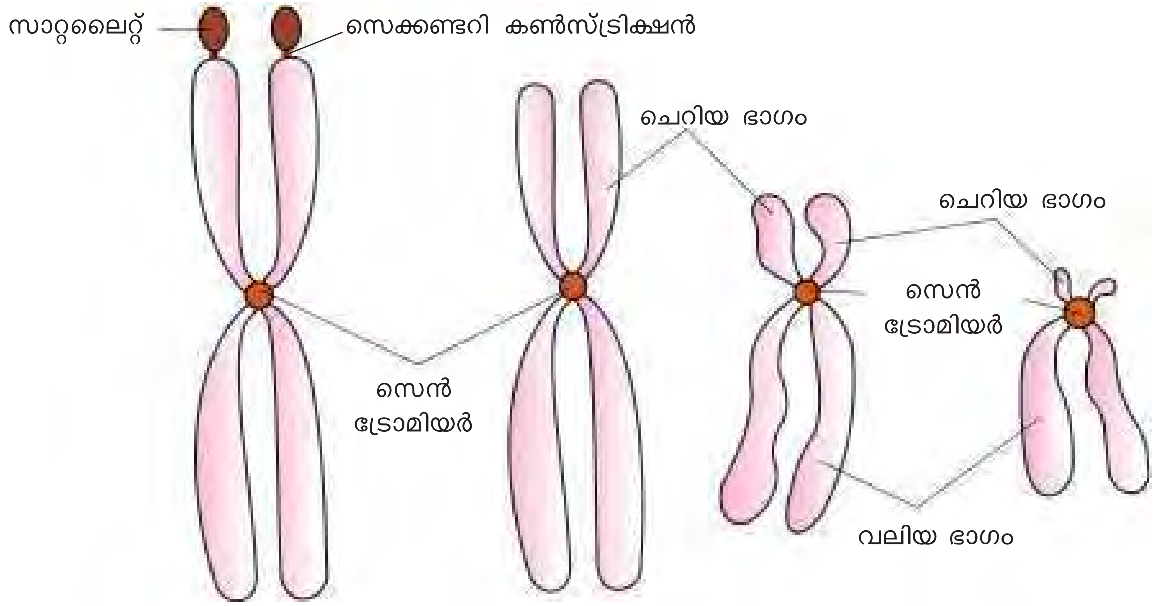
ഇന്റർഫേസ് മർമത്തിനുള്ളിൽ (വിഭജനത്തിനു മുൻപുള്ള മർമം) കാണുന്ന ദ്രവരൂപത്തിലുള്ള പദാർഥത്തെ ന്യൂക്ലിയോപ്ലാസം അഥവാ മർമദ്രവ്യമെന്നു വിളിക്കാം. ഈ മർമദ്രവ്യത്തിൽ ഒന്നോ ഒന്നിലധികമോ ഗോളാകൃതിയിലുള്ള **മർമകം (Nucleolus)** കാണപ്പെടുന്നു (ചിത്രം 8.11). കൂടാതെ ന്യൂക്ലിയോപ്രോട്ടീൻ ഫൈബറുകളാൽ നിർമിതമായ വലക്കണ്ണികൾപോലെ കെട്ടുപിണഞ്ഞ ക്രോമാറ്റിൻ ജാലിക കാണപ്പെടുന്നു. മർമത്തെ ആവരണം ചെയ്ത് ഇരട്ട സ്തരമുണ്ടെന്ന് ഇലക്ട്രോൺ മൈക്രോസ്കോപ്പിലൂടെയുള്ള പഠനം തെളിയിച്ചു. ഈ രണ്ട് സ്തരങ്ങൾക്കിടയിൽ 10 - 50 nm വീതിയുള്ള ഒരിടമുണ്ട്. ഇതിനെ **പെരിന്യൂക്ലിയാർ സ്ഥലം (Perinuclear space)** എന്നു പറയുന്നു. മർമദ്രവ്യത്തിനും കോശദ്രവ്യത്തിനുമിടയിൽ പദാർഥങ്ങളുടെ സഞ്ചാരത്തിന് തടസ്സം നിൽക്കുന്നത് മർമസ്തരമാണ്. മർമസ്തരത്തിന്റെ ബാഹ്യസ്തരം അന്തർദ്രവ്യജാലികയുമായി ബന്ധപ്പെട്ടിരിക്കുന്നു. ഇതിൽ

ചിത്രം 8.12 കൈനറ്റോകോറുള്ള ക്രോമസോം

റൈബോസോമുകളെയും കാണാം. മർമസ്തരത്തിൽ പലയിടങ്ങളിലായി സൂക്ഷ്മരന്ധ്രങ്ങൾ കാണപ്പെടുന്നു. ഇവയെ മർമരന്ധ്രം (Nuclear pore) എന്നുവിളിക്കുന്നു. ഇരു സ്തരങ്ങളുടെയും കൂടിച്ചേരൽ വഴിയാണ് ഇത് രൂപം കൊള്ളുന്നത്. ഈ സുഷിരങ്ങളിൽകൂടി RNA, പ്രോട്ടീനുകൾ എന്നിവ കോശദ്രവ്യത്തിലേക്കും അവിടെ നിന്ന് തിരിച്ച് മർമദ്രവ്യത്തിലേക്കും സഞ്ചരിക്കുന്നു. സാധാരണയായി ഒരു കോശത്തിൽ ഒരു മർമമാണ് കാണാറുള്ളത്. എന്നാൽ ചില കോശങ്ങളിൽ ഒന്നിലധികം മർമങ്ങളും കാണപ്പെടാറുണ്ട്. *ഇങ്ങനെ കോശത്തിനുള്ളിൽ ഒന്നിലധികം മർമങ്ങൾ കാണപ്പെടുന്ന ജീവികളെ നിങ്ങൾക്ക് അറിയാമോ?* വളർച്ചയെത്തിയ ചില കോശങ്ങളിൽ മർമം കാണപ്പെടാറില്ല. ഉദാഹരണത്തിന് മിക്ക സസ്തനികളുടെയും ചുവന്ന രക്താണുക്കളിലും വാസ്കുലാർ സസ്യങ്ങളുടെ (Vascular plants) സീവ് ട്യൂബ് കോശങ്ങളിലും. *ഇത്തരം കോശങ്ങളെ നിങ്ങൾ 'ജീവനുള്ളവയായി' കരുതുന്നുണ്ടോ?*

മുൻപ് സൂചിപ്പിച്ചതുപോലെ **മർമദ്രവ്യത്തിൽ** മർമകവും ക്രൊമാറ്റിൻ തന്തുക്കളും കാണപ്പെടുന്നു. മർമകത്തിന് സ്തരാവരണമില്ലാത്തതിനാൽ അത് മർമദ്രവ്യത്തിന്റെ തുടർച്ചയായി കാണപ്പെടുന്നു. മർമകം റൈബോസോമൽ ആർ.എൻ.എ.യുടെ (rRNA) സജീവ നിർമാണകേന്ദ്രമായി വർത്തിക്കുന്നു. മാംസ്യസംശ്ലേഷണം സജീവമായി നടക്കുന്ന കോശങ്ങളിൽ വലുപ്പമേറിയ ധാരാളം മർമകങ്ങൾ കാണപ്പെടുന്നു.

ഇന്റർഫേസിലുള്ള മർമത്തിൽ അയഞ്ഞതും അവ്യക്തവുമായ നേർത്ത ന്യൂക്ലിയോപ്രോട്ടീൻ തന്തുക്കളുടെ ജാലികയായ ക്രൊമാറ്റിൻ ഉണ്ടെന്ന് നേരത്തേ



ചിത്രം 8.13 സെൻട്രോമിയറിന്റെ സ്ഥാനം അടിസ്ഥാനമാക്കിയുള്ള വിവിധയിനം ക്രോമസോമുകൾ

സൂചിപ്പിച്ചുവല്ലോ. എന്നാൽ കോശവിഭജനത്തിന്റെ വിവിധ ഘട്ടങ്ങളിൽ മർമ ത്തിനുപകരം നിശ്ചിത ആകൃതിയിലുള്ള **ക്രോമസോമുകളെ** കാണാം. ക്രൊമാ റ്റിനിൽ DNA യും ബേസിക് പ്രോട്ടീനുകളായ **ഹിസ്റ്റോണുകളും** കുറച്ച് ഹിസ്റ്റോ ണുകളല്ലാത്ത പ്രോട്ടീനുകളും RNA യും അടങ്ങിയിരിക്കുന്നു. ഒരു മനുഷ്യകോ ശത്തിൽ ഏകദേശം 2 മീറ്ററോളം നീളമുള്ള DNA തന്തുക്കൾ നാൽപ്പത്തിയാറ് (23 ജോഡി) ക്രോമസോമുകളിലായി വിന്യസിച്ചിരിക്കുന്നു. DNA യെ ക്രോമ സോമുകളിൽ എങ്ങനെ ഒതുക്കിവെച്ചിരിക്കുന്നു എന്നത് 12- ാം ക്ലാസ്സിൽ നിങ്ങൾ പഠിക്കും.

ഓരോ ക്രോമസോമിനും (കോശവിഭജന സമയത്ത് മാത്രം ദർശിക്കാൻ കഴി യുന്നത്) ഒരു പ്രാഥമിക ഇടുക്ക് ഉണ്ട്. ഇതിനെ **സെൻട്രോമിയർ** എന്നുവിളി ക്കുന്നു. ഇതിന്റെ ഇരുവശങ്ങളിലായി ഡിസ്ക് പോലെയുള്ള ഭാഗങ്ങൾ ഉണ്ട് (ചിത്രം 8.12). ഇതിനെ **കൈനറ്റോകോറുകൾ** എന്നുവിളിക്കുന്നു. ഒരു ക്രോമസോ മിന്റെ രണ്ട് ക്രൊമാറ്റിഡുകളെ ചേർത്ത് പിടിക്കുന്നത് സെൻട്രോമിയറാണ്. സെൻട്രോമിയറിന്റെ സ്ഥാനമനുസരിച്ച് ക്രോമസോമുകളെ നാലായി തരംതി രിക്കാം (ചിത്രം 8.13). മധ്യഭാഗത്തായി സെൻട്രോമിയർ കാണപ്പെടുന്ന ക്രോമ സോമിനെ **മെറ്റാസെൻട്രിക് (Metacentric)** ക്രോമസോം എന്നുവിളിക്കുന്നു. ഇവ യുടെ സെൻട്രോമിയറിന് ഇരുവശവുമുള്ള ഭാഗങ്ങൾക്ക് തുല്യനീളമായിരിക്കും. മധ്യഭാഗത്തുനിന്ന് കുറച്ചകലെയായി സെൻട്രോമിയർ സ്ഥിതി ചെയ്യുന്ന ക്രോമ സോമിനെ **സബ്-മെറ്റാസെൻട്രിക് (Sub-metacentric)** എന്ന് വിളിക്കുന്നു. ഇവയ്ക്ക് ഒരു ചെറിയഭാഗവും ഒരു വലിയ ഭാഗവുമുണ്ട്. അഗ്രഭാഗത്തിനടുത്തായി സെൻട്രോമിയർ കാണപ്പെടുന്ന ക്രോമസോമിനെ **അക്രോസെൻട്രിക് (Acrocentric)** ക്രോമസോം എന്നുവിളിക്കുന്നു. ഇവയ്ക്ക് വളരെ നീളം കുറഞ്ഞ ഒരു ഭാഗവും വളരെ നീളം കൂടിയ ഒരു ഭാഗവുമുണ്ട്. **ടീലോസെൻട്രിക് (Telocentric)** ക്രോമസോമിൽ സെൻട്രോമിയർ അഗ്രഭാഗത്ത് കാണപ്പെടുന്നു.

ചിലപ്പോൾ വളരെക്കുറച്ച് ക്രോമസോമുകൾക്ക് നിറംപിടിക്കാത്ത സ്ഥിര സ്ഥാനമുള്ള ദ്വിതീയ ഇടുക്കുകളുമുണ്ട്. ഇത് ക്രോമസോമിന്റെ ഒരു ചെറിയ ഭാഗ മായി നിലകൊള്ളുന്നു. ഇതിനെ **സാറ്റലൈറ്റ് (Satellite)** എന്നുവിളിക്കുന്നു.

8.5.11 മൈക്രോബോഡികൾ (Microbodies)

സസ്യകോശത്തിലും ജന്തുകോശത്തിലും സ്തരത്താൽ പൊതിഞ്ഞ രാസാഗ്നി കൾ നിറഞ്ഞ ധാരാളം സൂക്ഷ്മ സഞ്ചികളുണ്ട്. ഇവയെ മൈക്രോബോഡികൾ എന്നുവിളിക്കുന്നു.

സംഗ്രഹം

എല്ലാ ജീവജാലങ്ങളും കോശങ്ങളാലോ കോശസമൂഹങ്ങളാലോ നിർമിക്കപ്പെട്ടിരിക്കുന്നു. കോശങ്ങൾ അവയുടെ ആകൃതിയിലും വലുപ്പത്തിലും ധർമത്തിലും വ്യത്യസ്തങ്ങളാണ്. സ്തരാവരണമുള്ള മർമവും സ്തരാവൃതമായ കോശാംഗങ്ങളും ഉണ്ടോ ഇല്ലയോ എന്നതിന്റെ അടിസ്ഥാനത്തിൽ കോശങ്ങളെ പ്രോക്കാരിയോട്ടിക് എന്നും യൂക്കാരിയോട്ടിക് എന്നും വിളിക്കുന്നു.

ഒരു മാതൃക യൂക്കാരിയോട്ടിക് കോശത്തിന് കോശസ്തരവും മർമവും കോശദ്രവ്യവുമുണ്ട്. സസ്യകോശങ്ങളുടെ കോശസ്തരത്തിനു പുറത്തായി കോശഭിത്തിയുണ്ട്. കോശസ്തരം വരണതാര്യസ്തരമാണ്. ഇതിലൂടെ പല തന്മാത്രകളുടെയും സംവഹനം സാധ്യമാകുന്നു. ആന്തരസ്തര വ്യവസ്ഥയിൽ അന്തർദ്രവ്യജാലിക, ഗോൾജി വസ്തുക്കൾ, ലൈസോസോം, ഫേനങ്ങൾ എന്നിവ ഉൾപ്പെടുന്നു. കോശാംഗങ്ങൾ വൈവിധ്യമാർന്ന, എന്നാൽ നിശ്ചിതമായ ധർമങ്ങൾ നിർവഹിക്കുന്നു. സെൻട്രിയോളും സെൻട്രോസോമുകളും കൊണ്ടാണ് ചലനസഹായികളായ സീലിയയുടെയും ഫ്ളജല്ലയുടെയും ബേസൽ ബോഡി നിർമിച്ചിരിക്കുന്നത്. ജന്തുകോശങ്ങളിൽ വിഭജനസമയത്ത് സ്പിൻഡിൽ അപ്പാരറ്റസ് രൂപപ്പെടുന്നതും സെൻട്രിയോളുകളിൽ നിന്നാണ്. മർമത്തിൽ മർമകങ്ങളും ക്രൊമാറ്റിൻ ജാലികയും ഉണ്ട്. മർമം വിവിധ കോശാംഗങ്ങളുടെ പ്രവർത്തനം നിയന്ത്രിക്കുന്നതു കൂടാതെ വംശപാരമ്പര്യത്തിലും പ്രധാന പങ്ക് വഹിക്കുന്നു.

അന്തർദ്രവ്യജാലികയിൽ നളികകൾ അഥവാ പരന്ന സ്തരസഞ്ചികളുണ്ട്. ഇവ രണ്ടുതരമുണ്ട് : RER ഉം SER ഉം. അന്തർദ്രവ്യജാലിക വസ്തുക്കളുടെ സംവഹനത്തിനും, മാംസ്യം, ലിപ്പോപ്രോട്ടീനുകൾ, ഗ്ലൈക്കോജൻ എന്നിവയുടെ നിർമാണത്തിനും സഹായിക്കുന്നു. സ്തരനിർമിത പരന്ന സഞ്ചികൾ കൊണ്ടാണ് ഗോൾജി വസ്തുക്കൾ നിർമിച്ചിരിക്കുന്നത്. കോശസ്രവങ്ങൾ ഇതിൽ വച്ചാണ് പൊതിയുന്നതും കോശത്തിൽ നിന്നും സംവഹനം ചെയ്യുന്നതും. ലൈസോസോമുകൾ ഒറ്റ സ്തരത്താൽ ആവരണം ചെയ്തതും മിക്ക സ്ഥൂലതന്മാത്രകളെയും (Macromolecules) ദഹിപ്പിക്കുവാൻ ശേഷിയുള്ള രാസാഗ്നികൾ നിറഞ്ഞതുമാണ്. മാംസ്യനിർമാണമാണ് റൈബോസോമുകളുടെ ധർമം. ഇവ അന്തർദ്രവ്യജാലികയുമായി ബന്ധപ്പെട്ടോ കോശത്തിൽ സ്വതന്ത്രമായോ കാണപ്പെടുന്നു. മൈറ്റോകോൺട്രിയ ഓക്സിഡേറ്റീവ് ഫോസ്ഫോറിലേഷനും, അഡിനോസിൻ ട്രൈഫോസ്ഫേറ്റിന്റെ (ATP) നിർമാണത്തിനും സഹായിക്കുന്നു. മൈറ്റോകോൺട്രിയ ഇരട്ട സ്തരാവൃതമായ കോശാംഗമാണ്. ഇതിന്റെ ബാഹ്യസ്തരം മിനുസമായതും ആന്തരസ്തരം നിരവധി മടക്കുകളോടു കൂടിയതുമാണ്. ഇവയെ ക്രിസ്റ്റേ എന്നുവിളിക്കുന്നു. വർണവസ്തുക്കളടങ്ങിയ ജൈവകണങ്ങൾ സസ്യങ്ങളിൽ മാത്രം കാണപ്പെടുന്ന കോശാംഗങ്ങൾ ആണ്. പ്രകാശസംശ്ലേഷണത്തിനു അത്യാവശ്യമായ സൗരോർജം ആഗിരണം ചെയ്യുന്ന ഹരിതകണം പച്ചനിറമുള്ള ജൈവകണമാണ്. ഇതിൽ ഹരിതകമുണ്ട്. വർണകണത്തിൽ സാന്തോഫിൽ, കരോട്ടിൻ എന്നീ വർണകങ്ങളുണ്ട്. മർമത്തിന് നിരവധി സുഷിരങ്ങളോടുകൂടിയ ഇരട്ടസ്തരമുണ്ട്. ആന്തരസ്തരത്തിനുള്ളിൽ മർമദ്രവ്യവും ക്രൊമാറ്റിൻ ജാലികയുമുണ്ട്. അതിനാൽ ജീവന്റെ ഘടനാപരവും ധർമപരവുമായ അടിസ്ഥാന ഘടകമാണ് കോശം.

പരിശീലന പ്രവർത്തനങ്ങൾ

1. ചുവടെ കൊടുത്തിരിക്കുന്നവയിൽ ശരിയല്ലാത്തതേത്?

   (a) റോബർട്ട് ബ്രൗൺ കോശം കണ്ടെത്തി.

   (b) ഷ്ളീഡനും ഷ്വാനും കോശസിദ്ധാന്തം രൂപീകരിച്ചു.

   (c) കോശങ്ങൾ നിലവിലുള്ളവയിൽനിന്നു മാത്രമേ ഉണ്ടാകുകയുള്ളൂ എന്ന് വിർഷോ വിശദീകരിച്ചു.

   (d) ഒരു ഏകകോശജീവി അതിന്റെ എല്ലാ ജീവൽപ്രവർത്തനങ്ങളും ആ കോശത്തിനുള്ളിൽവെച്ച് നടത്തുന്നു.

2. പുതിയ കോശങ്ങളുണ്ടാകുന്നത്
   (a) ബാക്ടീരിയ മുഖേനയുള്ള പുളിപ്പിക്കൽ
   (b) പഴയകോശങ്ങളുടെ പുനരുൽപ്പാദനം
   (c) മുൻപുള്ള കോശങ്ങളിൽനിന്ന്
   (d) അജീവിയ ഘടകങ്ങളിൽനിന്ന്
3. ചേരുംപടി ചേർക്കുക.

കോളം I	**കോളം II**
(a) ക്രിസ്റ്റെ	(i) സ്ട്രോമയിലെ പരന്ന സ്തരപാളി
(b) സ്തരസഞ്ചികൾ	(ii) മൈറ്റോകോൺട്രിയയിലെ മടക്കുകൾ
(c) തൈലക്കോയിഡ്	(iii) ഗോൾജി വസ്തുക്കളിലെ ഡിസ്കാകൃതിയിലുള്ള സഞ്ചികൾ

4. താഴെ കൊടുത്തിരിക്കുന്നവയിൽ ശരിയേത്?
   (a) എല്ലാ ജീവജാലങ്ങളുടെയും കോശങ്ങളിൽ മർമ്മമുണ്ട്.
   (b) സസ്യജന്തുകോശങ്ങൾക്ക് നിയതമായ കോശഭിത്തിയുണ്ട്.
   (c) പ്രോക്കാരിയോട്ടുകൾക്ക് സ്തരാവരണമുള്ള കോശാംഗങ്ങൾ ഇല്ല.
   (d) കോശങ്ങൾ അജീവിയ ഘടകങ്ങളിൽനിന്ന് നിർമിക്കപ്പെടുന്നു.
5. പ്രോക്കാരിയോട്ടിക് കോശങ്ങളിലെ മീസോസോം എന്നാൽ എന്ത്? ഇതിന്റെ ധർമമെന്ത്?
6. ചാർജില്ലാത്ത ലീന പദാർഥങ്ങൾ കോശസ്തരത്തിലൂടെ കടന്നുപോകുന്നതെങ്ങനെ? പോളാർ തന്മാത്രകൾക്ക് ഇതുപോലെ കോശസ്തരത്തിലൂടെ കടന്നുപോകുവാൻ കഴിയുമോ? കഴിയില്ലയെങ്കിൽ പിന്നെ എങ്ങനെയാണവ സ്തരത്തിലൂടെ കടന്നുപോകുന്നത്?
7. ഇരട്ട സ്തരത്തോടുകൂടിയ രണ്ടുകോശാംഗങ്ങളുടെ പേരെഴുതുക. ഇവയുടെ പ്രത്യേകതകൾ വിശദമാക്കുക. ഇവയുടെ ധർമം എന്ത്? രണ്ട് കോശാംഗങ്ങളുടെയും ചിത്രം വരയ്ക്കുക.
8. പ്രോക്കാരിയോട്ടിക് കോശങ്ങളുടെ പ്രത്യേകതകൾ എന്തെല്ലാം?
9. ബഹുകോശജീവികളിൽ ധർമപരമായ വിഭജനം (Division of labour) കാണപ്പെടുന്നുണ്ട്. വിശദമാക്കുക.
10. ജീവന്റെ അടിസ്ഥാന ഘടകമാണ് കോശം. ചുരുക്കി വിശദീകരിക്കുക.
11. മർമരന്ധ്രം എന്നാൽ എന്ത്? എന്താണ് അവയുടെ ധർമം?
12. ലൈസോസോമുകളും ഫേനങ്ങളും അന്തർസ്തര വ്യവസ്ഥയുടെ ഭാഗങ്ങളാണ്, എന്നിരുന്നാലും ധർമപരമായി അവ വ്യത്യാസപ്പെട്ടിരിക്കുന്നു. വ്യാഖ്യാനിക്കുക.
13. ചിത്രത്തിന്റെ സഹായത്തോടുകൂടി ഘടന വിശദമാക്കുക.
    (i) മർമം (ii) സെൻട്രോസോം
14. സെൻട്രോമിയർ എന്നാലെന്ത്? എങ്ങനെയാണ് സെൻട്രോമിയറിന്റെ സ്ഥാനം ക്രോമസോമുകളുടെ വർഗീകരണത്തിനു അടിസ്ഥാനമാകുന്നത്? വിവിധതരം ക്രോമസോമുകളുടെ സെൻട്രോമിയറിന്റെ സ്ഥാനം കാണിക്കുന്ന ചിത്രത്തിന്റെ സഹായത്തോടുകൂടി ഇത് വ്യക്തമാക്കുക.

N7Z1L7

അധ്യായം 9

ജൈവതൻമാത്രകൾ

(BIOMOLECULES)

9.1 രാസമിശ്രണം എങ്ങനെ വിശകലനം ചെയ്യാം?

9.2 പ്രാഥമിക, ദ്വിതീയ ഉപാപചയ വസ്തുക്കൾ

9.3 ജൈവബൃഹത്തൻമാത്രകൾ

9.4 മാംസ്യങ്ങൾ

9.5 പോളിസാക്കറൈഡുകൾ

9.6 ന്യൂക്ലിക് ആസിഡുകൾ

9.7 മാംസ്യങ്ങളുടെ ഘടന

9.8 ഒരു പോളിമറിലെ മോണോമറുകൾ തമ്മിലുള്ള ബന്ധനത്തിന്റെ സ്വഭാവം

9.9 ഉപാപചയം – ശരീരത്തിലെ ഘടകങ്ങളുടെ ചലനാത്മകത

9.10 ജീവന്റെ ഉപാപചയ അടിത്തറ

9.11 ജൈവാവസ്ഥ

9.12 എൻസൈമുകൾ

നമ്മുടെ ജീവമണ്ഡലം വൈവിധ്യമാർന്ന ജീവജാലങ്ങളാൽ സമ്പുഷ്ടമാണ്. എല്ലാ ജീവജാലങ്ങളും ഒരേതരം രാസതൻമാത്രകളാൽ (മൂലകങ്ങളും സംയുക്തങ്ങളും) നിർമിതമാണോ? രാസവിശകലനം നടത്തുന്നത് എങ്ങനെയെന്ന് രസതന്ത്രത്തിൽ നിങ്ങൾ പഠിച്ചിട്ടുണ്ട്. സസ്യകല, ജന്തുകല അല്ലെങ്കിൽ സൂക്ഷ്മാണുക്കൾ ഇവയെ കുഴമ്പുരൂപത്തിലാക്കി രാസവിശകലനം നടത്തിയാൽ കാർബൺ, ഹൈഡ്രജൻ, ഓക്സിജൻ എന്നിങ്ങനെ അനേകം മൂലകങ്ങളുടെ ഒരു പട്ടിക നമുക്ക് ലഭിക്കും. കൂടാതെ ഒരു ജീവകലയുടെ ഒരു യൂണിറ്റ് പിണ്ഡത്തിൽ അടങ്ങിയിട്ടുള്ള അവയുടെ അളവും ലഭിക്കും. ജീവനില്ലാത്ത വസ്തു എന്ന നിലയിൽ ഭൂവൽക്കത്തിന്റെ (Earth's crust) ഒരു ഖണ്ഡത്തിന്റെ രാസവിശകലനം നടത്തിയാലും ഇതേ രാസമൂലകങ്ങളുടെ പട്ടികതന്നെയാകും നമുക്ക് ലഭിക്കുക. അതായത് ഭൂവൽക്കത്തിന്റെ ഒരു അംശത്തിൽ അടങ്ങിയിട്ടുള്ള എല്ലാ മൂലകങ്ങളും ജീവകലയുടെ അംശത്തിലും അടങ്ങിയിരിക്കുന്നു. എന്നാൽ, സൂക്ഷ്മമായി പരിശോധിച്ചാൽ ജീവജാലങ്ങളിൽ മറ്റ് മൂലകങ്ങളെ അപേക്ഷിച്ച് കാർബണിന്റെയും ഹൈഡ്രജന്റെയും ആപേക്ഷിക അളവ് ഭൂവൽക്കത്തിൽ ഉള്ളതിനെക്കാൾ കൂടുതലാണെന്ന് കാണാം (പട്ടിക. 9.1).

9.1 രാസമിശ്രണം എങ്ങനെ വിശകലനം ചെയ്യാം?

ഏതുതരം കാർബണിക സംയുക്തങ്ങളാണ് ജീവജാലങ്ങളിൽ കാണപ്പെടുന്നത്? ഒരു രാസവിശകലനം നടത്തിയാൽ മാത്രമേ ഇതിന് ഉത്തരം കണ്ടെത്താനാകൂ. ഇതിന് നമുക്ക് ഏതെങ്കിലും ജീവകലയെ (ഒരു സസ്യഭാഗമോ കരളിന്റെ ഭാഗമോ) ട്രൈക്ലോറോഅസറ്റിക്

ആസിഡിൽ (Cl_3CCOOH) ഉരച്ചട്ടിയും കുഴവിയും (Mortar and pestle) ഉപയോഗിച്ച് അർധദ്രാവകരൂപത്തിൽ അരച്ചെടുക്കാം. അപ്പോൾ നമുക്ക് കുറുകിയ ഒരു മിശ്രിതം ലഭിക്കുന്നു. ഇത് ഒരു പരുത്തിത്തുണി കൊണ്ട് അരിച്ചാൽ നമുക്ക് രണ്ട് ഭാഗങ്ങൾ ലഭിക്കും- ഒന്നാമത്തേത് അമ്ലത്തിൽ ലേയമായ ഫിൽട്രേറ്റ്, രണ്ടാമത്തേത് അമ്ലത്തിൽ അലേയമായ അവശിഷ്ടഭാഗം. അമ്ലത്തിൽ ലേയമായ ഭാഗത്തിൽ ആയിരക്കണക്കിന് കാർബണിക സംയുക്തങ്ങൾ ശാസ്ത്രജ്ഞർ കണ്ടെത്തുകയുണ്ടായി.

പട്ടിക 9.1 ജീവനില്ലാത്തതും ജീവനുള്ളതുമായ പദാർഥങ്ങളിൽ അടങ്ങിയിരിക്കുന്ന മൂലകങ്ങളുടെ ഒരു താരതമ്യം

മൂലകം	ഭാരം അടിസ്ഥാനത്തിൽ %	
	ഭൂവൽക്കം	മനുഷ്യശരീരം
ഹൈഡ്രജൻ (H)	0.14	0.5
കാർബൺ (C)	0.03	18.5
ഓക്സിജൻ (O)	46.6	65.0
നൈട്രജൻ (N)	വളരെക്കുറച്ച്	3.3
സൾഫർ (S)	0.03	0.3
സോഡിയം (Na)	2.8	0.2
കാൽസ്യം (Ca)	3.6	1.5
മഗ്നീഷ്യം (Mg)	2.1	0.1
സിലിക്കൺ (Si)	27.7	അവഗണിക്കാവുന്നത്

* Adapted from CNR Rao, *Understanding Chemistry*, Universities Press, Hyderabad.

പട്ടിക 9.2 ജീവകലകളിലെ അകാർബണിക ഘടകങ്ങളുടെ പ്രതിനിധാന പട്ടിക

ഘടകം	ഫോർമുല
സോഡിയം	Na^+
പൊട്ടാസ്യം	K^+
കാൽസ്യം	Ca^{++}
മഗ്നീഷ്യം	Mg^{++}
ജലം	H_2O
സംയുക്തങ്ങൾ	$NaCl$, $CaCO_3$, PO_4^{3-}, SO_4^{2-}

ജീവകലയുടെ ഒരു അംശം വിശകലനം ചെയ്യാനും ഒരു നിശ്ചിത കാർബണിക സംയുക്തത്തെ തിരിച്ചറിയാനും ഉയർന്ന ക്ലാസ്സുകളിൽ നിങ്ങൾ പഠിക്കും. സംയുക്തം അടങ്ങിയ സത്തിനെ നിരവധി വേർതിരിക്കൽ മാർഗങ്ങൾക്ക് വിധേയമാക്കി ഒരു സംയുക്തത്തെ മറ്റ് സംയുക്തങ്ങളിൽനിന്ന് വേർതിരിക്കാനും ശുദ്ധീകരിക്കാനും സാധിക്കും. വിശകലനസങ്കേതങ്ങൾ ഉപയോഗിച്ച് സംയുക്തത്തിന്റെ രാസസൂത്രവും സാധ്യമായ ഘടനയും മനസ്സിലാക്കാൻ സാധിക്കും. ജീവകലയിൽ നിന്ന് ലഭിക്കുന്ന എല്ലാ കാർബൺ സംയുക്തങ്ങളെയും 'ജൈവതന്മാത്രകൾ' എന്നു വിളിക്കാം. എന്നാൽ ജീവജാലങ്ങളിൽ കാർബണിതരമൂലകങ്ങളും അകാർബണികസംയുക്തങ്ങളും അടങ്ങിയിട്ടുണ്ട്. ഇത് നമുക്ക് എങ്ങനെ അറിയാൻ സാധിക്കും? അതിന് അപചയ സ്വഭാവമുള്ള ഒരു വ്യത്യസ്ത പരീക്ഷണം നടത്താം. ആദ്യമായി കുറച്ച് ജീവകലയുടെ (ഒരു ഇലയോ, കരളോ) ഭാരം തിട്ടപ്പെടുത്തുന്നു (ഇതിനെ ആർദ്രഭാരം (Wet weight) എന്ന് വിളിക്കാം). ഇത് ഉണക്കിയാൽ ബാഷ്പീകരണത്തിലൂടെ ജലാംശം നഷ്ടപ്പെടുന്നു. അവശേഷിക്കുന്നത് പദാർഥത്തിന്റെ ജലാംശരഹിതഭാരം (Dry weight) ആണ്. ഇത് കത്തിക്കുമ്പോൾ കാർബണിക സംയുക്തങ്ങൾ എല്ലാം ഓക്സീകരിക്കപ്പെട്ട് വാതകരൂപത്തിൽ (CO_2, നീരാവി) നഷ്ടമാകുന്നു. ഇനി അവശേഷിക്കുന്നതിനെ 'ചാരം' എന്ന് വിളിക്കുന്നു. ഈ ചാരത്തിൽ കാത്സ്യം, മഗ്നീഷ്യം തുടങ്ങിയ അകാർബണിക മൂലകങ്ങൾ അടങ്ങിയിരിക്കുന്നു. കൂടാതെ സൾഫേറ്റ്, ഫോസ്ഫേറ്റ് തുടങ്ങിയ അകാർബണിക സംയുക്തങ്ങൾ അമ്ലത്തിൽ ലയിച്ച അവസ്ഥയിലും കാണാൻ സാധിക്കും. ഇങ്ങനെ മൂലകങ്ങളുടെ വിശകലനം നടത്തിയാൽ ഹൈഡ്രജൻ, ഓക്സിജൻ, ക്ലോറിൻ, കാർബൺ തുടങ്ങിയ മൂലകങ്ങൾ കൊണ്ടാണ് ജീവകല ഉണ്ടാക്കിയിരിക്കുന്നതെന്നും ജൈവസംയുക്തവിശകലനം നടത്തിയാൽ ജീവകലയിൽ അടങ്ങിയിട്ടുള്ള

കാർബണികവും (ചിത്രം 9.1) അകാർബണികവും (പട്ടിക 9.2) ആയ ഘടകങ്ങൾ ഏതൊക്കെയാണെന്നും അറിയാൻ കഴിയും. രസതന്ത്രത്തിന്റെ വീക്ഷണകോണിൽ ഇവ ആൽഡിഹൈഡുകൾ, കീറ്റോണുകൾ, സൗരഭ്യസംയുക്തങ്ങൾ (Aromatic compounds) തുടങ്ങിയ നിർവാഹകഗണങ്ങളിൽ (Functional groups) പ്പെട്ടവയാണെന്ന് കാണാം. എന്നാൽ ജീവശാസ്ത്രപരമായി നോക്കിയാൽ ഇവയെ അമിനോ ആസിഡുകൾ, ന്യൂക്ലിയോറ്റൈഡ് ബേസുകൾ, ഫാറ്റി ആസിഡുകൾ എന്നിങ്ങനെ തരംതിരിക്കാം.

അമിനോഗ്രൂപ്പും അസിഡിക് ഗ്രൂപ്പും പ്രതിസ്ഥാപകങ്ങളായി (Substituents) ഒരു കാർബൺ ആറ്റത്തിൽത്തന്നെ (അതായത് α–കാർബൺ) ചേർന്ന് കാണപ്പെടുന്ന കാർബണിക സംയുക്തങ്ങളാണ് അമിനോ ആസിഡുകൾ. ഇവയെ α അമിനോ ആസിഡുകൾ എന്നും വിളിക്കുന്നു. ഇവ പ്രതിസ്ഥാപക മീഥേനുകളാണ്. കാർബണിന്റെ നാല് സംയോജകതാ (Valency) സ്ഥാനങ്ങളിൽ നാല് പ്രതിസ്ഥാപക ഗ്രൂപ്പുകളുണ്ട്. ഇവ ഹൈഡ്രജൻ, കാർബോക്സിൽ ഗ്രൂപ്പ്, അമിനോ ഗ്രൂപ്പ്, R ഗ്രൂപ്പ് എന്നറിയപ്പെടുന്ന വ്യതിരിക്ത ഗ്രൂപ്പ് (Variable group) എന്നിവയാണ്. R ഗ്രൂപ്പിന്റെ സ്വഭാവത്തിനനുസരിച്ച് പലതരം അമിനോ ആസിഡുകളുണ്ട്. എന്നിരുന്നാലും മാംസ്യങ്ങളിൽ ഇരുപത് തരം അമിനോ ആസിഡുകൾ മാത്രമേ കാണപ്പെടുന്നുള്ളൂ. മാംസ്യനിർമാണത്തിൽ ഉൾപ്പെട്ടിട്ടുള്ള അമിനോ ആസിഡുകളിലെ R ഗ്രൂപ്പ്, ഒരു ഹൈഡ്രജൻ (ഗ്ലൈസിൻ എന്ന അമിനോ ആസിഡ്), ഒരു മീഥൈൽ ഗ്രൂപ്പ് (അലാനിൻ), ഹൈഡ്രോക്സി മീഥൈൽ (സെറിൻ) മുതലായവയാകാം. ഇരുപത് അമിനോ ആസിഡുകളിൽ മൂന്നെണ്ണം ചിത്രം 9.1 ൽ കാണിച്ചിരിക്കുന്നു.

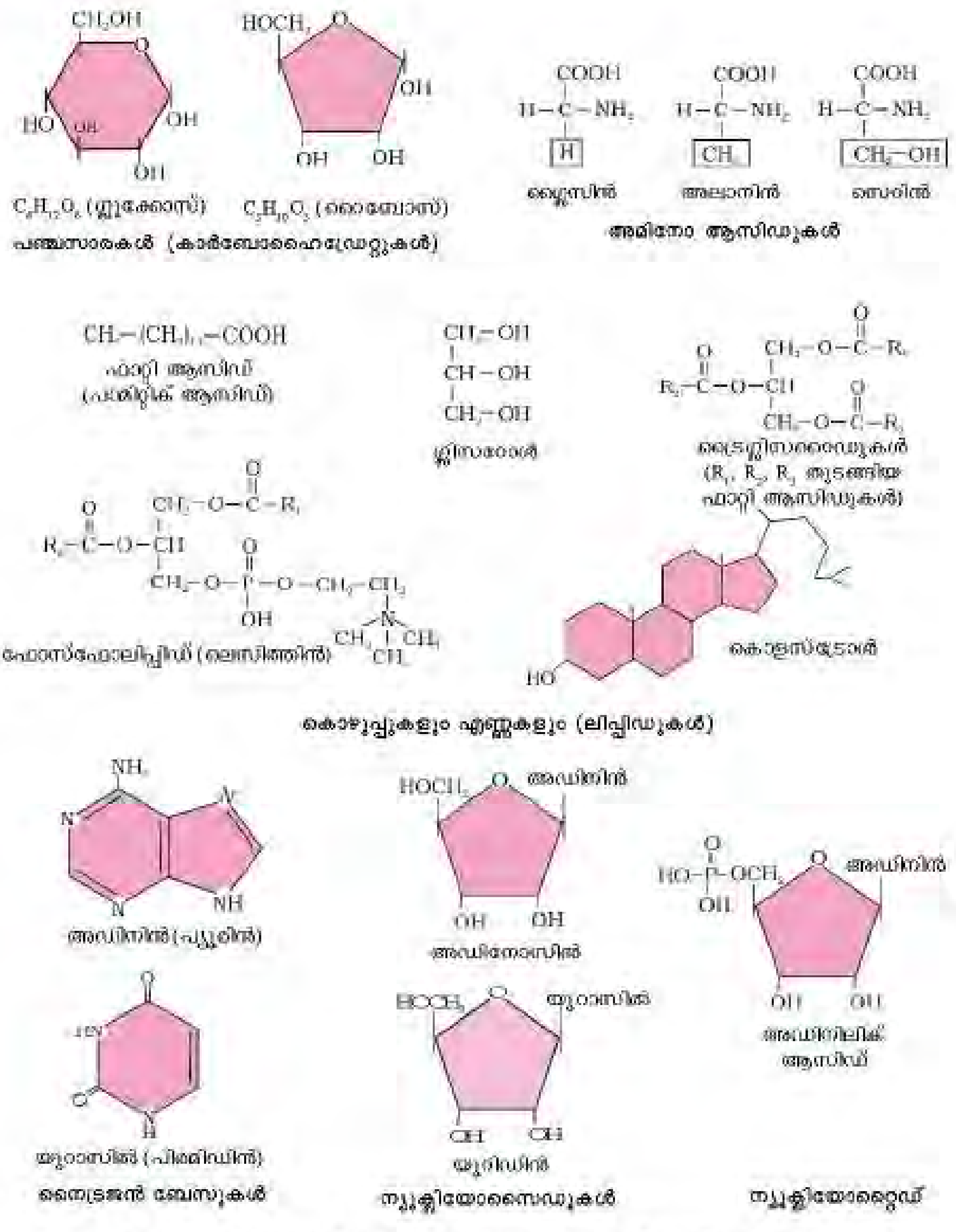
അമിനോ ആസിഡുകളുടെ രാസ-ഭൗതിക ഗുണങ്ങൾ നിശ്ചയിക്കുന്നത് അതിലടങ്ങിയിരിക്കുന്ന അമിനോ ഗ്രൂപ്പ്, കാർബോക്സിൽ ഗ്രൂപ്പ്, R ഗ്രൂപ്പ് എന്നിവയാണ്. അമിനോ ഗ്രൂപ്പുകളുടെയും കാർബോക്സിൽ ഗ്രൂപ്പുകളുടെയും എണ്ണത്തിനനുസരിച്ച് അമിനോ ആസിഡുകളെ അസിഡിക് അമിനോ ആസിഡ് (ഉദാ. ഗ്ലൂട്ടാമിക് ആസിഡ്), ബേസിക് അമിനോ ആസിഡ് (ഉദാ. ലൈസിൻ), നിഷ്പക്ഷ (Neutral) അമിനോ ആസിഡ് (ഉദാ. വാലൈൻ) എന്നിങ്ങനെ തിരിച്ചിരിക്കുന്നു. അതുപോലെ സൗരഭ്യ അമിനോ ആസിഡുകളും (Aromatic aminoacids) ഉണ്ട് (ഉദാ. ടൈറോസിൻ, ഫിനൈൽ അലാനിൻ, ട്രിപ്റ്റോഫാൻ). അമിനോ ഗ്രൂപ്പുകളുടെയും കാർബോക്സിൽ ഗ്രൂപ്പുകളുടെയും അയോണീകരണ സ്വഭാവം അമിനോ ആസിഡുകളുടെ ഒരു സവിശേഷതയാണ്. അതിനാൽ വ്യത്യസ്ത pH കളിലുള്ള ലായനികളിൽ അമിനോ ആസിഡുകളുടെ ഘടന വ്യത്യാസപ്പെടുന്നു.

$$\underset{(A)}{H_3\overset{+}{N}-\underset{}{\overset{R}{\overset{|}{C}}}H-COOH} \rightleftharpoons \underset{(B)}{H_3\overset{+}{N}-\overset{R}{\overset{|}{C}}H-COO^-} \rightleftharpoons \underset{(C)}{H_2N-\overset{R}{\overset{|}{C}}H-COO^-}$$

B - സ്വിറ്റർ അയോണികരൂപം എന്നറിയപ്പെടുന്നു

ലിപ്പിഡുകൾ പൊതുവെ ജലത്തിൽ ലയിക്കാത്തവയാണ്. അവ ലഘു ഫാറ്റി ആസിഡുകളാണ്. ഒരു ഫാറ്റി ആസിഡിൽ R ഗ്രൂപ്പുമായി ബന്ധപ്പെട്ട് ഒരു കാർബോക്സിൽ ഗ്രൂപ്പ് കാണപ്പെടുന്നു. R ഗ്രൂപ്പ് എന്നത് ഒരു മീഥൈൽ ഗ്രൂപ്പോ ($-CH_3$) ഒരു ഈഥൈൽ ഗ്രൂപ്പോ ($-C_2H_5$), അല്ലെങ്കിൽ ഒന്നോ അതിലധികമോ $-CH_2$ ഗ്രൂപ്പുകളോ (1 കാർബൺ മുതൽ 19 കാർബൺ വരെ) ആകാം. ഉദാഹരണത്തിന് പാമിറ്റിക് ആസിഡിൽ (Palmitic acid) കാർബോക്സിൽ കാർബൺ ഉൾപ്പെടെ 16 കാർബൺ ആറ്റങ്ങൾ കാണപ്പെടുന്നു. അരാക്കിഡോണിക് ആസിഡിൽ കാർബോക്സിൽ കാർബൺ ഉൾപ്പെടെ 20 കാർബൺ ആറ്റങ്ങൾ അടങ്ങിയിരിക്കുന്നു. ഫാറ്റി ആസിഡുകൾ പൂരിതമോ (ദ്വിബന്ധനമില്ലാത്തവ) അപൂരിതമോ (ഒന്നോ അതിലധികമോ C=C ദ്വിബന്ധനമുള്ളവ) ആകാം. ട്രൈഹൈഡ്രോക്സി പ്രൊപ്പെയ്ൻ എന്നറിയപ്പെടുന്ന ഗ്ലിസറോൾ ലിപ്പിഡുകളുടെ ഘടകപദാർഥമാണ്. ഭൂരിഭാഗം ലിപ്പിഡുകളിലും ഗ്ലിസറോളും ഫാറ്റി ആസിഡുകളും അടങ്ങിയിരിക്കുന്നു. ഇവയിൽ ഫാറ്റി ആസിഡുകൾ ഗ്ലിസറോളുമായി എസ്റ്ററീകരിക്കപ്പെട്ട് കാണപ്പെടുന്നു. ഇവ മോണോഗ്ലിസറൈഡുകൾ, ഡൈഗ്ലിസറൈഡുകൾ, ട്രൈഗ്ലിസറൈഡുകൾ എന്നിവയാകാം. ഇവയെ ദ്രവണാങ്കത്തിന്റെ (Melting point) അടിസ്ഥാനത്തിൽ എണ്ണകളും (Oils) കൊഴുപ്പുകളും (Fats) എന്നും വിഭജിപ്പിക്കാറുണ്ട്. എണ്ണകളുടെ ദ്രവണാങ്കം പൊതുവെ താഴ്ന്നതാണ് (ഉദാ. എള്ളെണ്ണ). അതിനാൽ അവ ശൈത്യകാലത്ത് കട്ടിപിടിക്കാതെ എണ്ണയായി നിലനിൽക്കുന്നു. നിങ്ങൾക്ക് കൊഴുപ്പിനെ എണ്ണയിൽ നിന്ന് വേർതിരിച്ചറിയാൻ കഴിയുമോ? ചില ലിപ്പിഡുകളിൽ ഫോസ്ഫറസും ഫോസ്ഫറസുമായിച്ചേർന്ന കാർബണിക സംയുക്തവും അടങ്ങിയിരിക്കും. ഇവയെ ഫോസ്ഫോലിപ്പിഡുകൾ എന്നു പറയുന്നു. ഇവ കോശസ്തരത്തിൽ കാണപ്പെടുന്നു. ഉദാ. ലെസിത്തിൻ. ചില കലകളിൽ, പ്രത്യേകിച്ച് നാഡീകലകളിൽ കൂടുതൽ സങ്കീർണഘടനയുള്ള ലിപ്പിഡുകൾ കാണപ്പെടുന്നു.

ജീവികളിൽ ഭിന്നചാക്രിക വലയങ്ങളുള്ള (Heterocyclic rings) പലതരം കാർബൺ സംയുക്തങ്ങൾ കാണപ്പെടുന്നു. അഡിനിൻ, ഗ്വാനിൻ, സൈറ്റോസിൻ, യുറാസിൽ, തൈമിൻ എന്നീ നൈട്രജൻ ബേസുകൾ ഇവയ്ക്ക് ഉദാഹരണങ്ങളാണ്. നൈട്രജൻ ബേസുകൾ പഞ്ചസാരതൻമാത്രയുമായി ചേർന്ന് ന്യൂക്ലിയോസൈഡുകളായി മാറുന്നു. ഒരു ഫോസ്ഫേറ്റ് ഗ്രൂപ്പ് കൂടി പഞ്ചസാരതൻമാത്രയുമായി എസ്റ്ററീകരിക്കപ്പെടുമ്പോൾ അവ ന്യൂക്ലിയോടൈഡുകളായി മാറുന്നു. അഡിനോസിൻ, ഗ്വാനോസിൻ, തൈമിഡിൻ, യൂറിഡിൻ, സൈറ്റിഡിൻ എന്നിവ ന്യൂക്ലിയോസൈഡുകളാണ്. അഡിനിലിക് ആസിഡ്, തൈമിഡിലിക് ആസിഡ്, ഗ്വാനിലിക് ആസിഡ്, യൂറിഡിലിക് ആസിഡ്, സൈറ്റിഡിലിക് ആസിഡ് എന്നിവ ന്യൂക്ലിയോടൈഡുകളാണ്. DNA, RNA എന്നീ ന്യൂക്ലിക് ആസിഡുകളിൽ ന്യൂക്ലിയോടൈഡുകൾ മാത്രമേ കാണപ്പെടുന്നുള്ളൂ. DNA യും RNA യും ജനിതകവസ്തുവായി പ്രവർത്തിക്കുന്നു.



ചിത്രം 9.1 ജീവകലകളിലെ തന്മാത്രാഭാരം കുറഞ്ഞ കാർബണിക സംയുക്തങ്ങളുടെ ചിത്രീകരണം

9.2 പ്രാഥമിക, ദ്വിതീയ ഉപാപചയ വസ്തുക്കൾ (Primary and secondary metabolites)

ജീവികളിൽ നിന്ന് ചെറുതും വലുതുമായ ആയിരക്കണക്കിന് സംയുക്തങ്ങൾ വേർതിരിച്ചെടുക്കുക, അവയുടെ ഘടന നിർണയിക്കുക, സാധ്യമെങ്കിൽ അവയെ സംശ്ലേഷിപ്പിക്കുക എന്നിവ രസതന്ത്രത്തിന്റെ ഏറ്റവും പ്രധാന്യമേറിയ വീക്ഷണങ്ങളാണ്.

നമ്മൾ ജൈവതൻമാത്രകളുടെ ഒരു പട്ടിക നിർമിക്കുകയാണെങ്കിൽ അമിനോ ആസിഡുകൾ, പഞ്ചസാരകൾ തുടങ്ങി ആയിരക്കണക്കിന് കാർബണിക സംയുക്തങ്ങൾ ആ പട്ടികയിലുണ്ടാകും. 9.10 എന്ന തലക്കെട്ടിൽ പരാമർശിക്കപ്പെട്ടിട്ടുള്ള കാരണങ്ങളാൽ ഈ ജൈവതൻമാത്രകളെ നമുക്ക് ഉപാപചയ വസ്തുക്കൾ അഥവാ മെറ്റബോളൈറ്റുകൾ എന്നു വിളിക്കാം. ചിത്രം 9.1 ൽ കാണിച്ചിരിക്കുന്ന എല്ലാത്തരം സംയുക്തങ്ങളും ജന്തുകലകളിൽ കാണാൻ കഴിയും. ഇവയെ പ്രാഥമിക ഉപാപചയവസ്തുക്കൾ എന്നു പറയുന്നു. എന്നാൽ സസ്യങ്ങൾ, ഫംഗസുകൾ, സൂക്ഷ്മജീവികൾ എന്നിവയുടെ കോശങ്ങൾ പരിശോധിച്ചാൽ പ്രാഥമിക ഉപാപചയവസ്തുക്കൾക്കുപുറമെ ആയിരക്കണക്കിനു സംയുക്തങ്ങൾ കണ്ടെത്താൻ കഴിയും. ഉദാ. ആൽക്കലോയിഡുകൾ, ഫ്ളേവനോയിഡുകൾ, റബ്ബർ, സുഗന്ധതൈലങ്ങൾ, പശകൾ ആന്റിബയോട്ടിക്കുകൾ, വർണകങ്ങൾ, സുഗന്ധവ്യഞ്ജനങ്ങൾ തുടങ്ങിയവ. ഇവയെ ദ്വിതീയ ഉപാപചയവസ്തുക്കൾ എന്നു പറയുന്നു (പട്ടിക 9.3). പ്രാഥമിക ഉപാപചയ വസ്തുക്കൾ സാധാരണ ജീവൽപ്രവർത്തനങ്ങളിൽ കൃത്യമായതും എടുത്തു പറയത്തക്കതുമായ ധർമം നിർവഹിക്കുന്നുണ്ട്. എന്നാൽ 'ദ്വിതീയ ഉപാപചയവസ്തുക്കൾ' നിർവഹിക്കുന്ന ധർമം ഇതുവരെ തിരിച്ചറിയാൻ കഴിഞ്ഞിട്ടില്ല. എന്നിരുന്നാലും ഇവയിൽ പലതും 'മനുഷ്യക്ഷേമത്തിന്' ഉപയോഗപ്രദമാണ് (ഉദാ: റബ്ബർ, ഔഷധങ്ങൾ, സുഗന്ധദ്രവ്യങ്ങൾ, വർണകങ്ങൾ എന്നിവ). ചില ദ്വിതീയ ഉപാപചയ വസ്തുക്കൾക്ക് പാരിസ്ഥിതിക പ്രാധാന്യവുമുണ്ട്. അതേപ്പറ്റി കൂടുതൽ കാര്യങ്ങൾ തുടർന്നു വരുന്ന അധ്യായങ്ങളിൽ പ്രതിപാദിക്കുന്നുണ്ട്.

പട്ടിക 9.3 ചില ദ്വിതീയ ഉപാപചയവസ്തുക്കൾ

വർണകങ്ങൾ	കരോട്ടിനോയിഡുകൾ, ആന്തോസയാനിനുകൾ
ആൽക്കലോയിഡുകൾ	മോർഫിൻ, കോഡീൻ
ടെർപിനോയിഡുകൾ	മോണോടെർപീനുകൾ, ഡൈടെർപീനുകൾ
സുഗന്ധതൈലങ്ങൾ	പുൽതൈലം
വിഷവസ്തുക്കൾ	ആബ്രിൻ, റിസിൻ
ലെക്ടിനുകൾ	കോൺകനാവലിൻ A
ഔഷധങ്ങൾ	വിൻബ്ലാസ്റ്റിൻ, കുർക്കുമിൻ
പോളിമർ വസ്തുക്കൾ	റബ്ബർ, പശകൾ, സെല്ലുലോസ്

9.3 ജൈവസ്ഥൂലതൻമാത്രകൾ

ആസിഡിൽ ലയിക്കുന്ന സംയുക്തങ്ങൾക്ക് ഒരു പൊതുസ്വഭാവമുണ്ടായിരിക്കും. ഇവയുടെ തൻമാത്രാഭാരം ഏകദേശം 18 മുതൽ 800 ഡാൽട്ടൺ (Da) വരെയായിരിക്കും.

ആസിഡിൽ ലയിക്കാത്ത ഘടകത്തിൽ മാംസ്യങ്ങൾ, ന്യൂക്ലിക് ആസിഡുകൾ, പോളിസാക്കറൈഡുകൾ, ലിപ്പിഡുകൾ എന്നിങ്ങനെ നാല് തരം കാർബണിക സംയുക്തങ്ങൾ മാത്രമേ കാണുകയുള്ളൂ. ഇവയിൽ ലിപ്പിഡുകൾ ഒഴികെയുള്ള സംയുക്തങ്ങൾക്ക് 1000 ഡാൽട്ടണിനു മുകളിൽ തൻമാത്രാഭാരമുണ്ടായിരിക്കും. ഈ ഒറ്റക്കാരണത്താൽ ജീവികളിലെ രാസസംയുക്തങ്ങളെ, അതായത്, ജൈവതൻമാത്രകളെ രണ്ടായി തരംതിരിച്ചിരിക്കുന്നു. തൻമാത്രാഭാരം ആയിരം ഡാൽട്ടണിൽ താഴെയുള്ളവയെ സൂക്ഷ്മതൻമാത്രകൾ അഥവാ ജൈവതൻമാത്രകൾ എന്നും ആസിഡിൽ ലയിക്കാത്ത ഘടകത്തിൽ കാണപ്പെടുന്ന തൻമാത്രകളെ സ്ഥൂലതൻമാത്രകൾ അഥവാ ജൈവസ്ഥൂലതൻമാത്രകൾ എന്നും പറയുന്നു.

അലേയമായ ഘടകത്തിൽ കാണപ്പെടുന്ന ലിപ്പിഡുകൾ ഒഴികെയുള്ള തൻമാത്രകൾ പോളിമറുകളാണ്. എന്നാൽ 800 Da യിൽ കൂടാത്ത തൻമാത്രാഭാരമുള്ള ലിപ്പിഡുകൾ എങ്ങനെയാണ് ആസിഡിൽ ലയിക്കാത്ത ഘടകത്തിൽ ഉൾപ്പെടുന്നത്? അതായത് അവ എങ്ങനെയാണ് സ്ഥൂലതൻമാത്രകൾ ആകുന്നത്? യഥാർഥത്തിൽ ലിപ്പിഡുകൾ തൻമാത്രാഭാരം കുറഞ്ഞ സംയുക്തങ്ങളാണ്. ഇവ ലിപ്പിഡുകളായി മാത്രമല്ല കാണപ്പെടുന്നത്, മറിച്ച് ഇവ കോശസ്തരത്തിലും മറ്റു സ്തരങ്ങളിലും കാണപ്പെടുന്നു. ഒരു കല അരച്ചെടുക്കുമ്പോൾ കോശഘടന തകരുകയും കോശസ്തരവും മറ്റ് സ്തരങ്ങളും കഷണങ്ങളായി മുറിയുകയും ജലത്തിൽ അലിയാത്ത കുമിളകളായി (Vesicles) മാറുകയും ചെയ്യുന്നു. അങ്ങനെ കുമിളകളുടെ ആകൃതിയിലുള്ള ഈ സ്തരഭാഗങ്ങൾ ആസിഡിൽ ലയിക്കാത്ത ഘടകങ്ങളുടെ കൂടെ വേർതിരിയുന്നു. അങ്ങനെ സ്ഥൂലതൻമാത്രകളുടെ ഭാഗമാകുകയും ചെയ്യുന്നു. ലിപ്പിഡുകൾ പൂർണമായും സ്ഥൂലതൻമാത്രകളല്ല.

പട്ടിക 9.4 കോശങ്ങളിലെ രാസഘടകങ്ങളുടെ ശരാശരി അളവ്

ഘടകം	മൊത്തം കോശപിണ്ഡത്തിലെ ശതമാനം
ജലം	70-90
മാംസ്യം	10-15
കാർബോഹൈഡ്രേറ്റുകൾ	3
ലിപ്പിഡുകൾ	2
ന്യൂക്ലിക് ആസിഡുകൾ	5-7
അയോണുകൾ	1

കോശദ്രവ്യം മാത്രമാണ് ആസിഡിൽ ലയിക്കുന്ന ഭാഗത്തെ ഏറെക്കുറെ പ്രതിനിധീകരിക്കുന്നത്. കോശദ്രവ്യത്തിലെയും കോശാംഗങ്ങളിലെയും സ്ഥൂലതൻമാത്രകൾ ആസിഡിൽ ലയിക്കാത്ത ഭാഗമായിത്തീരുന്നു. ഈ രണ്ടു ഭാഗങ്ങളും കൂടിച്ചേർന്ന് ജീവകലകളുടെ അല്ലെങ്കിൽ ജീവികളുടെ സമ്പൂർണ രാസഘടനയെ പ്രതിനിധീകരിക്കുന്നു.

ചുരുക്കിപ്പറഞ്ഞാൽ ജീവകലകളിലെ രാസഘടകങ്ങളെ അവയുടെ അളവിനനുസരിച്ച് പ്രതിപാദിച്ചാൽ, ജീവികളിൽ ഏറ്റവും കൂടുതൽ കാണപ്പെടുന്ന രാസസംയുക്തം ജലം ആണെന്ന് മനസ്സിലാക്കാനാകും (പട്ടിക 9.4).

9.4 മാംസ്യങ്ങൾ

മാംസ്യങ്ങൾ പോളിപെപ്റ്റൈഡുകളാണ്. അവ പെപ്റ്റൈഡ് ബന്ധനത്താൽ യോജിപ്പിക്കപ്പെട്ട അമിനോ ആസിഡുകളുടെ നീണ്ട ശൃംഖലകളാണ് (ചിത്രം 9.3).

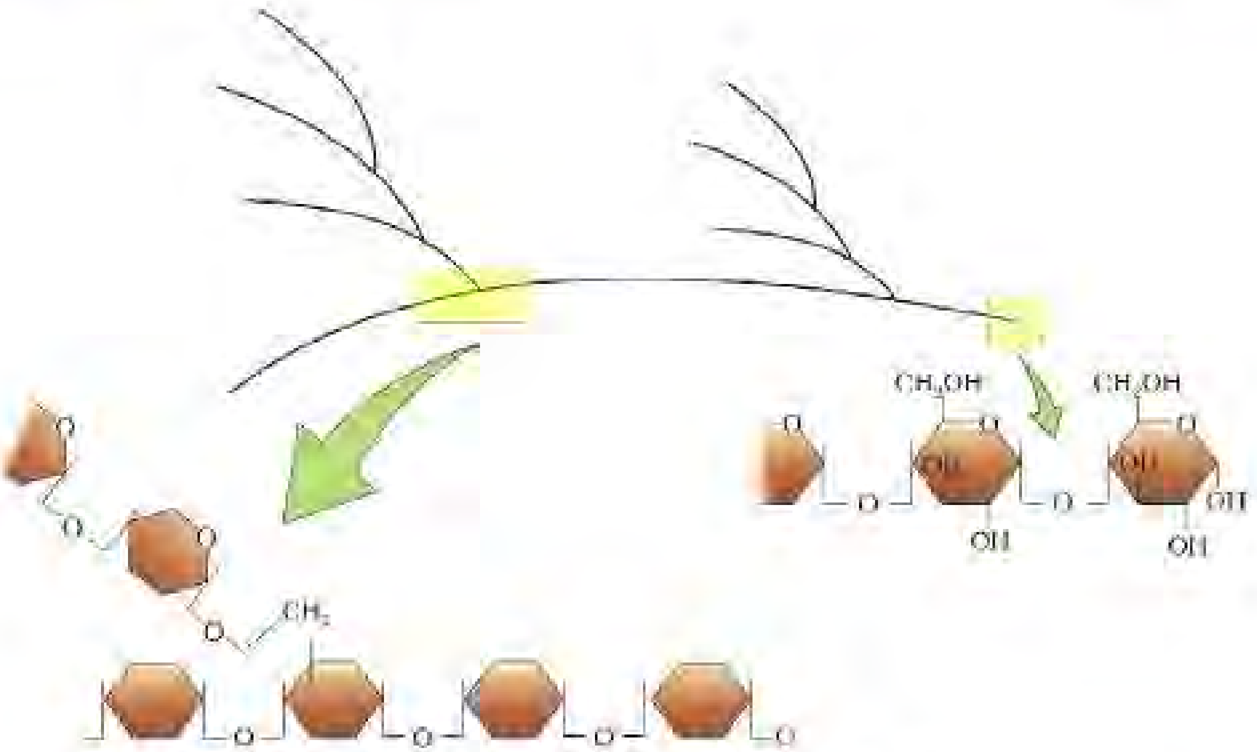
ഓരോ മാംസ്യവും അമിനോ ആസിഡുകളുടെ ഒരു പോളിമർ ആണ്. 20 തരം അമിനോ ആസിഡുകൾ (അലാനിൻ, സിസ്റ്റീൻ, പ്രോലൈൻ, ട്രിപ്റ്റോഫാൻ, ലൈസിൻ തുടങ്ങിയവ) ഉള്ളതുകൊണ്ട് ഓരോ മാംസ്യവും ഒരു ഭിന്നപോളിമർ (Heteropolymer) ആണ്, മറിച്ച് ഒരു സമപോളിമർ (Homopolymer) അല്ല. ഒരു സമപോളിമറിൽ ഒരേ തരം മോണോമർ 'n' തവണ (നിരവധി തവണ) ആവർത്തിക്കുകയാണ് ചെയ്യുന്നത്. അമിനോ ആസിഡുകളെക്കുറിച്ചുള്ള ഇത്തരം വിവരങ്ങൾ തുടർന്ന് വരുന്ന അധ്യായങ്ങൾ പഠിക്കുമ്പോൾ കൂടുതൽ സഹായകമാകും. നമ്മുടെ ആരോഗ്യത്തിന് അനിവാര്യമായ ചില അമിനോ ആസിഡുകൾ ആഹാരത്തിലൂടെ ലഭ്യമാക്കേണ്ടതുണ്ട്. അതിനാൽ ആഹാരത്തിലടങ്ങിയിരിക്കുന്ന മാംസ്യങ്ങൾ അവശ്യ അമിനോ ആസിഡുകളുടെ സ്രോതസ്സാണ്. അവശ്യ അമിനോ ആസിഡുകളും അവശ്യമല്ലാത്ത അമിനോആസിഡുകളുമുണ്ട്. അവശ്യമല്ലാത്ത അമിനോ ആസിഡുകളെ ഉൽപ്പാദിപ്പിക്കാൻ ശരീരത്തിന് കഴിവുണ്ട്. എന്നാൽ അവശ്യ അമിനോ ആസിഡുകൾ ഭക്ഷണത്തിലൂടെയാണ് ശരീരത്തിന് ലഭിക്കുന്നത്. ജീവികളിൽ മാംസ്യങ്ങൾ ധാരാളം ധർമങ്ങൾ നിർവഹിക്കുന്നുണ്ട്. ചില മാംസ്യങ്ങൾ പോഷകങ്ങളെ കോശസ്തരത്തിനു കുറുകെ വഹിച്ചുകൊണ്ടുപോകുന്നു. ചിലത് രോഗാണുക്കളെ ചെറുക്കുന്നു, ചിലത് ഹോർമോണുകളായും മറ്റു ചിലത് രാസാഗ്നികളായും പ്രവർത്തിക്കുന്നു (പട്ടിക 9.5). ജന്തുലോകത്ത് ഏറ്റവും അധികം കാണപ്പെടുന്ന മാംസ്യം കൊളാജൻ ആണ്. ജീവമണ്ഡലത്തിൽ ഏറ്റവും കൂടുതൽ കാണപ്പെടുന്ന മാംസ്യം റിബ്യൂലോസ് ബിസ്ഫോസ്ഫേറ്റ് കാർബോക്സിലേസ്- ഓക്സിജനേസ് (RuBisCO) ആണ്.

പട്ടിക 9.5 ചില മാംസ്യങ്ങളും അവയുടെ ധർമങ്ങളും

മാംസ്യം	ധർമം
കൊളാജൻ	കോശാന്തര പദാർഥം
ട്രിപ്സിൻ	രാസാഗ്നി
ഇൻസുലിൻ	ഹോർമോൺ
ആന്റിബോഡി	രോഗാണുക്കളെ ചെറുക്കുന്നു
ഗ്രാഹി	സംവേദനങ്ങളുടെ സ്വീകരണം (ഗന്ധം, രുചി, ഹോർമോൺ തുടങ്ങിയവ)
GLUT - 4	കോശങ്ങളിലേക്കുള്ള ഗ്ലൂക്കോസിന്റെ സംവഹനം സാധ്യമാക്കുന്നു

9.5 പോളിസാക്കറൈഡുകൾ

മറ്റൊരു തരം സ്ഥൂലതൻമാത്രകളായ പോളിസാക്കറൈഡുകളും (ധാന്യകങ്ങൾ) ആസിഡിൽ അലേയമായ ഘടകത്തിൽ കാണപ്പെടുന്നു. പഞ്ചസാരകളുടെ നീണ്ട ശൃംഖലകളാണ് പോളിസാക്കറൈഡുകൾ. ഇവ വ്യത്യസ്ത മോണോസാക്കറൈഡുകൾ കൂടിച്ചേർന്ന നാരുകളാണ്. ഉദാ. സെല്ലുലോസ് എന്ന പോളിസാക്കറൈഡ് നിർമിക്കപ്പെട്ടിരിക്കുന്നത് ഗ്ലൂക്കോസ് എന്ന ഒരിനത്തിലുള്ള മോണോസാക്കറൈഡ് ചേർന്നാണ്. സെല്ലുലോസ് ഒരു സമപോളിമർ (Homopolymer) ആണ്. അന്നജം സെല്ലുലോസിന്റെ ഒരു വകഭേദം ആണ്. എന്നാൽ ഇത് സസ്യകലകളിൽ ഊർജസംഭരണകേന്ദ്രമായി പ്രവർത്തിക്കുന്നു. ജന്തുക്കളിൽ മറ്റൊരു വകഭേദമായ ഗ്ലൈക്കോജൻ കാണപ്പെടുന്നു. ഇനുലിൻ, ഫ്രക്ടോസിന്റെ ഒരു പോളിമർ ആണ്. ഒരു പോളിസാക്കറൈഡ് ശൃംഖലയിൽ വലത്തെ അറ്റം നിരോക്സീകരണ അഗ്രമെന്നും (Reducing end) ഇടത്തെ അറ്റം നിരോക്സീകരിക്കാത്ത അഗ്രം (Non-reducing end) എന്നും അറിയപ്പെടുന്നു.



ചിത്രം 9.2 ഗ്ലൈക്കോജന്റെ ഒരു ഭാഗം - ചിത്രീകരണം

ഇതിന് ചിത്രത്തിൽ കാണിച്ചിരിക്കുന്നതുപോലെ (ചിത്രം 9.2) ശാഖകൾ ഉണ്ടായിരിക്കും. അന്നജത്തിന് ചുറ്റുകളോട് കൂടിയ ദ്വിതീയ ഘടനയാണുള്ളത്. അന്നജത്തിൽ ചുറ്റുകളുള്ള ഭാഗത്തിന് അയഡിൻ തന്മാത്രകളെ ഉൾക്കൊള്ളാൻ കഴിയുന്നു. അതിനാൽ അന്നജം - I_2 സംയുക്തം നീലനിറത്തിൽ കാണപ്പെടുന്നു. എന്നാൽ സെല്ലുലോസിൽ സങ്കീർണമായ ചുറ്റുകളില്ലാത്തതിനാൽ അയഡിനെ ഉൾക്കൊള്ളാൻ കഴിയില്ല.

സസ്യകോശങ്ങളുടെ കോശഭിത്തി സെല്ലുലോസ് നിർമിതമാണ്. സസ്യങ്ങളുടെ പൾപ്പിൽ നിന്ന് ഉണ്ടാക്കുന്ന കടലാസിലും പരുത്തിനാരിലും സെല്ലുലോസ് ആണുള്ളത്. പ്രകൃതിയിൽ വളരെ സങ്കീർണമായ ധാരാളം പോളിസാക്കറൈഡുകളുണ്ട്. ഇവയുടെ നിർമാണ ഘടകങ്ങൾ അമിനോ-പഞ്ചസാരകളും, രാസപരിവർത്തനം സംഭവിച്ച പഞ്ചസാരകളും (ഉദാ. ഗ്ലൂക്കോസാമൈൻ, N-അസെറ്റൈൽ ഗാലക്ടോസമൈൻ തുടങ്ങിയവ) ആണ്. ആർത്രോപോഡുകളുടെ പുറന്തോടുകൾ കൈറ്റിൻ എന്ന സങ്കീർണമായ പോളിസാക്കറൈഡ് കൊണ്ട് നിർമിതമാണ്. സങ്കീർണമായ ഈ പോളിസാക്കറൈഡുകൾ അധികവും ഹിറ്ററോപോളിമറുകളാണ്.

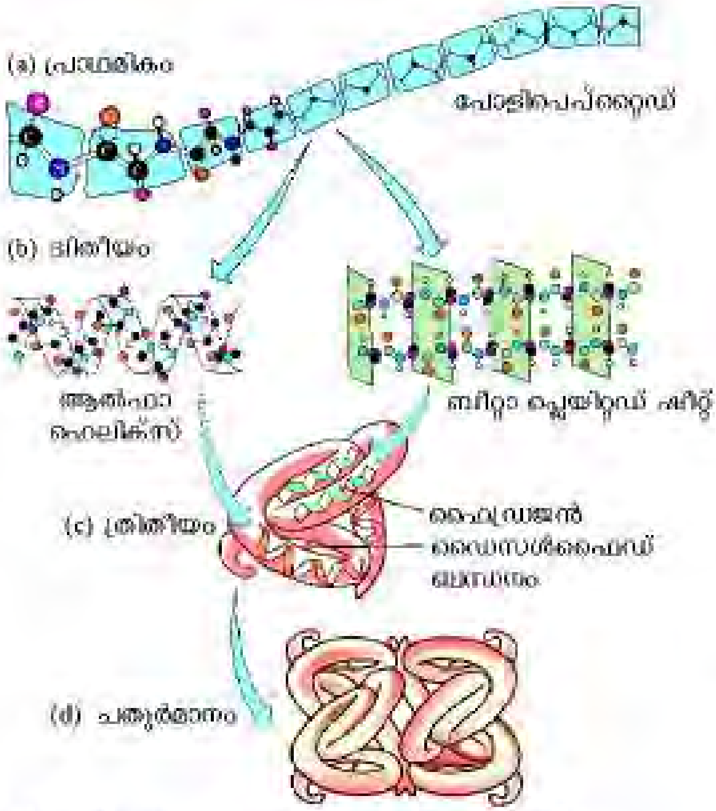
9.6 ന്യൂക്ലിക് ആസിഡുകൾ

ഏതൊരു ജീവകലയുടെയും ആസിഡിൽ ലയിക്കാത്ത ഘടകത്തിൽ കാണപ്പെടുന്ന മറ്റൊരു സ്ഥൂലതന്മാത്രയാണ് ന്യൂക്ലിക് ആസിഡ്. ഇവ പോളിന്യൂക്ലിയോടൈഡുകളാണ്. ഇവയും പോളിസാക്കറൈഡുകൾക്കും പോളിപെപ്റ്റൈഡുകൾക്കും ഒപ്പം ഏതൊരു ജീവകലയിലെ അല്ലെങ്കിൽ കോശത്തിലെ മുഖ്യ സ്ഥൂലതന്മാത്രകളുടെ കൂട്ടത്തിൽ ഉൾപ്പെടുത്തിയിരിക്കുന്നു. ന്യൂക്ലിയോടൈഡുകളാണ് ന്യൂക്ലിക് ആസിഡിന്റെ അടിസ്ഥാന നിർമാണഘടകം. ഒരു ന്യൂക്ലിയോടൈഡിന് രാസീയമായി വ്യത്യാസപ്പെട്ടിരിക്കുന്ന മൂന്ന് ഘടകങ്ങളുണ്ട്. ഒരു ഭിന്നചാക്രിക (Heterocyclic) സംയുക്തം, ഒരു മോണോസാക്കറൈഡ്, ഒരു ഫോസ്ഫോറിക് ആസിഡ് അഥവാ ഫോസ്ഫേറ്റ് എന്നിവയാണ് അവ.

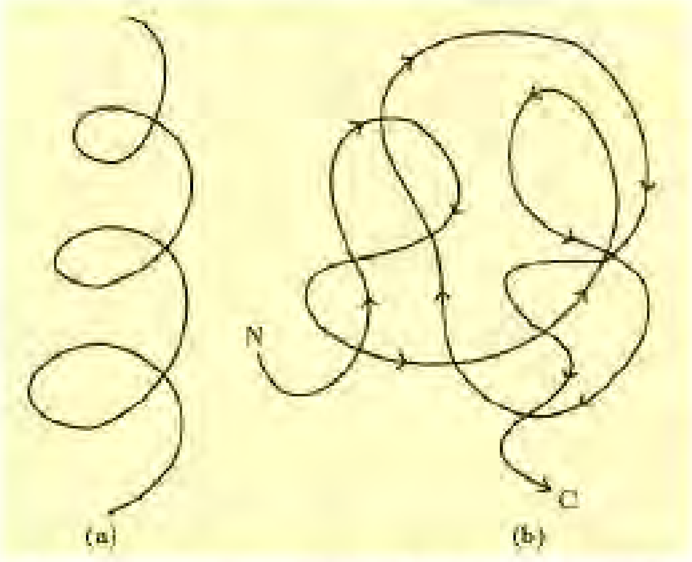
ചിത്രം 9.1 ൽ കാണിച്ചിരിക്കുന്നതുപോലെ ന്യൂക്ലിക് ആസിഡിലെ ഭിന്നചാക്രിക സംയുക്തങ്ങൾ അഡിനിൻ, ഗ്വാനിൻ, യുറാസിൽ, സൈറ്റോസിൻ, തൈമിൻ എന്നീ നൈട്രജൻ ബേസുകളാണ്. അഡിനിൻ, ഗ്വാനിൻ എന്നിവ പ്രതിസ്ഥാപിത പ്യൂരിനുകളും മറ്റുള്ളവ പ്രതിസ്ഥാപിത പിരമിഡിനുകളുമാണ്. ഇവയുടെ ഭിന്നചാക്രിക വലയങ്ങളെ യഥാക്രമം പ്യൂരിൻ എന്നും പിരമിഡിൻ എന്നും വിളിക്കുന്നു. പോളിന്യൂക്ലിയോടൈഡുകളിൽ കാണപ്പെടുന്ന പഞ്ചസാര റൈബോസ് (അഞ്ച് കാർബൺ ആറ്റമുള്ള ഒരു മോണോസാക്കറൈഡ്) അല്ലെങ്കിൽ 2′ ഡിഓക്സിറൈബോസ് ആയിരിക്കും. ഡിഓക്സിറൈബോസ് പഞ്ചസാര അടങ്ങിയിരിക്കുന്ന ന്യൂക്ലിക് ആസിഡിനെ ഡിഓക്സിറൈബോന്യൂക്ലിക് ആസിഡ് (DNA) എന്നും റൈബോസ് പഞ്ചസാര അടങ്ങിയിരിക്കുന്ന ന്യൂക്ലിക് ആസിഡിനെ റൈബോന്യൂക്ലിക് ആസിഡ് (RNA) എന്നും വിളിക്കുന്നു.

9.7 മാംസ്യങ്ങളുടെ ഘടന

അമിനോ ആസിഡുകൾ കൊണ്ടുള്ള നാരുകൾ അടങ്ങിയ ഭിന്നപോളിമറുകളാണ് മാംസ്യങ്ങൾ. തന്മാത്രകളുടെ ഘടന എന്നത് വ്യത്യസ്ത സാഹചര്യങ്ങളിൽ വ്യത്യസ്ത തരത്തിലാണ് വ്യാഖ്യാനിക്കപ്പെടുന്നത്. അകാർബണിക രസതന്ത്രത്തിൽ, ഘടന എന്നത് തന്മാത്രാവാക്യമാണ് (ഉദാ. NaCl, $MgCl_2$). കാർബണിക രസതന്ത്രജ്ഞർ തന്മാത്രകളുടെ ഘടനയെ പ്രതിനിധീകരിച്ചുകൊണ്ട് എല്ലായ്പ്പോഴും ഒരു ദ്വിമാന ചിത്രമാണ് നൽകുന്നത് (ഉദാ. ബെൻസീൻ, നാഫ്തലീൻ തുടങ്ങിയവ). ഊർജതന്ത്രജ്ഞർ തന്മാത്രകളുടെ ഘടനയ്ക്ക് ത്രിമാനതലം നൽകുമ്പോൾ ജീവശാസ്ത്രജ്ഞർ നാലു തലങ്ങളിലാണ് മാംസ്യത്തിന്റെ ഘടന വിശദീകരിക്കുന്നത്. അമിനോ ആസിഡുകൾ ഒന്നിനു പിറകെ മറ്റൊന്ന് എന്ന രീതിയിൽ ക്രമീകരിച്ചിരിക്കുന്നതാണ് മാംസ്യത്തിന്റെ **പ്രാഥമിക ഘടന** (ചിത്രം 9.3). ഒരു മാംസ്യതന്മാത്ര ഒരു രേഖയായി സങ്കല്പിച്ചാൽ, ഇടത്തെ അറ്റം ഒന്നാമത്തെ അമിനോ ആസിഡിനെയും വലത്തെ അറ്റം അവസാനത്തെ അമിനോ ആസിഡിനെയും സൂചിപ്പിക്കുന്നു. ഒന്നാമത്തെ അമിനോ ആസിഡിനെ N- അഗ്ര അമിനോ ആസിഡ് എന്നും അവസാനത്തെ



ചിത്രം 9.3 മാംസ്യഘടനയുടെ വിവിധ തലങ്ങൾ



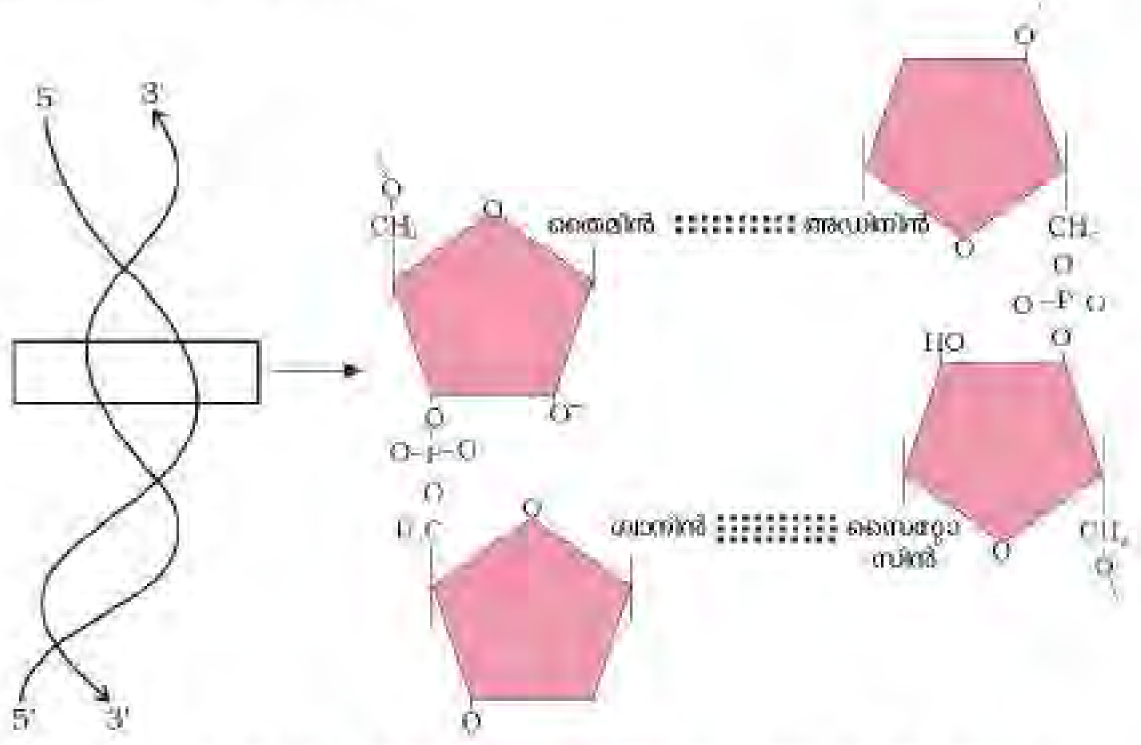
ചിത്രം 9.4 മാംസ്യഘടന ചിത്രീകരണം : (a) ദ്വിതീയ ഘടന (b) ഒരു ത്രിതീയ ഘടന

അമിനോ ആസിഡിനെ C- അഗ്ര അമിനോ ആസിഡ് എന്നും പറയുന്നു. ഒരു മാംസ്യതന്തു എപ്പോഴും ഒരു നിവർന്ന ദണ്ഡുപോലെയല്ല കാണപ്പെടുന്നത്. ഇത് ഒരു ചുറ്റുഗോവണിയുടെ ആകൃതിയിൽ ചുറ്റിപ്പിണഞ്ഞു കാണപ്പെടുന്നു. മാംസ്യതന്തുവിന്റെ കുറച്ചു ഭാഗം മാത്രമാണ് ചുറ്റിപ്പിണഞ്ഞു കാണപ്പെടുന്നത്. മാംസ്യങ്ങളിൽ വലത്തോട്ട് തിരിയുന്ന ചുറ്റുകൾ മാത്രമാണ് കാണുന്നത്. മാംസ്യതന്തുവിന്റെ മറ്റ് ഭാഗങ്ങൾ വ്യത്യസ്ത രീതിയിൽ മടങ്ങിയിരിക്കുന്നതിനെ **ദ്വിതീയഘടന** എന്ന് വിളിക്കുന്നു. കൂടാതെ, ദൈർഘ്യമേറിയ മാംസ്യശൃംഖല ഒരു പൊള്ളയായ കമ്പിളിപ്പന്ത് പോലെ സ്വയം ചുരുണ്ട് **തൃതീയ ഘടന** രൂപപ്പെടുന്നു (ചിത്രം 9.4 a, b). ഇത് മാംസ്യതൻമാത്രയുടെ ത്രിമാനദൃശ്യം സാധ്യമാക്കുന്നു. മാംസ്യതൻമാത്രകളുടെ പല ജൈവപ്രക്രിയകൾക്കും അതിന്റെ ത്രിതീയ ഘടന അത്യന്താപേക്ഷിതമാണ്.

ചില മാംസ്യങ്ങൾ ഒന്നിലധികം പോളിപെപ്റ്റൈഡുകളുടെയോ ഉപഘടകങ്ങളുടെയോ സഞ്ചയമാണ്. മാംസ്യതൻമാത്രയ്ക്കകത്ത് ഈ പോളിപെപ്റ്റൈഡുകളുടെ അഥവാ ഉപഘടകങ്ങളുടെ ക്രമീകരണം അതിന് ഒരു **ചതുർമാന ഘടന** (Quaternary structure) നൽകുന്നു (ഉദാ. നൂലുകൾ കൂടിച്ചേർന്ന് പന്തുകളാകുന്നു, പന്തുകൾ ഒന്നിനു മുകളിൽ ഒന്നായി ക്യൂബുകൾ പോലെയോ പ്ലേറ്റുകൾ പോലെയോ ക്രമീകരിക്കപ്പെടുന്നു). മനുഷ്യനിലെ ഹീമോഗ്ലോബിൻ തൻമാത്രയ്ക്ക് നാല് ഉപഘടകങ്ങളാണുള്ളത്. ഇവയിൽ രണ്ടെണ്ണം സമജോഡികളാണ്. രണ്ട് α ഉപഘടകങ്ങളും രണ്ട് β ഉപഘടകങ്ങളും ചേർന്നതാണ് മനുഷ്യനിലെ ഹീമോഗ്ലോബിൻ (Hb).

9.8 ഒരു പോളിമറിലെ മോണോമറുകൾ തമ്മിലുള്ള ബന്ധനത്തിന്റെ സ്വഭാവം

ഒരു പോളിപെപ്റ്റൈഡിലെ അല്ലെങ്കിൽ മാംസ്യതൻമാത്രയിലെ അമിനോ ആസിഡുകളെ തമ്മിൽ ബന്ധിപ്പിച്ചിരിക്കുന്നത് പെപ്റ്റൈഡ് ബന്ധനം വഴിയാണ്. ഈ ബന്ധനത്തിൽ ഒരു അമിനോ ആസിഡിന്റെ കാർബോക്സിൽ (-COOH) ഗ്രൂപ്പ് തൊട്ടടുത്തുള്ള അമിനോ ആസിഡിന്റെ അമിനോ ($-NH_2$) ഗ്രൂപ്പുമായി പ്രതിപ്രവർത്തിച്ച് ഒരു ജലതൻമാത്രയെ സ്വതന്ത്രമാക്കുന്നു (നിർജലീകരണം എന്ന പ്രക്രിയ). ഒരു പോളിസാക്കറൈഡിൽ മോണോസാക്കറൈഡുകളെ തമ്മിൽ യോജിപ്പിച്ചിരിക്കുന്നത് ഗ്ലൈക്കോസിഡിക ബന്ധനത്താലാണ്. ഈ ബന്ധനം രൂപപ്പെടുമ്പോഴും നിർജലീകരണം (Dehydration) സംഭവിക്കുന്നു. അടുത്തടുത്ത രണ്ട് മോണോസാക്കറൈഡുകളുടെ കാർബൺ ആറ്റങ്ങൾക്കിടയിലാണ് ഗ്ലൈക്കോസിഡിക് ബന്ധനമുണ്ടാകുന്നത്. ഒരു ന്യൂക്ലിക് ആസിഡിൽ ഒരു ന്യൂക്ലിയോറ്റൈഡിന്റെ പഞ്ചസാര തൻമാത്രയുടെ 3′ – കാർബൺ ആറ്റത്തെ അടുത്തുള്ള ന്യൂക്ലിയോറ്റൈഡിന്റെ പഞ്ചസാര തൻമാത്രയുടെ 5′ – കാർബൺ ആറ്റവുമായി ബന്ധിപ്പിക്കുന്നത് ഒരു ഫോസ്ഫേറ്റ് തന്മാത്രയാണ്. ഇവിടെ ഫോസ്ഫേറ്റിനും പഞ്ചസാരയുടെ ഹൈഡ്രോക്സിൽ ഗ്രൂപ്പിനും ഇടയിലുള്ള ബന്ധനം ഒരു എസ്റ്റർ ബന്ധനമാണ്. ഇത്തരത്തിൽ എസ്റ്റർ ബന്ധനം ഇരുവശങ്ങളിലും ഉള്ളതുകൊണ്ട് ഇത് ഫോസ്ഫോഡൈ എസ്റ്റർ ബന്ധനം എന്നറിയപ്പെടുന്നു (ചിത്രം 9.5).



ചിത്രം 9.5 DNA യുടെ ദ്വിതീയ ഘടന സൂചിപ്പിക്കുന്ന ചിത്രീകരണം

ന്യൂക്ലിക് ആസിഡുകൾ ദ്വിതീയ ഘടനയിൽ വൈവിധ്യം പ്രകടിപ്പിക്കുന്നു. DNA യുടെ ദ്വിതീയ ഘടനയ്ക്ക് നല്ല ഉദാഹരണമാണ് പ്രശസ്തമായ വാട്സൺ -ക്രിക്ക് മാതൃക. ഈ മാതൃകപ്രകാരം ഇരട്ടയിഴകളുള്ള DNA യ്ക്ക് ഒരു ചുറ്റുഗോവണിയുടെ ആകൃതിയാണ്. പോളിന്യൂക്ലിയോടൈഡുകളുടെ രണ്ട് ഇഴകളും എതിർദിശയിൽ പരസ്പരം സമാന്തര ശ്രേണികളായി കാണപ്പെടുന്നു. ഇവയുടെ പ്രധാനയിഴ പഞ്ചസാര–ഫോസ്ഫേറ്റ്–പഞ്ചസാര ശൃംഖലയാൽ നിർമിതമാണ്. നൈട്രജൻ ബേസുകൾ ഈ മുഖ്യയിഴയ്ക്ക് ഏകദേശം ലംബമായും എന്നാൽ ഉള്ളിലേക്ക് അഭിമുഖമായും പൊന്തിനിൽക്കുന്നു. ഒരു ഇഴയിലെ A പൂരകയിഴയിലെ T യുമായും, G പൂരകയിഴയിലെ C യുമായും ജോഡി ചേരുന്നു. A യ്ക്കും T യ്ക്കും ഇടയിൽ രണ്ട് ഹൈഡ്രജൻ ബന്ധനങ്ങളും G യ്ക്കും C യ്ക്കും ഇടയിൽ മൂന്ന് ഹൈഡ്രജൻ ബന്ധനങ്ങളും ഉണ്ട്. DNA യുടെ ഇഴകൾ ഒരു ചുറ്റുഗോവണിയുടെ ആകൃതിയിൽ കാണപ്പെടുന്നു. ഗോവണിയുടെ ഓരോ പടിയും ബേസ്ജോഡികൾ കൊണ്ട് നിർമിതമാണ്. DNA യുടെ ഓരോ ചുറ്റിലും പത്ത് ബേസ്ജോഡികൾ കാണപ്പെടുന്നു. അതിനാൽ ബേസ് ജോഡികൾ തമ്മിൽ 36^0 ചരിവുണ്ടെന്ന് അനുമാനിക്കാം.

ഒരു രേഖാചിത്രം വരയ്ക്കാൻ ശ്രമിക്കൂ. ഓരോ ചുറ്റിന്റെയും പിച്ച് $34A^0$ ആണ്. അടുത്തടുത്ത ബേസ് ജോഡികൾ തമ്മിലുള്ള ഉയരം $3.4A^0$ ആയിരിക്കും. മേൽപ്രസ്താവിച്ച പ്രത്യേകതകളുള്ള DNA, B-DNA എന്നറിയപ്പെടുന്നു. രൂപ വൈജാത്യമുള്ള ഒരു ഡസനിലേറെ DNA കളുണ്ടെന്നും അവയെ ഇംഗ്ലീഷ് അക്ഷരമാലയിലെ അക്ഷരങ്ങൾ പ്രതിനിധീകരിക്കുന്നുവെന്നും ഉയർന്ന ക്ലാസുകളിൽ നിങ്ങൾ പഠിക്കും.

9.9 ഉപാപചയം-ശരീരത്തിലെ ഘടകങ്ങളുടെ പരിവർത്തനാത്മകത

നാം ഇതുവരെ പഠിച്ചത് ജീവികളിൽ (ബാക്ടീരിയകളിലും, ഏകകോശജീവികളിലും, സസ്യങ്ങളിലും ജന്തുക്കളിലും) ആയിരക്കണക്കിന് കാർബണിക സംയുക്തങ്ങളുണ്ടെന്നാണ്. ഈ സംയുക്തങ്ങൾ അഥവാ ജൈവതൻമാത്രകൾ പ്രത്യേക അളവുകളിലാണ് കാണപ്പെടുന്നത്. (ഈ അളവുകൾ മോൾ/കോശം, മോൾ/ലിറ്റർ എന്ന് സൂചിപ്പിക്കുന്നു). ജൈവതൻമാത്രകൾക്ക് **പുനഃക്രമീകരണ ശേഷി (Turn over)** ഉണ്ടെന്നുള്ള നിരീക്ഷണം ഇതേവരെ നടത്തിയിട്ടുള്ള കണ്ടുപിടിത്തങ്ങളിൽ വച്ച് മഹത്തായ ഒന്നാണ്. അതായത് ജൈവതൻമാത്രകൾ സ്ഥിരമായി മാറ്റം സംഭവിച്ച് മറ്റ് തൻമാത്രകളായി മാറുന്നു. കൂടാതെ ഇവ മറ്റുചില ജൈവതൻമാത്രകളിൽ നിന്ന് രൂപം കൊള്ളുകയും ചെയ്യുന്നു. ഇത്തരം വിഘടനങ്ങളും രൂപപ്പെടലുകളും ജീവികളിൽ നിരന്തരം നടക്കുന്നത് രാസപ്രവർത്തനങ്ങളിലൂടെയാണ്. ഈ രാസപ്രവർത്തനങ്ങളെയാകെ **ഉപാപചയം (Metabolism)** എന്നു വിവക്ഷിക്കുന്നു. ഓരോ ഉപാപചയ പ്രവർത്തനത്തിന്റെയും ഫലമായി ജൈവതൻമാത്രകൾക്ക് പരിവർത്തനം സംഭവിക്കുന്നു. ഇത്തരം ഉപാപചയ പരിവർത്തനങ്ങൾക്ക് ചില ഉദാഹരണങ്ങൾ ആണ് അമിനോ ആസിഡിൽ നിന്ന് CO_2 നീക്കം ചെയ്യുമ്പോൾ അത് അമൈൻ (Amine) ആയി മാറുന്നതും ന്യൂക്ലിയോടൈഡ് ബേസിൽ നിന്ന് അമിനോ ഗ്രൂപ്പ് നീക്കം ചെയ്യുന്നതും

ഡൈസാക്കറൈഡിലെ ഗ്ലൈക്കോസിഡിക ബന്ധനത്തിന് ജലവിശ്ലേഷണം (Hydrolysis) സംഭവിക്കുന്നതും മറ്റും നമുക്ക് ഇത്തരത്തിൽ പറഞ്ഞ ആയിരമോ ഉദാഹരണങ്ങൾ പട്ടികപ്പെടുത്താൻ സാധിക്കും. ഈ ഉപാപചയ പ്രവർത്തനങ്ങളിൽ ഭൂരിഭാഗവും ഒറ്റപ്പെട്ട പ്രവർത്തനങ്ങളല്ല, മറിച്ച് ഇവ എല്ലായ്പ്പോഴും മറ്റ് പ്രവർത്തനങ്ങളുമായി ബന്ധപ്പെട്ടിരിക്കുന്നു. മറ്റൊരു തരത്തിൽ പറഞ്ഞാൽ ഉപാപചയവസ്തുക്കൾ മറ്റു വസ്തുക്കളായി മാറുന്ന പ്രവർത്തനങ്ങൾ പരസ്പരം ബന്ധപ്പെട്ടിരിക്കുന്നു. ഈ ഉപാപചയ സംവിധാനങ്ങളെ അഥവാ മാർഗങ്ങളെ ഒരു നഗരത്തിലെ വാഹന ഗതാഗത സംവിധാനത്തോട് ഉപമിക്കാം. ഈ മാർഗങ്ങൾ രേഖീയമോ ചാക്രികമോ ആയിരിക്കും. ഈ ട്രാഫിക് ജംഗ്ഷനുകളെപ്പോലെ ഒന്ന് മറ്റൊന്നിനെ മുറിച്ചു കടക്കുന്നു. വാഹനഗതാഗതം പോലെ, ഉപാപചയ വസ്തുക്കൾ കൃത്യമായ മാർഗങ്ങളിലൂടെ പ്രത്യേകനിരക്കിലും ദിശയിലും പ്രവഹിക്കുന്നു. ഈ പ്രവാഹത്തെ ശരീരനിർമാണഘടകങ്ങളുടെ പരിവർത്തനാത്മകത എന്ന് വിശേഷിപ്പിക്കുന്നു. പരസ്പരം ബന്ധപ്പെട്ടുകിടക്കുന്ന ഈ ഉപാപചയ ഗതാഗതം വളരെ സുഗമവും ആരോഗ്യാവസ്ഥയിൽ ഒരപകടം പോലും രേഖപ്പെടുത്തിയിട്ടില്ലാത്തതുമാണ് എന്നത് വളരെ പ്രധാനപ്പെട്ട ഒരു വസ്തുതയാണ്. ഓരോ രാസപ്രവർത്തനവും **ഉൽപ്രേരിത പ്രവർത്തനമാണ് (Catalysed reaction)** എന്നത് ഉപാപചയ പ്രവർത്തനങ്ങളുടെ മറ്റൊരു പ്രത്യേകത ആണ്. ജൈവ വ്യവസ്ഥകളിൽ ഉൽപ്രേരിതമല്ലാത്ത ഒരു ഉപാപചയ പരിവർത്തനവും സംഭവിക്കുന്നില്ല. ജൈവ വ്യവസ്ഥകളിൽ CO_2 ജലത്തിലലിയുന്ന ഭൗതിക പ്രവർത്തനം പോലും ഉൽപ്രേരിതപ്രവർത്തനമാണ്. നിശ്ചിത ഉപാപചയപരിവർത്തന പ്രവർത്തനങ്ങളുടെ നിരക്ക് ത്വരിതപ്പെടുത്തുന്ന ഉൽപ്രേരകങ്ങളും മാംസ്യങ്ങളാണ്. ഉൽപ്രേരകഗുണമുള്ള ഈ മാംസ്യങ്ങളെ **എൻസൈമുകൾ** അഥവാ **രാസാഗ്നികൾ** എന്നു പറയുന്നു.

9.10 ജീവന്റെ ഉപാപചയ അടിത്തറ

ലഘുഘടനയുള്ള പദാർഥങ്ങളിൽ നിന്ന് സങ്കീർണഘടനയുള്ള പദാർഥങ്ങളുടെ നിർമിതിയിലേക്കോ (ഉദാ. അസറ്റിക് ആസിഡ് കൊളസ്ട്രോൾ ആയി മാറുന്നു.) സങ്കീർണഘടനയുള്ള പദാർഥങ്ങളിൽ നിന്ന് ലഘുഘടനയുള്ള പദാർഥങ്ങളുടെ നിർമിതിയിലേക്കോ (ഉദാ. നമ്മുടെ അസ്ഥിപേശികളിൽ ഗ്ലൂക്കോസ് ലാക്ടിക് ആസിഡായി മാറുന്നു) നയിക്കാൻ ഉപാപചയ പ്രവർത്തനങ്ങൾക്ക് കഴിയുന്നു. ഇവയിൽ ആദ്യം സൂചിപ്പിച്ച പ്രവർത്തനങ്ങളെ ജൈവസംശ്ലേഷണ മാർഗങ്ങൾ അഥവാ **ഉപചയ മാർഗങ്ങൾ (Anabolic pathways)** എന്നും രണ്ടാമത് സൂചിപ്പിച്ച പ്രക്രിയയെ ജൈവവിശ്ലേഷണപ്രവർത്തനങ്ങൾ അഥവാ **അപചയ മാർഗങ്ങൾ (Catabolic pathways)** എന്നും പറയുന്നു. ഉപചയ പ്രവർത്തനങ്ങൾ ഊർജം വിനിയോഗിക്കുന്നു. ഉദാഹരണത്തിന് അമിനോ ആസിഡുകളിൽ നിന്ന് മാംസ്യം സംശ്ലേഷിപ്പിക്കുന്ന പ്രക്രിയയ്ക്ക് ഊർജം ആവശ്യമാണ്. മറിച്ച് അപചയ പ്രവർത്തനങ്ങളുടെ ഫലമായി ഊർജം സ്വതന്ത്രമാക്കപ്പെടുന്നു. ഉദാ. നമ്മുടെ അസ്ഥിപേശികളിൽ വച്ച് ഗ്ലൂക്കോസ്, ലാക്ടിക് ആസിഡായി വിഘടിക്കുമ്പോൾ ഊർജം സ്വതന്ത്രമാകുന്നു. ഗ്ലൂക്കോസ്, ലാക്ടിക് ആസിഡായി മാറുന്ന ഉപാപചയ

പ്രവർത്തനം ഈ ഉപാപചയ ഘട്ടങ്ങളിലൂടെയാണ് പൂർത്തിയാക്കപ്പെടുന്നത്. ഈ പ്രക്രിയയെ ഗ്ലൈക്കോളിസിസ് എന്ന് പറയുന്നു. അപചയസമയത്ത് സ്വതന്ത്രമാക്കപ്പെടുന്ന ഊർജം സ്വീകരിച്ച് രാസബന്ധനങ്ങളുടെ രൂപത്തിൽ ശേഖരിച്ചു വയ്ക്കാനുള്ള കഴിവ് ജീവികൾക്കുണ്ട്. നമ്മുടെ ശരീരത്തിൽ നടക്കുന്ന സംശ്ലേഷണം, വ്യതിവ്യാപനം, കായിക പ്രവർത്തനങ്ങൾ എന്നിവയ്ക്ക് ഇത്തരത്തിൽ സംഭരിക്കപ്പെട്ട ഊർജം ആവശ്യാനുസരണം ഉപയോഗിക്കപ്പെടുന്നു. ജൈവവ്യവസ്ഥകളിലെ ഏറ്റവും പ്രധാനപ്പെട്ട ഊർജനാണയം **അഡിനോസിൻ ട്രൈഫോസ്ഫേറ്റ് (ATP)** എന്ന തന്മാത്രയിൽ സംഭരിക്കപ്പെട്ടിട്ടുള്ള രാസബന്ധന ഊർജമാണ് (Bond energy).

ജീവികൾക്ക് ഊർജം ലഭിക്കുന്നത് എങ്ങനെയാണ്? ഇതിന് എന്തൊക്കെ മാർഗങ്ങളാണ് ജീവികളിലുള്ളത്? ഈ ഊർജം ഏത് രൂപത്തിലും രീതിയിലുമാണ് സംഭരിക്കുന്നത്? ഈ ഊർജത്തെ പ്രവൃത്തിയാക്കി മാറ്റുന്നതെങ്ങനെയാണ്? ഈ ചോദ്യങ്ങളുടെയൊക്കെ ഉത്തരങ്ങൾ 'ജൈവോർജപഠനം' (Bioenergetics) എന്ന വിഷയത്തിൽ ഉയർന്ന ക്ലാസ്സുകളിൽ നിങ്ങൾക്ക് മനസ്സിലാക്കാം.

9.11 ജൈവാവസ്ഥ

ജീവികളിൽ കാണപ്പെടുന്ന ആയിരക്കണക്കിന് രാസസംയുക്തങ്ങൾ അഥവാ ഉപാപചയ വസ്തുക്കൾ (ജൈവതന്മാത്രകൾ) ഓരോ ജീവിയുടെയും സവിശേഷതയ്ക്കനുസരിച്ചുള്ള അളവിലാണ് കാണപ്പെടുന്നത്. ഉദാഹരണത്തിന് ആരോഗ്യമുള്ള ഒരാളുടെ രക്തത്തിലെ ഗ്ലൂക്കോസിന്റെ ഗാഢത 4.5-5.0 mM ആയിരിക്കുമ്പോൾ ഹോർമോണുകളുടേത് നാനോഗ്രാം/mL ആയിരിക്കും. എല്ലാ ജീവജാലങ്ങളും സുസ്ഥിരമായ അവസ്ഥയിൽ നിലനിൽക്കുന്നത് അവയിൽ അടങ്ങിയിട്ടുള്ള ഓരോ ജൈവതന്മാത്രയുടെയും അളവിലുള്ള സവിശേഷത കൊണ്ടാണ് എന്നത് ജൈവവ്യവസ്ഥയുമായി ബന്ധപ്പെട്ട വളരെ പ്രധാനപ്പെട്ട വസ്തുതയാണ്. ഈ ജൈവതന്മാത്രകൾ ഒരു ഉപാപചയ വ്യൂഹത്തിനുള്ളിലാണ് സ്ഥിതി ചെയ്യുന്നത്. ഏതൊരു രാസ-ഭൗതികപ്രവർത്തനവും വളരെപ്പെട്ടെന്നു തന്നെ സന്തുലിതാവസ്ഥ പ്രാപിക്കുന്നു. സുസ്ഥിര അവസ്ഥ ഒരു അസന്തുലിത അവസ്ഥയാണ്. സന്തുലിതാവസ്ഥയിലുള്ള ഒരു വ്യൂഹത്തിന് പ്രവൃത്തി ചെയ്യാൻ സാധ്യമല്ല എന്ന് ഊർജതന്ത്രത്തിൽ പഠിച്ചിട്ടുള്ളത് ഓർമിക്കുമല്ലോ. ജീവികൾ തുടർച്ചയായി പ്രവർത്തിച്ചുകൊണ്ടിരിക്കുന്നതിനാൽ അവയ്ക്ക് സന്തുലിതാവസ്ഥ പ്രാപിക്കാൻ എളുപ്പമല്ല. **അതിനാൽ ജീവനുള്ള അവസ്ഥ എന്നത് പ്രവർത്തിയിലേർപ്പെടാൻ സഹായിക്കുന്ന ഒരു അസന്തുലിതമായ (Non-equilibrium) സുസ്ഥിര അവസ്ഥയാണ്(Steady state);** ജീവൻ എന്ന പ്രക്രിയ സന്തുലിതാവസ്ഥയിലേക്ക് എത്താതിരിക്കാനുള്ള ഒരു നിത്യപരിശ്രമമാണ്. ഇതിന് ഊർജം ആവശ്യമാണ്. ഉപാപചയപ്രക്രിയ ഊർജോത്പാദനത്തെ സഹായിക്കുന്നു. അതുകൊണ്ടുതന്നെ ജീവനുള്ള അവസ്ഥ, ഉപാപചയം എന്നിവ സമാനാർഥകമാണ്. ഉപാപചയം ഇല്ലെങ്കിൽ ജീവനുള്ള അവസ്ഥ സാധ്യമല്ല.

9.12 രാസാഗ്നികൾ

ഏതാണ്ടെല്ലാ രാസാഗ്നികളും മാംസ്യങ്ങളാണ്. ചില ന്യൂക്ലിക് ആസിഡുകൾ രാസാഗ്നികളായി പ്രവർത്തിക്കുന്നു. അവയെ റൈബോസൈമുകൾ എന്നു വിളിക്കുന്നു. ഒരു രേഖാചിത്രത്തിലൂടെ രാസാഗ്നി ചിത്രീകരിക്കാൻ കഴിയും. ഒരു രാസാഗ്നിക്ക് ഏതൊരു മാംസ്യത്തെയുംപോലെ ഒരു പ്രാഥമിക ഘടനയുണ്ടായിരിക്കും, അതായത് മാംസ്യത്തിന്റെ അമിനോ ആസിഡ് ശ്രേണി. രാസാഗ്നികൾക്ക് മാംസ്യത്തെപ്പോലെ ദ്വിതീയ ഘടനയും തൃതീയ ഘടനയുമുണ്ട്. തൃതീയ ഘടന നിരീക്ഷിക്കുകയാണെങ്കിൽ (ചിത്രം 9.4b) മാംസ്യശൃംഖലയുടെ മുഖ്യാക്ഷം സ്വയം ചുറ്റിപ്പിണഞ്ഞും തലങ്ങും വിലങ്ങും കെട്ടുപിണഞ്ഞും അനേകം കുഴികളും അറകളും രൂപപ്പെട്ടിരിക്കുന്നത് കാണാം. ഇത്തരത്തിലുള്ള ഒരു അറയാണ് 'സക്രിയ സ്ഥാനം' (Active site). ഒരു രാസാഗ്നിയിൽ അധികാരകം (Substrate) വന്നുചേർന്ന് നിൽക്കുന്ന കുഴി അല്ലെങ്കിൽ അറയാണ് സക്രിയസ്ഥാനം. അങ്ങനെ രാസാഗ്നികൾ അവയുടെ സക്രിയ സ്ഥാനങ്ങളിലൂടെ രാസപ്രവർത്തനവേഗത വർദ്ധിപ്പിക്കുന്നു. രാസാഗ്നികൾ എന്ന ഉൽപ്രേരകങ്ങൾ അകാർബണിക ഉൽപ്രേരകങ്ങളിൽ നിന്ന് പലതരത്തിൽ വ്യത്യാസപ്പെട്ടിരിക്കുന്നു. ഇവിടെ എടുത്ത് പറയേണ്ട ഒരു പ്രധാന വ്യത്യാസം അകാർബണിക ഉൽപ്രേരകങ്ങൾ ഉയർന്ന ഊഷ്മാവിലും ഉയർന്ന മർദത്തിലും കാര്യക്ഷമമായി പ്രവർത്തിക്കുന്നു, എന്നാൽ രാസാഗ്നികൾ ഉയർന്ന ഊഷ്മാവിൽ നശിക്കുന്നു (40°C ന് മുകളിൽ) എന്നതാണ്. എങ്കിലും ഉയർന്ന ഊഷ്മാവിൽ (ഉദാ. ഉഷ്ണനീരുറവകളിലും (Hot vents) ഗന്ധക ഉറവകളിലും (Sulphur springs) ജീവിക്കുന്ന ജീവികളിൽ നിന്ന് വേർതിരിച്ചെടുക്കുന്ന രാസാഗ്നികൾ സ്ഥിരതയുള്ളതും ഉയർന്ന ഊഷ്മാവിൽപ്പോലും (80-90°C) ഉൽപ്രേരകശേഷി നിലനിർത്തുന്നവയുമായിരിക്കും. ഊഷ്മാഭിമുഖ്യമുള്ള (Thermophilic) ജീവികളിൽ നിന്ന് വേർതിരിച്ചെടുക്കുന്ന രാസാഗ്നികളുടെ ഒരു പ്രധാനഗുണമാണ് താപസ്ഥിരത (Thermal Stability).

9.12.1 രാസപ്രവർത്തനങ്ങൾ

രാസാഗ്നികളെ നമുക്ക് എങ്ങനെ മനസ്സിലാക്കാം? ആദ്യം ഒരു രാസപ്രവർത്തനം എന്താണെന്ന് നോക്കാം. രാസസംയുക്തങ്ങൾ രണ്ട് തരം മാറ്റങ്ങൾക്കു വിധേയമാകുന്നു. ബന്ധനത്തിന് ഭംഗം വരാതെ സംയുക്തങ്ങളുടെ ആകൃതിക്കു മാത്രം വ്യത്യാസം വരുന്ന തരം മാറ്റങ്ങളെ ഭൗതികമാറ്റങ്ങൾ എന്നു പറയുന്നു. ദ്രവ്യത്തിന്റെ അവസ്ഥയ്ക്കുമാറ്റം ഉണ്ടാകുന്നതും ഭൗതികപ്രക്രിയയാണ്. മഞ്ഞ് ഉരുകി ജലമാകുന്നതും ജലം നീരാവിയാകുന്നതും ഭൗതികമാറ്റങ്ങൾക്കുദാഹരണങ്ങളാണ്. എന്നാൽ ബന്ധനങ്ങൾ തകരുകയും പരിവർത്തനം നടക്കുമ്പോൾ പുതിയ ബന്ധനങ്ങൾ ഉണ്ടാകുകയും ചെയ്യുന്ന തരം പ്രവർത്തനങ്ങളാണ് രാസപ്രവർത്തനങ്ങൾ.

ഉദാഹരണം:

$$Ba(OH)_2 + H_2SO_4 \rightarrow BaSO_4 + 2H_2O$$

ഇതൊരു അകാർബണിക രാസപ്രവർത്തനമാണ്. അതുപോലെ, അന്നജം ജലവിശ്ലേഷണത്തിലൂടെ ഗ്ലൂക്കോസായി മാറുന്നത് ഒരു ജൈവരാസപ്രവർത്തനമാണ്. ഒരു യൂണിറ്റ് സമയത്തിലുണ്ടാകുന്ന ഉത്പന്നങ്ങളുടെ അളവിനെ രാസമാറ്റത്തിന്റെ അഥവാ ഭൗതികമാറ്റത്തിന്റെ നിരക്ക് എന്നു പറയുന്നു. ഇത് ഇങ്ങനെ സൂചിപ്പിക്കാം:

$$\text{നിരക്ക്} = \frac{\delta P}{\delta t}$$

ഒരു രാസപ്രവർത്തനത്തിന്റെ ദിശ പ്രസ്താവിയ്ക്കപ്പെടുകയാണെങ്കിൽ നിരക്കിനെ പ്രവേഗം (Velocity) എന്നും പറയാം. രാസഭൗതികപ്രക്രിയകളുടെ നിരക്കിനെ സ്വാധീനിക്കുന്ന മറ്റു ഘടകങ്ങളിലൊന്ന് ഊഷ്മാവാണ്. ഓരോ 10°C വ്യത്യാസത്തിലും രാസപ്രവർത്തനനിരക്ക് ഓരോ ദിശയിലും ഇരട്ടിക്കുകയോ പകുതിയായി കുറയുകയോ ചെയ്യുന്നു എന്നത് ഇത് സംബന്ധിച്ച ഒരു പൊതുതത്വം ആണ്. ഉൽപ്രേരിത രാസപ്രവർത്തനങ്ങളുടെ നിരക്ക് ഉൽപ്രേരിതമല്ലാത്തവയുടെ നിരക്കിനേക്കാൾ വളരെ കൂടുതലായിരിക്കും. രാസാഗ്നികളുടെ സഹായത്താൽ നടക്കുന്ന ഉൽപ്രേരിത പ്രവർത്തനങ്ങളുടെ നിരക്ക് ഉൽപ്രേരിതമല്ലാത്ത രാസപ്രവർത്തനങ്ങളുടെ നിരക്കിനേക്കാൾ വളരെ ഉയർന്നതായിരിക്കും.

ഉദാഹരണം:

$$\underset{\text{കാർബൺ ഡൈഓക്സൈഡ്}}{CO_2} + \underset{\text{ജലം}}{H_2O} \xrightleftharpoons{\text{കാർബോണിക് അൻഹൈഡ്രേസ്}} \underset{\text{കാർബോണിക് ആസിഡ്}}{H_2CO_3}$$

രാസാഗ്നികളുടെ അഭാവത്തിൽ ഈ രാസപ്രവർത്തനം വളരെ സാവധാനത്തിലാണ് നടക്കുന്നത്. ഒരു മണിക്കൂറിൽ ഏതാണ്ട് ഇരുന്നൂറ് H_2CO_3 തന്മാത്രകൾ ഉണ്ടാകുന്നു. എന്നാൽ ശരീരദ്രവ്യത്തിലടങ്ങിയിരിക്കുന്ന കാർബോണിക് അൻഹൈഡ്രേസ് എന്ന രാസാഗ്നിയുടെ സഹായത്താൽ രാസപ്രവർത്തനവേഗത അഭൂതപൂർവമായി വർധിക്കുകയും ഓരോ സെക്കന്റിലും ഏകദേശം 600,000 തന്മാത്രകൾ ഉണ്ടാവുകയും ചെയ്യുന്നു. ഈ രാസാഗ്നി രാസപ്രവർത്തനനിരക്ക് 10 ദശലക്ഷം മടങ്ങ് വർധിപ്പിച്ചിരിക്കുന്നു. വാസ്തവത്തിൽ രാസാഗ്നികളുടെ ശക്തി പ്രവചനാതീതമാണ്.

ആയിരക്കണക്കിന് രാസാഗ്നികളുണ്ട്. അവ ഓരോന്നും ഓരോ പ്രത്യേക രാസപ്രവർത്തനങ്ങളെയോ ഉപാപചയപ്രവർത്തനങ്ങളെയോ ത്വരിതപ്പെടുത്തുന്നു. പല ഘട്ടങ്ങളുള്ള ഒരു രാസപ്രവർത്തനത്തിലെ ഓരോ ഘട്ടത്തെയും ഒരേ സങ്കീർണ രാസാഗ്നിയോ (Enzyme complex) വ്യത്യസ്ത രാസാഗ്നികളോ ത്വരിതപ്പെടുത്തുകയാണെങ്കിൽ, അതിനെ ഒരു ഉപാപചയമാർഗം (Metabolic pathway) എന്ന് പറയുന്നു. ഉദാഹരണം:

ഗ്ലൂക്കോസ് → 2 പൈറൂവിക് ആസിഡ്

$$C_6H_{12}O_6 + O_2 \rightarrow 2C_3H_4O_3 + 2H_2O$$

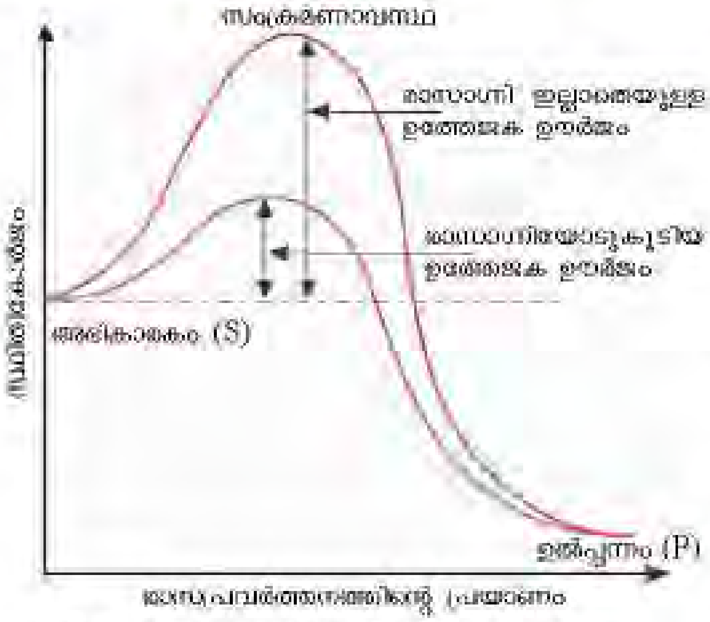
ഇതൊരു ഉപാപചയ മാർഗം ആണ്. ഇതിൽ പത്ത് വ്യത്യസ്ത രാസാഗ്നികളാൽ ഉൽപ്രേരിതമായ ഉപാപചയപ്രവർത്തനങ്ങളുടെ ഫലമായി ഗ്ലൂക്കോസ് പൈറൂവിക് ആസിഡായി മാറുന്നു. 14-ാമത്തെ അധ്യായത്തിൽ ശ്വസനം പഠിക്കുമ്പോൾ ഈ പ്രവർത്തനങ്ങളെക്കുറിച്ച് വിശദമായി നിങ്ങൾക്ക് മനസ്സിലാക്കാൻ കഴിയും. ഇതേ ഉപാപചയമാർഗത്തിൽ ഒന്നോ രണ്ടോ അധികരാസപ്രവർത്തനങ്ങളിലൂടെ വിവിധങ്ങളായ ഉപാപചയ ഉൽപ്പന്നങ്ങൾ രൂപപ്പെടുന്നുണ്ട് എന്ന് നിങ്ങൾ മനസ്സിലാക്കണം. അവായവ (Anaerobic) സാഹചര്യങ്ങളിൽ നമ്മുടെ അസ്ഥിപേശിയിൽ ലാക്ടിക് ആസിഡ് ഉണ്ടാകുന്നു. എന്നാൽ സ്വാഭാവിക വായവ (Aerobic) സാഹചര്യങ്ങളിൽ പൈറൂവിക് ആസിഡ് ഉണ്ടാകുന്നു. യീസ്റ്റിൽ ഫെർമന്റേഷൻ നടക്കുമ്പോൾ ഇതേ മാർഗത്തിലൂടെ എഥനോൾ (ആൽക്കഹോൾ) ആണ് ഉണ്ടാകുന്നത്. അങ്ങനെ വ്യത്യസ്ത സാഹചര്യങ്ങളിൽ വ്യത്യസ്ത ഉൽപ്പന്നങ്ങൾ രൂപപ്പെടുന്നു.

9.12.2 രാസാഗ്നികൾ എങ്ങനെയാണ് ഉയർന്ന നിരക്കിലുള്ള രാസപരിവർത്തനങ്ങൾക്ക് കാരണമാകുന്നത്?

ഇത് മനസ്സിലാക്കുന്നതിന് നാം രാസാഗ്നികളെക്കുറിച്ച് കുറച്ച് കാര്യങ്ങൾ കൂടി പഠിക്കേണ്ടതുണ്ട്. 'സക്രിയ സ്ഥാനങ്ങളെ' കുറിച്ച് നമുക്ക് ധാരണയുണ്ടല്ലോ. ഉപാപചയ പരിവർത്തനം എന്നതു കൊണ്ടുദ്ദേശിക്കുന്നത് രാസപ്രവർത്തനം തന്നെയാണ്. ഉൽപ്പന്നമായി മാറുന്ന രാസവസ്തുവിനെ അഭികാരകം എന്ന് പറയുന്നു. രാസാഗ്നികൾ, അതായത് 'സക്രിയ സ്ഥാനങ്ങ'ളോടുകൂടിയ ത്രിമാന ഘടനയുള്ള മാംസ്യങ്ങൾ അഭികാരകത്തെ (S) ഉൽപ്പന്നമാക്കി (P) മാറ്റുന്നു. ഇത് പ്രതീകാത്മകമായി ഇങ്ങനെ സൂചിപ്പിക്കാം

$$S \rightarrow P$$

അതായത് അഭികാരകം (S), രാസാഗ്നിയുടെ 'സക്രിയ സ്ഥാനത്ത്' ബന്ധിക്കപ്പെടുന്നു എന്ന് മനസ്സിലാക്കുക. തുടർന്ന് അവശ്യം ഉണ്ടാകേണ്ട രാസാഗ്നി- അഭികാരകസംയുക്തം (ES) രൂപപ്പെടുന്നു. E രാസാഗ്നിയെ സൂചിപ്പിക്കുന്നു. ഈ പ്രക്രിയ ഒരു താൽക്കാലിക പ്രതിഭാസമാണ്. ഒരു അഭികാരകം രാസാഗ്നിയുടെ സക്രിയ സ്ഥാനത്ത് ബന്ധിക്കപ്പെടുന്നതോടെ അഭികാരകത്തിന് സംക്രമണാവസ്ഥയിലുള്ള (Transition state) ഒരു പുതിയ ഘടന കൈവരുന്നു. പ്രതീക്ഷിച്ച ബന്ധനം വിഘടിക്കപ്പെടുകയോ രൂപപ്പെടുകയോ ചെയ്യുന്ന മാത്രയിൽ, സക്രിയ സ്ഥാനത്ത് നിന്ന് ഉൽപ്പന്നം സ്വതന്ത്രമാക്കപ്പെടുന്നു. മറ്റൊരുതരത്തിൽ പറഞ്ഞാൽ അഭികാരകത്തിന്റെ ഘടന ഉൽപ്പന്നത്തിന്റെ ഘടനയായി പരിവർത്തനം ചെയ്യപ്പെടുന്നു. ഈ പരിവർത്തന പാത സംക്രമണാവസ്ഥയിലുള്ള ഘടനയിലൂടെ കടന്നുപോകുന്നു. സുസ്ഥിരഘടനയുള്ള അഭികാരകത്തിനും ഉൽപ്പന്നത്തിനും ഇടയിലായി ഇത്തരം ധാരാളം 'വ്യതിചലിത ഘടനാ അവസ്ഥകൾ' (Altered structural states) കാണപ്പെടുന്നു.



ചിത്രം 9.6 ഉത്തേജക ഊർജം എന്ന ആശയം

അധികാരകത്തിനും ഉൽപ്പന്നത്തിനും ഇടയിലുള്ള ഘടനാവസ്ഥകളെല്ലാം തന്നെ അസ്ഥിരമാണ് എന്നതാണ് ഈ പ്രസ്താവന കൊണ്ട് ഉദ്ദേശിക്കുന്നത്. സ്ഥിരത എന്നത് തൻമാത്രയുടെ അല്ലെങ്കിൽ ഘടനയുടെ ഊർജനിലയുമായി ബന്ധപ്പെട്ടിരിക്കുന്ന ഒന്നാണ്. ഇതൊരു ഗ്രാഫിക് ചിത്രീകരണത്തിലൂടെ നിരീക്ഷിക്കുകയാണെങ്കിൽ അത് ചിത്രം 9.6 ലേതു പോലെയായിരിക്കും.

Y - അക്ഷം സ്ഥിതികോർജത്തെ (Potential energy) പ്രതിനിധീകരിക്കുന്നു. X - അക്ഷം ഘടനാപരിവർത്തനത്തെയോ 'സംക്രമണാവസ്ഥയിലൂടെ' കടന്നുപോകുന്ന മറ്റ് അവസ്ഥകളെയോ സൂചിപ്പിക്കുന്നു. ഇവിടെ രണ്ട് കാര്യങ്ങൾ നിങ്ങളുടെ ശ്രദ്ധയിൽപ്പെടും. S നും P യ്ക്കും ഇടയിലുള്ള ഊർജനിലയിലെ വ്യത്യാസം. 'P' യുടെ ഊർജനില 'S' ന്റെ ഊർജനിലയെക്കാൾ കുറഞ്ഞിരിക്കുകയാണെങ്കിൽ അതൊരു താപമോചക (Exothermic) രാസപ്രവർത്തനമായിരിക്കും. ഇവിടെ ഉൽപ്പന്നം ഉണ്ടാകുന്നതിന് ഊർജം നൽകേണ്ടതില്ല (താപം നൽകേണ്ടതില്ല). എന്നിരുന്നാലും താപമോചക അല്ലെങ്കിൽ സ്വയംപ്രവർത്തിത (Spontaneous) അല്ലെങ്കിൽ താപാഗിരണ (Endothermic) അഥവാ ഊർജം ആവശ്യമുള്ള പ്രവർത്തനത്തിലായാലും 'S' ന് ഉയർന്ന ഊർജാവസ്ഥയിൽ അല്ലെങ്കിൽ സംക്രമണാവസ്ഥയിലൂടെ കടന്നു പോകേണ്ടതായി വരും. സംക്രമണാവസ്ഥയിൽ നിന്ന് 'S' ന്റെ ശരാശരി ഊർജത്തിന്റെ അളവിലുള്ള വ്യത്യാസത്തെ 'ഉത്തേജക ഊർജം' (Activation energy) എന്നു പറയുന്നു.

രാസാഗ്നികൾ ഈ ഉത്തേജക ഊർജത്തിന്റെ പരിധി കുറച്ചു കൊണ്ട് 'S' ൽ നിന്ന് 'P' യിലേക്കുള്ള പരിവർത്തനം എളുപ്പമാക്കുന്നു.

9.12.3 രാസാഗ്നികളുടെ പ്രവർത്തനസ്വഭാവം

ഓരോ രാസാഗ്നി (E) തൻമാത്രയിലും അധികാരകം (S) വന്നു ചേരുന്ന ഒരു സ്ഥാനമുണ്ട്. അങ്ങനെ ഉയർന്ന പ്രവർത്തനശേഷിയുള്ള രാസാഗ്നി - അധികാരക സംയുക്തം (ES) രൂപപ്പെടുന്നു. ഈ സംയുക്തം ക്ഷണനേരം കൊണ്ട് ഉൽപ്പന്നങ്ങളായി (P) വിഘടിച്ച് മാറ്റത്തിന് വിധേയമാകാത്ത രാസാഗ്നികളുമായി ചേർന്ന് രാസാഗ്നി-ഉൽപ്പന്ന സംയുക്തം (EP) ഉണ്ടാകുന്നു.

രാസപ്രവർത്തനവേഗത ത്വരിതപ്പെടുത്തുന്നതിന് ES സംയുക്തത്തിന്റെ രൂപീകരണം അനിവാര്യമാണ്.

$$E + S \rightleftharpoons ES \longrightarrow EP \longrightarrow E + P$$

രാസാഗ്നികളുടെ രാസത്വരകചാക്രിയ (Catalytic cycle) പ്രവർത്തനങ്ങളെ താഴെപ്പറയുന്ന ഘട്ടങ്ങളിലൂടെ വിശദീകരിക്കാം.

1. ആദ്യം അധികാരകം രാസാഗ്നിയുടെ സക്രിയ സ്ഥാനത്ത് പറ്റിപ്പിടിക്കുന്നു.
2. അധികാരകം പറ്റിപ്പിടിക്കുന്നതോടെ, രാസാഗ്നിയുടെ രൂപം വ്യത്യാസപ്പെടുന്നു. അത് അധികാരകത്തെ ദൃഢമായി ഉറപ്പിച്ചു നിർത്തുന്നു.
3. അധികാരകവുമായി ചേർന്നിരിക്കുന്ന രാസാഗ്നിയുടെ സക്രിയ സ്ഥാനം അധികാരകത്തിലെ രാസബന്ധനങ്ങളെ വിഘടിപ്പിക്കുകയും പുതിയ രാസാഗ്നി – ഉൽപ്പന്ന സംയുക്തമുണ്ടാവുകയും ചെയ്യുന്നു.
4. രാസാഗ്നി ഉൽപ്പന്നത്തെ സ്വതന്ത്രമാക്കുകയും സ്വതന്ത്രമായ രാസാഗ്നി അടുത്ത അധികാരകതൻമാത്രയുമായി ചേരാൻ തയാറാവുകയും വീണ്ടും രാസത്വരകചക്രത്തിലൂടെ കടന്നു പോവുകയും ചെയ്യുന്നു.

9.12.4 രാസാഗ്നിയുടെ പ്രവർത്തനത്തെ സ്വാധീനിക്കുന്ന ഘടകങ്ങൾ

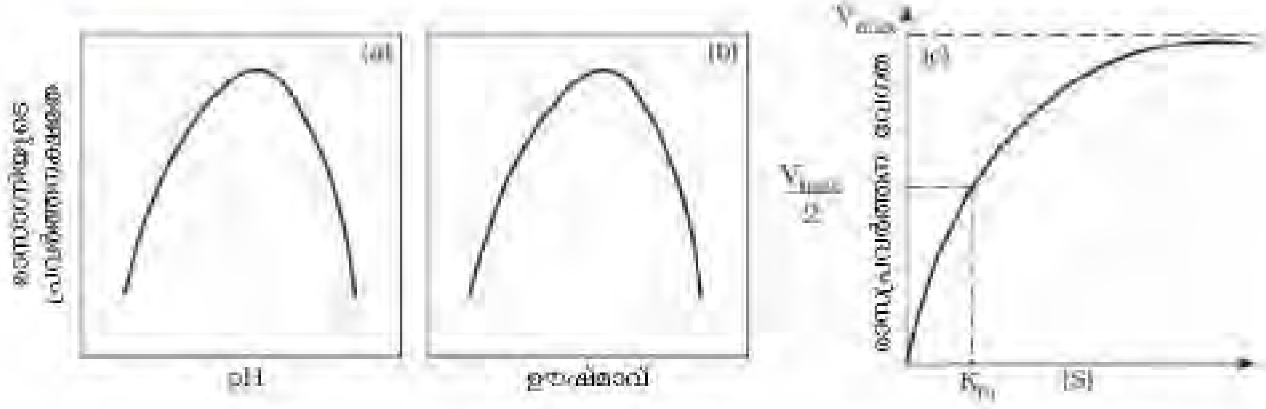
മാംസ്യത്തിന്റെ തൃതീയ ഘടനയിൽ വ്യത്യാസം വരുത്താൻ കഴിവുള്ള സാഹചര്യങ്ങളിലുണ്ടാകുന്ന മാറ്റം രാസാഗ്നിയുടെ പ്രവർത്തനത്തെ സ്വാധീനിക്കുന്നു. ഇവ പ്രധാനമായും ഊഷ്മാവ്, pH, അധികാരകങ്ങളുടെ ഗാഢതാ വ്യത്യാസം അഥവാ അവയുടെ പ്രവർത്തനങ്ങളെ നിയന്ത്രിക്കുന്ന നിർദിഷ്ട രാസപദാർഥങ്ങളുടെ ബന്ധനം എന്നിവയാണ്.

ഊഷ്മാവ്, pH

പൊതുവെ, രാസാഗ്നികൾ കാര്യക്ഷമമായി പ്രവർത്തിക്കുന്നത് ഊഷ്മാവ്, pH എന്നിവയുടെ നേർത്ത പരിധിക്കുള്ളിലാണ് (ചിത്രം 9.7). ഓരോ രാസാഗ്നിയും അതിന്റെ ഏറ്റവും ഉയർന്ന നിരക്കിലുള്ള പ്രവർത്തനം കാഴ്ചവയ്ക്കുന്നത് അതിന്റെ നിശ്ചിത അനുകൂല ഊഷ്മാവിലും (Optimum temperature) അനുകൂല pH (Optimum pH) ലുമാണ്. ഈ നിശ്ചിത അളവിലുണ്ടാകുന്ന വർധനവും കുറവും അവയുടെ പ്രവർത്തനക്ഷമത കുറയ്ക്കും. എന്നാൽ താഴ്ന്ന ഊഷ്മാവിൽ രാസാഗ്നി ഒരു നിഷ്ക്രിയാവസ്ഥയിൽ താൽക്കാലികമായി സംരക്ഷിക്കപ്പെടുന്നു. എന്നാൽ ഉയർന്ന ഊഷ്മാവിൽ മാംസ്യങ്ങൾ ശിഥിലീകരിക്കപ്പെടുന്നതിനാൽ രാസാഗ്നിയുടെ പ്രവർത്തനം നിലയ്ക്കുന്നു.

അധികാരകങ്ങളുടെ ഗാഢത

അധികാരകങ്ങളുടെ ഗാഢത വർധിക്കുന്നതിനനുസരിച്ച് തുടക്കത്തിൽ രാസപ്രവർത്തനവേഗത വർധിക്കുന്നു. രാസപ്രവർത്തനവേഗത പരമാവധി (V_{max}) വർധിച്ചു കഴിഞ്ഞാൽ പിന്നീടങ്ങോട്ട് അധികാരകങ്ങളുടെ ഗാഢതയിലുണ്ടാകുന്ന വർധനവ് വേഗതയെ സ്വാധീനിക്കുന്നില്ല. രാസാഗ്നി തൻമാത്രകളുടെ എണ്ണം അധികാരകങ്ങളുടെ എണ്ണത്തേക്കാൾ കുറയുന്നതാണ് ഇതിനു കാരണം. അധികമുള്ള അധികാരകതൻമാത്രകളുമായി പ്രവർത്തിക്കുന്നതിനാവശ്യമായ സ്വതന്ത്ര രാസാഗ്നികൾ ലഭ്യമാകുന്നില്ല (ചിത്രം 9.7).



ചിത്രം 9.7 രാസാഗ്നിയുടെ പ്രവർത്തനക്ഷമതയിൽ : (a) pH (b) ഊഷ്മാവ് (c) അധികാരകത്തിന്റെ ഗാഢത എന്നിവയിലെ മാറ്റങ്ങൾ ഉണ്ടാക്കുന്ന ഫലങ്ങൾ.

രാസാഗ്നിയുമായി പ്രവർത്തിക്കുന്ന പ്രത്യേക രാസവസ്തുക്കളുടെ സാന്നിദ്ധ്യം അവയുടെ പ്രവർത്തനത്തെ സ്വാധീനിക്കുന്നു. രാസവസ്തുക്കളുടെ സാന്നിദ്ധ്യത്താൽ രാസാഗ്നികളുടെ പ്രവർത്തനം നിലയ്ക്കുന്ന പ്രക്രിയയെ **രോധനം (Inhibition)** എന്നും അത്തരം വസ്തുക്കളെ **രോധകങ്ങൾ (Inhibitors)** എന്നും പറയുന്നു.

രോധകങ്ങൾ ചിലപ്പോൾ അധികാരകങ്ങളുമായി തൻമാത്രാഘടനയിൽ അടുത്ത സാദൃശ്യം പുലർത്തുകയും രാസാഗ്നിയുടെ പ്രവർത്തനം തടയുകയും ചെയ്യുന്നു. ഇവയെ **മത്സരരോധകം** (Competitive inhibitor) എന്നു പറയുന്നു. അധികാരകങ്ങളുമായുള്ള ഘടനാസാദൃശ്യത്താൽ, രാസാഗ്നിയുടെ സക്രിയ സ്ഥാനം കൈയടക്കുന്നതിനായി രോധകങ്ങൾ അധികാരകങ്ങളുമായി മത്സരിക്കുന്നു. തൽഫലമായി അധികാരകങ്ങൾക്ക് സക്രിയസ്ഥാനത്ത് ബന്ധപ്പെടാൻ കഴിയാതെ വരികയും രാസപ്രവർത്തനനിരക്ക് കുറയുകയും ചെയ്യുന്നു. ഉദാ: സക്സിനേറ്റ് എന്ന അധികാരകവുമായി ഘടനാസാദൃശ്യം പുലർത്തുന്ന മാലൊണേറ്റ്, സക്സിനിക് ഡീഹൈഡ്രോജനേസ് എന്ന രാസാഗ്നിയുടെ പ്രവർത്തനത്തെ തടയുന്നു. ഇത്തരം മത്സരരോധകങ്ങൾ രോഗകാരികളായ ബാക്ടീരിയകളെ നിയന്ത്രിക്കാൻ ഉപയോഗിക്കുന്നു.

9.12.5 രാസാഗ്നികളുടെ നാമകരണവും വർഗീകരണവും

ആയിരക്കണക്കിന് രാസാഗ്നികളെ കണ്ടെത്തുകയും വേർതിരിച്ചെടുക്കുകയും അവയെക്കുറിച്ച് പഠനങ്ങൾ നടത്തുകയും ചെയ്തിട്ടുണ്ട്. ഇവ ത്വരിതപ്പെടുത്തുന്ന രാസപ്രവർത്തനങ്ങളുടെ സ്വഭാവമനുസരിച്ച് രാസാഗ്നികളെ വിവിധ ഗ്രൂപ്പുകളായി തരംതിരിച്ചിരിക്കുന്നു. രാസാഗ്നികളെ 6 ക്ലാസുകളായും ഓരോ ക്ലാസിനെയും 4 മുതൽ 13 വരെ ഉപക്ലാസുകളായും തിരിച്ചിരിക്കുന്നു. ഒരു നാലക്ക സംഖ്യകൊണ്ട് ഇവയ്ക്ക് പേരു നൽകിയിരിക്കുന്നു.

ഓക്സിഡോറിഡക്റ്റേസുകൾ/ ഡീഹൈഡ്രോജനേസുകൾ - രണ്ട് അധികാരകങ്ങൾ തമ്മിലുള്ള ഓക്സീകരണ-നിരോക്സീകരണ പ്രവർത്തനങ്ങളെ ത്വരിതപ്പെടുത്തുന്ന രാസാഗ്നികൾ. ഉദാഹരണം:

S നിരോക്സീകരിക്കപ്പെട്ടത് + S' ഓക്സീകരിക്കപ്പെട്ടത് $\longrightarrow$ S ഓക്സീകരിക്കപ്പെടുന്നു + S' നിരോക്സീകരിക്കപ്പെടുന്നു

ട്രാൻസ്ഫറേസുകൾ: ഒരു ജോഡി അധികാരകങ്ങൾ തമ്മിൽ പ്രവർത്തിക്കുമ്പോൾ അവയ്ക്കിടയിൽ ഹൈഡ്രജൻ ഒഴികെയുള്ള ഒരു ഗ്രൂപ്പിന്റെ സ്ഥാനമാറ്റത്തെ ത്വരിതപ്പെടുത്തുന്നു. ഉദാഹരണം:

$$S - G + S' \longrightarrow S + S' - G$$

ഹൈഡ്രോലേസുകൾ: എസ്റ്റർ, ഈഥർ, പെപ്റ്റൈഡ്, ഗ്ലൈക്കോസിഡിക്, C-C, C-ഹാലൈഡ് അല്ലെങ്കിൽ P-N ബന്ധങ്ങളുടെ ജലവിശ്ലേഷണത്തെ ത്വരിതപ്പെടുത്തുന്ന രാസാഗ്നികൾ.

ലയേസുകൾ: ജലവിശ്ലേഷണം ഒഴികെയുള്ള പ്രവർത്തനങ്ങളിലൂടെ ദ്വിബന്ധനങ്ങളെ അവശേഷിപ്പിച്ച് അധികാരകങ്ങളിൽനിന്ന് ഗ്രൂപ്പുകളെ നീക്കം ചെയ്യാൻ സഹായിക്കുന്ന രാസാഗ്നികൾ.

ഐസോമറേസുകൾ: വിവിധതരം ഐസോമറുകളുടെ പരസ്പര പരിവർത്തനത്തെ ത്വരിതപ്പെടുത്തുന്ന എല്ലാ രാസാഗ്നികളും ഈ വിഭാഗത്തിൽപ്പെടുന്നു.

ലിഗേസുകൾ: രണ്ട് സംയുക്തങ്ങളുടെ പരസ്പര ബന്ധം ത്വരിതപ്പെടുത്തുന്ന രാസാഗ്നികൾ, ഉദാ: C-O, C-S, C-N, P-O ബന്ധനങ്ങൾ ത്വരിതപ്പെടുത്തുന്ന രാസാഗ്നികൾ.

9.12.6. സഹഘടകങ്ങൾ (Co- factors)

രാസാഗ്നികൾ ഒന്നോ അതിലധികമോ പോളിപെപ്റ്റൈഡ് ശൃംഖലകളാൽ നിർമിതമാണ്. എന്നിരുന്നാലും രാസാഗ്നികളെ സക്രിയമാക്കുന്ന സഹഘടകങ്ങൾ എന്നറിയപ്പെടുന്ന മാംസ്യേതര ഘടകങ്ങൾ പല രാസാഗ്നികളിലും ചേർന്ന് കാണപ്പെടുന്നു. ഈ സന്ദർഭത്തിൽ രാസാഗ്നികളിലെ മാംസ്യഘടകങ്ങളെ അപോഎൻസൈം (Apoenzyme) എന്നു പറയുന്നു. സഹഘടകങ്ങൾ മൂന്ന് തരത്തിലുണ്ട്- പ്രോസ്തെറ്റിക് ഗ്രൂപ്പുകൾ, സഹ-രാസാഗ്നികൾ (Co-enzymes), ലോഹ അയോണുകൾ.

പ്രോസ്തെറ്റിക് ഗ്രൂപ്പുകൾ കാർബണിക സംയുക്തങ്ങളാണ്. മറ്റു സഹഘടകങ്ങളിൽ നിന്ന് വിഭിന്നമായി ഇവ അപോഎൻസൈമുമായി ദൃഢമായി ബന്ധപ്പെട്ടിരിക്കുന്നു. ഉദാ., ഹൈഡ്രജൻ പെറോക്സൈഡിനെ ജലവും ഓക്സിജനുമായി വിഘടിപ്പിക്കുന്ന പെറോക്സിഡേസ്, കാറ്റലേസ് എന്നീ രാസാഗ്നികളിൽ ഹീം (Haem) പ്രോസ്തെറ്റിക് ഗ്രൂപ്പായി പ്രവർത്തിക്കുന്നു. ഇത് രാസാഗ്നിയുടെ സക്രിയ സ്ഥാനത്തിന്റെ ഒരു ഭാഗമായി വർത്തിക്കുന്നു.

സഹരാസാഗ്നികളും കാർബണിക സംയുക്തങ്ങളാണ്, പക്ഷേ അവ അപോ എൻസൈമുമായി താൽക്കാലികമായ ബന്ധനത്തിൽ ഏർപ്പെട്ടിരിക്കുന്നു. ഈ ബന്ധനം മിക്കവാറും രാസത്വരണ പ്രക്രിയയ്ക്കിടയിലാണ് സംഭവിക്കുന്നത്. രാസാഗ്നികൾ ത്വരിതപ്പെടുത്തുന്ന പല രാസപ്രവർത്തനങ്ങളിലും സഹ-രാസാഗ്നികൾ സഹഘടകങ്ങളായി പ്രവർത്തിക്കുന്നു. പല സഹ-രാസാഗ്നികളിലെയും അവശ്യഘടകങ്ങളായി പ്രവർത്തിക്കുന്നത് വിറ്റാമിനുകളാണ്. ഉദാ., നിക്കോട്ടിനാമൈഡ് അഡിനിൻ ഡൈന്യൂക്ലിയോടൈഡ് (NAD) , NADP എന്നീ സഹ-രാസാഗ്നികളിൽ നിയാസിൻ എന്ന വൈറ്റമിൻ അടങ്ങിയിരിക്കുന്നു.

പല രാസാഗ്നികളുടെയും പ്രവർത്തനത്തിന് ലോഹ അയോണുകൾ ആവശ്യമാണ്. ഇവ സക്രിയസ്ഥാനങ്ങളിലെ പാർശ്വശൃംഖലകളിൽ സഹസംയോജക ബന്ധനങ്ങൾ രൂപപ്പെടുത്തുന്നു. അതേസമയം ഇവ അധികാരകവുമായി ഒന്നോ അതിലധികമോ സഹസംയോജക ബന്ധനങ്ങളുണ്ടാകുന്നു. ഉദാ. മാംസ്യവിശ്ലേഷണ രാസാഗ്നിയായ കാർബോക്സിപെപ്റ്റിഡേസിൽ അടങ്ങിയിരിക്കുന്ന സഹഘടകം സിങ്ക് ആണ്.

സഹഘടകത്തെ നീക്കം ചെയ്താൽ രാസാഗ്നികളുടെ രാസത്വരണശേഷി നഷ്ടപ്പെടുന്നു. ഇത് രാസാഗ്നിയുടെ ഉൽപ്രേരകശേഷിയിൽ സഹഘടകങ്ങൾ വഹിക്കുന്ന പങ്ക് നിർണായകമാണെന്ന് തെളിയിക്കുന്നു.

സംഗ്രഹം

ജീവികൾക്കിടയിൽ എടുത്തു പറയത്തക്ക വൈജാത്യമുണ്ടെങ്കിലും അവയിലെ രാസഘടകങ്ങളിലും ഉപാപചയ പ്രവർത്തനങ്ങളിലും വളരെയേറെ സാദൃശ്യമുണ്ട്. ജീവികളിലെയും അജീവീയ ഘടകങ്ങളിലെയും മൂലകങ്ങളുടെ നിർമിതിയിലും സമാനതകളുണ്ട്. എന്നിരുന്നാലും ജീവീയ വ്യവസ്ഥയിൽ കാർബൺ, ഹൈഡ്രജൻ, ഓക്സിജൻ എന്നിവയുടെ അളവ് അജീവീയ ഘടകങ്ങളെ അപേക്ഷിച്ച് വളരെ കൂടുതലാണെന്ന് സൂക്ഷ്മമായ പരിശോധനകളിലൂടെ തെളിയിക്കപ്പെട്ടിട്ടുണ്ട്. ജീവികളിൽ ഏറ്റവും കൂടുതലായി കാണപ്പെടുന്ന രാസസംയുക്തം ജലമാണ്. തൻമാത്രാഭാരം കുറഞ്ഞ (<1000 Da) ആയിരക്കണക്കിന് ജൈവതൻമാത്രകളുണ്ട്. അമിനോ ആസിഡുകൾ, മോണോസാക്കറൈഡ്, ഡൈസാക്കറൈഡ് പഞ്ചസാരകൾ, ഫാറ്റി ആസിഡുകൾ, ഗ്ലിസറോൾ, ന്യൂക്ലിയോടൈഡുകൾ, ന്യൂക്ലിയോസൈഡുകൾ, നൈട്രജൻ ബേസുകൾ തുടങ്ങിയവ ജീവികളിൽ കാണപ്പെടുന്ന ചില കാർബണിക സംയുക്തങ്ങളാണ്. 20 തരത്തിലുള്ള അമിനോ ആസിഡുകളും 5 തരം ന്യൂക്ലിയോടൈഡുകളും കാണപ്പെടുന്നു. എണ്ണകളും കൊഴുപ്പുകളും ഗ്ലിസറൈഡുകളാണ്. ഇതിൽ ഫാറ്റി ആസിഡുകൾ ഗ്ലിസറോളുകളുമായി എസ്റ്ററീകരിക്കപ്പെടുന്നു. ഫോസ്ഫോലിപിഡുകളിൽ ഫോസ്ഫോറിലേറ്റഡ് നൈട്രജനിക സംയുക്തം അടങ്ങിയിരിക്കുന്നു.

മാംസ്യങ്ങൾ, ന്യൂക്ലിക് ആസിഡുകൾ, പോളിസാക്കറൈഡുകൾ എന്നിങ്ങനെ 3 തരം സ്ഥൂലതൻമാത്രകൾ മാത്രമാണ് ജൈവവ്യവസ്ഥകളിൽ കാണപ്പെടുന്നത്. ലിപിഡുകൾ, സ്തരങ്ങളുമായി ബന്ധപ്പെട്ട് കാണുന്നതിനാൽ സ്ഥൂലതൻമാത്രാഭാഗത്ത് പെടുന്നു. ജൈവസ്ഥൂലതൻമാത്രകൾ പോളിമറുകളാണ്. ഇവ വ്യത്യസ്ത നിർമാണഘടകങ്ങളാൽ നിർമിതമാണ്. മാംസ്യങ്ങൾ അമിനോ ആസിഡുകളാൽ നിർമിക്കപ്പെട്ടിരിക്കുന്ന ഹെറ്റെറോപോളിമറുകളാണ്. ന്യൂക്ലിക് ആസിഡുകൾ (RNA യും DNA യും) ന്യൂക്ലിയോടൈഡുകളാൽ നിർമിതമായിരിക്കുന്നു. ജൈവസ്ഥൂലതൻമാത്രകൾ ഘടനയിൽ പ്രഥമ, ദ്വിതീയ, തൃതീയ, ചതുർഥാന എന്നിങ്ങനെ ഒരു വിന്യാസക്രമം പ്രകടിപ്പിക്കുന്നു. ന്യൂക്ലിക് ആസിഡുകൾ ജനിതകവസ്തുവായി പ്രവർത്തിക്കുന്നു. സസ്യങ്ങളിലെയും ഫംഗസുകളിലെയും കോശഭിത്തി, ആർത്രോപോഡുകളുടെ പുറന്തോട് എന്നിവ പോളിസാക്കറൈഡുകളാൽ നിർമിക്കപ്പെട്ടിരിക്കുന്നു. കൂടാതെ ഇവ ഊർജത്തിന്റെ സംഭരണരൂപമാണ് (ഉദാ., അന്നജം, ഗ്ലൈക്കോജൻ). മാംസ്യങ്ങൾ വിവിധ കോശധർമങ്ങൾ നിർവഹിക്കുന്നു. പല മാംസ്യങ്ങളും രാസാഗ്നികളാണ്. ചിലവ ആന്റിബോഡികൾ, ഗ്രാഹികൾ, ഹോർമോണുകൾ, ഘടനാ മാംസ്യങ്ങൾ എന്നീ രൂപത്തിൽ സ്ഥിതി ചെയ്യുന്നു. ജന്തുലോകത്ത് ഏറ്റവും കൂടുതലായി കാണപ്പെടുന്ന മാംസ്യം കൊളാജനും ജീവമണ്ഡലത്തിൽ ഏറ്റവും കൂടുതലുള്ള മാംസ്യം റിബുലോസ് ബിസ്ഫോസ്ഫേറ്റ് കാർബോക്സിലേസ് - ഓക്സിജനേസും (RuBisCO) ആണ്.

കോശത്തിനകത്തെ ജൈവരാസപ്രവർത്തനങ്ങൾ ത്വരിതപ്പെടുത്തുന്ന മാംസ്യങ്ങളാണ് രാസാഗ്നികൾ. ഉൽപ്രേരകശേഷിയുള്ള ന്യൂക്ലിക് ആസിഡുകളാണ് റൈബോസൈമുകൾ. മാംസ്യനിർമിതമായ രാസാഗ്നികൾ പ്രത്യേക അവസ്ഥകളിൽ മാത്രം പ്രവർത്തിക്കുന്നവയാണ്. കൂടാതെ അവ നിശ്ചിത ഊഷ്മാവിലും നിശ്ചിത pH ലും നന്നായി പ്രവർത്തിക്കുന്നു. ഉന്നത ഊഷ്മാവുകളിൽ ഇവ നിഷ്ക്രിയമായിത്തീരുന്നു. രാസാഗ്നികൾ രാസപ്രവർത്തനങ്ങളുടെ ഉത്തേജക ഊർജനില കുറയ്ക്കുകയും രാസപ്രവർത്തനവേഗത ഗണ്യമായി വർധിപ്പിക്കുകയും ചെയ്യുന്നു. ന്യൂക്ലിക് ആസിഡുകൾ ജനിതകവിവരങ്ങൾ വഹിക്കുന്നു. ഇവ ഒരു തലമുറയിൽ നിന്ന് അടുത്ത തലമുറയിലേക്ക് കൈമാറ്റം ചെയ്യപ്പെടുന്നു.

പരിശീലന പ്രവർത്തനങ്ങൾ

1. സ്ഥൂലതന്മാത്രകൾ എന്നാലെന്ത്? ഉദാഹരണമെഴുതുക?
2. ഒരു ഗ്ലൈക്കോസിഡിക ബന്ധനം, പെപ്റ്റൈഡ് ബന്ധനം, ഫോസ്ഫോ-ഡൈഎസ്റ്റർ ബന്ധനം എന്നിവ ചിത്രീകരിക്കുക
3. മാംസ്യത്തിന്റെ ത്രിതീയ ഘടന എന്നതുകൊണ്ട് എന്താണ് അർഥമാക്കുന്നത്?
4. തന്മാത്രാഭാരം കുറഞ്ഞ 10 ജൈവതന്മാത്രകൾ കണ്ടെത്തി അവയുടെ ഘടന എഴുതുക? ഇത്തരം സംയുക്തങ്ങൾ ഉൽപാദിപ്പിക്കുന്ന വ്യവസായസ്ഥാപനങ്ങൾ കണ്ടെത്തുക? ഇവയുടെ ഉപഭോക്താക്കൾ ആരാണെന്ന് കണ്ടെത്തുക
5. മാംസ്യങ്ങൾക്കൊരു പ്രാഥമിക ഘടനയുണ്ട്. ഒരു മാംസ്യത്തിന്റെ രണ്ട് അഗ്രങ്ങളിലും ഏത് അമിനോ ആസിഡാണെന്ന് കണ്ടെത്താൻ ഒരു മാർഗം നിങ്ങൾക്ക് നിർദ്ദേശിക്കുകയാണെങ്കിൽ ആദ്യം സൂചിപ്പിച്ച പ്രസ്താവന മാംസ്യത്തിന്റെ ശുദ്ധതയുമായി എങ്ങനെ ബന്ധിപ്പിക്കും?
6. ചികിത്സാവശ്യത്തിനായി ഉപയോഗപ്പെടുത്തുന്ന മാംസ്യങ്ങളുടെ ഒരു പട്ടിക തയാറാക്കുക? മാംസ്യങ്ങളുടെ മറ്റു പ്രയോജനങ്ങൾ കണ്ടെത്തുക (ഉദാ: സൗന്ദര്യസംവർധക വസ്തുക്കളായും മറ്റും)
7. ട്രൈഗ്ലിസറൈഡിന്റെ ഘടന വിശദീകരിക്കുക
8. മാംസ്യങ്ങളെക്കുറിച്ചുള്ള ധാരണയിൽ നിന്ന് പാല് തൈരോ മോരോ ആയി മാറുമ്പോൾ എന്ത് സംഭവിക്കുമെന്ന് നിങ്ങൾക്ക് വിശദീകരിക്കാനാവുമോ?
9. വിപണിയിൽ ലഭ്യമായിട്ടുള്ള ആറ്റംമാതൃകകളുപയോഗിച്ച് ജൈവതന്മാത്രകളുടെ മാതൃകകളുണ്ടാക്കാൻ കഴിയുമോ?
10. ഒരു അമിനോ ആസിഡും വീര്യം കുറഞ്ഞ ആൽക്കലിയും തമ്മിൽ ടൈട്രേഷൻ നടത്തിയ ശേഷം അമിനോ ആസിഡിൽ അടങ്ങിയിരിക്കുന്ന ഫംഗ്ഷണൽ ഗ്രൂപ്പുകളുടെ എണ്ണം കണ്ടുപിടിക്കുക?
11. അലാനിൻ എന്ന അമിനോ ആസിഡിന്റെ ഘടന വരയ്ക്കുക?
12. പശ നിർമിക്കപ്പെട്ടിരിക്കുന്നത് ഏത് പദാർഥം കൊണ്ടാണ്? ഫെവിക്കോൾ വ്യത്യസ്തമാണോ?
13. മാംസ്യങ്ങൾ, കൊഴുപ്പുകൾ, എണ്ണകൾ, അമിനോ ആസിഡുകൾ എന്നിവ കണ്ടെത്താനുള്ള ഗുണാത്മക പരിശോധനകൾ കണ്ടുപിടിക്കുക. പഴച്ചാറ്, ഉമിനീർ, വിയർപ്പ് ,മൂത്രം എന്നിവയിൽ ഇവ കണ്ടെത്താനുള്ള പരിശോധനകൾ നടത്തുക
14. ഈ ഭൂമുഖത്തെ ആകെ സസ്യങ്ങളിലെ സെല്ലുലോസിന്റെ അളവ് എത്രയായിരിക്കുമെന്ന് ഊഹിച്ചുനോക്കൂ. മനുഷ്യർ കടലാസു നിർമിക്കുന്നതിനായി ഉപയോഗപ്പെടുത്തുന്ന സെല്ലുലോസിന്റെ അളവുമായി ഇത് താരതമ്യപ്പെടുത്തി നോക്കൂ. മനുഷ്യൻ ഒരു വർഷം ഉപയോഗിക്കുന്ന സസ്യങ്ങൾ എത്ര? സസ്യസമ്പത്ത് എങ്ങനെയൊക്കെ നഷ്ടപ്പെടുന്നുവെന്ന് മനസ്സിലാക്കൂ.
15. രാസാഗ്നികളുടെ പ്രധാന സവിശേഷതകൾ വിശദീകരിക്കുക

K5A3F3

അധ്യായം 10

കോശചക്രവും കോശവിഭജനവും

(Cell Cycle and Cell Division)

10.1 കോശചക്രം
10.2 M -ഘട്ടം
10.3 ക്രമഭംഗത്തിന്റെ പ്രാധാന്യം
10.4 ഊനഭംഗം
10.5 ഊനഭംഗത്തിന്റെ പ്രാധാന്യം

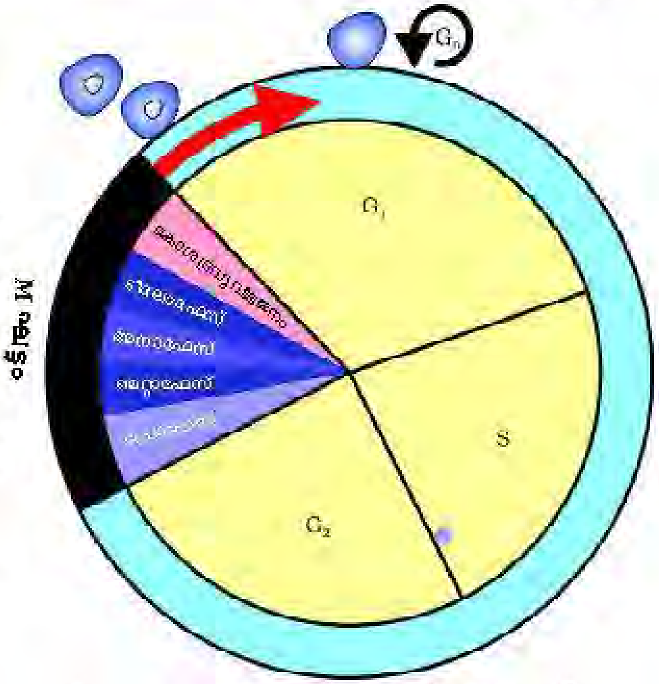
ഏറ്റവും വലിയ ജീവികൾ ഉൾപ്പെടെ എല്ലാ ജീവികളും ഉത്ഭവിക്കുന്നത് ഏകകോശത്തിൽ നിന്നാണെന്ന് നിങ്ങൾക്കറിയാം. എങ്ങനെയാണ് ഒരു കോശത്തിൽ നിന്ന് ഇത്ര വലിയ ജീവികൾ ഉണ്ടാകുന്നതെന്ന് നിങ്ങൾ ആശ്ചര്യപ്പെട്ടിട്ടുണ്ടാകാം. വളർച്ചയും പ്രത്യുൽപ്പാദനവും ജീവനുള്ള കോശത്തിന്റെ സവിശേഷതകളാണ്. ഇത് എല്ലാ ജീവികൾക്കും ബാധകവുമാണ്. പ്രത്യുൽപ്പാദന സമയത്ത് ഓരോ മാതൃകോശവും വിഭജിച്ച് രണ്ടു പുത്രികാകോശങ്ങൾ ഉണ്ടാകുന്നു. ഇങ്ങനെയുണ്ടാകുന്ന പുത്രികാകോശങ്ങൾ വീണ്ടും വളർന്നുവിഭജിച്ച് കോശസമൂഹം ഉണ്ടാകുന്നു. വളർച്ച, വിഭജനം എന്നിങ്ങനെയുള്ള ചാക്രിക പ്രക്രിയ വഴി ഒരു കോശത്തിൽനിന്ന് കോടിക്കണക്കിനു കോശങ്ങൾ ഉള്ള ഒരു ഘടന രൂപംകൊള്ളുന്നു.

10.1 കോശചക്രം (Cell Cycle)

ജീവജാലങ്ങളിലെ ഒരു പ്രധാനപ്രക്രിയയാണ് കോശവിഭജനം. കോശവിഭജന സമയത്ത് ഡി.എൻ.എ യുടെ ഇരട്ടിക്കൽ (DNA replication), കോശവളർച്ച എന്നിവ നടക്കുന്നു. കോശവിഭജനം, ഡി.എൻ.എ ഇരട്ടിക്കൽ, കോശവളർച്ച എന്നിവ ക്രമാനുഗതമായി നടക്കുന്നത് ശരിയായ കോശവിഭജനത്തിനും കൃത്യമായ ജനിതക വസ്തുക്കളുള്ള പുതിയ കോശങ്ങളുടെ നിർമിതിക്കും സഹായിക്കുന്നു. ഒരു കോശത്തിലെ ജനിതകവസ്തുക്കളുടെ ഇരട്ടിക്കൽ, കോശത്തിലെ മറ്റു വസ്തുക്കളുടെ നിർമാണം, തുടർന്ന് കോശത്തിന്റെ വിഭജനത്തിലൂടെ രണ്ടു പുത്രികാകോശ രൂപീകരണം എന്നീ പ്രവർത്തനങ്ങൾ ക്രമാനുഗതമായി നടക്കുന്നതിനെ **കോശചക്രം** എന്നു വിളിക്കുന്നു. കോശങ്ങളിൽ തുടർച്ചയായി നടക്കുന്ന പ്രവർത്തനമാണ് വളർച്ചയെങ്കിലും (കോശദ്രവ്യത്തിന്റെ വർധനവിന്റെ അടിസ്ഥാനത്തിൽ) ഡി.എൻ.എ.യുടെ നിർമാണം കോശചക്രത്തിലെ ഒരു പ്രത്യേക ഘട്ടത്തിൽ മാത്രമേ നടക്കാറുള്ളൂ. ഇരട്ടിച്ച ഡി.എൻ.എ അഥവാ ക്രോമസോമുകൾ പുത്രികാമർമങ്ങൾ പങ്കിടുന്നത് കോശവിഭജനസമയത്തെ സങ്കീർണമായ തുടർ പ്രക്രിയകളിലൂടെയാണ്. വിഭജനത്തിനു തൊട്ടുമുൻപായി നടക്കുന്ന ഈ പ്രവർത്തനങ്ങളെല്ലാം ജനിതക നിയന്ത്രണത്തിലാണ് സംഭവിക്കുന്നത്.

10.1.1 കോശചക്രത്തിന്റെ ഘട്ടങ്ങൾ

പരീക്ഷണശാലയിൽ മനുഷ്യകോശങ്ങളെ വളർത്തിയെടുത്താണ് ഒരു യൂക്കാരിയോട്ടിക് കോശചക്രത്തെക്കുറിച്ച് വിശദമായി പഠിച്ചത്. ഈ കോശങ്ങൾ ഏകദേശം ഓരോ 24 മണിക്കൂറിലും ഒരു പ്രാവശ്യം വിഭജിക്കുന്നുണ്ടെന്ന് കണ്ടെത്തി (ചിത്രം 10.1). എന്നാൽ കോശചക്രത്തിന്റെ സമയപരിധി വിവിധ ജീവികളിലും അവയുടെ വ്യത്യസ്ത കോശങ്ങളിലും വ്യത്യാസപ്പെട്ടിരിക്കുന്നു. ഉദാഹരണത്തിന് ഒരു യീസ്റ്റുകോശം ഏകദേശം 90 മിനിറ്റിനുള്ളിൽ കോശചക്രത്തിലൂടെ കടന്നുപോകുന്നു.



ചിത്രം 10.1 ഒരു കോശത്തിൽനിന്ന് രണ്ട് കോശങ്ങൾ ഉണ്ടാകുന്ന കോശചക്രത്തിന്റെ ചിത്രീകരണം

കോശചക്രത്തെ രണ്ട് അടിസ്ഥാനഘട്ടങ്ങളായി വിഭജിച്ചിരിക്കുന്നു:

- **ഇന്റർഫേസ് (Interphase)**
- **M ഘട്ടം (M phase)**

ക്രമഭംഗം അഥവാ യഥാർഥ കോശവിഭജനം നടക്കുന്ന ഘട്ടത്തെ M ഘട്ടം എന്ന് വിളിക്കുന്നു. അടുത്തടുത്തുള്ള രണ്ടു M ഘട്ടങ്ങൾക്കിടയിലുള്ള ഘട്ടമാണ് ഇന്റർഫേസ്. മനുഷ്യരിലെ കോശവിഭജനത്തിന് ഏകദേശം 24 മണിക്കൂർ സമയമാണ് വേണ്ടതെന്ന് അറിയാമല്ലോ? ഇതിൽ ഒരു മണിക്കൂർ മാത്രമാണ് യഥാർഥ കോശവിഭജനം നടക്കുന്നത്. കോശചക്രത്തിന്റെ 95% ത്തിൽ കൂടുതൽ സമയം ഇന്റർഫേസിനായി ഉപയോഗിക്കുന്നു.

M ഘട്ടം ആരംഭിക്കുന്നത് മർമവിഭജനത്തിൽ നിന്നാണ്. പുത്രികാക്രോമസോമുകൾ വേർപെടുന്ന പ്രക്രിയയാണ് **മർമവിഭജനം (Karyokinesis).** മർമവിഭജനത്തിനുശേഷം **കോശദ്രവ്യവിഭജനം (Cytokinesis)** നടക്കുന്നു. ഇന്റർഫേസിനെ കോശത്തിന്റെ വിശ്രമാവസ്ഥ എന്ന് വിളിക്കുമെങ്കിലും ഈ സമയത്താണ് കോശം വിഭജനത്തിനു വേണ്ടിയുള്ള തയാറെടുപ്പുകൾ നടത്തുന്നത്. കോശവളർച്ച, ഡി.എൻ.എയുടെ ഇരട്ടിക്കൽ എന്നിവ ക്രമാനുഗതമായി ഇന്റർഫേസിൽ നടക്കുന്നു. ഇന്റർഫേസിനെ 3 ഘട്ടങ്ങളായി വീണ്ടും വിഭജിച്ചിരിക്കുന്നു:

- **G_1 ഘട്ടം (ഗ്യാപ്പ് 1)**
- **S ഘട്ടം (നിർമാണഘട്ടം)**
- **G_2 ഘട്ടം (ഗ്യാപ്പ് 2)**

ക്രമഭംഗത്തിനും ഡി.എൻ.എ. ഇരട്ടിക്കലിന്റെ ആരംഭത്തിനും ഇടയിലുള്ള ഘട്ടമാണ് G_1 ഘട്ടം. ഈ ഘട്ടത്തിൽ കോശങ്ങൾ സജീവമായി ഉപാപചയപ്രവർത്തനത്തിലേർപ്പെട്ട് കോശവളർച്ച സംഭവിക്കുമെങ്കിലും ഡി.എൻ.എ ഇരട്ടിക്കുന്നില്ല. **നിർമാണ ഘട്ടമായ S** ഘട്ടത്തിലാണ് ഡി.എൻ.എയുടെ ഉൽപ്പാദനവും ഇരട്ടി

എങ്ങനെയാണ് സസ്യങ്ങളും ജന്തുക്കളും അവയുടെ ജീവിതകാലം മുഴുവനും വളരുന്നത്? സസ്യങ്ങളിൽ എല്ലാ കോശങ്ങളും എല്ലാ സമയത്തും വിഭജിക്കാറുണ്ടോ? സസ്യങ്ങളിലും ജന്തുക്കളിലും എല്ലാ കോശങ്ങളും തുടർച്ചയായി വിഭജനം നടത്തുന്നു എന്ന് നിങ്ങൾ കരുതുന്നുണ്ടോ? ഉയർന്നതലത്തിലുള്ള സസ്യങ്ങളിൽ അവയുടെ ആയുസ്സിലുടനീളം വിഭജിച്ചുകൊണ്ടിരിക്കുന്ന കോശങ്ങളുൾപ്പെടുന്ന കലകളും അവയുടെ സ്ഥാനവും പറയാമോ? ജന്തുക്കൾക്ക് ഇത്തരത്തിലുള്ള മെരിസ്റ്റമിക കലകളുണ്ടോ?

ഉള്ളിയുടെ വേരിന്റെ അഗ്രകോശങ്ങളിൽ നടക്കുന്ന ക്രമഭംഗം നിങ്ങൾ പഠിച്ചിട്ടുണ്ടല്ലോ. ഇവിടെ ഓരോ കോശത്തിലും 16 ക്രോമസോമുകളുണ്ട്. G_1 ഘട്ടത്തിലും S ഘട്ടത്തിനുശേഷവും M ഘട്ടത്തിനുശേഷവും ഒരു കോശത്തിൽ എത്ര ക്രോമസോമുകൾ ഉണ്ടാകും എന്ന് പറയാമോ? കൂടാതെ, M ഘട്ടത്തിൽ 2C ആണ് DNA യുടെ അളവെങ്കിൽ, G_1 ലും S നുശേഷവും G_2 ലും DNA യുടെ അളവ് എന്തായിരിക്കും?

ക്കലും നടക്കുന്നത്. ഈ ഘട്ടത്തിൽ ഓരോ കോശത്തിലെയും ഡി.എൻ.എയുടെ അളവ് ഇരട്ടിയാകുന്നു. S ഘട്ടത്തിനുമുൻപ് കോശത്തിലെ ഡി.എൻ.എയുടെ അളവ് 2C എന്നു സൂചിപ്പിച്ചാൽ S ഘട്ടത്തിനുശേഷം ഡി.എൻ.എയുടെ അളവ് 4C ആയിരിക്കും. ഇങ്ങനെ ഡി.എൻ.എയുടെ അളവ് വർധിക്കുമെങ്കിലും ക്രോമസോമുകളുടെ എണ്ണം വർധിക്കുന്നില്ല. ഒരു കോശത്തിൽ G_1 ഘട്ടത്തിൽ ഡിപ്ലോയിഡ് അഥവാ 2n ക്രോമസോമുകൾ ഉണ്ടായിരുന്നുവെങ്കിൽ S ഘട്ടത്തിനുശേഷവും ക്രോമസോമുകളുടെ എണ്ണം 2n തന്നെയായിരിക്കും.

ജന്തുകോശങ്ങളിൽ, S ഘട്ടത്തിൽ മർമത്തിനുള്ളിൽ ഡി.എൻ.എയുടെ തനിപ്പകർപ്പ് ഉണ്ടാകുവാൻ തുടങ്ങുകയും കോശദ്രവ്യത്തിൽ സെൻട്രിയോളുകൾ ഇരട്ടിക്കുകയും ചെയ്യുന്നു. G_2 ഘട്ടത്തിൽ ക്രമഭംഗത്തിനായി മാംസ്യസംശ്ലേഷണം നടക്കുകയും, കോശവളർച്ച തുടരുകയും ചെയ്യുന്നു.

വളർച്ച പൂർത്തിയായ ജന്തുക്കളിൽ ചില കോശങ്ങൾ വിഭജിക്കാറില്ല (ഉദാ: ഹൃദയകോശങ്ങൾ). മറ്റു ചില കോശങ്ങൾ അപൂർവമായി മാത്രമേ വിഭജിക്കാറുള്ളൂ, അതായത് മുറിവ്, കോശമൃതി (Cell death) എന്നിവ മൂലമുണ്ടാകുന്ന നഷ്ടം പരിഹരിക്കേണ്ടിവരുമ്പോൾ മാത്രം. ഇങ്ങനെ, തുടർന്ന് വിഭജിക്കാത്ത കോശങ്ങൾ G_1 ഘട്ടത്തിൽ നിന്നും പിൻമാറി നിഷ്ക്രിയമായ ഒരു ഘട്ടത്തിലേക്ക് പ്രവേശിക്കുന്നു. ഈ ഘട്ടത്തെ കോശചക്രത്തിലെ **നിഷ്ക്രിയഘട്ടം (Quiescent stage - G_0)** എന്നു വിളിക്കുന്നു. G_0 ഘട്ടത്തിലുള്ള കോശങ്ങൾ ഉപാപചയ പ്രവർത്തനങ്ങളിൽ സജീവമായി ഏർപ്പെടുകയും എന്നാൽ ജീവിക്ക് ആവശ്യമായ ഘട്ടങ്ങളൊഴിച്ച് മറ്റവസരങ്ങളിൽ കോശവിഭജനത്തിലേർപ്പെടാതിരിക്കുകയും ചെയ്യുന്നു.

ജന്തുക്കളിൽ ഡിപ്ലോയിഡ് കായികകോശങ്ങളിൽ (Somatic cells) മാത്രമേ ക്രമഭംഗം നടക്കാറുള്ളൂ. ഇതിന് വിപരീതമായി, സസ്യങ്ങളിൽ ഏകപ്ലോയിഡ് കോശങ്ങളിലും ഡിപ്ലോയിഡ് കോശങ്ങളിലും ക്രമഭംഗം നടക്കും. സസ്യങ്ങളിലെ തലമുറകളുടെ അനുവർത്തനത്തിന്റെ (Alternation of generations) (അധ്യായം 3) ഉദാഹരണങ്ങൾ ഓർത്തെടുത്ത് ഏകപ്ലോയിഡ് കോശങ്ങളിൽ ക്രമഭംഗം നടക്കുന്ന സസ്യ സ്പിഷീസുകളും ഘട്ടങ്ങളും കണ്ടെത്തൂ.

10.2 M - ഘട്ടം

കോശചക്രത്തിലെ ഏറ്റവും നാടകീയമായ ഘട്ടമാണ് M ഘട്ടം. ഈ ഘട്ടത്തിൽ കോശത്തിലെ എല്ലാ ഘടകങ്ങളുടെയും പുനക്രമീകരണം നടക്കുന്നു. മാതൃകോശത്തിലെയും പുതുതായി രൂപപ്പെടുന്ന പുത്രികാകോശങ്ങളിലെയും ക്രോമസോമുകളുടെ എണ്ണം ഒരു പോലെയായതിനാൽ ഈ വിഭജനരീതിയെ **തുല്യഭാഗവിഭജനം (Equational division)** എന്ന് വിളിക്കുന്നു. സൗകര്യാർഥം ക്രമഭംഗത്തിലെ മർമവിഭജനത്തെ 4 ഘട്ടങ്ങളായി തിരിക്കാമെങ്കിലും കോശവിഭജനം എന്നത് പടിപടിയായി നടക്കുന്ന പ്രക്രിയയാണെന്നും ഇതിലെ വിവിധ ഘട്ടങ്ങൾക്കിടയിൽ വ്യക്തമായ അതിരുകൾ നിശ്ചയിക്കാനാകില്ലായെന്നും മനസ്സിലാക്കേണ്ടത് അത്യാവശ്യമാണ്.

മർമവിഭജനത്തെ താഴെപറയുന്ന 4 ഘട്ടങ്ങളായി തിരിക്കാം.

- **പ്രോഫേസ് (Prophase)**
- **മെറ്റാഫേസ് (Metaphase)**
- **അനാഫേസ് (Anaphase)**
- **ടീലോഫേസ് (Telophase)**

10.2.1 പ്രോഫേസ്

ക്രമഭംഗത്തിലെ മർമവിഭജനത്തിന്റെ ഒന്നാം ഘട്ടമായ പ്രോഫേസ് ഇന്റർഫേസിലെ നിർമാണഘട്ടത്തിനും (S ഘട്ടം) G_2 ഘട്ടത്തിനും ശേഷം വരുന്ന ഘട്ടമാണ്. പുതുതായി സൃഷ്ടിക്കപ്പെട്ട ഡി.എൻ.എ. നിർമാണഘട്ടത്തിലും G_2 ഘട്ടത്തിലും വ്യക്തമായി കാണുവാൻ കഴിയുകയില്ല, അവ കെട്ടുപിണഞ്ഞു കിടക്കുന്നു. പ്രോഫേസ് ഘട്ടത്തിന്റെ പ്രത്യേകത ഈ ഘട്ടത്തിൽ ക്രോമസോം വസ്തുക്കളുടെ കുറുകിത്തടിക്കൽ (Condensation) ആരംഭിക്കുന്നു എന്നതാണ്. ഇപ്രകാരം കുറുകിത്തടിക്കുന്ന വേളയിൽ അന്യോന്യം കെട്ടുപിണഞ്ഞു കിടക്കുന്ന ക്രോമസോം വസ്തുക്കൾ വേർപിരിയുന്നു. (ചിത്രം 10.2a). S ഘട്ടത്തിൽ ഇരട്ടിച്ച സെൻട്രോസോമുകൾ കോശത്തിന്റെ വിപരീത ധ്രുവങ്ങളിലേക്ക് നീങ്ങുന്നു. പ്രോഫേസിന്റെ പൂർത്തീകരണം താഴെപ്പറയുന്ന സവിശേഷസംഭവങ്ങളിലൂടെ നടക്കുന്നു.

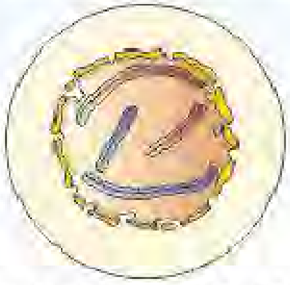
- ക്രോമസോം വസ്തുക്കൾ കുറുകിത്തടിച്ച് മൈറ്റോട്ടിക് ക്രോമസോമുകളായിത്തീരുന്നു. ഓരോ ക്രോമസോമിനും രണ്ട് ക്രോമാറ്റിഡുകളും അവയെ ബന്ധിപ്പിച്ചുകൊണ്ട് ഒരു സെൻട്രോമിയറും ഉണ്ടായിരിക്കും.
- ഇന്റർഫേസിൽ ഇരട്ടിച്ച സെൻട്രോസോമുകൾ കോശത്തിന്റെ വിപരീത ധ്രുവങ്ങളിലേക്ക് നീങ്ങുന്നു. ഓരോ സെൻട്രോസോമും മൈക്രോട്യൂബ്യൂളുകളെ പുറപ്പെടുവിക്കുന്നു. ഇവയെ ആസ്റ്ററുകൾ (Asters) എന്ന് വിളിക്കുന്നു. ഈ രണ്ട് ആസ്റ്ററുകളും കീലതന്തുക്കളും (Spindle fibres) ചേർന്ന് മൈറ്റോട്ടിക് അപ്പാരറ്റസാകുന്നു (Mitotic apparatus).

പ്രോഫേസ് കഴിഞ്ഞ കോശങ്ങളെ മൈക്രോസ്കോപ്പിലൂടെ നിരീക്ഷിച്ചാൽ ഗോൾജിവസ്തുക്കൾ, അന്തർദ്രവ്യജാലിക, മർമകം, മർമസ്തരം എന്നിവ കാണപ്പെടുന്നില്ല.

10.2.2 മെറ്റാഫേസ്

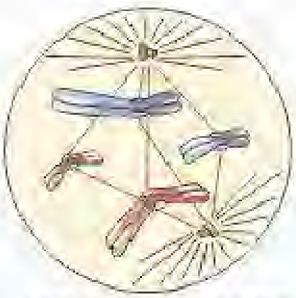
ക്രമഭംഗത്തിന്റെ രണ്ടാം ഘട്ടത്തിന്റെ തുടക്കത്തിൽതന്നെ മർമസ്തരം പൂർണമായും അപ്രത്യക്ഷമാകുന്നു. തന്മൂലം ക്രോമസോമുകൾ കോശദ്രവ്യത്തിൽ ചിതറിക്കിടക്കുന്നു. ഈ ഘട്ട

പ്രോഫേസിന്റെ ആരംഭം

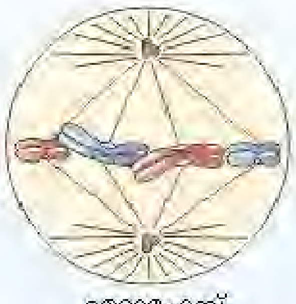


പ്രോഫേസിന്റെ അവസാനം

(a)



മെറ്റാഫേസിലേക്കുള്ള പരിവർത്തനം



മെറ്റാഫേസ്

(b)

ചിത്രം 10.2 a, b : ക്രമഭംഗത്തിലെ ഘട്ടങ്ങൾ – ചിത്രീകരണം

ത്തിൽ ക്രോമസോമുകളുടെ കുറുകിത്തടിക്കൽ പൂർത്തിയാവുകയും അവ മൈക്രോസ്കോപ്പിലൂടെ വ്യക്തമായി ദൃശ്യമാവുകയും ചെയ്യുന്നു. ക്രോമസോമുകളുടെ ബാഹ്യഘടന വ്യക്തമായി പഠിക്കുവാൻ ഈ ഘട്ടം ഉപയോഗിക്കുന്നു. മെറ്റാഫേസിൽ ക്രോമസോമുകൾക്ക് രണ്ട് സഹോദര ക്രൊമാറ്റിഡുകളും (Sister chromatids) അവയെ തമ്മിൽ ബന്ധിപ്പിക്കുന്ന സെൻട്രോമിയറും കാണപ്പെടുന്നു (ചിത്രം 10.2b). സെൻട്രോമിയറുകളുടെ പ്രതലത്തിൽ കാണുന്ന ഡിസ്ക് ആകൃതിയിലുള്ള ചെറിയ ഭാഗങ്ങളെ കൈനറ്റോകോറുകൾ എന്നു വിളിക്കുന്നു. കോശത്തിന്റെ മധ്യഭാഗത്തേക്ക് നീങ്ങുന്ന ക്രോമസോമുകളിൽ കീലതന്തുകൾ ബന്ധിക്കപ്പെടുന്നത് കൈനറ്റോകോറുകളിലാണ്. ഇത്തരത്തിൽ ക്രോമസോമുകളെല്ലാം കോശത്തിന്റെ മധ്യഭാഗത്തായി ക്രമീകരിച്ചിരിക്കുന്നത് മെറ്റാഫേസിന്റെ പ്രത്യേകതയാണ്. കോശത്തിന്റെ ഒരു ധ്രുവത്തിൽ നിന്ന് ഉൽഭവിക്കുന്ന കീലതന്തുക്കൾ ഓരോ ക്രോമസോമിലെയും ക്രൊമാറ്റിഡുകളിൽ ഒന്നിന്റെ കൈനറ്റോകോറിലും മറുധ്രുവത്തിൽ നിന്നും വരുന്ന കീലതന്തുക്കൾ ഇതിന്റെ സഹോദരക്രൊമാറ്റിഡിന്റെ കൈനറ്റോകോറിലും ബന്ധിക്കപ്പെടുന്നു (ചിത്രം 10.2b). മെറ്റാഫേസിൽ ക്രോമസോമുകൾ നിരയായി ക്രമീകരിച്ചിരിക്കുന്ന പ്രതലത്തെ **മെറ്റാഫേസ് പ്ലേറ്റ്** (Metaphase plate) എന്ന് വിളിക്കുന്നു. മെറ്റാഫേസിന്റെ പ്രധാന സവിശേഷതകൾ താഴെപ്പറയുന്നു:

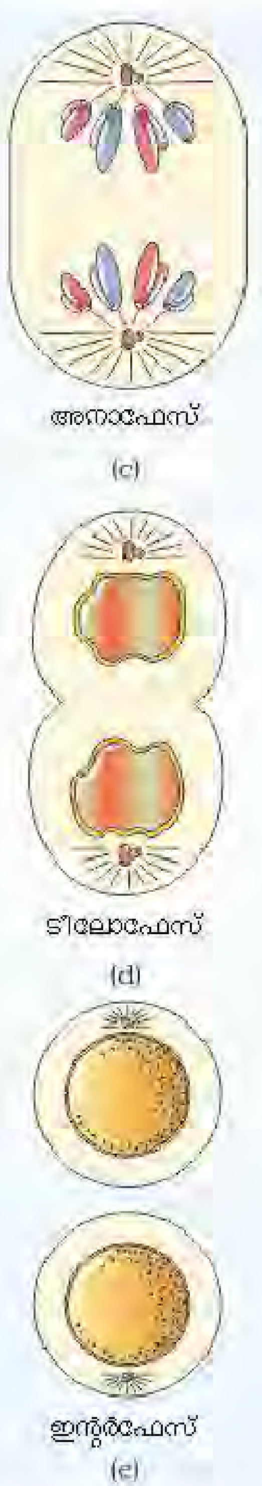
- കീലതന്തുക്കൾ ക്രോമസോമുകളുടെ കൈനറ്റോകോറുമായി ബന്ധിപ്പിക്കപ്പെടുന്നു.
- രണ്ടു ധ്രുവങ്ങളിൽ നിന്നും പുറപ്പെടുന്ന കീലതന്തുക്കളിലൂടെ ക്രോമസോമുകൾ കോശത്തിന്റെ മധ്യഭാഗത്തേക്കു നീങ്ങി മെറ്റാഫേസ് പ്ലേറ്റിൽ ക്രമീകരിക്കപ്പെടുന്നു.

10.2.3 അനാഫേസ്

മെറ്റാഫേസ് പ്ലേറ്റിൽ ക്രമീകരിച്ചിരിക്കുന്ന ക്രോമസോമുകൾ അനാഫേസിന്റെ തുടക്കത്തിൽ രണ്ടായി വിഭജിക്കുന്നു. ഇങ്ങനെയുണ്ടാകുന്ന പുത്രികാക്രൊമാറ്റിഡുകൾ ഭാവിയിലെ പുത്രികാമർമത്തിലെ പുത്രികാക്രോമസോമുകളായി പരിഗണിക്കപ്പെടുന്നു.

പുത്രികാക്രോമസോമുകൾ കോശത്തിന്റെ രണ്ടു വിപരീത ധ്രുവങ്ങളിലേക്ക് നീങ്ങുന്നു. കോശത്തിന്റെ മധ്യഭാഗത്തുനിന്ന് നീങ്ങുന്ന ഓരോ ക്രോമസോമിന്റെയും സെൻട്രോമിയർ കോശത്തിന്റെ ധ്രുവത്തിലേക്കും കരങ്ങൾ താഴേക്ക് നീണ്ടുകിടക്കുന്നതായും കാണപ്പെടുന്നു (ചിത്രം 10.2c). ഈ ഘട്ടത്തിന്റെ പ്രധാന സവിശേഷതകളാണ് താഴെ പറയുന്നത്:

- സെൻട്രോമിയറുകൾ വിഭജിച്ച് ക്രൊമാറ്റിഡുകൾ വേർപിരിയുന്നു.



ചിത്രം 10.2 c-e : ക്രമഭംഗത്തിലെ ഘട്ടങ്ങൾ - ചിത്രീകരണം

- ക്രൊമാറ്റിഡുകൾ വിപരീതധ്രുവങ്ങളിലേക്ക് നീങ്ങുന്നു.

10.2.4 ടീലോഫേസ്

മർമവിഭജനത്തിന്റെ അവസാനഘട്ടത്തിന്റെ തുടക്കത്തിൽ, അതായത് ടീലോഫേസിൽ ക്രോമസോമുകളെല്ലാം അതാത് ധ്രുവങ്ങളിൽ എത്തിച്ചേരുന്നു. തുടർന്ന് അവയുടെ കുറുകിത്തടിച്ച പ്രകൃതം അയയുന്നത് വഴി (Decondense) വ്യക്തരൂപം നഷ്ടപ്പെടുന്നു. ഈ ഘട്ടത്തിൽ ക്രോമസോമുകളെ അതിന്റെ തനതായ രൂപത്തിൽ കാണുവാൻ കഴിയില്ല, പകരം ക്രൊമാറ്റിൻ തന്തുക്കളുടെ കൂട്ടമായി രണ്ടു ധ്രുവങ്ങളിലും കാണപ്പെടുന്നു. താഴെപ്പറയുന്നവയാണ് ടീലോഫേസിന്റെ സവിശേഷതകൾ:

- കീലതന്തുക്കൾ ഉത്ഭവിക്കുന്ന വിപരീത ധ്രുവങ്ങളിൽ ക്രോമസോമുകൾ കൂടിച്ചേരുകയും അവിടെവച്ച് അവയുടെ വ്യക്തരൂപം നഷ്ടപ്പെടുകയും ചെയ്യുന്നു.
- ഓരോ ധ്രുവത്തിലും ക്രോമസോമുകളുടെ കൂട്ടത്തിനുചുറ്റുമായി മർമസ്തരം പ്രത്യക്ഷപ്പെട്ട് രണ്ട് പുത്രികാമർമങ്ങളുണ്ടാകുന്നു.
- മർമകം, ഗോൾജിവസ്തുക്കൾ, അന്തർദ്രവ്യജാലിക എന്നിവ വീണ്ടും ഉണ്ടാകുന്നു.

10.2.5 കോശദ്രവ്യവിഭജനം

ക്രമഭംഗത്തിൽ ഇരട്ടിച്ച ക്രോമസോമുകൾ മർമവിഭജനത്തിലൂടെ പുത്രികാമർമങ്ങളിലേക്ക് വേർപിഞ്ഞ് മാറുന്നതോടൊപ്പം കോശം, കോശദ്രവ്യവിഭജനത്തിലൂടെ രണ്ട് പുത്രികാ കോശങ്ങൾ ഉണ്ടാകുകയും ചെയ്യുന്നു. ഇപ്രകാരം കോശവിഭജനം പൂർത്തീകരിക്കപ്പെടുന്നു (ചിത്രം 10.2.6). പ്ലാസ്മാസ്തരം ഉള്ളിലേക്ക് ചുളുങ്ങിയാണ് ജന്തുകോശങ്ങളിൽ കോശദ്രവ്യവിഭജനം നടക്കുന്നത്. പ്ലാസ്മാസ്തരത്തിന്റെ ഇരുവശങ്ങളിലുമുണ്ടാകുന്ന ഈ ചുളിവുകൾ കോശദ്രവ്യത്തിനകത്തേക്ക് സാവകാശം വളർന്ന് മധ്യഭാഗത്ത് വച്ച് കൂടിച്ചേർന്ന് കോശദ്രവ്യത്തെ രണ്ടു ഭാഗങ്ങളായി മുറിക്കുന്നു. സസ്യകോശത്തെ പൊതിഞ്ഞുകൊണ്ട് ഇലാസ്തികതയില്ലാത്ത ഒരു കോശഭിത്തിയുണ്ട്. ആയതിനാൽ കോശദ്രവ്യവിഭജനം ഒരു വ്യത്യസ്തരീതിയിലാണ് നടക്കുന്നത്. സസ്യങ്ങളിൽ കോശഭിത്തിയുടെ നിർമാണം കോശത്തിന്റെ മധ്യഭാഗത്തുനിന്നു തുടങ്ങി ബാഹ്യഭാഗത്തേക്ക് വളർന്ന് വശങ്ങളിലെ കോശഭിത്തിയുമായി കൂടിച്ചേരുന്നു. ഒരു പുതിയ കോശഭിത്തി നിർമിക്കപ്പെടുന്നതിന് മുന്നോടിയായി രൂപംകൊള്ളുന്ന **കോശഫലകം (Cell plate)** അടുത്തടുത്തായി സ്ഥിതിചെയ്യുന്ന രണ്ടു കോശങ്ങളുടെ ഭിത്തികൾക്കിടയിലുള്ള മിഡിൽ ലമെല്ലയെ പ്രതിനിധീകരിക്കുന്നു. കോശദ്രവ്യവിഭജനസമയത്ത് മൈറ്റോകോൺട്രിയകളും, ജൈവകണങ്ങളും രണ്ട് പുത്രികാകോശങ്ങൾക്കായി വിതരണം ചെയ്യപ്പെടുന്നു. ചില ജീവികളിൽ മർമവിഭജനത്തെത്തുടർന്ന് കോശദ്രവ്യവിഭജനം നടക്കാറില്ല. തന്മൂലം ധാരാളം മർമങ്ങളുള്ള അവസ്ഥയുണ്ടാകുന്നു. ഇതിനെ സിൻസീഷ്യം (Syncytium) എന്നു വിളിക്കുന്നു. തേങ്ങാവെള്ളം (ദ്രവരൂപത്തിലുള്ള ബീജാന്നം) ഇതിനൊരുദാഹരണമാണ്.

10.3 ക്രമഭംഗത്തിന്റെ പ്രാധാന്യം

സാധാരണയായി ക്രമഭംഗം അഥവാ തുല്യഭാഗവിഭജനം ദ്വിപ്ലോയിഡ് കോശങ്ങളിൽ മാത്രമാണ് കാണുന്നത്. എന്നിരുന്നാലും, താഴ്ന്ന തലത്തിലുള്ള ചില സസ്യങ്ങളിലും സമൂഹമായി ജീവിക്കുന്ന ചില ഷഡ്പദങ്ങളിലും ഏകപ്ലോയിഡ് കോശങ്ങൾ ക്രമഭംഗത്തിന് വിധേയമാകാറുണ്ട്. ഒരു ജീവിയുടെ ജീവിതചക്രത്തിൽ ക്രമഭംഗത്തിനുള്ള പ്രാധാന്യം മനസ്സിലാക്കേണ്ടത് അത്യാവശ്യമാണ്. ഏകപ്ലോയിഡ് ഷഡ്പദങ്ങൾക്കും ദ്വിപ്ലോയിഡ് ഷഡ്പദങ്ങൾക്കും ചില ഉദാഹരണങ്ങൾ പറയാമോ?

ക്രമഭംഗം വഴി ജനിതകസമാനതകളുള്ള ദ്വിപ്ലോയിഡ് പുത്രികാകോശങ്ങളുണ്ടാകുന്നു. ബഹുകോശജീവികളിൽ വളർച്ച നടക്കുന്നത് ക്രമഭംഗത്തിലൂടെയാണ്. കോശവളർച്ച മർമവും കോശദ്രവ്യവും തമ്മിലുള്ള അനുപാതം താറുമാറാക്കുന്നു. അതുകൊണ്ട് ഇവ തമ്മിലുള്ള അനുപാതം നിലനിർത്തുന്നതിനുവേണ്ടി കോശവിഭജനം അനിവാര്യമാണ്. കേടുപാടുകൾ സംഭവിച്ച കോശങ്ങളെ പൂർവസ്ഥിതിയിലാക്കുന്നതും ക്രമഭംഗത്തിലൂടെയാണ്. ശരീരത്തിന്റെ ഏറ്റവും പുറമേകാണപ്പെടുന്ന ഉപരിവൃതികോശങ്ങൾ, അന്നപഥത്തിന്റെ (gut) അകപാളികോശങ്ങൾ, രക്തകോശങ്ങൾ എന്നിവ സ്ഥിരമായി പുനസ്ഥാപിക്കപ്പെടാറുണ്ട്. അതുപോലെ മെരിസ്റ്റമിക കലകളായ അഗ്രമെരിസ്റ്റത്തിലും പാർശ്വമെരിസ്റ്റത്തിലും (Lateral cambium) നടക്കുന്ന ക്രമഭംഗംമൂലമാണ് സസ്യങ്ങൾ ജീവിതാവസാനം വരെ തുടർച്ചയായി വളർന്നുകൊണ്ടിരിക്കുന്നത്.

10.4 ഊനഭംഗം (Meiosis)

ലൈംഗിക പ്രത്യുൽപ്പാദനത്തിൽ ഏകപ്ലോയിഡ് സെറ്റ് ക്രോമസോമുകൾ ഉള്ള രണ്ടു ബീജകോശങ്ങൾ കൂടിച്ചേർന്നാണ് സന്താനങ്ങളുണ്ടാകുന്നത്. സവിശേഷ ദ്വിപ്ലോയിഡ് കോശങ്ങളിൽ നിന്നാണ് ബീജകോശങ്ങൾ രൂപം പ്രാപിക്കുന്നത്. ക്രോമസോം സംഖ്യ നേർപകുതിയായി കുറഞ്ഞ് ഏകപ്ലോയിഡായ പുത്രികാകോശങ്ങൾ (ബീജകോശങ്ങൾ) ഉണ്ടാകുന്ന പ്രത്യേകതരം കോശവിഭജനരീതിയാണ് **ഊനഭംഗം**. ഇത്തരം കോശവിഭജന രീതിയിലൂടെ ജീവിതചക്രം പൂർത്തീകരിക്കുന്ന ജീവികളിൽ ഊനഭംഗം ഒരു ഏകപ്ലോയിഡ് ഘട്ടം പ്രദാനം ചെയ്യുന്നുണ്ട്. എന്നാൽ പ്രത്യുൽപ്പാദന സമയത്ത് നടക്കുന്ന ബീജകോശങ്ങളുടെ സംയോഗം ജീവികളുടെ തനതായ ദ്വിപ്ലോയിഡ് ഘട്ടം വീണ്ടെടുക്കുവാൻ സഹായിക്കുന്നു. സാധാരണയായി, ജീവികളിൽ ബീജകോശങ്ങളുടെ രൂപീകരണവേളയിലാണ് (Gametogenesis) ഊനഭംഗം നടക്കുന്നത്. ഊനഭംഗത്തിന്റെ പ്രധാന സവിശേഷതകൾ താഴെപ്പറയുന്നവയാണ്:

- ഊനഭംഗത്തിൽ തുടർച്ചയായതും ചാക്രികവുമായ രണ്ടുമർമവിഭജനവും രണ്ടു കോശവിഭജനവും നടക്കുന്നു. ഇതിനെ പൊതുവെ **ഊനഭംഗം I, ഊനഭംഗം II** എന്ന് വിളിക്കുന്നു. ഈ പ്രക്രിയയിൽ ഒരു പ്രാവശ്യം ഡി.എൻ.എ തന്മാത്രകളുടെ ഇരട്ടിക്കലും നടക്കുന്നുണ്ട്.
- ഊനഭംഗം I ആരംഭിക്കുന്നത് നിർമാണഘട്ടത്തിൽ (S-Phase) മാതൃക്രോമസോമുകൾ ഇരട്ടിച്ച് ഒരേപോലുള്ള സഹോദര ക്രൊമാറ്റിഡുകൾ രൂപം കൊണ്ടതിന് ശേഷമാണ്.

- ഊനഭംഗപ്രക്രിയയിൽ സമജാത ക്രോമസോമുകളുടെ ജോഡിചേരലും തുടർന്ന് അവയിലെ നോൺ-സിസ്റ്റർ ക്രോമാറ്റിഡുകൾതമ്മിൽ പുനസംയോജനവും (Recombination) നടക്കുന്നു.
- ഊനഭംഗം II ന്റെ അവസാനം നാല് ഏകപ്ലോയിഡ് പുത്രികാകോശങ്ങളുണ്ടാകുന്നു.

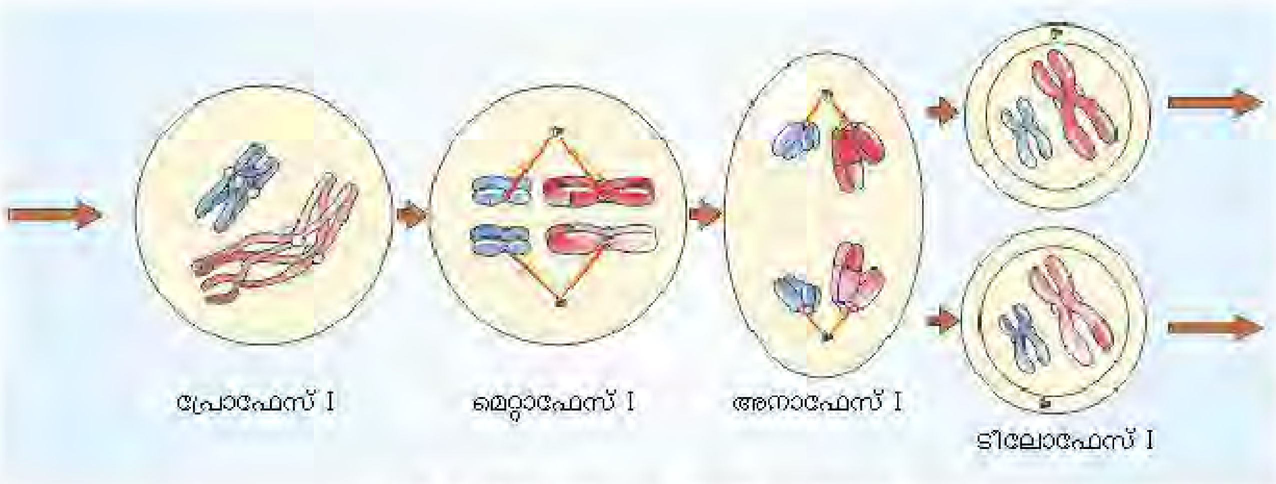
ഊനഭംഗത്തിൽ നടക്കുന്ന സംഭവങ്ങളെ താഴെപ്പറയുന്ന ഘട്ടങ്ങളായി തരംതിരിക്കാം:

ഊനഭംഗം I	ഊനഭംഗം II
പ്രോഫേസ് I	പ്രോഫേസ് II
മെറ്റാഫേസ് I	മെറ്റാഫേസ് II
അനാഫേസ് I	അനാഫേസ് II
ടീലോഫേസ് I	ടീലോഫേസ് II

10.4.1 ഊനഭംഗം I

പ്രോഫേസ് I: ക്രമഭംഗത്തിലെ പ്രോഫേസുമായി താരതമ്യം ചെയ്താൽ ഊനഭംഗം I ലെ പ്രോഫേസ് ദൈർഘ്യമേറിയതും സങ്കീർണവുമാണ്. ഇതിനെ ക്രോമസോമുകളുടെ സ്വഭാവമനുസരിച്ച് അഞ്ചു ഉപഘട്ടങ്ങളായി തരംതിരിക്കാം - ലെപ്ടോറ്റീൻ (Leptotene), സൈഗോറ്റീൻ (Zygotene), പാക്കിറ്റീൻ (Pachytene), ഡിപ്ലോറ്റീൻ (Diplotene), ഡയാകൈനസിസ് (Diakinesis).

ലെപ്ടോറ്റീൻ ഘട്ടത്തിൽ ക്രോമസോമുകളെ മൈക്രോസ്കോപ്പിലൂടെ നിരീക്ഷിക്കുവാൻ സാധിക്കും. ഈ ഘട്ടത്തിലുടനീളം ക്രോമസോമുകൾ കുറുകിത്തടിച്ചുകൊണ്ടേയിരിക്കും. തുടർന്ന് വരുന്ന രണ്ടാം ഘട്ടത്തെ **സൈഗോറ്റീൻ** എന്നുവിളിക്കുന്നു. ഈ ഘട്ടത്തിൽ ക്രോമസോമുകൾ പരസ്പരം ജോഡികളാവുന്നു. ഇതിനെ സിനാപ്സിസ് (Synapsis) എന്ന് പറയുന്നു. സിനാപ്സിസിൽ പങ്കെടുക്കുന്ന ക്രോമസോമുകളാണ് സമജാതക്രോമസോമുകൾ (Homologous chromosomes). ഈ ഘട്ടത്തിലെ ഇലക്ട്രോൺ മൈക്രോഗ്രാഫുകൾ പരിശോധിച്ചാൽ സിനാപ്സിസിനോടനുബന്ധമായി ഒരു സങ്കീർണ ഘടന രൂപം പ്രാപിക്കുന്നുണ്ടെന്നു മനസ്സിലാക്കാം. ഇതിനെ **സിനാപ്ടോണിമൽ കോംപ്ലക്സ് (Synaptonemal complex)** എന്ന് വിളിക്കുന്നു. സിനാപ്സിസിന് വിധേയമാകുന്ന ഒരു ജോഡി സമജാതക്രോമസോമുകളെ **ബൈവാലന്റ് (Bivalent)** അഥവാ ടെട്രാഡ് (Tetrad) എന്നു വിളിക്കുന്നു. ഇവയെ കുറേക്കൂടി വ്യക്തമായി അടുത്ത ഘട്ടമായ പാക്കിറ്റീനിൽ കാണാൻ സാധിക്കും. മൂന്നാംഘട്ടമായ **പാക്കിറ്റീനെ** അപേക്ഷിച്ച് ആദ്യ രണ്ടുഘട്ടങ്ങളും ഹ്രസ്വകാലാവധിയുള്ളവയാണ്. ഈ ഘട്ടത്തിൽ ഓരോ ബൈവാലന്റ് ക്രോമസോമുകളിലുമുള്ള നാല് ക്രോമാറ്റിഡുകളെ വ്യക്തമായി ടെട്രാഡുകളായി കാണാൻ സാധിക്കും. റീകോമ്പിനേഷൻ നോഡ്യൂളുകൾ (Recombination nodules) പ്രത്യക്ഷപ്പെടുന്നത് ഈ ഘട്ടത്തിന്റെ സവിശേഷതയാണ്. ഈ ഭാഗത്തുവെച്ചാണ് സമജാതക്രോമസോമുകളുടെ നോൺ-സിസ്റ്റർ ക്രോമാറ്റിഡുകൾ (Non-sister chromatids) തമ്മിൽ കൈമാറ്റം അഥവാ മുറിഞ്ഞ് മാറൽ (Crossing over) നടക്കുന്നത്. രണ്ട് സമജാതക്രോമസോമുകളുടെ ജനിതകപദാർഥങ്ങൾ പരസ്പരം കൈമാറുന്നതിനെയാണ് മുറിഞ്ഞ് മാറൽ എന്നുപറയുന്നത്. ഈ പ്രക്രിയ റീകോമ്പിനേസ് (Recombinase) എന്ന രാസാഗ്നിയുടെ



ചിത്രം 10.3 ഊനഭംഗം I ന്റെ ഘട്ടങ്ങൾ

സഹായത്താലാണ് നടക്കുന്നത്. മുറിഞ്ഞ് മാറൽ നടക്കുമ്പോൾ രണ്ടു ക്രോമസോമുകളിലെ ജനിതക വസ്തുക്കളുടെ പുനസ്സംയോജനം നടക്കും. പാക്കിറ്റീന്റെ അവസാനത്തോടു കൂടി സമജാതക്രോമസോമുകൾക്കിടയിലുള്ള പുനസ്സംയോജനം പൂർത്തിയാകുകയും മുറിഞ്ഞ് മാറൽ നടന്നത് എവിടെവെച്ചാണോ ആ ഭാഗത്ത് രണ്ടു ക്രോമസോമുകളും യോജിച്ചിരിക്കുകയും ചെയ്യും.

ഡിപ്ലോറ്റീനിന്റെ ആരംഭത്തിൽത്തന്നെ സിനാപ്ടോണിമൽ കോംപ്ലക്സ് അപ്രത്യക്ഷമാകുവാൻ തുടങ്ങുന്നു. കൂടാതെ മുറിഞ്ഞ് മാറൽ നടന്ന ഭാഗമൊഴിച്ച് പുനസ്സംയോജനത്തിനു വിധേയമായ ബൈവാലന്റിലെ സമജാതക്രോമസോമുകൾ അകന്നുമാറുന്നു. അപ്പോൾ ക്രോമസോമുകളിൽ X ആകൃതിയിലുള്ള ഘടനകൾ ഉണ്ടാകുന്നു. ഇതിനെ **കയാസ്മറ്റ (Chiasmata)** എന്ന് വിളിക്കുന്നു. ചില കശേരുകികളുടെ അണ്ഡകത്തിൽ (Oocytes) ഡിപ്ലോറ്റീൻ ഘട്ടം മാസങ്ങളോ വർഷങ്ങളോ നിലനിൽക്കും.

ഊനഭംഗത്തിലെ പ്രോഫേസ് I ന്റെ അവസാന ഘട്ടമാണ് **ഡയാകൈനസിസ്.** ഈ ഘട്ടത്തിൽ കയാസ്മറ്റ ക്രോമസോമുകളുടെ അഗ്രഭാഗത്തേക്കു നീങ്ങി അവ പരസ്പരം വേർപെടുന്നു. ഈ ഘട്ടത്തിൽ ക്രോമസോമുകൾ പൂർണമായും കുറുകിത്തടിക്കുന്നു. കൂടാതെ സമജാതക്രോമസോമുകളെ കോശത്തിന്റെ രണ്ട് വിപരീത ധ്രുവങ്ങളിലേക്കും വേർപെടുത്തുന്നതിനായി ഊനഭംഗ കീലതന്തുക്കൾ ഒത്തുചേരുന്നു. ഡയാകൈനസിസിന്റെ അവസാനത്തോടുകൂടി മർമകവും മർമസ്തരവും അപ്രത്യക്ഷമാകുന്നു. ഡയാകൈനസിസ് മെറ്റാഫേസിലേക്കുള്ള പരിവർത്തനത്തെ പ്രതിനിധീകരിക്കുന്നു.

മെറ്റാഫേസ് I : ബൈവാലന്റ് ക്രോമസോമുകൾ കോശത്തിന്റെ മധ്യഭാഗത്ത് ക്രമീകരിക്കുന്നു (ചിത്രം 10.3). വിപരീത ധ്രുവങ്ങളിൽ നിന്നുവരുന്ന കീലതന്തുക്കളുടെ സൂക്ഷ്മ നളികകൾ (Microtubules) സ്വരൂപക്രോമസോമുകളുടെ കൈനറ്റോകോറിൽ പറ്റിപ്പിടിക്കുന്നു.

അനാഫേസ് I : സമജാതക്രോമസോമുകൾ വേർപെടുകയും സിസ്റ്റർ ക്രൊമാറ്റിഡുകൾ സെൻട്രോമിയറുകളുമായി ബന്ധപ്പെട്ടിരിക്കുകയും ചെയ്യുന്നു (ചിത്രം 10.3).

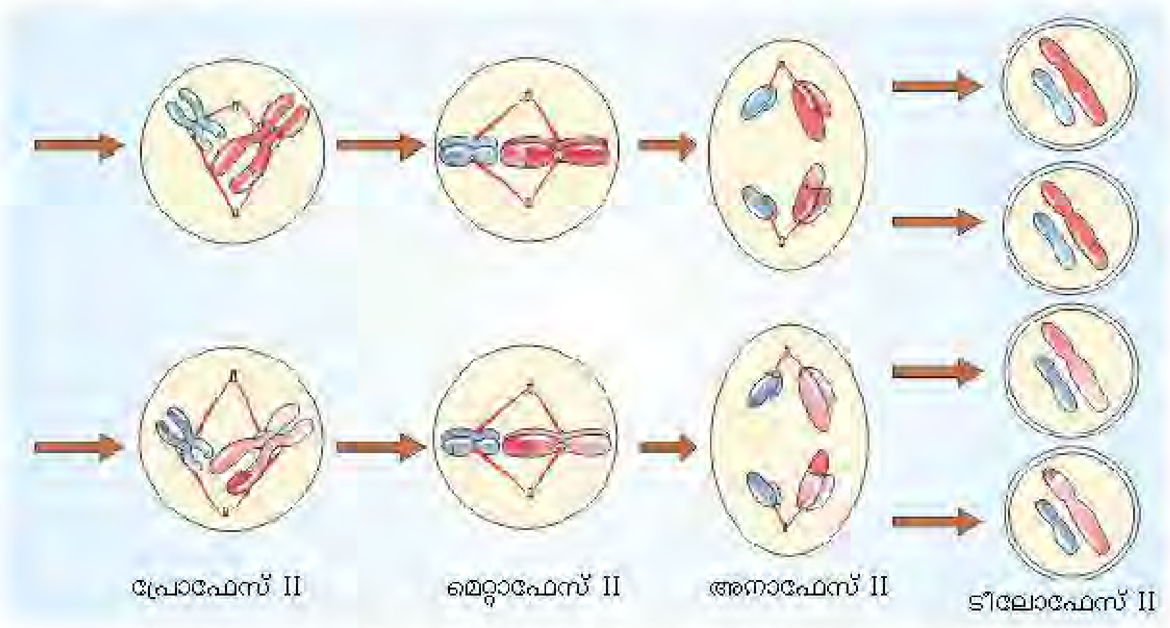
ടീലോഫേസ് I: മർമസ്തരവും മർമകവും വീണ്ടും ഉണ്ടാകുന്നു, തുടർന്ന് കോശ ദ്രവ്യവിഭജനം (Cytokinesis) നടന്ന് കോശ ഡയാഡുകൾ ഉണ്ടാകുന്നു (ചിത്രം 10.3). ക്രമഭംഗത്തിൽ നടക്കുന്നതുപോലെ ഊനഭംഗത്തിന്റെ ഈ ഘട്ടത്തിൽ ക്രോമസോമുകൾ ഇന്റർഫേസ് ന്യൂക്ലിയസ്സിന്റെ തീവ്രഘട്ടം കൈവരിക്കുന്നില്ല. രണ്ട് ഊനഭംഗത്തിന്റെ ഇടയിലുള്ള ഘട്ടത്തെ (ഊനഭംഗം I നും IIനും ഇടയിലുള്ള ഘട്ടം) ഇന്റർകൈനസിസ് (Interkinesis) എന്നുവിളിക്കുന്നു. ഇതു വളരെ ചുരുങ്ങിയ സമയത്തേക്കുമാത്രമേ കാണപ്പെടുന്നുള്ളൂ. ഇന്റർകൈനസിസിൽ ഡി.എൻ.എ. ഇരട്ടിക്കുന്നില്ല. തുടർന്ന് പ്രോഫേസ് II ലേക്ക് വിഭജന പ്രക്രിയ കടക്കുന്നു. ഇത് പ്രോഫേസ് I പോലെ സങ്കീർണമല്ല.

10.4.2 ഊനഭംഗം II

പ്രോഫേസ് II : കോശദ്രവ്യവിഭജനം കഴിഞ്ഞാലുടനെതന്നെ പ്രോഫേസ് II തുടങ്ങുന്നു. സാധാരണയായി ക്രോമസോമുകൾ പൂർണമായി നീളം പ്രാപിക്കുന്നതിന് മുൻപേ ഈ ഘട്ടം ആരംഭിക്കുന്നു. ഈ ഘട്ടം ക്രമഭംഗത്തിലെ പ്രോഫേസ് പോലെയാണ്. പ്രോഫേസ് II ന്റെ അവസാനം മർമസ്തരം അപ്രത്യക്ഷമാകുന്നു (ചിത്രം 10.4). ക്രോമസോമുകൾ വീണ്ടും കുറുകിത്തടിക്കുന്നു.

മെറ്റാഫേസ് II : ക്രോമസോമുകൾ കോശത്തിന്റെ മധ്യഭാഗത്തായി ക്രമീകരിക്കുന്നു. അവയുടെ സിസ്റ്റർ ക്രൊമാറ്റിഡുകളുടെ കൈനറ്റോകോറുകളിൽ വിപരീത ധ്രുവങ്ങളിലെ കീലതന്തുക്കളുടെ സൂക്ഷ്മനളികകൾ പറ്റിപ്പിടിക്കുന്നു (ചിത്രം 10.4).

അനാഫേസ് II : ഒരേ സമയം ഓരോ ക്രോമസോമും അതിന്റെ സിസ്റ്റർ ക്രോമാറ്റിഡുകളെ ചേർത്ത് പിടിക്കുന്ന സെൻട്രോമിയറിൽവച്ച് മുറിയുന്നു. സിസ്റ്റർ ക്രൊമാറ്റിഡുകൾ അവയുടെ കൈനറ്റോകോറുകളിൽ പറ്റിപിടിച്ചിരിക്കുന്ന കീലതന്തുക്കൾ ചുരുങ്ങുകവഴി വിപരീത ധ്രുവങ്ങളിലേക്ക് നീങ്ങുന്നു (ചിത്രം 10.4).



ചിത്രം 10.4 ഊനഭംഗം II ന്റെ ഘട്ടങ്ങൾ

ടീലോഫേസ് II : ഊനഭംഗപ്രക്രിയ ടീലോഫേസ് II ൽ അവസാനിക്കുന്നു. ധ്രുവങ്ങളിൽ എത്തിച്ചേർന്ന ക്രോമസോമുകൾക്കു ചുറ്റുമായി വീണ്ടും മർമസ്തരം പ്രത്യക്ഷപ്പെടുന്നു. വീണ്ടും കോശദ്രവ്യവിഭജനം നടന്ന് ഡയാഡുകൾ ടെട്രാഡുകളായി മാറുന്നു. അങ്ങനെ നാല് ഏകപ്ലോയിഡ് പുത്രികാകോശങ്ങൾ ഊനഭംഗത്തിലൂടെ ഉണ്ടാകുന്നു (ചിത്രം 10.4).

10.5 ഊനഭംഗത്തിന്റെ പ്രാധാന്യം

ലൈംഗിക പ്രത്യുൽപ്പാദനം നടക്കുന്ന ജീവികളിൽ തലമുറകൾക്കപ്പുറം ഓരോ സ്പീഷീസിന്റെയും നിശ്ചിത ക്രോമസോം സംഖ്യയുടെ സംരക്ഷണം സാധ്യമാകുന്നത് ഊനഭംഗത്തിലൂടെയാണെങ്കിലും ഈ പ്രക്രിയ സ്വയമേവ ക്രോമസോം സംഖ്യ പകുതിയാക്കുന്നതിന് കാരണമാകുന്നു എന്നത് ഇതിന്റെ വിരോധാഭാസമാണ്. ഓരോ ജീവിഗണത്തിലും തലമുറകൾ പിന്നിടുമ്പോൾ ജനിതക വ്യതിയാനങ്ങൾ വർധിക്കുന്നതിനും കാരണം ഊനഭംഗമാണ്. പരിണാമ പ്രക്രിയയിൽ ഈ വ്യതിയാനങ്ങൾക്ക് വളരെയേറെ പ്രാധാന്യമുണ്ട്.

സംഗ്രഹം

കോശ സിദ്ധാന്തപ്രകാരം കോശങ്ങൾ മുമ്പുണ്ടായിരുന്നവയിൽ നിന്ന് ഉണ്ടാകുന്നു. ഇങ്ങനെ കോശങ്ങളുണ്ടാകുന്ന പ്രക്രിയയെ കോശവിഭജനം എന്നു പറയുന്നു. ലൈംഗിക പ്രത്യുൽപാദനം നടത്തുന്ന എല്ലാ ജീവികളുടെയും ജീവിതചക്രം ആരംഭിക്കുന്നത് ഏകകോശമായ സിക്താണ്ഡത്തിൽ നിന്നാണ്. ജീവിയുടെ വളർച്ച പൂർണമായാലും, കോശവിഭജനം ജീവിതചക്രം മുഴുവനും തുടർന്നു കൊണ്ടേയിരിക്കും.

ഒരു കോശവിഭജനത്തിൽ നിന്ന് മറ്റൊരു വിഭജനത്തിലേക്കു കടക്കുന്നതിനിടയിലുണ്ടാകുന്ന വിവിധഘട്ടങ്ങളെ കോശചക്രം (Cell cycle) എന്നു പറയുന്നു. കോശചക്രത്തിന് രണ്ടു പ്രധാന ഘട്ടങ്ങളുണ്ട്, (i) ഇന്റർഫേസ് - കോശവിഭജനത്തിന്റെ തയാറെടുപ്പ് കാലം (ii) ക്രമഭംഗം (M - ഫേസ്) - കോശവിഭജനത്തിന്റെ യഥാർഥ വിഭജന കാലം. ഇന്റർഫേസിനെ വീണ്ടും G_1, S, G_2 എന്നിങ്ങനെ വിഭജിച്ചിരിക്കുന്നു. G_1 ഘട്ടത്തിൽ കോശവളർച്ചയും പതിവ് ഉപാപചയ പ്രവർത്തനങ്ങളും നടക്കുന്നു. ഭൂരിഭാഗം കോശാംഗങ്ങളുടെ ഇരട്ടിക്കലും ഈ ഘട്ടത്തിൽ നടക്കുന്നു. DNA യുടെ ഇരട്ടിക്കലും ക്രോമസോമുകളുടെ ഇരട്ടിക്കലും S ഘട്ടത്തിന്റെ പ്രത്യേകതയാണ്. കോശദ്രവ്യ വളർച്ചയാണ് G_2 ഫേസിന്റെ പ്രത്യേകത. പ്രോഫേസ്, മെറ്റാഫേസ്, അനാഫേസ്, ടീലോഫേസ് എന്നിങ്ങനെ ക്രമഭംഗത്തിനെയും നാലുഘട്ടങ്ങളായി വിഭജിച്ചിരിക്കുന്നു. പ്രോഫേസിൽ ക്രോമസോമുകളുടെ കുറുകിത്തടിക്കൽ സംഭവിക്കുന്നു. ഇതിനോടൊപ്പം സെൻട്രിയോളുകൾ രണ്ടു വിപരീത ധ്രുവങ്ങളിലേക്ക് നീങ്ങുന്നു. മർമസ്തരവും മർമകവും അപ്രത്യക്ഷമാകുന്നതിനോടൊപ്പം കീലതന്തുക്കൾ പ്രത്യക്ഷപ്പെട്ടു തുടങ്ങുന്നു. മെറ്റാഫേസിൽ ക്രോമസോമുകൾ കോശത്തിന്റെ മധ്യഭാഗത്തായി ക്രമീകരിക്കപ്പെടുന്നു. അനാഫേസിൽ ക്രോമസോമുകളുടെ സെൻട്രോമിയറിൽ വച്ച് വിഭജനം സംഭവിച്ച് ക്രൊമാറ്റിഡുകൾ എതിർ ധ്രുവങ്ങളിലേക്ക് നീങ്ങുന്നു. ഇങ്ങനെ ക്രൊമാറ്റിഡുകൾ രണ്ട് ധ്രുവങ്ങളിലും എത്തിച്ചേർന്നതിനുശേഷം അവയ്ക്ക് നീളം വയ്ക്കുകയും മർമകവും മർമസ്തരവും പ്രത്യക്ഷമാകുകയും ചെയ്യുന്നു. ഈ ഘട്ടത്തെ ടീലോഫേസ് എന്നു പറയുന്നു. മർമവിഭജനത്തിനുശേഷം കോശദ്രവ്യവിഭജനവും നടക്കുന്നു. ഇതിനെ സൈറ്റോകൈനസിസ് എന്നു പറയുന്നു. അങ്ങനെ ക്രമഭംഗം ഒരു തുല്യഭാഗ വിഭജനമാണ്. ഇതിലൂടെ പുത്രികാകോശങ്ങളിൽ മാതൃകോശത്തിന്റെ ക്രോമസോം സംഖ്യ സംരക്ഷിക്കപ്പെടുകയും ചെയ്യുന്നു.

ക്രമഭംഗത്തിന് വിഭിന്നമായി ഊനഭംഗം ദ്വിപ്ലോയിഡ് കോശങ്ങളിൽ മാത്രം നടക്കുകയും ഇതിലൂടെ ബീജകോശങ്ങളുടെ രൂപീകരണം സാധ്യമാകുകയും ചെയ്യുന്നു. ബീജകോശങ്ങളുടെ രൂപീകരണത്തിൽ ക്രോമസോം സംഖ്യ നേർപകുതിയായി കുറയുന്നതു മൂലം ഊനഭംഗത്തെ റിഡക്ഷൻ ഡിവിഷൻ എന്നു വിളിക്കുന്നു. ലൈംഗിക പ്രത്യുൽപാദനത്തിൽ രണ്ട് ബീജകോശങ്ങൾ കൂടിച്ചേരുമ്പോൾ മാതൃകോശത്തിന്റെ ക്രോമസോം സംഖ്യ നിലനിർത്തപ്പെടുന്നു. ഊനഭംഗത്തിനെ രണ്ട് ഘട്ടങ്ങളായി വിഭജിച്ചിരിക്കുന്നു - ഊനഭംഗം I ഉം ഊനഭംഗം II ഉം. ഊനഭംഗം I ൽ സ്വരൂപക്രോമസോമുകൾ പരസ്പരം ജോഡിയായി ബൈവാലന്റുകളായി മാറുകയും ക്രോസിംഗ് ഓവർ നടക്കുകയും ചെയ്യുന്നു. ഊനഭംഗം I ലെ പ്രോഫേസ് വളരെ ദൈർഘ്യമേറിയതാണ്. ഇതിനെ ലെപ്ടോറ്റിൻ, സൈഗോറ്റീൻ, പാക്കിറ്റീൻ, ഡിപ്ലോറ്റീൻ, ഡയാകൈനസിസ് എന്നിങ്ങനെ വീണ്ടും അഞ്ചു ഉപഘട്ടങ്ങളായി വിഭജിച്ചിരിക്കുന്നു. മെറ്റാഫേസ് I - ൽ ബൈവാലന്റുകൾ കോശത്തിന്റെ മധ്യഭാഗത്തായി ക്രമീകരിക്കപ്പെടുന്നു. തുടർന്ന അനാഫേസ് I - ൽ സമജാതക്രോമസോമുകൾ അവയുടെ രണ്ട് ക്രൊമാറ്റിഡുകളുമായി വിപരീത ധ്രുവങ്ങളിലേക്ക് നീങ്ങുന്നു. അങ്ങനെ ഓരോ ധ്രുവത്തിലും മാതൃകോശത്തിൽ ഉള്ളതിന്റെ പകുതി എണ്ണം ക്രോമസോമുകളെ എത്തിച്ചേരുന്നുള്ളു. ടീലോഫേസ് I ൽ മർമസ്തരവും മർമകവും പ്രത്യക്ഷപ്പെടുന്നു. ഊനഭംഗം II ക്രമഭംഗത്തെപ്പോലെയാണ്. അനാഫേസ് II ൽ സഹോദര ക്രൊമാറ്റിഡുകൾ വേർപിരിയും. അങ്ങനെ ഊനഭംഗം അവസാനിക്കുമ്പോൾ നാല് ഏകപ്ലോയിഡ് കോശങ്ങൾ ഉണ്ടാകുന്നു.

പരിശീലന പ്രവർത്തനങ്ങൾ

1. സസ്തനികളുടെ കോശചക്രത്തിന്റെ ശരാശരി സമയപരിധിയെന്ത്?
2. മർമവിഭജനത്തിന്റെയും കോശദ്രവ്യവിഭജനത്തിന്റെയും വ്യത്യാസങ്ങൾ എന്ത്?
3. ഇന്റർഫേസിൽ നടക്കുന്ന മാറ്റങ്ങൾ വിശദമാക്കുക.
4. കോശചക്രത്തിലെ നിഷ്ക്രിയഘട്ടം (G_0) എന്നാൽ എന്ത്?
5. ക്രമഭംഗത്തെ തുല്യഭാഗവിഭജനം (Equational division) എന്നു വിളിക്കുന്നതെന്തുകൊണ്ട്?
6. കോശചക്രത്തിലെ ഏതു ഘട്ടത്തിലാണ് താഴെപറയുന്ന സംഭവങ്ങൾ നടക്കുന്നത്.
   (i) കിലതന്തുക്കളിലൂടെ ക്രൊമസോമുകൾ കോശത്തിന്റെ മധ്യഭാഗത്തായി ക്രമീകരിക്കുന്നു.
   (ii) സെൻട്രോമിയർ മുറിഞ്ഞ് ക്രൊമാറ്റിഡുകൾ വേർപിരിയുന്നു.
   (iii) സമജാതക്രോമസോമുകൾ ജോഡിയാകുന്നു.
   (iv) സമജാതക്രോമസോമുകൾ മുറിഞ്ഞുമാറലിന് വിധേയമാകുന്നു.
7. താഴെപറയുന്നവ എന്തെന്നുവിശദമാക്കുക.
   (a) സിനാപ്സിസ് (b) ബൈവാലന്റ് (c) കയാസ്മറ്റ
   (c) ചിത്രത്തിന്റെ സഹായത്തോടെ ഉത്തരം വിശദമാക്കുക.
8. സസ്യകോശങ്ങളിലെയും ജന്തുകോശങ്ങളിലെയും കോശദ്രവ്യവിഭജനം എങ്ങനെ വ്യത്യാസപ്പെട്ടിരിക്കുന്നു?
9. ഊനഭംഗസമയത്തുണ്ടാകുന്ന 4 പുത്രികാ കോശങ്ങളിൽ ഒരേ വലിപ്പത്തിലുള്ളവയും വ്യത്യസ്ത വലിപ്പത്തിലുള്ളവയും ഉണ്ടാകുന്നതിന് ഉദാഹരണം കണ്ടെത്തുക.
10. ക്രമഭംഗത്തിലെ അനാഫേസും ഊനഭംഗത്തിലെ അനാഫേസ് I ഉം തമ്മിലുള്ള വ്യത്യാസം എഴുതുക.

11. ക്രമഭംഗവും ഊനഭംഗവും തമ്മിലുള്ള പ്രധാന വ്യത്യാസങ്ങൾ എഴുതുക.

12. ഊനഭംഗത്തിന്റെ പ്രാധാന്യമെന്ത്?

13. നിങ്ങളുടെ അധ്യാപകരുമായി താഴെ സൂചിപ്പിച്ചിരിക്കുന്നവ ചർച്ച ചെയ്യുക.

    (i) ഏകപ്ലോയിഡുകളായ പ്രാണികളിലും താഴ്ന്നപടിയിലുള്ള സസ്യങ്ങളിലും നടക്കുന്ന കോശവിഭജനം.

    (ii) ഉയർന്നപടിയിലുള്ള സസ്യങ്ങളിൽ കോശവിഭജനം നടക്കാത്ത ഏകപ്ലോയിഡ് കോശങ്ങൾ.

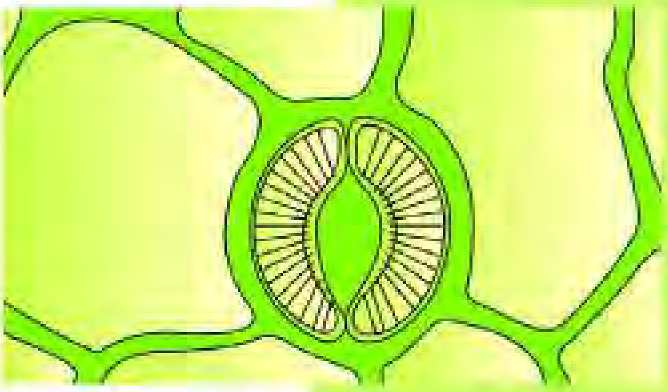
14. നിർമാണഘട്ടത്തിൽ (S - ഫേസ്) ഡി.എൻ.എയുടെ ഇരട്ടിക്കൽ നടക്കാതെ ക്രമഭംഗം നടക്കുമോ?

15. കോശവിഭജനം നടക്കാതെ ഡി.എൻ.എ. ഇരട്ടിക്കാറുണ്ടോ?

16. കോശചക്രത്തിലെ വിവിധ ഘട്ടങ്ങൾ പരിശോധിച്ച് താഴെപ്പറയുന്ന നിർണായക ഘടകങ്ങൾ വ്യത്യാസപ്പെടുന്നത് എങ്ങനെയെന്ന് വിശകലനം ചെയ്യുക.

    (i) ഓരോ കോശത്തിലെയും ക്രോമസോം സംഖ്യ (N).

    (ii) ഓരോ കോശത്തിലെയും ഡി.എൻ.എ യുടെ അളവ് (C).



യൂണിറ്റ് IV
സസ്യശരീരധർമ ശാസ്ത്രം
(PLANT PHYSIOLOGY)

അധ്യായം 11
സംവഹനം സസ്യങ്ങളിൽ

അധ്യായം 12
ധാതുപോഷണം

അധ്യായം 13
പ്രകാശസംശ്ലേഷണം ഉയർന്ന തലത്തിലുള്ള സസ്യങ്ങളിൽ

അധ്യായം 14
ശ്വസനം സസ്യങ്ങളിൽ

അധ്യായം 15
സസ്യവളർച്ചയും വികാസവും

ജീവജാലങ്ങളുടെ ഘടനയെക്കുറിച്ചും ഒരു നിശ്ചിതകാലയളവിൽ ഉണ്ടാകുന്ന വ്യതിയാനങ്ങളെക്കുറിച്ചുമുള്ള വിവരണം അവസാനമായും എത്തുന്നത് ജീവശാസ്ത്രത്തിന്റെ ചേർന്നു പോകാത്ത രണ്ട് വ്യത്യസ്ത വീക്ഷണങ്ങളിലാണ്. ഈ രണ്ട് വീക്ഷണങ്ങളും കുടികൊള്ളുന്നത് ജീവജാലങ്ങളുടെ ഘടനയുടെയും ജീവൽപ്രതിഭാസങ്ങളുടെയും രണ്ട് തലത്തിലാണ്. ഇതിലൊന്ന് ജീവതലത്തെയും അതിലും ഉയർന്ന ഘടനാതലത്തെയും വിവരിക്കുമ്പോൾ രണ്ടാമത്തേത് കോശതലത്തിലും തന്മാത്രാതലത്തിലും ഉള്ള ഘടന വിവരിക്കുന്നു. ആദ്യത്തേത് പരിസ്ഥിതി ശാസ്ത്രത്തെയും അനുബന്ധ ശാഖകളെയും സൃഷ്ടിച്ചു. രണ്ടാമത്തേത് ശരീരധർമശാസ്ത്രത്തെയും ജൈവരസതന്ത്രത്തെയും സൃഷ്ടിച്ചു. സപുഷ്പികളിലെ ശരീരധർമപരമായ പ്രക്രിയകളെക്കുറിച്ചുള്ള ഒരു വിവരണം ഉദാഹരണമായി ഈ യൂണിറ്റിൽ നൽകിയിരിക്കുന്നു. സസ്യങ്ങളിലെ ധാതുപോഷണം, പ്രകാശസംശ്ലേഷണം, സംവഹനം, ശ്വസനം എന്നിവയും അവസാനമായി സസ്യവളർച്ചയും വികാസവും തുടങ്ങിയ പ്രക്രിയകൾ തന്മാത്രാതലത്തിലും ചില സാഹചര്യങ്ങളിൽ കോശപ്രവർത്തനങ്ങളുടെയും ചിലപ്പോൾ ജീവികളുടെ തലത്തിലും വിവരിച്ചിരിക്കുന്നു. അനുയോജ്യമായ ഇടങ്ങളിലെല്ലാം പരിസ്ഥിതിയും ശരീരധർമപരമായ പ്രക്രിയകളും തമ്മിലുള്ള ബന്ധവും ചർച്ചചെയ്തിരിക്കുന്നു.

മെൽവിൻ കാൽവിൻ

1911 ഏപ്രിൽ മാസം മിനിസോട്ടയിൽ മെൽവിൻ കാൽവിൻ ജനിച്ചു. മിനിസോട്ട സർവകലാശാലയിൽ നിന്ന് അദ്ദേഹത്തിന് രസതന്ത്രത്തിൽ പി.എച്ച്.ഡി. ലഭിച്ചു. ബെർക്കിലിയിലെ കാലിഫോർണിയ സർവകലാശാലയിൽ (University of California) അദ്ദേഹം രസതന്ത്ര അധ്യാപകനായി സേവനമനുഷ്ഠിച്ചിട്ടുണ്ട്.

രണ്ടാം ലോക മഹായുദ്ധത്തെത്തുടർന്ന് ഹിരോഷിമയിലും, നാഗസാക്കിയിലുമുണ്ടായ ബോംബ് ആക്രമണങ്ങളും, റേഡിയോ ആക്റ്റിവിറ്റിയുടെ ദൂഷ്യഫലങ്ങളും കണ്ട് ഞെട്ടിയിരുന്ന ലോകത്തിൽ, റേഡിയോ ആക്റ്റിവിറ്റിയെ ഉപകാരപ്രദമായ കാര്യങ്ങൾക്കായി മെൽവിൻ കാൽവിനും സഹപ്രവർത്തകരും ഉപയോഗിച്ചു. ഹരിതസസ്യങ്ങൾ അസംസ്കൃത പദാർത്ഥങ്ങളായ കാർബൺ ഡൈഓക്സൈഡ്, ജലം, ധാതുക്കൾ തുടങ്ങിയവയിൽ നിന്ന് പഞ്ചസാരയും മറ്റു പദാർത്ഥങ്ങളും നിർമ്മിക്കുന്ന രാസപ്രവർത്തനങ്ങളെക്കുറിച്ച് അദ്ദേഹം ജെ.എ. ബാഷാമിനോടൊപ്പം പഠിച്ചു. ഇതിനായി അവർ കാർബൺ ഡൈഓക്സൈഡിനെ C^{14} ഉപയോഗിച്ച് ലേബൽ ചെയ്തു. ചിട്ടയായി ക്രമീകരിച്ചിരിക്കുന്ന വർണ്ണവസ്തുക്കളിലൂടെയും മറ്റു ചില പദാർത്ഥങ്ങളിലൂടെയും ഇലക്ട്രോണുകൾ കൈമാറ്റം ചെയ്യുന്നതിലൂടെ സസ്യങ്ങൾ പ്രകാശോർജത്തെ രാസോർജമാക്കി മാറ്റുമെന്ന് അദ്ദേഹം പ്രസ്താവിച്ചു. പ്രകാശസംശ്ലേഷണത്തിൽ കാർബൺ സ്വാംശീകരണത്തിന്റെ പാത വെളിപ്പെടുത്തിയതിന് 1961 ൽ അദ്ദേഹത്തിന് നോബൽ സമ്മാനം ലഭിച്ചു.

കാൽവിൻ ആവിഷ്കരിച്ച പ്രകാശസംശ്ലേഷണ തത്വങ്ങളെ ഇന്ന് പുനരുപയോഗിക്കാൻ കഴിയുന്ന ഊർജവിഭവങ്ങൾ, വസ്തുക്കൾ, സൗരോർജത്തിന്റെ അടിസ്ഥാന പഠനങ്ങൾ എന്നിവയെക്കുറിച്ചുള്ള ഗവേഷണങ്ങൾക്ക് ഉപയോഗിച്ചുവരുന്നു.

K7D5T9

അധ്യായം 11

സംവഹനം സസ്യങ്ങളിൽ

(Transport in Plants)

11.1 സംവഹനത്തിനുള്ള മാർഗങ്ങൾ
11.2 സസ്യ- ജലബന്ധങ്ങൾ
11.3 ജലത്തിന്റെ ദീർഘദൂര സംവഹനം
11.4 സ്വേദനം
11.5 ധാതുപോഷകങ്ങളുടെ ആഗിരണവും വിതരണവും
11.6 ഫ്ളോയം സംവഹനം: ഉറവിടത്തിൽ നിന്നും ആവശ്യസ്ഥലത്തേക്കുള്ള ഒഴുക്ക്

വൃക്ഷങ്ങളുടെ മുകൾഭാഗത്ത് ജലം എങ്ങനെ എത്തിച്ചേരുന്നുവെന്ന് നിങ്ങൾ ആശ്ചര്യപ്പെട്ടിട്ടുണ്ടാകാം. പദാർഥങ്ങൾ ഒരു കോശത്തിൽ നിന്ന് മറ്റൊന്നിലേയ്ക്ക് സഞ്ചരിക്കുന്നത് എങ്ങനെയെന്നും എന്തിനെന്നും നിങ്ങൾക്കറിയാമോ? എല്ലാ വസ്തുക്കളുടെയും സഞ്ചാരം ഒരേ രീതിയിലും ഒരേ ദിശയിലുമാണോ? പദാർഥങ്ങളുടെ ഈ സഞ്ചാരത്തിന് ഉപാപചയ പ്രക്രിയയിലൂടെ ലഭിക്കുന്ന ഊർജം ആവശ്യമുണ്ടോ എന്നൊക്കെ നിങ്ങൾ ചിന്തിച്ചിട്ടുണ്ടാകാം. ജന്തുക്കളെ അപേക്ഷിച്ച് സസ്യങ്ങളിൽ പ്രത്യേക പര്യയന വ്യവസ്ഥകളൊന്നും കാണുന്നില്ലെങ്കിലും അവ തന്മാത്രകളെ ദീർഘദൂരത്തിൽ സംവഹനം ചെയ്യുന്നു. വേരുകൾ വലിച്ചെടുക്കുന്ന ജലം കാണ്ഡത്തിന്റെ വളരുന്ന അഗ്രഭാഗം ഉൾപ്പെടെ സസ്യങ്ങളുടെ എല്ലാ ഭാഗങ്ങളിലും എത്തിച്ചേരേണ്ടതുണ്ട്. ഇലകൾ നിർമ്മിക്കുന്ന ആഹാരവും മണ്ണിന്റെ ആഴങ്ങളിൽ കാണുന്ന വേരുകളുടെ അഗ്രഭാഗം വരെ എത്തേണ്ടതുണ്ട്. കോശത്തിനകത്തുള്ളതോ, സ്തരങ്ങൾക്ക് കുറുകെയുള്ളതോ, കലകളിലെ കോശങ്ങൾ തമ്മിലുള്ളതോ ആയ ഹ്രസ്വദൂരസഞ്ചാരങ്ങളും നടക്കേണ്ടതുണ്ട്. സസ്യങ്ങളിലെ പദാർഥസംവഹനത്തെപ്പറ്റി മനസ്സിലാക്കാൻ കോശഘടന, സസ്യങ്ങളുടെ ആന്തരികഘടന എന്നിവയെപ്പറ്റിയുള്ള അടിസ്ഥാന അറിവ് നമ്മൾ ഓർത്തിരിക്കേണ്ടതാണ്. കെമിക്കൽ പൊട്ടൻഷ്യൽ, അയോണുകൾ, വ്യാപനം എന്നിവയെപ്പറ്റിയുള്ള അറിവുകളും നമ്മൾ മുൻകൂട്ടി മനസ്സിലാക്കിയിരിക്കണം.

വസ്തുക്കളുടെ സഞ്ചാരത്തെക്കുറിച്ച് പ്രതിപാദിക്കുമ്പോൾ നമ്മൾ ആദ്യമായി നിർവചിക്കേണ്ടത് ഏത് തരത്തിലുള്ള സഞ്ചാരമാണെന്നതും ഏതെല്ലാം വസ്തുക്കളാണ് സഞ്ചരിക്കപ്പെടേണ്ടതും എന്നുമാണ്. ജലം, ധാതുപോഷകങ്ങൾ, കാർബണിക പോഷകങ്ങൾ, സസ്യവളർച്ചാനിയന്ത്രണ ഘടകങ്ങൾ എന്നിവയാണ് സപുഷ്പികളിൽ പ്രധാനമായും സംവഹനം ചെയ്യപ്പെടേണ്ടത്. പദാർഥങ്ങൾ ഹ്രസ്വദൂരം സഞ്ചരിക്കുന്നത് പ്രധാനമായും വ്യാപനം വഴിയും സക്രിയസംവഹനത്താലുള്ള (Active transport) കോശദ്രവ്യ പ്രവാഹത്താലുമാണ് (Cytoplasmic streaming). സൈലത്തിലൂടെയും ഫ്ളോയത്തിലൂടെയുമുള്ള ദീർഘ ദൂരസഞ്ചാരത്തിനെ സ്ഥാനമാറ്റം (Translocation) എന്നു വിളിക്കുന്നു.

ഇവിടെ പരിഗണിക്കേണ്ട ഒരു പ്രധാനകാര്യം സഞ്ചാരത്തിന്റെ ദിശയാണ്. മണ്ണിലുറച്ചു നിൽക്കുന്ന സസ്യങ്ങളിൽ വേരിൽ നിന്ന് കാണ്ഡത്തിലേക്ക് സൈലത്തിലൂടെയുള്ള ജലത്തിന്റെയും ധാതുക്കളുടെയും സഞ്ചാരം ഏകദിശയിലുള്ളതാണ്. എന്നാൽ കാർബണിക പോഷകങ്ങളുടെയും ധാതുപോഷകങ്ങളുടെയും സഞ്ചാരം ബഹുദിശയിലുള്ളതാണ്. പ്രകാശസംശ്ലേഷണത്തിലൂടെ ഇലകളിൽ നിർമ്മിക്കുന്ന ജൈവസംയുക്തങ്ങൾ സസ്യത്തിന്റെ മറ്റ് ഭാഗങ്ങളിലേക്കും സംഭരണാവയവങ്ങളിലേക്കും മാറ്റപ്പെടുന്നു. പിന്നീട് സംഭരണാവയവങ്ങളിൽ നിന്നും ഇവ മറ്റു ഭാഗങ്ങളിലേക്ക് പുനർവിന്യസിക്കപ്പെടുന്നു. വേരുകൾ വലിച്ചെടുക്കുന്ന ധാതുപോഷകങ്ങൾ മുകളിലേക്ക് സഞ്ചരിച്ച് കാണ്ഡം, ഇലകൾ, വളരുന്ന ഭാഗങ്ങൾ എന്നിവയിൽ എത്തിച്ചേരുന്നു. വാർദ്ധക്യത്തിന് വിധേയമാകുന്ന സസ്യഭാഗങ്ങളിൽ നിന്ന് പോഷകങ്ങളെ പിൻവലിച്ച് അവയെ വളരുന്ന ഭാഗങ്ങളിലേക്ക് മാറ്റുന്നു. ഹോർമോണുകൾ അല്ലെങ്കിൽ സസ്യവളർച്ചാ നിയന്ത്രണ ഘടകങ്ങൾ മറ്റ് രാസപദാർഥങ്ങൾ എന്നിവ ചെറിയ അളവിൽ അവയുടെ നിർമ്മാണ സ്ഥലത്തുനിന്ന് ഏകദിശയിൽ മറ്റു ഭാഗങ്ങളിലേക്ക് സഞ്ചരിക്കുന്നു. ഇപ്രകാരം സപുഷ്പികളിൽ സംയുക്തങ്ങൾ പല ദിശകളിൽ സഞ്ചരിക്കുകയും ഓരോ അവയവവും ചില പദാർഥങ്ങളെ സ്വീകരിക്കുകയും മറ്റുചിലതിനെ പുറത്തേക്ക് നൽകുകയും ചെയ്യുന്ന ഒരു സങ്കീർണമായ പോക്കുവരവ് കാണാനാകും.

11.1 സംവഹനത്തിനുള്ള മാർഗങ്ങൾ

11.1.1 വ്യാപനം (Diffusion)

വ്യാപനം വഴിയുള്ള സഞ്ചാരം നിഷ്ക്രിയമാണ് (Passive). ഇത്തരത്തിലുള്ള സഞ്ചാരം കോശത്തിന്റെ ഒരു ഭാഗത്ത് നിന്ന് മറ്റൊരു ഭാഗത്തേക്കോ, കോശത്തിൽ നിന്ന് കോശത്തിലേക്കോ ഹ്രസ്വദൂരത്തേക്കോ, അതായത് ഇലകളുടെ കോശാന്തരസ്ഥലത്തുനിന്ന് പുറത്തേക്കോ ആകാം. വ്യാപനം നടക്കുന്നതിന് ഊർജത്തിന്റെ ആവശ്യം ഇല്ല. വ്യാപനത്തിൽ തന്മാത്രകൾ ക്രമരഹിതമായി സഞ്ചരിച്ച് അവയുടെ ഗാഢതകൂടിയ ഭാഗത്തുനിന്ന് ഗാഢത കുറഞ്ഞഭാഗത്തേക്ക് എത്തിച്ചേരുന്നു. വ്യാപനം സാവധാനം നടക്കുന്ന ഒരു പ്രക്രിയയും 'ജീവവ്യവസ്ഥയെ' ആശ്രയിക്കാത്തതുമാണ്. വാതകങ്ങളിലും ദ്രാവകങ്ങളിലും വ്യാപനം സാധാരണമാണെങ്കിലും ഖരപദാർഥങ്ങളിൽ ഇത് വളരെ കുറവാണ്. സസ്യങ്ങൾക്ക് വ്യാപനം വളരെ പ്രധാനപ്പെട്ടതാണ്, കാരണം സസ്യങ്ങളിൽ വാതക സഞ്ചാരത്തിനുള്ള ഏകമാർഗമാണിത്.

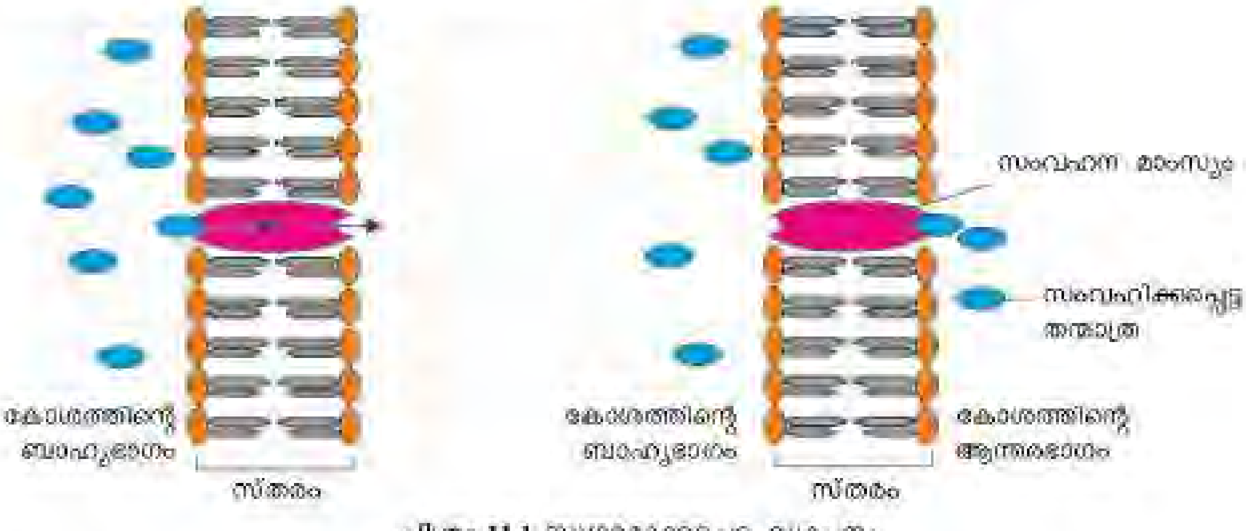
വ്യാപന നിരക്കിനെ സ്വാധീനിക്കുന്ന ഘടകങ്ങളാണ് ഗാഢതാവ്യതിയാനം, തമ്മിൽ വേർതിരിക്കുന്ന സ്തരത്തിന്റെ താര്യത, താപനില, മർദം എന്നിവ.

11.1.2 സുഗമമാക്കപ്പെട്ട വ്യാപനം (Facilitated diffusion)

മുൻപ് പറഞ്ഞതുപോലെ, വ്യാപനം നടക്കുന്നതിന് ഗാഢതാവ്യതിയാനം അത്യാവശ്യമാണ്. വ്യാപനനിരക്ക് പദാർഥങ്ങളുടെ വലുപ്പത്തിനനുസരിച്ച് വ്യത്യാസപ്പെടുന്നു, അതായത് ചെറിയ പദാർഥങ്ങളാണ് വളരെവേഗം വ്യാപനം ചെയ്യപ്പെടുന്നത്. സ്തരത്തിനു കുറുകെയുള്ള പദാർഥങ്ങളുടെ വ്യാപനം സ്തരങ്ങളുടെ

പ്രധാനപ്പെട്ട ഘടകമായ കൊഴുപ്പിൽ ലയിക്കുന്നതിനെ ആശ്രയിച്ചിരിക്കുന്നു. കൊഴുപ്പിൽ ലയിക്കുന്ന പദാർഥങ്ങൾ വേഗത്തിൽ സ്തരത്തിലൂടെ വ്യാപിക്കുന്നു. ജലതന്മാത്രകളോട് ആഭിമുഖ്യമുള്ള (Hydrophilic) വസ്തുക്കൾക്ക് സ്തരത്തിലൂടെ കടന്ന് പോകുവാൻ പ്രയാസമാണ്; അവയുടെ സഞ്ചാരം സുഗമമാക്കപ്പെടണം. സ്തര മാംസ്യങ്ങളാണ് അത്തരം പദാർഥങ്ങൾക്ക് സ്തരത്തിന് കുറുകെ കടക്കാനുള്ള പാതകൾ ഒരുക്കുന്നത്. അവ ഗാഢതാവ്യതിയാനം സംജാതമാക്കാറില്ല: തന്മാത്രകൾക്ക് മാംസ്യത്തിന്റെ സഹായത്താൽ വ്യാപനം നടത്തണമെങ്കിൽപ്പോലും ഒരു ഗാഢതാവ്യതിയാനം മുമ്പേതന്നെ ഉണ്ടായിരിക്കേണ്ടതുണ്ട്. ഇത്തരത്തിൽ സംവഹനമാംസ്യത്തിന്റെ സഹായത്താൽ നടക്കുന്ന വ്യാപനത്തെ **സുഗമമാക്കപ്പെട്ട വ്യാപനം** എന്നു പറയുന്നു.

സുഗമമാക്കപ്പെട്ട വ്യാപനത്തിൽ ATP വിനിയോഗം ഇല്ലാതെ പ്രത്യേക മാംസ്യങ്ങളുടെ സഹായത്താൽ വസ്തുക്കൾ സ്തരങ്ങളെ മറികടക്കുന്നു. സുഗമമാക്കപ്പെട്ട വ്യാപനത്തിൽ കുറഞ്ഞ ഗാഢതയിൽ നിന്ന് കൂടിയ ഗാഢതയിലേക്ക് പദാർഥങ്ങൾ സംവഹനം ചെയ്യപ്പെടാറില്ല – ഇതിന് ഊർജം ആവശ്യമായി വരുന്നു. എല്ലാ മാംസ്യസംവാഹകരും (Protein transporters) പൂർണമായി ഉപയോഗിക്കപ്പെടുമ്പോൾ സംവഹനനിരക്ക് അതിന്റെ പരമാവധിയിലെത്തുന്നു. (പൂരിതമാകുന്നു). സുഗമമാക്കപ്പെട്ട വ്യാപനം വളരെ നിശ്ചിതമാണ്: കാരണം കോശത്തിന് ആവശ്യമായ വസ്തുക്കൾ തിരഞ്ഞെടുക്കാൻ ഇത് അനുവദിക്കുന്നു. തടസ്സകാരികൾ (Inhibitors) മാംസ്യത്തിന്റെ പാർശ്വശ്രേണിയുമായി (Protein side chains) പ്രതിപ്രവർത്തനത്തിലേർപ്പെടുന്നത് ഈ പ്രക്രിയയെ ബാധിക്കും.



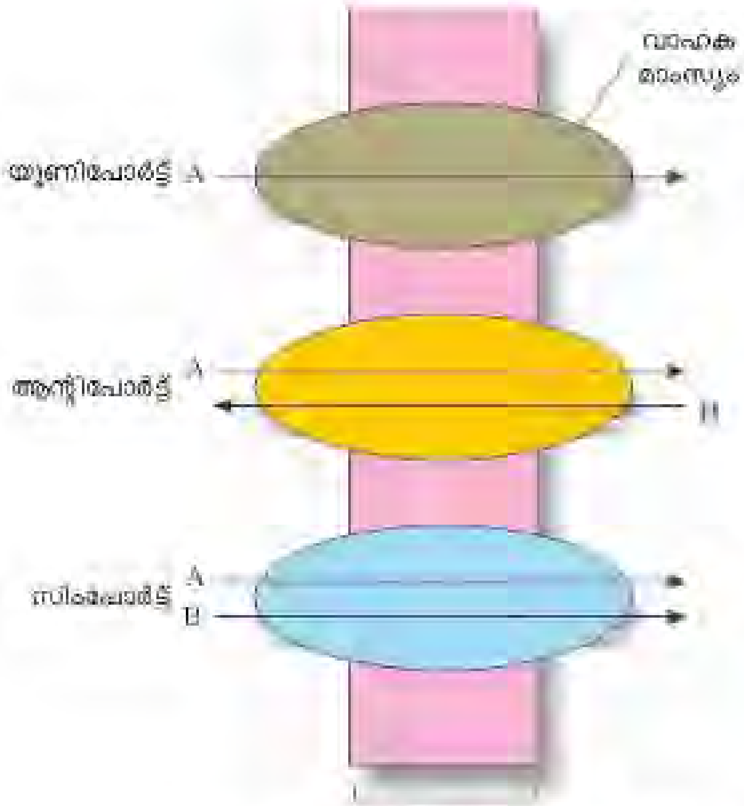
ചിത്രം 11.1 സുഗമമാക്കപ്പെട്ട വ്യാപനം

സ്തര മാംസ്യങ്ങൾ തന്മാത്രകളെ കടത്തിവിടുന്നതിനുള്ള ചാനലുകളായി പ്രവർത്തിക്കുന്നു. ഇത്തരം ചാനലുകളിൽ ചിലത് എപ്പോഴും തുറന്നിരിക്കുന്നവയും ചിലത് നിയന്ത്രണവിധേയവുമാണ്. ചില ചാനലുകൾ പല തരത്തിലുള്ള തന്മാത്രകളെ കടത്തിവിടാൻ ഉതകുന്ന തരത്തിൽ വളരെ വലുതാണ്. പ്ലാസ്റ്റിഡുകൾ (Plastids), മൈറ്റോകോൺഡ്രിയ (Mitochondria), ചില ബാക്ടീരിയകൾ തുടങ്ങി

യവയുടെ ബാഹ്യസ്തരങ്ങളിൽ വലിയ സുഷിരങ്ങളായി കാണപ്പെടുന്ന മാംസ്യങ്ങളെയാണ് **പോറിനുകൾ (Porins)** എന്നു പറയുന്നത്. ചെറിയ മാംസ്യങ്ങളുടെ അത്രയും വലുപ്പമുള്ള തന്മാത്രകളെപ്പോലും കടത്തിവിടാൻ അനുവദിക്കുന്നവയാണ് പോറിനുകൾ.

ചിത്രം11.1 ൽ കോശത്തിന് പുറത്തുള്ള ഒരു തന്മാത്ര സംവഹന മാംസ്യത്തിൽ ബന്ധിതമായിരിക്കുന്നത് കാണിച്ചിരിക്കുന്നു. തുടർന്ന് സംവഹന മാംസ്യം തിരിഞ്ഞ് (Rotates) പ്രസ്തുത തന്മാത്രയെ കോശത്തിനുള്ളിലേക്ക് സ്വതന്ത്രമാക്കുന്നു. ഉദാഹരണമായി ജലചാനലുകൾ-എട്ട് വിവിധതരം **അക്വാപോറിനുകൾ (Aquaporins)** ചേർന്നാണ് രൂപപ്പെട്ടിട്ടുള്ളത്.

11.1.2.1. നിഷ്ക്രിയ സിംപോർട്ടുകളും ആന്റിപോർട്ടുകളും (Passive symports and antiports)



ചിത്രം 11.2 സുഗമമാക്കപ്പെട്ട വ്യാപനം

ചില സംവഹന അഥവാ വാഹക മാംസ്യങ്ങൾ രണ്ടുതരത്തിലുള്ള തന്മാത്രകൾ ഒരുമിച്ച് സഞ്ചരിക്കുമ്പോൾ മാത്രമേ വ്യാപനം നടത്താറുള്ളൂ.

സിംപോർട്ട് : രണ്ട് തരത്തിലുള്ള തന്മാത്രകൾ സ്തരത്തിലൂടെ ഒരേ ദിശയിൽ കടന്നുപോകുന്നു.

ആന്റിപോർട്ട് : രണ്ട് തരത്തിലുള്ള തന്മാത്രകളും വിപരീത ദിശകളിൽ സ്തരത്തിനുകുറുകെ കടന്നുപോകുന്നു (ചിത്രം 11.2).

യൂണിപോർട്ട് : സ്തരത്തിനു കുറുകെയുള്ള തന്മാത്രകളുടെ സഞ്ചാരം മറ്റ് തന്മാത്രകളുടെ സഞ്ചാരത്തെ ആശ്രയിക്കാതെ സ്വതന്ത്രമായി നടക്കുന്നു.

11.1.3 സക്രിയ സംവഹനം (Active transport)

ഇവിടെ തന്മാത്രകളുടെ സംവഹനവും പമ്പ് ചെയ്യലും ഊർജം ഉപയോഗിച്ചുകൊണ്ട് ഗാഢതാവ്യതിയാനത്തിന് എതിരെ നടക്കുന്നു. സക്രിയ സംവഹനം നടത്തുന്നത് നിശ്ചിതമായ സ്തരമാംസ്യങ്ങളാണ്. ആയതിനാൽ, സ്തരത്തിലെ വ്യത്യസ്ത മാംസ്യങ്ങൾ സക്രിയ സംവഹനത്തിലും നിഷ്ക്രിയ സംവഹനത്തിലും പങ്കുവഹിക്കുന്നു. ഇവിടെ പമ്പായി പ്രവർത്തിക്കുന്നത് ഊർജം ഉപയോഗിച്ച് പദാർഥങ്ങളെ കോശസ്തരത്തിനു കുറുകെ കടത്തിവിടുന്ന മാംസ്യങ്ങളാണ്. ഇത്തരം മാംസ്യ പമ്പുകൾ പദാർഥങ്ങളെ കുറഞ്ഞ ഗാഢതയിൽ നിന്ന് കൂടിയ ഗാഢതയിലേയ്ക്ക് (Uphill transport)

സംവഹിപ്പിക്കാൻ കഴിവുള്ളവയാണ്. എല്ലാ മാംസ്യ സംവാഹകരും ഉപയോഗിക്കപ്പെടുമ്പോൾ അല്ലെങ്കിൽ പൂരിതമാക്കപ്പെടുമ്പോൾ (Saturated) സംവഹന നിരക്ക് പരമാവധിയാകുന്നു. രാസാഗ്നികളെപ്പോലെ വാഹകമാംസ്യങ്ങളും കടത്തിവിടേണ്ട പദാർഥങ്ങളുടെ കാര്യത്തിൽ നിശ്ചിത (Specific) സ്വഭാവം കാണിക്കുന്നു. മാംസ്യങ്ങളുടെ പാർശ്വശൃംഖലയുമായി പ്രവർത്തിക്കുന്ന തടസ്സകാരികൾ ഈ മാംസ്യങ്ങളെയും ബാധിക്കുന്നു.

11.1.4 വിവിധ സംവഹന പ്രക്രിയകളുടെ താരതമ്യം

വിവിധ സംവഹന പ്രക്രിയകളുടെ താരതമ്യം കാണിക്കുന്ന പട്ടികയാണ് 11.1 ൽ കൊടുത്തിരിക്കുന്നത്. സ്തരത്തിലെ മാംസ്യങ്ങൾ സുഗമമാക്കപ്പെട്ട വ്യാപനത്തിലും സക്രിയ സംവഹനത്തിലും പങ്കെടുക്കുന്നതിനാൽ അവയ്ക്ക് ചില പൊതു സ്വഭാവ ഗുണങ്ങൾ ഉണ്ട്. അവ തിരഞ്ഞെടുത്ത തന്മാത്രകളെ മാത്രമേ കടത്തിവിടാറുള്ളൂ. അവ പൂരിതമാക്കപ്പെടാവുന്നതും, തടസ്സകാരികളോട് പ്രതികരിക്കുന്നതും, ഹോർമോണുകളാൽ നിയന്ത്രിതവുമാണ്. എന്നാൽ വ്യാപനം സുഗമമാക്കപ്പെട്ടതായാലും അല്ലെങ്കിലും ഊർജരഹിതമായി, ഗാഢത കൂടിയ ഭാഗത്തു നിന്ന് കുറഞ്ഞഭാഗത്തേക്ക് നടക്കുന്നു.

പട്ടിക 11.1 വിവിധ സംവഹന പ്രക്രിയകളുടെ താരതമ്യം

പ്രത്യേകത	ലളിതമായ വ്യാപനം	സുഗമമാക്കപ്പെട്ട സംവഹനം	സക്രിയ സംവഹനം
സവിശേഷമായ സ്തര മാംസ്യങ്ങൾ ആവശ്യമാണ്	വേണ്ട	വേണം	വേണം
തന്മാത്രകളെ തിരഞ്ഞെടുത്ത് മാത്രമേ കടത്തിവിടാറുള്ളൂ	ഇല്ല	അതെ	അതെ
സംവഹനം പൂരിതമാകും	ഇല്ല	അതെ	അതെ
ഗാഢത കുറഞ്ഞഭാഗത്ത് നിന്ന് കൂടിയ ഭാഗത്തേക്കുള്ള സംവഹനം (Uphill transport)	അല്ല	അല്ല	അതെ
ATP ഊർജം ആവശ്യമാണ്.	വേണ്ട	വേണ്ട	വേണം

11.2 സസ്യ-ജല ബന്ധങ്ങൾ (Plant-water relations)

സസ്യങ്ങളിലെ എല്ലാ ശാരീരിക പ്രവർത്തനങ്ങൾക്കും ജലം അത്യാവശ്യമാണ്. അതുപോലെ എല്ലാ ജീവജാലങ്ങളിലും ജലത്തിന് മുഖ്യമായ സ്ഥാനമുണ്ട്. ഒട്ടുമിക്ക പദാർഥങ്ങളും ലയിക്കുന്നതിനുള്ള ഒരു മാധ്യമമായി ജലം വർത്തിക്കുന്നു. കോശത്തിനുള്ളിലെ ജലവും അതിൽ ലയിച്ചിരിക്കുന്നതും അല്ലാത്തതുമായ (Suspended) പദാർഥങ്ങളും ചേർന്നതാണ് ജീവദ്രവ്യം. ഒരു തണ്ണിമത്തന്റെ 92 ശതമാനവും ജലമാണ്. മിക്ക ഔഷധികളിലും ജീവാവസ്ഥയിലുള്ള ഭാരത്തിന്റെ 10 മുതൽ 15 ശതമാനം വരെ മാത്രമേ നിർജലവസ്തുക്കൾ (Dry matter) കാണപ്പെടുന്നുള്ളൂ. ഒരു സസ്യത്തിനുള്ളിൽപോലും ജലത്തിന്റെ വിതരണം വ്യത്യാസപ്പെട്ടിരിക്കുന്നു. മരത്തടിയിൽ ജലാംശം വളരെ കുറവാണ്. എന്നാൽ മൃദുഭാഗങ്ങളുടെ ഏറിയഭാഗവും ജലമാണ്. വിത്തുകൾ ഉണങ്ങിയാണിരിക്കുന്നതെങ്കിലും അവയിൽ ജലം ഉണ്ട്. ഇല്ലായിരുന്നെങ്കിൽ അവ ജീവിക്കുകയോ ശ്വസിക്കുകയോ ചെയ്യുമായിരുന്നില്ല.

കരയിലെ സസ്യങ്ങൾ ദിവസവും ധാരാളം ജലം ആഗിരണം ചെയ്യുന്നുവെങ്കിലും അതിൽ ഏറിയ ഭാഗവും ഇലയിലൂടെ ബാഷ്പീകരിച്ച് നഷ്ടപ്പെടുന്നു. അതായത്, **സസ്യസ്വേദനത്തിലൂടെ (Transpiration)** നഷ്ടപ്പെടുന്നു. വളർച്ച പൂർത്തീകരിച്ച ഒരു ചോളച്ചെടി ദിവസവും ഏകദേശം 3 ലിറ്റർ ജലം ആഗിരണം ചെയ്യുന്നു. എന്നാൽ ഒരു കടുകുചെടി അതിന്റെ ഭാരത്തിന് തുല്യമായ ജലം വെറും 5 മണിക്കൂർകൊണ്ട് ആഗിരണം ചെയ്യുന്നു. ഇത്തരത്തിൽ ജലം ഏറെ ആവശ്യമുള്ളതുകൊണ്ട് പലപ്പോഴും കാർഷികമേഖലയിലും ചുറ്റുപാടുമുള്ള പ്രകൃതിയിലും സസ്യവളർച്ചയെയും ഉത്പാദനത്തെയും നിയന്ത്രിക്കുന്ന ഒരു ഘടകമായി ജലം മാറുന്നതിൽ അത്ഭുതപ്പെടാനില്ല.

11.2.1 ജലക്ഷമത (Water potential)

സസ്യജലബന്ധങ്ങൾ മനസ്സിലാക്കണമെങ്കിൽ ചില അടിസ്ഥാന പദങ്ങൾ അറിഞ്ഞിരിക്കേണ്ടത് ആവശ്യമാണ്. ജലത്തിന്റെ സംവഹനം മനസ്സിലാക്കാൻ **ജലക്ഷമത (Ψ_w)** എന്ന ആശയം അടിസ്ഥാനപരമായി അറിഞ്ഞിരിക്കണം. ജലക്ഷമത നിർണയിക്കുന്ന രണ്ട് പ്രധാന ഘടകങ്ങളാണ് **ലീനശേഷിയും (Solute potential Ψ_s) മർദശേഷിയും (Pressure potential Ψ_p)**.

ജലതന്മാത്രകൾക്ക് ഗതികോർജം (Kinetic energy) ഉണ്ട്. ദ്രാവക രൂപത്തിലും വാതക രൂപത്തിലും ജലതന്മാത്രകൾ അതിവേഗവും ക്രമരഹിതമായും നിരന്തരം ചലിച്ചുകൊണ്ടിരിക്കുന്നു. ഒരു വ്യവസ്ഥയിൽ (System) ജലത്തിന്റെ ഗാഢത കൂടുംതോറും അതിന്റെ ഗതികോർജം അല്ലെങ്കിൽ ജലക്ഷമത (Water potential) വർധിക്കുന്നു. ആയതിനാൽ ഏറ്റവും കൂടിയ ജലക്ഷമത ശുദ്ധജലത്തിനാണ് ഉള്ളത്. ജലതന്മാത്രകളുടെ ഗാഢതയിൽ വ്യത്യാസമുള്ള രണ്ടു വ്യവസ്ഥകൾ തമ്മിൽ ബന്ധം പുലർത്തുമ്പോൾ ജല തന്മാത്രകൾ അതിന്റെ ഊർജം കൂടിയ വ്യവസ്ഥയിൽ നിന്ന് കുറഞ്ഞതിലേക്ക് സഞ്ചരിക്കുന്നു. അതിനാൽ ജലം, ജലക്ഷമത കൂടിയ വ്യവസ്ഥയിൽ നിന്ന് ജലക്ഷമത കുറഞ്ഞതിലേക്ക് സഞ്ചരിക്കുന്നു. ഇങ്ങനെ പദാർഥങ്ങൾ സ്വതന്ത്ര ഊർജവ്യത്യാസത്തിന് അനുകൂലമായി സഞ്ചരിക്കുന്ന പ്രക്രിയയെ ആണ് വ്യാപനം (Diffusion) എന്ന് വിളിക്കുന്നത്. ജലക്ഷമതയെ ഗ്രീക്ക് പ്രതീകമായ സൈ (Psi അഥവാ Ψ) കൊണ്ടാണ് സൂചിപ്പിക്കുന്നത്. കൂടാതെ മർദത്തിന്റെ യൂണിറ്റായ പാസ്കലിസ് (Pascals, Pa) ആണ് ഇതിന്റെയും യൂണിറ്റ്. സാധാരണ ഊഷ്മാവിലും മർദത്തിലും ശുദ്ധജലത്തിന്റെ ജലക്ഷമത പൂജ്യമായി കണക്കാക്കുന്നു.

ശുദ്ധജലത്തിൽ ലീനം (Solute) ലയിക്കുമ്പോൾ, ലായനിയിൽ (Solution) സ്വതന്ത്രജലകണികകൾ കുറയുന്നതുമൂലം ജലത്തിന്റെ ഗാഢത (സ്വതന്ത്ര ഊർജം) കുറയുകയും തന്മൂലം ജലക്ഷമതയിൽ കുറവുണ്ടാവുകയും ചെയ്യുന്നു. അതുകൊണ്ട് എല്ലാ ലായനികൾക്കും ശുദ്ധജലത്തെക്കാൾ കുറഞ്ഞ ജലക്ഷമതയാണുള്ളത്. ലീനം ലയിക്കുമ്പോൾ ഏതളവിലാണോ ലായകത്തിന്റെ (Solvent) ജലക്ഷമത കുറയുന്നത്, അതിനെ **ലീനശേഷി (Solute potential)** എന്ന് പറയുന്നു. ലീനശേഷി (Ψ_s) എപ്പോഴും നെഗറ്റീവ് ആയിരിക്കും. ലീനത്തിന്റെ തന്മാത്രകൾ കൂടുന്നതിനനുസരിച്ച് ലീനശേഷി കുറഞ്ഞുകൊണ്ടേയിരിക്കും (കൂടുതൽ നെഗറ്റീവ് ആകും). സാധാരണ അന്തരീക്ഷ മർദത്തിൽ ലായനിയുടെ ജലക്ഷമതയും ലീനശേഷിയും തുല്യമായിരിക്കും.

അന്തരീക്ഷമർദത്തിനേക്കാൾ കൂടിയ അളവിൽ മർദം പ്രയോഗിച്ചാൽ ശുദ്ധജലത്തിന്റെയോ അല്ലെങ്കിൽ ഒരു ലായനിയുടെയോ ജലക്ഷമത വർധിക്കും. ജലം ഒരു സ്ഥലത്തുനിന്നും മറ്റൊരുസ്ഥലത്തേയ്ക്ക് പമ്പ് ചെയ്യുന്നതിന് തുല്യമാണിത്. നമ്മുടെ ശരീരത്തിലെ ഏതെങ്കിലും ഒരു വ്യവസ്ഥയിൽ മർദം സൃഷ്ടിക്കപ്പെടുന്നതിനെപ്പറ്റി നിങ്ങൾക്ക് ചിന്തിക്കാനാകുമോ? ഒരു സസ്യകോശത്തിലേക്ക് വ്യാപനം വഴി ജലം കയറുമ്പോൾ സസ്യവ്യവസ്ഥയിൽ മർദം സംജാതമാകുകയും കോശഭിത്തിക്ക് എതിരായി മർദം രൂപപ്പെടാൻ കാരണമാവുകയും ചെയ്യുന്നു. കോശഭിത്തിയിലേക്കുള്ള ഈ മർദം മൂലം കോശം വീർത്തതാവുകയും **(Turgid) മർദശേഷി (Pressure potential)** കൂടുകയും ചെയ്യുന്നു (ഭാഗം 11.2.2 കാണുക). മർദശേഷി സാധാരണയായി പോസിറ്റീവ് ആണെങ്കിലും ഒരു നെഗറ്റീവ് മർദം അല്ലെങ്കിൽ നെഗറ്റീവ് ശേഷി (Tension) ആണ് കാണ്ഡത്തിന്റെ സൈലത്തിലൂടെ ജലത്തെ മുകളിലേക്ക് കയറാൻ സഹായിക്കുന്നത്. മർദശേഷിയുടെ പ്രതീകമാണ് **Ψp**.

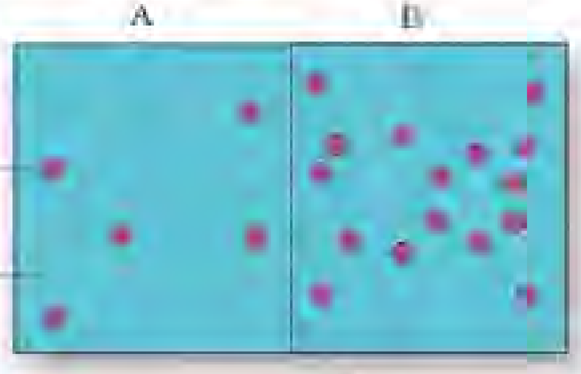
ഒരു കോശത്തിന്റെ ജലക്ഷമതയെ ബാധിക്കുന്ന രണ്ട് ഘടകങ്ങളാണ് മർദശേഷിയും ലീനശേഷിയും. അവ തമ്മിലുള്ള ബന്ധമാണ് താഴെ കാണിച്ചിരിക്കുന്നത്.

$$\Psi w = \Psi s + \Psi p$$

11.2.2 വ്യതിവ്യാപനം (Osmosis)

സസ്യകോശത്തെ ആവരണം ചെയ്ത് കോശസ്തരവും കോശഭിത്തിയും കാണപ്പെടുന്നു. കോശഭിത്തി ലായനിയിലെ ജലത്തെയും പദാർഥങ്ങളെയും സ്വതന്ത്രമായി കടത്തിവിടുന്നതിനാൽ (Permeable) സഞ്ചാരത്തിന് തടസ്സമാകാറില്ല. സസ്യകോശങ്ങളിൽ മധ്യഭാഗത്തായി കാണപ്പെടുന്ന വലിയ ഫേനത്തിലടങ്ങിയിട്ടുള്ള ഫേനദ്രവം (Vacuolar sap) കോശത്തിന് ലീനശേഷി പ്രദാനം ചെയ്യുന്നു. സസ്യകോശങ്ങളിൽ പദാർഥങ്ങളുടെ അകത്തേക്കും പുറത്തേക്കുമുള്ള സഞ്ചാരത്തെ പ്രധാനമായും നിയന്ത്രിക്കുന്നത് കോശസ്തരവും ഫേനത്തിന്റെ സ്തരമായ ടോണോപ്ലാസ്റ്റും (Tonoplast) ആണ്.

ഒരു വരണതാര്യസ്തരത്തിലൂടെയുള്ള (Selectively permeable membrane) ജലത്തിന്റെ വ്യാപനത്തെയാണ് **വ്യതിവ്യാപനം** എന്നു പറയുന്നത്. വ്യതിവ്യാപനത്തിന്റെ ദിശയെയും നിരക്കിനെയും ബാധിക്കുന്ന രണ്ട് ഘടകങ്ങളാണ് **മർദവ്യത്യാസവും (Pressure gradient) ഗാഢതാവ്യതിയാനവും (Concentration gradient)**. ജലം അതിന്റെ ഗാഢതകൂടിയ അല്ലെങ്കിൽ രാസശേഷി (Chemical potential) കൂടിയ ഭാഗത്ത് നിന്ന് ഗാഢതകുറഞ്ഞ അല്ലെങ്കിൽ രാസശേഷി കുറഞ്ഞഭാഗത്തേയ്ക്ക് സന്തുലിതാവസ്ഥ കൈവരിക്കുന്നതുവരെ സഞ്ചരിക്കുന്നു. സന്തുലിതാവസ്ഥയിൽ രണ്ടു ലായനികളിലും ജലക്ഷമത



ചിത്രം 11.3

തുല്യമായിരിക്കും. മുൻ ക്ലാസ്സുകളിൽ നിങ്ങൾ ഉരുളക്കിഴങ്ങ് ഉപയോഗിച്ച് ഓസ്മോമീറ്റർ നിർമിച്ചിട്ടുണ്ടാകാം. ഉരുളക്കിഴങ്ങിന്റെ അറയിൽ പഞ്ചസാര ലായനി നിറച്ച്, അത് ജലത്തിൽ വയ്ക്കുകയാണെങ്കിൽ വ്യതിവ്യാപനം വഴി ജലം അറയിലേക്ക് കയറുന്നതായി കാണാം.

ചിത്രം 11.3 കാണുക. A, B എന്നീ അറകളിലെ ലായനികളെ ഒരു അർധതാര്യസ്തരം (Semi-permeable membrane) കൊണ്ട് വേർതിരിച്ചിരിക്കുന്നു.

(a) *ഏത് അറയിലെ ലായനിക്കാണ് കൂടിയ ജലക്ഷമതയുള്ളത്?*

(b) *ഏത് അറയിലെ ലായനിക്കാണ് കുറഞ്ഞ ലീനക്ഷമത ഉള്ളത്?*

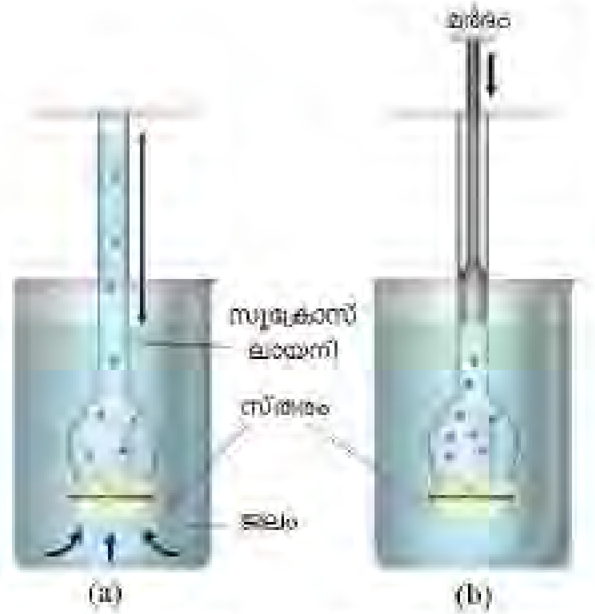
(c) *ഏത് ദിശയിലേയ്ക്കായിരിക്കും വ്യതിവ്യാപനം നടക്കുന്നത്?*

(d) *ഏത് ലായനിക്കാണ് ഉയർന്ന ലീനക്ഷമത ഉള്ളത്?*

(e) *സന്തുലിതാവസ്ഥയിൽ ഏത് അറയിലാണ് കൂടിയ ജലക്ഷമത ഉള്ളത്?*

(f) *രണ്ട് അറകളിൽ ഒന്നിന്റെ ജലക്ഷമത Ψ -2000 kPa യും മറ്റേതിന്റെ അറയുടേത് -1000 kPa യും ആണെങ്കിൽ അറകളിൽ ഏതിനാണ് ഉയർന്ന ജലക്ഷമത ഉള്ളത്?*

(g) *Ψw = 0.2 MPa യും Ψw = 0.1 MPa യും ഉള്ള രണ്ട് ലായനികൾ ഒരു അർധതാര്യസ്തരംകൊണ്ട് വേർതിരിച്ചിരിക്കുകയാണെങ്കിൽ ജലത്തിന്റെ സഞ്ചാരം ഏത് ദിശയിലായിരിക്കും?*



ചിത്രം 11.4 വ്യതിവ്യാപനം കാണിക്കുന്നതിനുള്ള ഒരു പ്രവർത്തനം. ഒരു തിസിൽ ഫണലിൽ സുക്രോസ് ലായനി നിറച്ച് ജലം എടുത്തിരിക്കുന്ന ഒരു ബീക്കറിൽ തലകീഴായി വയ്ക്കുക (a) സ്തരത്തിന് കുറുകെ വ്യതിവ്യാപനം വഴി (അമ്പ് അടയാളം കാണിച്ചിരിക്കുന്ന പ്രകാരം) ജലം ഫണലിലേക്ക് പ്രവേശിച്ച് ലായനിയുടെ നിരപ്പ് കൂടുന്നു. (b) ചിത്രത്തിൽ കാണിച്ചിരിക്കുന്നതുപോലെ മർദം പ്രയോഗിക്കുക വഴി ഫണലിലേയ്ക്കുള്ള ജലസഞ്ചാരം തടയാം.

മറ്റൊരു പരീക്ഷണം നോക്കാം. ഇവിടെ സുക്രോസ് ലായനി ഒരു ഫണലിൽ (Funnel) എടുത്ത് അതിനെ ബീക്കറിലുള്ള ശുദ്ധജലത്തിൽ നിന്ന് ഒരു അർധതാര്യസ്തരം കൊണ്ട് വേർതിരിക്കുന്നു (ചിത്രം 11.4). *ഒരു മുട്ടയിൽ നിന്ന് ഇത്തരത്തിലുള്ള ഒരു സ്തരം എടുക്കാവുന്നതാണ്. മുട്ടയുടെ ഒരു വശത്ത് ഒരു ചെറിയ സുഷിരം ഇടുക. മഞ്ഞക്കരുവും വെള്ളക്കരുവും സുഷിരത്തിലൂടെ പുറത്തെടുക്കുക. മുട്ടത്തോട്, നേർപ്പിച്ച ഹൈഡ്രോക്ലോറിക് ആസിഡ് ലായനിയിൽ ഏതാനും മണിക്കൂർ വയ്ക്കുക. മുട്ടയുടെ തോട് അലിഞ്ഞ് പോവുകയും സ്തരം കേടുകൂടാതെ വേർപെടുകയും ചെയ്യുന്നു.* ജലം ബീക്കറിൽ നിന്ന് ഫണലിലേക്ക് കയറുകയും തൽഫലമായി ഫണലിലെ ലായനിയുടെ നിരപ്പ് ഉയരുകയും ചെയ്യുന്നു. സന്തുലിതാവസ്ഥ പ്രാപിതമാകുന്നതുവരെ ഈ പ്രവർത്തനം തുടരുന്നു. *അതേസമയം സ്തരത്തിലൂടെ സുക്രോസ് പുറത്തേക്ക് വ്യാപനം ചെയ്യപ്പെടുകയാണെങ്കിൽ എപ്പോഴെങ്കിലും ഈ സന്തുലിതാവസ്ഥ സംജാതമാകുമോ?*

ബീക്കറിലെ ജലം സ്തരത്തിലൂടെ ഫണലിലേക്ക് കയറുന്നത് തടയുന്നതിനായി ഫണലിന്റെ മുകൾഭാഗത്ത് ഒരു ബാഹ്യമർദം പ്രയോഗിക്കാം. ജലത്തിന്റെ വ്യതിവ്യാപനം തടയുന്നതിന് വേണ്ടിവരുന്ന ഈ മർദമാണ് വ്യതിവ്യാപന മർദം (Osmotic pressure). ഇത് ലീനത്തിന്റെ ഗാഢതയുമായി ബന്ധപ്പെട്ടിരിക്കുന്നു. ലീനത്തിന്റെ ഗാഢത കൂടുംതോറും ജലത്തിന്റെ വ്യതിവ്യാപനം തടയുന്നതിന് വേണ്ടിവരുന്ന മർദവും കൂടും. സംഖ്യാപരമായി വ്യതിവ്യാപന മർദം വ്യതിവ്യാപന ക്ഷമതയ്ക്ക് (Osmotic potential) തുല്യമാണ്. എന്നാൽ ചിഹ്നം വിപരീതമായിരിക്കും. അതായത്, വ്യതിവ്യാപന ക്ഷമത നെഗറ്റീവ് ആയിരിക്കെ പ്രയോഗിക്കുന്ന പോസിറ്റീവ് മർദമാണ് വ്യതിവ്യാപന മർദം.

11.2.3 ജീവദ്രവ്യശോഷണം (Plasmolysis)

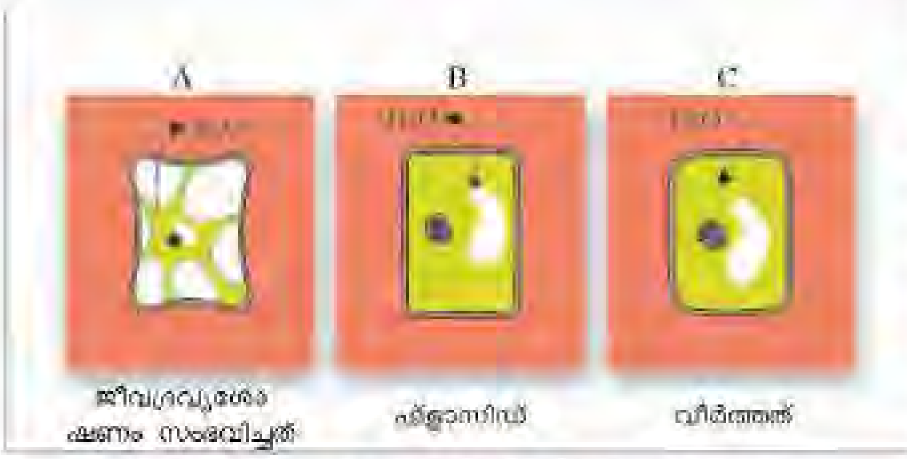
ജലത്തിന്റെ സഞ്ചാരം അനുസരിച്ചുള്ള സസ്യകോശങ്ങളുടെ (കലകളുടെ) സ്വഭാവം അതിന്റെ ചുറ്റുപാടുമുള്ള ലായനിയെ ആശ്രയിച്ചിരിക്കുന്നു. ബാഹ്യലായനിയുടെ വ്യതിവ്യാപനമർദം കോശദ്രവ്യത്തിന്റേതിന് തുല്യമായാൽ അതിനെ **സമഗാഢലായനി (Isotonic)** എന്ന് വിളിക്കുന്നു. ബാഹ്യലായനി കോശദ്രവ്യത്തെക്കാൾ കൂടുതൽ നേർത്തതാണെങ്കിൽ അതിനെ **അൽപ്പഗാഢലായനി (Hypotonic)** എന്നും ബാഹ്യലായനി കൂടുതൽ ഗാഢതയുള്ളതാണെങ്കിൽ അതിനെ **അതിഗാഢലായനി (Hypertonic)** എന്നും വിളിക്കുന്നു. അൽപ്പഗാഢലായനിയിൽ കോശങ്ങൾ വീർക്കുകയും അതിഗാഢലായനിയിൽ ചുരുങ്ങുകയും ചെയ്യുന്നു.

ഒരു സസ്യകോശത്തിൽ ജീവദ്രവ്യശോഷണം നടക്കുന്നത് കോശത്തിലെ ജലം പുറത്തേക്ക് നഷ്ടപ്പെട്ട് കോശസ്തരം കോശഭിത്തിയിൽ നിന്നും ചുരുങ്ങുമ്പോഴാണ്. സസ്യകോശം ഒരു അതിഗാഢലായനിയിൽ ഇടുമ്പോഴാണ് ഇങ്ങനെ സംഭവിക്കുന്നത്. ജലം ആദ്യം കോശദ്രവ്യത്തിൽ നിന്നും പിന്നീട് ഫേനത്തിൽനിന്നും പുറത്തേക്ക് പോകുന്നു. കോശത്തിൽ നിന്നും പുറത്തുള്ള ദ്രാവകത്തിലേക്ക് വ്യാപനം വഴി ജലം നഷ്ടപ്പെടുമ്പോൾ കോശഭിത്തിയിൽ നിന്നും ജീവദ്രവ്യം (Protoplast) ചുരുങ്ങി മാറുന്നു. ഇത്തരത്തിലുള്ള കോശത്തെ ജീവദ്രവ്യശോഷണം സംഭവിച്ച കോശം (Plasmolysed) എന്ന് വിളിക്കുന്നു. ഇവിടെ സ്തരത്തിന് കുറുകെയുള്ള ജലത്തിന്റെ സഞ്ചാരം നടക്കുന്നത് ജലക്ഷമത കൂടുതലുള്ള സ്ഥലത്ത് നിന്ന് (അതായത്, കോശം) ജലക്ഷമത കുറഞ്ഞ കോശത്തിന്റെ പുറംഭാഗത്തേക്കാണ് (ചിത്രം 11.5).

ജീവദ്രവ്യശോഷണം സംഭവിച്ച കോശത്തിൽ കോശഭിത്തിക്കും ചുരുങ്ങിയ ജീവദ്രവ്യത്തിനും ഇടയിലുള്ള സ്ഥലത്ത് എന്താണുള്ളത്?

കോശമോ കലയോ ഒരു സമഗാഢലായനിയിലാണ് വയ്ക്കുന്നതെങ്കിൽ അവിടെ പുറത്തേക്കോ അകത്തേക്കോ ജലത്തിന്റെ യാതൊരു പ്രവാഹവും ഫലത്തിൽ ഉണ്ടാകുന്നില്ല. കോശത്തിന് പുറത്തുള്ള ലായനിയുടെയും കോശദ്രവ്യത്തിന്റെയും വ്യതിവ്യാപനമർദം തുല്യമായിവരുന്ന അവസ്ഥയിലാണ് സമഗാഢത കൈവരിക്കുന്നത്. കോശത്തിന്റെ അകത്തേക്കും പുറത്തേക്കും ജലം സഞ്ചരിക്കുകയും ഇത് സന്തുലിതമായിരിക്കുകയും ചെയ്യുന്ന അവസരത്തിൽ, അത്തരം കോശങ്ങൾ സന്തുലിതമായവ അല്ലെങ്കിൽ ഫ്ലാസിഡ് (Flaccid) എന്നു വിളിക്കുന്നു.

ജീവദ്രവ്യശോഷണം എന്ന പ്രവർത്തനം ഉഭയദിശയിലുള്ളതാണ്. ജീവദ്രവ്യശോഷണം സംഭവിച്ച ഒരു കോശത്തെ അൽപ്പസാന്ദ്ര ലായനിയിൽ (കോശദ്രവ്യവുമായി താരതമ്യം ചെയ്യുമ്പോൾ ജലക്ഷമത കൂടിയത് അല്ലെങ്കിൽ നേർപ്പിച്ച ലായനി) ഇടുകയാണെങ്കിൽ ജലം കോശത്തിനുള്ളിലേക്ക് കയറുകയും കോശദ്രവ്യം കോശഭിത്തിയിലേക്ക് ഒരു മർദം പ്രയോഗിക്കുകയും ചെയ്യും. ഈ മർദത്തെയാണ് **സ്ഫിതി മർദം (Turgor pressure)** എന്ന് പറയുന്നത്. ജലം ഉള്ളിൽ പ്രവേശിക്കുമ്പോൾ ജീവദ്രവ്യം കോശത്തിന്റെ ദൃഢമായ ഭിത്തികളിൽ പ്രയോഗിക്കുന്ന മർദത്തെയാണ് മർദശേഷി (Pressure potential, Ψp) എന്നു വിളിക്കുന്നത്. കോശഭിത്തി ദൃഢമായതിനാൽ കോശം പൊട്ടിപ്പോകുന്നില്ല. ഈ സ്ഫിതിമർദമാണ് ആത്യന്തികമായി കോശത്തിന്റെ നീളത്തിലും വലുപ്പത്തിലുമുള്ള വളർച്ചയെ സഹായിക്കുന്നത്.



ചിത്രം 11.5 സസ്യകോശത്തിന്റെ ജീവദ്രവ്യശോഷണം

ഒരു ഫ്ളാസിഡ് കോശത്തിന്റെ Ψp എന്തായിരിക്കും? സസ്യങ്ങളെ കൂടാതെ മറ്റ് ജീവികൾക്കാണ് കോശഭിത്തി ഉള്ളത്?

11.2.4 ആപാനം (Imbibition)

ഖരപദാർഥങ്ങൾ – കൊളോയ്ഡുകൾ – ജലം ആഗിരണം ചെയ്യുകയും തന്മൂലം അവയുടെ വ്യാപ്തം കൂടുകയും ചെയ്യുന്നു. ഇത്തരത്തിലുള്ള പ്രത്യേകതരം വ്യാപനത്തെയാണ് **ആപാനം (Imbibition)** എന്നു പറയുന്നത്. വിത്തുകളും ഉണങ്ങിയ തടിയും ജലം വലിച്ചെടുക്കുന്നത് ആപാനത്തിന് ഉദാഹരണങ്ങളാണ്. ഉണങ്ങിയ തടി ജലം വലിച്ചെടുത്ത് വീർക്കുന്നതുമൂലം ഉണ്ടാകുന്ന മർദത്തെ ചരിത്രാതീത കാലമനുഷ്യർ പാറകളും, കല്ലുകളും പിളർക്കുവാൻ ഉപയോഗിച്ചിരുന്നു. ആപാനം വഴിയുള്ള മർദം ഇല്ലായിരുന്നുവെങ്കിൽ വിത്തുകൾക്ക് മുളച്ച് മണ്ണിലേക്ക് ഇറങ്ങുന്നതിനും പുതിയ സസ്യമായി വളരുന്നതിനും കഴിയുമായിരുന്നില്ല.

ആപാനവും ഒരു തരത്തിലുള്ള വ്യാപനമാണ്. കാരണം ഇവിടെയും ജലം ഗാഢത കൂടിയ ഭാഗത്തുനിന്നും കുറഞ്ഞഭാഗത്തേക്ക് സഞ്ചരിക്കുന്നു. വിത്തുകളിലും അതുപോലുള്ള മറ്റ് വസ്തുക്കളിലും ജലം തീർത്തും കുറവായതിനാൽ അവയ്ക്ക് വളരെ എളുപ്പത്തിൽ ജലം ആഗിരണം ചെയ്യാൻ സാധിക്കുന്നു. ജലവും ജലത്തെ വലിച്ചെടുക്കുന്ന വസ്തുക്കളും തമ്മിലുള്ള ആഭിമുഖ്യവും അവ തമ്മിലുള്ള ജലക്ഷമതാ വ്യത്യാസവും ആപാനം നടക്കുന്നതിനുവേണ്ട പ്രാരംഭ ആവശ്യകതകളാണ്.

11.3 ജലത്തിന്റെ ദീർഘദൂര സംവഹനം (Long distance transport of water)

വെള്ളപ്പൂക്കൾ ഉള്ള ഒരു ശാഖ നിറമുള്ള ജലത്തിൽവച്ച് പൂക്കളുടെ നിറം മാറുന്ന പരീക്ഷണം നിങ്ങൾ മുമ്പ് നടത്തിയിട്ടുണ്ടാകാം. കാണ്ഡത്തിന്റെ മുറിഞ്ഞ അറ്റം കുറച്ച് മണിക്കൂറുകൾക്ക് ശേഷം നിരീക്ഷിക്കുക വഴി നിറമുള്ള ജലം സഞ്ചരിച്ച പാത ഏതെന്ന് നിങ്ങൾ ശ്രദ്ധിച്ചിട്ടുണ്ടാകാം. ജലത്തിന്റെ സഞ്ചാരപാത സംവഹന നാളീവ്യൂഹങ്ങളിലൂടെ (Vascular bundles) പ്രത്യേകിച്ച്, സൈലത്തിലൂടെയാണെന്ന് തെളിയിക്കുന്ന ഒരു ലളിതമായ പരീക്ഷണമാണിത്. ഇനി നമുക്ക് സസ്യങ്ങളിൽ ജലവും മറ്റ് പദാർഥങ്ങളും മുകളിലേക്ക് എങ്ങനെ സഞ്ചരിക്കുന്നുവെന്ന് മനസ്സിലാക്കാം.

സസ്യങ്ങളിൽ പദാർഥങ്ങളുടെ ദീർഘദൂരസംവഹനം വ്യാപനംകൊണ്ട് മാത്രമല്ല നടക്കുന്നത്. വ്യാപനം സാവധാനം നടക്കുന്ന ഒരു പ്രക്രിയയാണ്. പദാർഥങ്ങളുടെ ഹ്രസ്വദൂര സംവഹനത്തിന് മാത്രമാണ് വ്യാപനം കാരണമാകുന്നത്. ഉദാഹരണത്തിന്, ഏകദേശം 2.5 സെക്കന്റ് സമയമാണ് ഒരു തന്മാത്ര സസ്യകോശത്തിന് കുറുകെ (ഏകദേശം 50 μm) സഞ്ചരിക്കാനെടുക്കുന്നത്. *ഇങ്ങനെ സസ്യത്തിനുള്ളിൽ ഒരു തന്മാത്രക്ക് വ്യാപനം വഴി മാത്രം 1 മീറ്റർ സഞ്ചരിച്ചെത്താൻ എത്ര വർഷമെടുക്കുമെന്ന് കണക്കുകൂട്ടാമോ!*

വലുപ്പമേറിയതും കൂടുതൽ സങ്കീർണവുമായ ജീവജാലങ്ങളിൽ പദാർഥങ്ങൾക്ക് തീർച്ചയായും വലിയദൂരത്തേക്ക് സഞ്ചരിക്കേണ്ടതുണ്ട്. ചിലപ്പോൾ ഉത്പാദിപ്പിക്കുന്ന അല്ലെങ്കിൽ ആഗിരണം ചെയ്യുന്ന സ്ഥലവും സംഭരണസ്ഥാനവും തമ്മിൽ ഏറെ ദൂരമുണ്ടാകാം. ഈ ദൂരസഞ്ചാരത്തിന് വ്യാപനവും സക്രിയ സംവഹനവും മതിയാവില്ല. പ്രത്യേക ദീർഘദൂര സംവഹനവ്യൂഹം ഇതിനായി ആവശ്യമാണ്. എങ്കിൽമാത്രമേ പദാർഥങ്ങൾക്ക് വളരെ വേഗത്തിൽ ദീർഘദൂരം സഞ്ചരിക്കാൻ സാധിക്കുകയുള്ളൂ. ജലം, ധാതുക്കൾ, ആഹാരം എന്നിവ പൊതുവെ മൊത്തമായാണ് (Mass or Bulk flow) സഞ്ചരിക്കുന്നത്. പദാർഥങ്ങൾ മൊത്തമായി അല്ലെങ്കിൽ *എൻ മാസ്സ് (en masse)* ആയി മർദം കൂടിയ ഭാഗത്ത് നിന്നും മർദംകുറഞ്ഞ ഭാഗത്തേക്ക് സഞ്ചരിക്കുന്നതിനെയാണ് മാസ് പ്രവാഹം **(Mass flow)** എന്നു പറയുന്നത്. പദാർഥങ്ങളെ സംവഹനലായനിയിലോ ലായകത്തിൽ പൊങ്ങിക്കിടക്കുന്ന രൂപത്തിലോ ഒരേ വേഗത്തിൽ ഒഴുകുന്ന പുഴയിലെന്നപോലെ നീക്കിക്കൊണ്ടുപോകുന്നു എന്നതാണ് മാസ് പ്രവാഹത്തിന്റെ ഒരു സവിശേഷത. ഇത് വ്യത്യസ്ത പദാർഥങ്ങൾ സ്വതന്ത്രമായി അവയുടെ ഗാഢതാവ്യതിയാനത്തിനനുസൃതമായി സഞ്ചരിക്കുന്ന വ്യാപനത്തിൽ നിന്ന് വ്യത്യസ്തമാണ്. ഒരു പോസിറ്റീവ് ജലസ്ഥിതി മർദവ്യത്യാസത്തിലൂടെയോ (ഉദാ: ഉദ്യാനത്തിലെ ഹോസ്) അല്ലെങ്കിൽ നെഗറ്റീവ് ജലസ്ഥിതി മർദവ്യത്യാസത്തിലൂടെയോ (ഉദാ: സ്ട്രോയിലൂടെ വലിച്ചെടുക്കുന്നത്) മാസ് പ്രവാഹം സംഭവിക്കാം.

സംവഹനകലകളിലൂടെയുള്ള പദാർഥങ്ങളുടെ കൂട്ടമായുള്ള സഞ്ചാരത്തെയാണ് സ്ഥാനമാറ്റം **(Translocation)** എന്നു പറയുന്നത്.

ഉയർന്ന സസ്യങ്ങളിലെ വേര്, കാണ്ഡം, ഇല എന്നിവയുടെ കുറുകെയുള്ള ഛേദം എടുത്ത് സംവഹന വ്യൂഹത്തിന്റെ ഘടന പഠിച്ചത് നിങ്ങൾ ഓർക്കുന്നുണ്ടോ? ഉയർന്നതരം സസ്യങ്ങളിൽ വളരെ സവിശേഷമായ സംവഹന കല

കൾ- സൈലവും ഫ്ളോയവും ഉണ്ട്. ജലം, ധാതുലവണങ്ങൾ, ചില കാർബണിക നൈട്രജൻ, ഹോർമോണുകൾ എന്നിവയെ വേരിൽനിന്ന്, സസ്യങ്ങളുടെ മുകൾ ഭാഗങ്ങളിലേക്ക് എത്തിക്കുന്നത് സൈലമാണ്. ഫ്ളോയം പ്രധാനമായും ഇലകളിൽ നിന്ന് കാർബണികവും അകാർബണികവുമായ ലീനങ്ങളെ സസ്യത്തിന്റെ വിവിധ ഭാഗങ്ങളിലേക്ക് സ്ഥാനമാറ്റം വഴി എത്തിക്കുന്നു.

11.3.1 എങ്ങനെയാണ് സസ്യങ്ങൾ ജലം ആഗിരണം ചെയ്യുന്നത്?

സസ്യങ്ങളിലേക്ക് പ്രവേശിക്കുന്ന ജലത്തിന്റെ ഭൂരിഭാഗവും ആഗിരണം ചെയ്യുന്നത് വേരുകളാണെന്ന് നമുക്കറിയാം. അതുകൊണ്ടാണ് നാം ഇലകളിൽ ഒഴിക്കാതെ ജലം മണ്ണിൽ ഒഴിച്ചുകൊടുക്കുന്നത്. ജലം, ധാതുക്കൾ എന്നിവയെ ആഗിരണം ചെയ്യേണ്ട സവിശേഷമായ ചുമതല നിർവഹിക്കുന്നത് വേരുകളുടെ അഗ്രഭാഗങ്ങളിൽ കാണുന്ന ദശലക്ഷക്കണക്കിന് മൂലലോമങ്ങളാണ് (Root hairs). വേരിന്റെ ഉപരിവൃതി കോശങ്ങളിൽനിന്ന് നീണ്ടുകിടക്കുന്ന ലോലമായതും നേർത്ത കോശഭിത്തിയുള്ളതുമായ ഭാഗങ്ങളാണ് മൂലലോമങ്ങൾ. ആഗിരണം ചെയ്യുന്നതിനുള്ള പ്രതലവിസ്തീർണം മൂലലോമങ്ങൾ വർധിപ്പിക്കുന്നു. ധാതുക്കളോടൊപ്പം ജലം മൂലലോമങ്ങളിലേക്ക് ആഗിരണം ചെയ്യപ്പെടുന്നത് തികച്ചും വ്യാപനത്തിലൂടെയാണ്. മൂലലോമങ്ങളിൽനിന്ന് ജലം വേരിന്റെ ആന്തരികപാളികളിലേക്ക് സഞ്ചരിക്കുന്നത് രണ്ടു വഴികളിലൂടെയാണ്. അവയാണ്:

- അപ്പോപ്ലാസ്റ്റ് പാതയും (Apoplast pathway)
- സിംപ്ലാസ്റ്റ് പാതയും (Symplast pathway)

വേരിന്റെ അന്തർവൃതിയിലെ കാസ്പേറിയൻ സ്ട്രിപ്പ് ഒഴികെ, സസ്യങ്ങളിൽ തുടർച്ചയായും അടുത്തടുത്തായും കാണപ്പെടുന്ന കോശഭിത്തികളുടെ വ്യവസ്ഥയെയാണ് അപ്പോപ്ലാസ്റ്റ് പാത എന്നു പറയുന്നത് (ചിത്രം 11.6). കോശാന്തര സ്ഥലങ്ങൾ, കോശങ്ങളുടെ ഭിത്തികൾ എന്നിവയിലൂടെ മാത്രം നടക്കുന്ന ജലസംവഹനമാണ് അപ്പോപ്ലാസ്റ്റ് പാത. അപ്പോപ്ലാസ്റ്റ് പാതയിൽ ജലം ഒരിക്കലും കോശസ്തരത്തെ മറികടക്കുന്നില്ല. ഈ സഞ്ചാരപാത ഗാഢതാവ്യതിയാനത്തെ ആശ്രയിച്ചിരിക്കുന്നു. അപ്പോപ്ലാസ്റ്റ് പാതയിൽ ജലസംവഹനം ഒരിക്കലും തടസ്സപ്പെടുന്നില്ല. മാസ് പ്രവാഹത്തിലൂടെയാണ് ജലം ഇവിടെ സഞ്ചരിക്കുന്നത്. ജലം ബാഷ്പീകരിച്ച് കോശാന്തര സ്ഥലത്തേക്കോ അന്തരീക്ഷത്തിലേക്കോ പോകുമ്പോൾ അപ്പോപ്ലാസ്റ്റിലെ ജലത്തിന്റെ തുടർപ്രവാഹത്തിൽ സമ്മർദം (Tension) അനുഭവപ്പെടുകയും തൽഫലമായി, ജലത്തിന്റെ ഒട്ടിച്ചേരൽ (Adhesive), സംസക്തി (Cohesive) എന്നീ സവിശേഷതകൾ കൊണ്ട് ജലത്തിന്റെ മാസ് പ്രവാഹം നടക്കുകയും ചെയ്യുന്നു.

സിംപ്ലാസ്റ്റിക് വ്യവസ്ഥ എന്നുപറയുന്നത് പരസ്പരം ബന്ധപ്പെട്ടുകിടക്കുന്ന ജീവദ്രവ്യങ്ങളുടെ വ്യവസ്ഥയാണ്. പ്ലാസ്മോഡെസ്മാറ്റയിലൂടെ നീണ്ടുകിടക്കുന്ന കോശദ്രവ്യതന്തുക്കൾ അടുത്തടുത്തുള്ള കോശങ്ങളെ തമ്മിൽ ബന്ധിപ്പിക്കുന്നു. സിംപ്ലാസ്റ്റ് സഞ്ചാരത്തിൽ ജലം കോശദ്രവ്യത്തിലൂടെയും കോശങ്ങൾക്കിടയിലുള്ള പ്ലാസ്മോഡെസ്മാറ്റയിലൂടെയും സഞ്ചരിക്കുന്നു. ജലം കോശത്തിന്റെ ഉള്ളിൽ പ്രവേശിക്കുന്നത് കോശസ്തരത്തിലൂടെയാണ്. അതിനാൽ ഇത് താര

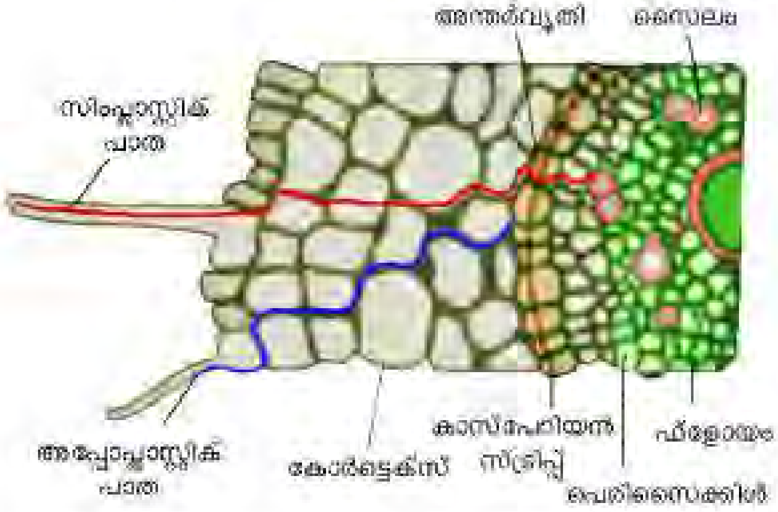
ചിത്രം 11.6 വേരിനുള്ളിലെ ജലസഞ്ചാരത്തിന്റെ പാത

താരതമ്യേന സാവധാനമാണ് നടക്കുന്നത്. ഈ സഞ്ചാരവും ഗാഢതാവ്യതിയാനത്തിനനുസൃതമാണ്. കോശദ്രവ്യപ്രവാഹം (Cytoplasmic Streaming) സിംപ്ലാസ്റ്റിക് സഞ്ചാരത്തിന് സഹായകമാകാറുണ്ട്. ഹൈഡ്രില്ല ചെടിയുടെ ഇലകളിലെ കോശദ്രവ്യപ്രവാഹം നിങ്ങൾ നിരീക്ഷിച്ചിട്ടുണ്ടാകാം, അതിൽ ഹരിതകണങ്ങളുടെ ചലനം വളരെ വ്യക്തമായി കാണാവുന്നതാണ്.

വേരുകളിൽ ജലത്തിന്റെ ഒഴുക്ക് പ്രധാനമായും അപോപ്ലാസ്റ്റ് പാതയിലൂടെയാണ് നടക്കുന്നത്. ഇതിന് കാരണം അയഞ്ഞ രീതിയിൽ ക്രമീകരിച്ചിരിക്കുന്ന കോർട്ടെക്സിലെ കോശങ്ങൾ ഇതിന് ഒരു തടസ്സവും സൃഷ്ടിക്കുന്നില്ല എന്നതാണ്. എന്നിരുന്നാലും കോർട്ടെക്സിന്റെ ഏറ്റവും ഉള്ളിലുള്ളപാളിയായ **അന്തർവൃതി (Endodermis)** ജലത്തെ കടത്തിവിടുന്നില്ല. ഇതിന് കാരണം അന്തർവൃതിയിൽ ജലത്തെ കടത്തിവിടാത്ത സുബെറിൻ (Suberin) എന്ന പദാർഥം കൊണ്ട് നിർമിതമായ **കാസ്പേറിയൻ സ്ട്രിപ്പുകൾ (Casparian strips)** ഉള്ളതാണ്. ജലതന്മാത്രകൾക്ക് ഇവയെ കടന്നുപോകാൻ സാധിക്കാത്തതിനാൽ, സുബെറിൻ ഇല്ലാത്ത ഭാഗത്തുകൂടി കോശസ്തരത്തെ മറികടന്ന് ജലം സഞ്ചരിക്കുന്നു. സൈലത്തിന്റെ കോശങ്ങളിൽ എത്തുന്നതിനായി ജലം തുടർന്നും സിംപ്ലാസ്റ്റിലൂടെ സഞ്ചരിക്കുകയും വീണ്ടും സ്തരത്തെ മുറിച്ചുകടക്കുകയും ചെയ്യുന്നു. വേരിന്റെ പാളിയിലൂടെയുള്ള ജലത്തിന്റെ സംവഹനം അന്തർവൃതിയിലെത്തുമ്പോൾ ആത്യന്തികമായി സിംപ്ലാസ്റ്റ് രീതിയിലാകുന്നു. ഈ മാർഗത്തിലൂടെ മാത്രമേ ജലത്തിനും മറ്റ് ലീനങ്ങൾക്കും സംവഹന കലകളിൽ എത്തിച്ചേരുവാൻ സാധിക്കൂ.

ഒരിക്കൽ സൈലത്തിനുള്ളിലെത്തിയാൽ ജലം സ്വതന്ത്രമായി കോശങ്ങൾക്കിടയിലൂടെയും ഉള്ളിലൂടെയും സഞ്ചരിക്കുന്നു. പ്രായം കുറഞ്ഞ വേരുകളിൽ ജലം നേരിട്ട് സൈലത്തിന്റെ വെസ്സൽ അല്ലെങ്കിൽ ട്രക്കീഡിലേക്ക് പ്രവേശിക്കുന്നു. ഇവ രണ്ടും ജീവനില്ലാത്ത കുഴലുകളായതിനാൽ അപോപ്ലാസ്റ്റ് പാതയുടെ ഭാഗമായി കണക്കാക്കുന്നു. വേരിലെ സംവഹന വ്യവസ്ഥയിൽ നടക്കുന്ന ജലത്തിന്റെയും ധാതു അയോണുകളുടെയും സഞ്ചാരപാതയുടെ സംഗ്രഹമാണ് ചിത്രം 11.7 ൽ കാണിച്ചിരിക്കുന്നത്.

ചില സസ്യങ്ങളിൽ അവയുമായി ചേർന്നുകാണുന്ന ചില ഘടകങ്ങൾ ജലത്തിന്റെയും ധാതുക്കളുടെയും ആഗിരണത്തെ സഹായിക്കുന്നു. ഫംഗസുകളും ചില ചെടികളുടെ വേരുകളും തമ്മിലുള്ള പരസ്പരം ഉപകാരപ്രദമായിട്ടുള്ള ബന്ധത്തെയാണ് **മൈക്കോറൈസ (Mycorrhiza)** എന്നു പറയുന്നത്. ഫംഗസുകളുടെ ഹൈഫകൾ വേരിന് ചുറ്റും ഒരു ശൃംഖല തീർക്കുകയും ചിലപ്പോൾ വേരിന്റെ കോശങ്ങളിലേക്ക് ആഴ്ന്നിറങ്ങുകയും ചെയ്യുന്നു. ഇത് പ്രതലവിസ്തീർണം വർധിപ്പിക്കുകയും ഫംഗസുകളുടെ ഹൈഫകൾ കൂടിയ അളവിൽ ജലവും ധാതുക്കളും മണ്ണിൽ നിന്ന് വലിച്ചെടുക്കുകയും ചെയ്യുന്നു. ജലവും ധാതുക്കളും വേരിന് പ്രദാനം ചെയ്യുന്നത് ഫംഗസാണ്. ഫംഗസുകൾക്കാവശ്യമായ പഞ്ചസാര, നൈട്രജൻ അടങ്ങിയ സംയുക്തങ്ങൾ എന്നിവ വേര് ഫംഗസുകൾക്ക് തിരികെ പ്രദാനം ചെയ്യുന്നു. ചില സസ്യങ്ങൾക്ക് മൈക്കോറൈസയുമായി നിർബന്ധിതമായ ഒരു ബന്ധം ഉണ്ട്. ഉദാഹരണമായി പൈൻ (Pinus) മരങ്ങളുടെ വിത്തുകൾ മുളയ്ക്കുന്നതിനും വളരുന്നതിനും മൈക്കോറൈസ ബന്ധം അത്യാവശ്യമാണ്.



ചിത്രം 11.7 വേരുകളിൽ ജലത്തിന്റെയും അയോണുകളുടെയും ആഗിരണവും സഞ്ചാരവും നടക്കുന്ന സിംപ്ലാസ്റ്റിക്, അപ്പോപ്ലാസ്റ്റിക് പാതകൾ

11.3.2 സസ്യങ്ങളിലെ മുകളിലേക്കുള്ള ജല സഞ്ചാരം (Water movement up a plant)

സസ്യങ്ങൾ മണ്ണിൽനിന്ന് ജലം വലിച്ചെടുത്ത് സംവഹന കലകളിലെത്തിക്കുന്നതെങ്ങനെയെന്ന് നാം കണ്ടു. ഇനി നമുക്ക് ആഗിരണം ചെയ്ത ജലം എങ്ങനെയാണ് സസ്യത്തിന്റെ വിവിധഭാഗങ്ങളിലേക്ക് സഞ്ചരിക്കുന്നത് എന്ന് മനസ്സിലാക്കാം. ഇത്തരത്തിലുള്ള ജലത്തിന്റെ സംവഹനം സക്രിയമാണോ അതോ നിഷ്ക്രിയമാണോ? കാണ്ഡത്തിലൂടെയുള്ള ജലസംവഹനം ഗുരുത്വാകർഷണത്തിന് എതിരെ നടക്കുന്നതിനാൽ ഇതിനുവേണ്ട ഊർജം പ്രദാനം ചെയ്യുന്നത് എന്താണ്?

11.3.2.1. മൂലമർദം (Root Pressure)

മണ്ണിൽനിന്ന് സക്രിയസംവഹനം വഴി വിവിധ അയോണുകൾ വേരുകളുടെ സംവഹന കലകളിൽ എത്തുന്നു. തൽഫലമായി ജലം (ജലക്ഷമതാവ്യതിയാനത്തിനനുസൃതമായി) സൈലത്തിലേക്ക് ഒഴുകുകയും ചെയ്യുന്നു. ഇത് സൈലത്തിനുള്ളിലെ മർദം കൂടാൻ കാരണമാകുന്നു. ഈ പോസിറ്റീവ് മർദത്തെയാണ് **മൂലമർദം** എന്നു പറയുന്നത്. മൂലമർദം കാണ്ഡത്തിലെ ജലത്തെ കുറഞ്ഞ ഉയരങ്ങളിലേയ്ക്ക് തള്ളിവിടാൻ സഹായിക്കുന്നു. മൂലമർദത്തിന്റെ സാന്നിധ്യം എങ്ങനെ കണ്ടെത്താൻ സാധിക്കും? അന്തരീക്ഷത്തിൽ നല്ല ഈർപ്പമുള്ള ഒരു ദിവസം അതിരാവിലെ, മൃദുകാണ്ഡമുള്ള ഒരു സസ്യത്തിന്റെ കാണ്ഡം മുറിച്ച

യേറിയ ബ്ലേഡ് കൊണ്ട് അടിഭാഗത്തിനടുത്തു വച്ച് തിരശ്ചീനമായി മുറിക്കുക. കാണ്ഡത്തിന്റെ മുറിഞ്ഞ ഭാഗത്തുകൂടി ദ്രാവകം കണികകളായി ഒലിച്ചിറങ്ങുന്നത് കാണാൻ സാധിക്കും. ഇതിനുകാരണം പോസിറ്റീവ് മൂലമർദം ആണ്. മുറിഞ്ഞഭാഗത്ത് ഒരു ചെറിയ റബർട്യൂബ് ചേർത്ത് വച്ച് ഒലിച്ചിറങ്ങുന്ന ദ്രാവകത്തെ ശേഖരിച്ച് അതിന്റെ നിരക്കും ദ്രാവകത്തിലെ ഘടകങ്ങളും നമുക്ക് കണ്ടുപിടിക്കാൻ കഴിയും. ബാഷ്പീകരണത്തോത് കുറഞ്ഞ രാത്രികാലങ്ങളിലും അതിരാവിലെയും മൂലമർദത്താൽ പുല്ല്, ഔഷധികൾ എന്നിവയുടെ ഇലകളിൽ സിരകളുടെ അറ്റത്തുള്ള സൂക്ഷ്മ സുഷിരങ്ങൾക്ക് ചുറ്റുമായി ജലത്തുള്ളികൾ ശേഖരിക്കപ്പെടുന്നു. ഇത്തരത്തിൽ ജലം ദ്രാവകരൂപത്തിൽ നഷ്ടപ്പെടുന്നതിനെയാണ് **ഗട്ടേഷൻ (Guttation)** എന്നു പറയുന്നത്.

ജലസംവഹന പ്രവർത്തനങ്ങളിൽ മൂലമർദം ഒരു ചെറിയ തള്ളൽമാത്രമെ നൽകുന്നുള്ളൂ. ഉയരമുള്ള വൃക്ഷങ്ങളിൽ ജലസംവഹനത്തിന് മൂലമർദം പ്രധാനപ്പെട്ടതായൊരു പങ്കും വഹിക്കുന്നില്ല. മൂലമർദത്തിന്റെ ഏറ്റവും വലിയ സംഭാവന എന്തെന്നാൽ സസ്യസ്വേദനം മൂലം സൈലത്തിലെ ജലകണികകളുടെ ശ്രേണിമുറിയുമ്പോൾ അതിനെ ഇടമുറിയാതെ പുനഃസ്ഥാപിച്ച് നിർത്തുക എന്നതാണ്. കൂടിയ തോതിലുള്ള ജലസംവഹനത്തിന് മൂലമർദം കാരണമാകാറില്ല. മിക്ക സസ്യങ്ങളും സസ്യസ്വേദന വലിവ് (Transpiration pull) വഴിയാണ് ഈ ആവശ്യം നിറവേറ്റുന്നത്.

11.3.2.2 സസ്യസ്വേദന വലിവ് (Transpiration pull)

സസ്യങ്ങളിൽ ഹൃദയമോ ഒരു പ്രത്യേക പര്യയനവ്യവസ്ഥയോ ഇല്ലെങ്കിലും താരതമ്യേന ഉയർന്ന നിരക്കിൽ, മണിക്കൂറിൽ 15 മീറ്റർ എന്ന തോതിൽ ജലത്തെ സൈലത്തിലൂടെ മുകളിലേക്ക് സംവഹനം ചെയ്യുന്നു. എങ്ങനെയാണ് ഈ സഞ്ചാരം സാധ്യമാകുന്നത്? ഏറെക്കാലം നിലനിന്നിരുന്ന ഒരു ചോദ്യമായിരുന്നു ജലം, സസ്യത്തിനുള്ളിൽ 'തള്ളപ്പെടുകയാണോ' അല്ലെങ്കിൽ 'വലിക്കപ്പെടുകയാണോ' എന്നത്. ജലം പ്രധാനമായും സസ്യങ്ങൾക്കുള്ളിൽ 'വലിക്കപ്പെടുകയാണ്' എന്നും അതിന് സഹായിക്കുന്ന ബലം ഇലകളിൽ നടക്കുന്ന സസ്യസ്വേദനമാണ് എന്നും മിക്ക ശാസ്ത്രജ്ഞരും സമ്മതിക്കുന്നു. ഇതിനെ **ജലസംവഹനത്തിനുള്ള സംസക്തി – സമ്മർദ – സസ്യസ്വേദന വലിവ് മാതൃക (cohesion - tension - transpiration pull model)** എന്നാണ് വിളിക്കുന്നത്. എന്നാൽ ഈ സസ്യസ്വേദന വലിവ് സൃഷ്ടിക്കപ്പെടുന്നത് എങ്ങനെയാണ്?

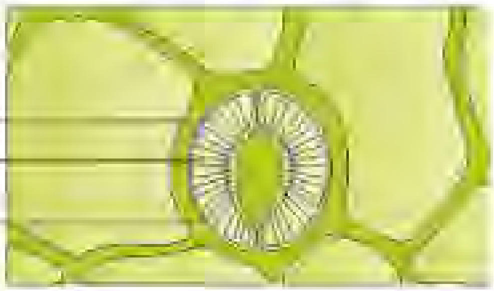
സസ്യങ്ങളിൽ ജലത്തിന് അല്പായുസ്സേയുള്ളൂ. ഇലകളിൽ എത്തിച്ചേരുന്ന ജലത്തിന്റെ ഒരു ശതമാനത്തിൽ താഴെ മാത്രമാണ് പ്രകാശസംശ്ലേഷണത്തിനും സസ്യവളർച്ചയ്ക്കും ഉപയോഗിക്കപ്പെടുന്നത്. ഭൂരിഭാഗം ജലവും ഇലകളിലുള്ള **ആസ്യരന്ധ്രങ്ങളിലൂടെ** നഷ്ടപ്പെടുന്നു. ഈ ജലനഷ്ടത്തെയാണ് **സസ്യസ്വേദനം** എന്നു പറയുന്നത്.

നിങ്ങൾ മുൻക്ലാസ്സുകളിൽ ആരോഗ്യമുള്ള ഒരു ചെടിയെ പോളിത്തീൻ ആവരണത്താൽ മൂടി, അതിനകത്ത് ജലത്തുള്ളികൾ ഉണ്ടാകുന്ന പരീക്ഷണം നടത്തി സ്വേദനത്തെപ്പറ്റി പഠിച്ചിട്ടുണ്ടാകും. ജലത്തെ ആഗിരണം ചെയ്യുമ്പോൾ ഒരു കോബാൾട്ട് ക്ലോറൈഡ് പേപ്പറിൽ ഉണ്ടാകുന്ന നിറമാറ്റം കണ്ട് മനസ്സിലാക്കിയും

നിങ്ങൾ ഇലയിൽ നിന്നുമുള്ള ജലനഷ്ടത്തെപ്പറ്റി പഠിച്ചിട്ടുണ്ടാകും.

11.4 സസ്യസ്വേദനം (Transpiration)

സസ്യങ്ങളിൽ നിന്നും ജലം ബാഷ്പമായി നഷ്ടപ്പെടുന്നതിനെയാണ് സസ്യസ്വേദനം എന്ന് വിളിക്കുന്നത്. ഇലകളിൽ കാണപ്പെടുന്ന **ആസ്യരന്ധ്രങ്ങളിലൂടെയാണ് (Stomata)** ഇത് പ്രധാനമായും നടക്കുന്നത്. സസ്യസ്വേദനത്തിലൂടെയുള്ള ജലബാഷ്പത്തിന്റെ നഷ്ടപ്പെടൽ കൂടാതെ ഓക്സിജന്റെയും കാർബൺ ഡൈഓക്സൈഡിന്റെയും വിനിമയവും ആസ്യരന്ധ്രങ്ങളിൽ കൂടി സംഭവിക്കുന്നുണ്ട്. ആസ്യരന്ധ്രങ്ങൾ സാധാരണയായി പകൽസമയങ്ങളിൽ തുറന്നും രാത്രികാലങ്ങളിൽ അടഞ്ഞും കാണപ്പെടുന്നു. **കാവൽ കോശങ്ങളുടെ (Guard cells)** സ്ഥിതിമർദത്തിലെ വ്യതിയാനമാണ് ആസ്യരന്ധ്രങ്ങളുടെ തുറക്കലിനും അടയ്ക്കലിനുമുള്ള പ്രധാന കാരണം. **ആസ്യരന്ധ്രങ്ങളുടെ സുഷിരത്തിനോട് (Stomatal aperture)** ചേർന്ന് കാണുന്ന കാവൽകോശങ്ങളുടെ ഉൾഭിത്തി ഇലാസ്തികതയുള്ളതും കട്ടിയുള്ളതുമാണ്. ഒരു ആസ്യരന്ധ്രത്തെ പൊതിഞ്ഞു കാണപ്പെടുന്ന രണ്ട് കാവൽകോശങ്ങളുടെയും സ്ഥിതി മർദം വർധിക്കുമ്പോൾ അവയുടെ നേർത്ത പുറംഭിത്തി പുറത്തേക്ക് തള്ളപ്പെടുന്നു. തത്ഫലമായി ഉൾഭിത്തികൾ അർധചന്ദ്രാകൃതിയിലേക്ക് മാറ്റപ്പെടുന്നു. ആസ്യരന്ധ്രത്തിന്റെ കാവൽകോശങ്ങളുടെ ഭിത്തിയിൽ കാണപ്പെടുന്ന സൂക്ഷ്മതന്തുക്കളുടെ വിന്യാസരീതിയും ആസ്യരന്ധ്രത്തെ തുറക്കാൻ സഹായിക്കുന്നുണ്ട്. സെല്ലുലോസ് നിർമ്മിത സൂക്ഷ്മതന്തുക്കളെ നെടുകെ വിന്യസിച്ചിരിക്കുന്നതിനുപകരം കുറുകെ വിന്യസിച്ചിരിക്കുന്നത് ആസ്യരന്ധ്രങ്ങളുടെ തുറക്കലിനെ എളുപ്പമാക്കുന്നു. കാവൽ കോശങ്ങളിൽ നിന്ന് ജലം നഷ്ടപ്പെടുമ്പോൾ അവയുടെ സ്ഥിതിമർദം നഷ്ടപ്പെടുകയും, ഇലാസ്തികതയുള്ള ഉൾഭിത്തി പൂർവരൂപം കൈവരിക്കുകയും ചെയ്യുന്നതുമൂലം കാവൽകോശങ്ങൾ ദുർബലമാവുകയും ആസ്യരന്ധ്രങ്ങൾ അടയ്ക്കപ്പെടുകയും ചെയ്യുന്നു.



ചിത്രം 11.8 ആസ്യരന്ധ്രവും കാവൽ കോശങ്ങളും

സാധാരണയായി ഉപരിതല അധോതല ഭിന്നമായ ഇലകളിൽ (ദ്വിബീജപത്ര സസ്യങ്ങൾ), ഇലയുടെ അടിഭാഗത്തുള്ള ഉപരിവൃതിയിലാണ് കൂടുതൽ ആസ്യരന്ധ്രങ്ങൾ കാണപ്പെടുന്നത്. എന്നാൽ സമപാർശ്വ ഇലകളുടെ രണ്ട് ഉപരിവൃതിയിലും ഏകദേശം തുല്യമായി ആസ്യരന്ധ്രങ്ങൾ കാണപ്പെടുന്നു. അന്തരീക്ഷത്തിലെ ഈർപ്പത്തിന്റെ അളവ്, ഊഷ്മാവ്, പ്രകാശം, കാറ്റിന്റെ വേഗത എന്നീ ബാഹ്യഘടകങ്ങൾ സസ്യസ്വേദനത്തിന്റെ തോതിനെ നിയന്ത്രിക്കുന്നു. ആസ്യരന്ധ്രങ്ങളുടെ എണ്ണവും വിന്യാസവും, തുറന്നിരിക്കുന്ന ആസ്യരന്ധ്രങ്ങളുടെ ശതമാനം, സസ്യങ്ങളിലെ ജലത്തിന്റെ അളവ്, ഇലച്ചാർത്തിന്റെ (Canopy) ഘടന മുതലായ സസ്യ ഘടകങ്ങളും സസ്യസ്വേദനത്തെ സ്വാധീനിക്കുന്നു.

സസ്യസ്വേദനം വഴി സൈലത്തിലൂടെയുള്ള ജലത്തിന്റെ ഉയർച്ച ജലത്തിന്റെ താഴെ പറയുന്ന ഭൗതിക ഗുണങ്ങളെ ആശ്രയിച്ചിരിക്കുന്നു:

- **സംസക്തി (Cohesion)** - ജല തന്മാത്രകൾ തമ്മിലുള്ള പരസ്പര ആകർഷണം.
- **ഒട്ടിച്ചേരൽ (Adhesion)** – ജലതന്മാത്രകളും ജലപ്രതിപത്തിയുള്ള ഉപരിതലങ്ങളും (സൈലത്തിലെ ട്രക്കിയറി ഘടകങ്ങളുടെ ഉപരിതലം) തമ്മിലുള്ള ആകർഷണം.
- **പ്രതലബലം (Surface tension)** – ദ്രാവകാവസ്ഥയിൽ ജലതന്മാത്രകൾ തമ്മി. ലുള്ള ആകർഷണം വാതകാവസ്ഥയിലുള്ളതിനെക്കാൾ കൂടുതലാണ്.

ഈ മൂന്ന് ഭൗതികഗുണങ്ങൾ ജലത്തിന് കൂടുതൽ **വലിവുബലവും (Tensile strength-** വലിവിനെ ചെറുക്കാനുള്ള കഴിവ്), **കേശികത്വവും (Capillarity** - (നേർത്ത നാളികളിലൂടെ ഉയരാനുള്ള കഴിവ്) നൽകുന്നു. സൈലത്തിന്റെ ചെറിയ വ്യാസമുള്ള നാളികളായ **ട്രക്കീഡുകളും, വെസലുകളും** കേശികത്വത്തെ സഹായിക്കുന്നു.

പ്രകാശസംശ്ലേഷണത്തിന് ജലം ആവശ്യമാണ്. ഇതിനാവശ്യമായ ജലം ലഭ്യമാക്കുന്നത് വേരുകൾ മുതൽ ഇലകൾ വരെ ക്രമീകരിച്ചിട്ടുള്ള സൈലം വെസലുകളുടെ വ്യൂഹം ആണ്. എന്നാൽ ജലതന്മാത്രകളെ ഇലകളിലെ പാരൻകൈമ കോശങ്ങളിലേക്ക് എത്തിക്കുവാൻ സസ്യം ഏത് ബലമാണ് പ്രയോജനപ്പെടുത്തുന്നത്? കോശങ്ങൾക്ക് ചുറ്റുമുള്ള ജലത്തിന്റെ നേർത്ത പാളി ഇടമുറിയാതെ നിലകൊള്ളുന്നതിനാൽ ആസ്യരന്ധ്രങ്ങളിലൂടെ ജലം ബാഷ്പീകരിക്കപ്പെടുമ്പോൾ സൈലത്തിൽ നിന്ന് ജലം ഓരോ തന്മാത്രകളായി ഇലകൾക്കുള്ളിലേക്ക് വലിച്ചെടുക്കപ്പെടുന്നു. കൂടാതെ, ആസ്യരന്ധ്രത്തിന് താഴെയുള്ള അറയിലും കോശാന്തര സ്ഥലങ്ങളിലും കാണുന്ന ജലബാഷ്പത്തിന്റെ സാന്ദ്രത അന്തരീക്ഷത്തിലെ ജലബാഷ്പത്തിന്റെ സാന്ദ്രതയെക്കാൾ കൂടുതലായതിനാൽ, ജലം, പുറത്തേക്ക് വ്യാപിക്കുകയും ഒരു 'വലിവ്' സൃഷ്ടിക്കുകയും ചെയ്യുന്നു (ചിത്രം 11.9).

ചിത്രം 11.9 ഇലയിലെ ജലസഞ്ചാരം. ഇലകളിൽ നിന്നുള്ള ബാഷ്പീകരണം മൂലം പുറത്തെ വായുവും ഇലകൾക്കുള്ളിലെ വായു അറകളും തമ്മിൽ ഒരു മർദവ്യതിയാനം രൂപം കൊള്ളുന്നു. ഈ വ്യതിയാനം പ്രകാശസംശ്ലേഷണ കോശങ്ങളിലേക്കും ഇലകളിലെ സിരകളിൽ കാണുന്ന ജലം നിറഞ്ഞ സൈലത്തിലേക്കും വ്യാപിക്കുന്നു.

സ്വേദനം മുഖേന സംജാതമാകുന്ന ബലത്തിന് 130 മീറ്റർ ഉയരത്തിൽ വരെ, ജലത്തെ സൈലത്തിലൂടെ ഉയർത്താൻ കഴിയുമെന്നാണ് കണക്കെടുപ്പുകൾ വെളിപ്പെടുത്തുന്നത്.

11.4.1 സസ്യസ്വേദനവും പ്രകാശസംശ്ലേഷണവും - ഒരു ഒത്തുതീർപ്പ്

സസ്യസ്വേദനത്തിന് ഒന്നിൽകൂടുതൽ ഉദ്ദേശങ്ങളുണ്ട്.

- ആഗിരണത്തിനും പദാർഥസംവഹനത്തിനുമായി സസ്യങ്ങളിൽ സസ്യസ്വേദനവലിവ് സൃഷ്ടിക്കുന്നു.
- പ്രകാശസംശ്ലേഷണത്തിനാവശ്യമായ ജലം ലഭ്യമാക്കുന്നു.
- മണ്ണിൽനിന്ന് ധാതുക്കളെ സസ്യത്തിന്റെ എല്ലാ ഭാഗങ്ങളിലും എത്തിക്കുന്നു.
- ബാഷ്പീകരണം മുഖേന ഇലകളുടെ ഉപരിതലം തണുപ്പിക്കുന്നു. (ചിലപ്പോൾ 10 മുതൽ 15 ഡിഗ്രിവരെ)
- സ്ഫീതിമർദത്താൽ കോശങ്ങളെ വീർപ്പിക്കുന്നത് വഴി സസ്യകോശങ്ങളുടെ ആകൃതിയും ഘടനയും നിലനിർത്തുന്നു.

സജീവമായി പ്രകാശസംശ്ലേഷണം നടത്തുന്ന സസ്യങ്ങൾക്ക് ജലലഭ്യത വളരെ അത്യാവശ്യമാണ്. സസ്യസ്വേദനം മൂലം ലഭ്യമായ ജലം നഷ്ടപ്പെടുന്നത് പ്രകാശസംശ്ലേഷണത്തിന്റെ വേഗത കുറയ്ക്കാൻ കാരണമാകുന്നു. ഇത്തരത്തിൽ വേരിൽ നിന്ന് ഇലകളിലേക്കും, ഇലകളിൽനിന്ന് അന്തരീക്ഷത്തിലേക്കും തിരിച്ച് മണ്ണിലേക്കുമുള്ള ജലത്തിന്റെ ബഹുലമായ ചാക്രിക സഞ്ചാരംകൊണ്ടാണ് മഴക്കാടുകൾ കൂടുതൽ ആർദ്രമാകുന്നത്.

ഒരുപക്ഷേ, കാർബൺ ഡൈഓക്സൈഡിന്റെ ലഭ്യത വർധിപ്പിക്കുന്നതിനും ജലനഷ്ടം കുറയ്ക്കുന്നതിനും വേണ്ടിയുള്ള ഒരു തന്ത്രമായിരിക്കാം C_4 പ്രകാശസംശ്ലേഷണ വ്യവസ്ഥ. പ്രകാശസംശ്ലേഷണകാര്യത്തിൽ (പഞ്ചസാരയുടെ നിർമാണം) C_3 സസ്യങ്ങളെക്കാൾ രണ്ടുമടങ്ങ് കാര്യക്ഷമതയുള്ളവയാണ് C_4 സസ്യങ്ങൾ. ഒരേ അളവിൽ CO_2 സ്ഥിരീകരണം നടത്തുമ്പോൾ C_3 സസ്യങ്ങൾ നഷ്ടപ്പെടുത്തുന്ന ജലത്തിന്റെ പകുതി മാത്രമേ C_4 സസ്യങ്ങൾക്ക് നഷ്ടപ്പെടുന്നുള്ളു.

11.5 ധാതുപോഷകങ്ങളുടെ ആഗിരണവും സംവഹനവും (Uptake and Transport of Mineral Nutrients)

സസ്യങ്ങൾ അവയ്ക്കാവശ്യമായ കാർബൺ, ഓക്സിജൻ എന്നിവ അന്തരീക്ഷത്തിലെ കാർബൺ ഡൈഓക്സൈഡിൽ നിന്ന് സ്വായത്തമാക്കുന്നു. എന്നിരുന്നാലും ആവശ്യമായി വരുന്ന മറ്റ് പോഷകങ്ങൾ സസ്യങ്ങൾക്ക് ലഭ്യമാകുന്നത് മണ്ണിലുള്ള ധാതുക്കളിൽനിന്നും ജലത്തിൽ നിന്നുമാണ്.

11.5.1 ധാതു അയോണുകളുടെ ആഗിരണം (Uptake of Mineral Ions)

വേരുകളിലൂടെ ഊർജരഹിതമായി ജലം ആഗിരണം ചെയ്യപ്പെടുന്നതുപോലെ എല്ലാ ധാതുക്കളെയും ആഗിരണം ചെയ്യാൻ സസ്യങ്ങൾക്ക് സാധിക്കുന്നില്ല.

അതിന് കാരണമായ രണ്ടു ഘടകങ്ങളാണ്: (i) ധാതുക്കൾ ചാർജുള്ള കണങ്ങളായാണ് (അയോണുകൾ) മണ്ണിൽ കാണപ്പെടുന്നത്. അതിനാൽ അവയ്ക്ക് കോശസ്തരത്തെ മറികടക്കാൻ സാധ്യമല്ല. (ii) സാധാരണയായി ധാതുക്കളുടെ മണ്ണിലുള്ള ഗാഢത സസ്യങ്ങളുടെ വേരിലുള്ളതിനെക്കാൾ കുറവാണ്. അതിനാൽ ഒട്ടുമിക്ക ധാതുക്കളും **സക്രിയ ആഗിരണം (Active absorption)** വഴി വേരുകളുടെ ഉപരിവൃതികോശങ്ങളുടെ കോശദ്രവ്യത്തിലേക്ക് എത്തേണ്ടതുണ്ട്. ഇതിനായി സസ്യങ്ങൾ ATP രൂപത്തിൽ ഊർജം ഉപയോഗിക്കുന്നു. അയോണുകളുടെ ഈ സക്രിയ ആഗിരണം വേരുകളിൽ ജലക്ഷമതാവ്യത്യാസം ഉണ്ടാവുന്നതിന് ഒരു കാരണമാണ്. ഇതുമൂലം വ്യതിവ്യാപനം വഴി ജലത്തിന്റെ ആഗിരണവും നടക്കുന്നു. ചില അയോണുകൾ നിഷ്ക്രിയമായും വേരിന്റെ ഉപരിവൃതികോശങ്ങളിലേക്ക് എടുക്കപ്പെടുന്നുണ്ട്.

സസ്യങ്ങൾ സക്രിയ ആഗിരണം വഴിയും നിഷ്ക്രിയ ആഗിരണം വഴിയും മണ്ണിൽനിന്ന് അയോണുകളെ വലിച്ചെടുക്കുന്നു. മൂലലോമങ്ങളുടെ കോശസ്തരത്തിലെ ചില പ്രത്യേക മാംസ്യങ്ങൾ ഉപരിവൃതി കോശങ്ങളുടെ കോശദ്രവ്യത്തിലേക്ക് അയോണുകളെ സജീവമായി പമ്പ് ചെയ്യുന്നു. മറ്റെല്ലാ കോശങ്ങളിലെയും പോലെതന്നെ അന്തർവൃതികോശങ്ങളുടെ കോശസ്തരത്തിലും നിരവധി സംവഹന മാംസ്യങ്ങൾ അടങ്ങിയിരിക്കുന്നു. അവ ചില ലീനങ്ങളെ കടത്തിവിടുകയും ചിലതിനെ കടത്തിവിടാതിരിക്കുകയും ചെയ്യുന്നു. *അന്തർവൃതികോശങ്ങളിലുള്ള സംവഹന മാംസ്യങ്ങൾ നിയന്ത്രണ കേന്ദ്രങ്ങളായി വർത്തിച്ചുകൊണ്ട് പലതരത്തിലുള്ള ലീനങ്ങളെ വേണ്ട അളവിൽ സൈലത്തിൽ എത്തിക്കുന്നു.* വേരിലെ അന്തർവൃതിയിൽ സുബറിൻ പാളിയുള്ളതിനാൽ അയോണുകളെ സക്രിയ സംവഹനത്താൽ ഒരു ദിശയിലേക്ക് മാത്രമേ കടത്തിവിടാറുള്ളൂ എന്നത് ഓർക്കുക.

11.5.2 ധാതു അയോണുകളുടെ സ്ഥാനമാറ്റം (Translocation of Mineral Ions)

സക്രിയ ആഗിരണം വഴിയോ നിഷ്ക്രിയ ആഗിരണം വഴിയോ അല്ലെങ്കിൽ ഇവ രണ്ടും മൂലമോ സൈലത്തിൽ എത്തിച്ചേരുന്ന അയോണുകൾ പിന്നീട് സസ്യസ്വേദനപ്രവാഹം (Transpiration stream) വഴി കാണ്ഡത്തിലൂടെ സസ്യത്തിന്റെ എല്ലാ ഭാഗങ്ങളിലേക്കും സഞ്ചരിക്കുന്നു.

ധാതുമൂലകങ്ങളുടെ പ്രധാന വിനിയോഗ കേന്ദ്രം (Sink), സസ്യത്തിന്റെ വളരുന്ന ഭാഗങ്ങളായ അഗ്രവിഭജനകല, പാർശ്വവിഭജനകല, തളിരിലകൾ, വിരിയുന്ന പൂക്കൾ, ഫലങ്ങൾ, വിത്തുകൾ, സംഭരണ അവയവങ്ങൾ എന്നിവയാണ്. സൈലത്തിലൂടെ സഞ്ചരിക്കുന്ന അയോണുകളെ സിരകളുടെ അഗ്രഭാഗത്ത് ഇറക്കിവയ്ക്കുന്നത് (Unloading) വ്യാപനത്തിലൂടെയാണ്. ഇവയെ വിനിയോഗകേന്ദ്രത്തിലെ കോശങ്ങൾ സക്രിയമായി ആഗിരണം ചെയ്യുന്നു.

വാർധക്യം സംഭവിക്കുന്ന പ്രായമേറിയ ഭാഗങ്ങളിൽ നിന്ന് ധാതുമൂലകങ്ങളെ മിക്കപ്പോഴും മറ്റ് ഭാഗങ്ങളിലേക്ക് പുനർവിന്യസിപ്പിക്കാറുണ്ട്. കൊഴിയാറായ ഇലകളിൽനിന്ന് തളിരിലകളിലേക്ക് ധാതുക്കളെ കൈമാറ്റം ചെയ്യുന്നു. ഇതുപോലെ

ഇലകൊഴിക്കുന്ന സസ്യങ്ങളിൽ ഇലകൾ കൊഴിയുന്നതിന് മുമ്പ് അവയിലെ ധാതുക്കൾ മറ്റ് ഭാഗങ്ങളിലേക്ക് മാറ്റപ്പെടുന്നു. ഇത്തരത്തിൽ സുഗമമായി കൈമാറ്റം ചെയ്യപ്പെടുന്ന ധാതുമൂലകങ്ങളാണ് ഫോസ്ഫറസ്, സൾഫർ, നൈട്രജൻ, പൊട്ടാസ്യം എന്നിവ. കോശഘടനയുടെ ഭാഗമാകുന്ന കാത്സ്യം പോലുള്ള മൂലകങ്ങൾ ഇത്തരത്തിൽ പുനർവിന്യസിക്കപ്പെടാറില്ല.

സൈലത്തിൽ അടങ്ങിയിട്ടുള്ള ദ്രവം വിശകലനം ചെയ്താൽ നൈട്രജൻ അകാർബണിക അയോണുകളായി സഞ്ചരിക്കുമെങ്കിലും, കൂടുതലും കാർബണിക രൂപങ്ങളായിട്ടുള്ള അമിനോ ആസിഡുകൾ, മറ്റ് ബന്ധപ്പെട്ട സംയുക്തങ്ങൾ എന്നിങ്ങനെയുള്ള രൂപത്തിലാണ് സഞ്ചരിക്കുന്നത് എന്ന് കാണാം. അതുപോലെ കുറഞ്ഞ അളവിൽ ഫോസ്ഫറസും സൾഫറും കാർബണിക സംയുക്തങ്ങളായി വഹിക്കപ്പെടുന്നു. കൂടാതെ, കുറഞ്ഞ അളവിൽ സൈലവും ഫ്ളോയവും തമ്മിൽ പദാർഥങ്ങളെ കൈമാറ്റം ചെയ്യാറുമുണ്ട്. ആയതിനാൽ സൈലം അകാർബണിക പോഷകങ്ങളെയും ഫ്ളോയം കാർബണിക പദാർഥങ്ങളെയും മാത്രമേ സംവഹിപ്പിക്കാറുള്ളൂ എന്ന പരമ്പരാഗത അറിവ് ശരിയാണെന്ന് വ്യക്തമായി പറയാൻ സാധിക്കില്ല.

11.6 ഫ്ളോയം സംവഹനം : ഉറവിടത്തിൽനിന്ന് വിനിയോഗസ്ഥലത്തേക്കുള്ള ഒഴുക്ക്

ഉറവിടത്തിൽ (Source) നിന്ന് വിനിയോഗസ്ഥലത്തേക്ക് (Sink) ആഹാരം, പ്രത്യേകിച്ച് സൂക്രോസ് സംവഹനം ചെയ്യപ്പെടുന്നത് സംവഹനകലയായ ഫ്ളോയത്തിലൂടെയാണ്. സസ്യത്തിൽ ആഹാരം നിർമ്മിക്കുന്ന ഭാഗത്തെയാണ് സാധാരണയായി ഉറവിടം എന്നു വിശേഷിപ്പിക്കുന്നത്. അതായത് ഇലകൾ. ആഹാരം ആവശ്യമുള്ള ഭാഗങ്ങൾ അല്ലെങ്കിൽ സംഭരിച്ചു വയ്ക്കുന്ന ഭാഗങ്ങളെയാണ് വിനിയോഗസ്ഥലം എന്നു വിശേഷിപ്പിക്കുന്നത്. എന്നാൽ ഋതുക്കൾ, സസ്യത്തിന്റെ ആവശ്യകത എന്നിവയ്ക്കനുസൃതമായി ഉറവിടവും വിനിയോഗസ്ഥലവും പരസ്പരം മാറാം. വസന്തകാലത്തിന്റെ പ്രാരംഭഘട്ടത്തിൽ വേരുകൾ ഉറവിടങ്ങളായി വർത്തിക്കുകയും അവയിൽ സംഭരിച്ചിരിക്കുന്ന പഞ്ചസാര മരങ്ങളുടെ വിനിയോഗസ്ഥലങ്ങളായ മുകുളങ്ങളിലേക്ക് നീക്കുകയും ചെയ്യുന്നു. മുകുളങ്ങൾക്ക് അവയുടെ വളർച്ചയ്ക്കും പ്രകാശസംശ്ലേഷണവുമായി ബന്ധപ്പെട്ട ഘടനാപരമായ വികസനത്തിനും ഊർജം ആവശ്യമാണ്. ഉറവിട-വിനിയോഗ സ്ഥലങ്ങൾ തമ്മിലുള്ള ബന്ധം മാറിക്കൊണ്ടിരിക്കുന്നതിനാൽ ഫ്ളോയത്തിൽക്കൂടിയുള്ള സഞ്ചാരം മുകളിലേക്കോ താഴേക്കോ ആകാം. അതായത്, ദ്വിദിശാസഞ്ചാരം **(Bi-directional)**. ഇതിനു വിപരീതമായി സൈലത്തിലൂടെയുള്ള പദാർഥസംവഹനം മുകളിലേക്ക് മാത്രമുള്ള ഏകദിശാസഞ്ചാരമാണ് **(Unidirectional)**. അതുകൊണ്ട് ബാഷ്പസ്വേദനസമയത്ത് ഏകദിശയിൽ ജലം സഞ്ചരിക്കുന്നതിൽനിന്ന് വ്യത്യസ്തമായി ഫ്ളോയത്തിലെ ദ്രവത്തിന് ആവശ്യമായ ഏതുദിശയിലും സംവഹനം നടത്താം. അതിനുവേണ്ടി പഞ്ചസാരയുടെ ഒരു ഉറവിടസ്ഥലവും പഞ്ചസാരയെ ഉപയോഗിക്കാനോ സംഭരിക്കാനോ പ്രാപ്തമായ ഒരു വിനിയോഗ സ്ഥലവും ആവശ്യമുണ്ടെന്നുമാത്രം.

ഫ്ളോയം ദ്രവം പ്രധാനമായും സുക്രോസും ജലവും ചേർന്നതാണ്. എന്നാൽ മറ്റ് പഞ്ചസാരകൾ, ഹോർമോണുകൾ, അമിനോ ആസിഡുകൾ തുടങ്ങിയവയും ഫ്ളോയത്തിലൂടെ സംവഹനം ചെയ്യപ്പെടുന്നുണ്ട്.

11.6.1 മർദ പ്രവാഹം അല്ലെങ്കിൽ മാസ് പ്രവാഹ പരികൽപന

ഉറവിടത്തിൽ നിന്ന് വിനിയോഗസ്ഥലത്തേക്കുള്ള പഞ്ചസാരയുടെ സംവഹനം വിവരിക്കുന്നതിന് സ്വീകാര്യമായ സംവിധാനത്തെ മർദപ്രവാഹ പരികൽപ്പന (Pressure flow hypothesis) എന്ന് വിളിക്കുന്നു (ചിത്രം 11.10). ഉറവിടത്തിൽ പ്രകാശസംശ്ലേഷണ സമയത്ത് നിർമിക്കപ്പെടുന്ന ഗ്ലൂക്കോസ്, ഡൈസാക്കറൈഡ് ആയ സുക്രോസ് ആയി മാറ്റപ്പെടുന്നു. സുക്രോസ് ഫ്ളോയത്തിന്റെ സഹകോശത്തിലേക്കും (Companion cell) തുടർന്ന് സീവ് നാളികോശത്തിലേക്കും സക്രിയ സംവഹനം വഴി പ്രവേശിക്കുന്നു. ഇതിന്റെ ഫലമായി ഫ്ളോയത്തിൽ അതിഗാഢതാവസ്ഥ (Hypertonic) സൃഷ്ടിക്കപ്പെടുന്നു. തൽഫലമായി തൊട്ടടുത്തുള്ള സൈലത്തിൽ നിന്ന് ജലം ഫ്ളോയത്തിലേക്ക് വ്യതിവ്യാപനം വഴി പ്രവേശിക്കുന്നു. തുടർന്ന് ഫ്ളോയത്തിൽ വ്യതിവ്യാപന മർദം കൂടുകയും ഫ്ളോയം ദ്രവം വ്യതിവ്യാപന മർദം കുറഞ്ഞ വിനിയോഗസ്ഥലത്തേക്ക് സഞ്ചരിക്കുകയും ചെയ്യുന്നു. വിനിയോഗസ്ഥലത്ത വ്യതിവ്യാപനമർദം കുറഞ്ഞിരിക്കേണ്ടതുണ്ട്. വീണ്ടും സക്രിയസംവഹനം വഴി സുക്രോസ് ഫ്ളോയം ദ്രവത്തിൽ നിന്ന് പഞ്ചസാരയെ ഉപയോഗപ്പെടുത്തുന്ന മറ്റ് കോശങ്ങൾക്കുള്ളിലേക്ക് പ്രവേശിക്കുന്നു. ഇപ്രകാരം കോശങ്ങളിലേക്ക് എത്തിപ്പെടുന്ന സുക്രോസ്, ഊർജം, അന്നജം അല്ലെങ്കിൽ സെല്ലുലോസ് എന്നിവയായി മാറ്റപ്പെടുന്നു. പഞ്ചസാര മാറ്റപ്പെടുന്നതു

ചിത്രം 11.10 സ്ഥാനമാറ്റത്തിന്റെ പ്രവർത്തനരീതിയുടെ രേഖാചിത്രീകരണം

മൂലം ഫ്ളോയത്തിൽ വ്യതിവ്യാപന മർദം കുറയുന്നതിനാൽ ജലം ഫ്ളോയത്തിൽ നിന്ന് പുറത്തേക്ക് സഞ്ചരിക്കുന്നു.

ചുരുക്കിപ്പറഞ്ഞാൽ, ഫ്ളോയത്തിലെ പഞ്ചസാരയുടെ സഞ്ചാരം ആരംഭിക്കുന്നത് ഉറവിടത്തിൽ നിന്നുമാണ്. ഉറവിടത്തിൽ സീവ് ട്യൂബിലേക്ക് പഞ്ചസാര സക്രിയസംവഹനം വഴി നിറയ്ക്കപ്പെടുന്നു. ഫ്ളോയം നിറയ്ക്കപ്പെടുന്നതിന്റെ ഫലമായി ജലക്ഷമതാ വ്യതിയാനം രൂപീകരിക്കപ്പെടുകയും അത് പദാർഥങ്ങളുടെ മാസ് പ്രവാഹത്തെ എളുപ്പമാക്കുകയും ചെയ്യുന്നു.

ഫ്ളോയം കലകൾ നിർമിച്ചിരിക്കുന്ന സീവ് ട്യൂബ് കോശങ്ങൾ നീണ്ട പൈപ്പുപോലെ കാണപ്പെടുന്നു. ഇവയുടെ അഗ്രഭാഗത്ത് സുഷിരങ്ങളോടു കൂടിയ സീവ് പ്ലേറ്റുകൾ എന്നറിയപ്പെടുന്ന ഭിത്തികൾ കാണാം. ഇത്തരം സുഷിരങ്ങളിലൂടെ കടന്ന് പോകുന്ന കോശദ്രവ്യതന്തുക്കൾ തുടർച്ചയുള്ള ഇഴകളായി രൂപപ്പെടുന്നു. സീവ്ട്യൂബിലെ ജലസ്ഥിതിമർദം കൂടുന്നതുമൂലം മർദപ്രവാഹം ആരംഭിക്കുകയും സ്രവം (Sap) ഫ്ളോയത്തിലൂടെ സഞ്ചരിക്കുകയും ചെയ്യുന്നു. അതേ സമയം വിനിയോഗസ്ഥലത്ത് എത്തിപ്പെടുന്ന പഞ്ചസാര, സങ്കീർണമായ ധാന്യകങ്ങളായി മാറി ഫ്ളോയത്തിൽ നിന്ന് നീക്കം ചെയ്യപ്പെടുന്നു. ലീനം മാറ്റപ്പെടുമ്പോൾ ഫ്ളോയത്തിൽ ഒരു ഉയർന്ന ജലക്ഷമത സൃഷ്ടിക്കുകയും അനന്തരം ജലം തിരിച്ച് സൈലത്തിലേക്ക് ഒഴുകുകയും ചെയ്യുന്നു.

ആഹാരസംവഹനകല ഏതാണ് തിരിച്ചറിയുന്നതിനുള്ള ലളിതമായ ഒരു പരീക്ഷണമാണ് ഗർഡലിങ് (Girdling). മരത്തിന്റെ തടിയിൽ നിന്ന് അതിന്റെ തൊലി, ഫ്ളോയം പാളി ഉൾപ്പെടുന്ന ആഴത്തിൽ വളയാകൃതിയിൽ ശ്രദ്ധാപൂർവം നീക്കം ചെയ്യുക. ആഹാരസംവഹനം തടസ്സപ്പെടുന്നതിനാൽ തൊലിനീക്കം ചെയ്ത വളയാകൃതിയിലുള്ള മുറിവിന്റെ മുകൾഭാഗം ഏതാനും ആഴ്ചയ്ക്കുള്ളിൽ വീർത്തുവരുന്നു. ഈ ലളിതമായ പരീക്ഷണം കാണിക്കുന്നത് ഫ്ളോയമാണ് ആഹാരസംവഹനകല എന്നും അത് ഏകദിശയിൽ വേരുകളിലേക്ക് നടക്കുന്നു എന്നുമാണ്. നിങ്ങൾക്കും ഈ പരീക്ഷണം എളുപ്പത്തിൽ ചെയ്യാവുന്നതാണ്.

സംഗ്രഹം

സസ്യങ്ങൾക്ക് പലതരത്തിലുള്ള അകാർബണിക മൂലകങ്ങൾ (അയോണുകൾ), ലവണങ്ങൾ എന്നിവ അവയുടെ ചുറ്റുപാടിൽ നിന്ന്, പ്രധാനമായും മണ്ണിൽനിന്നും ജലത്തിൽ നിന്നും ലഭിക്കുന്നു. ചുറ്റുപാടുകളിൽ നിന്ന് സസ്യങ്ങളിലേക്കും അതുപോലെതന്നെ ഒരു സസ്യകോശത്തിൽനിന്നും മറ്റൊരു സസ്യകോശത്തിലേക്കും ഈ പദാർഥങ്ങൾക്ക് സഞ്ചരിക്കുന്നതിന് തീർച്ചയായും കോശസ്തരം മറികടക്കേണ്ടതുണ്ട്. കോശസ്തരത്തെ മറികടക്കാനുള്ള വഴികളാണ് വ്യാപനം, സുഗമമാക്കപ്പെട്ട വ്യാപനം അല്ലെങ്കിൽ സക്രിയ സംവഹനം എന്നിവ. വേര് ആഗിരണം ചെയ്യുന്ന ജലവും ധാതുക്കളും സൈലത്തിലൂടെയാണ് സംവഹനം ചെയ്യപ്പെടുന്നത്. ഇലകൾ നിർമ്മിക്കുന്ന കാർബണിക പദാർഥങ്ങൾ ഫ്ളോയം വഴി സസ്യത്തിന്റെ മറ്റ് ഭാഗങ്ങളിലേക്ക് സംവഹനം ചെയ്യപ്പെടുന്നു.

ജീവജാലങ്ങളിൽ കോശസ്തരത്തിനു കുറുകെ പോഷകങ്ങളുടെ സംവഹനം നടക്കുന്നതിനുള്ള രണ്ട് രീതികളാണ് നിഷ്ക്രിയ സംവഹനവും (വ്യാപനം, വൃതിവ്യാപനം) സക്രിയ സംവഹനവും. നിഷ്ക്രിയ സംവഹനത്തിൽ പോഷകങ്ങൾ വ്യാപനം വഴി കോശസ്തരത്തെ മറികടക്കുന്നതിന് ഊർജം ഉപയോഗിക്കുന്നില്ല. കാരണം ഇത്തരത്തിലുള്ള വ്യാപനം ഗാഢതാ വ്യതിയാനത്തിനനുസരിച്ചാണ് നടക്കുന്നത്. ഇത് പദാർഥങ്ങളുടെ വലുപ്പം, ജലത്തിൽ അല്ലെങ്കിൽ കാർബണിക ലായകത്തിൽ (Organic solvent) ലയിക്കാനുള്ള കഴിവ് എന്നിവയെ ആശ്രയിച്ചിരിക്കുന്നു. അർധതാര്യസ്തരത്തിലൂടെയുള്ള ജലത്തിന്റെ പ്രത്യേകമായ വ്യാപനത്തെയാണ് വൃതിവ്യാപനം എന്നുപറയുന്നത്. ഇത് മർദവ്യത്യാസത്തെയും ഗാഢതാവ്യതിയാനത്തെയും ആശ്രയിച്ചിരിക്കുന്നു. സക്രിയ സംവഹനത്തിൽ ATP യിൽ അടങ്ങിയിരിക്കുന്ന ഊർജം ഉപയോഗിച്ച് പദാർഥങ്ങളെ ഗാഢതാവ്യതിയാനത്തിനെതിരെ കോശസ്തരത്തിലൂടെ പമ്പുചെയ്യുന്നു. ജലക്ഷമത, ജലത്തിന്റെ സഞ്ചാരത്തെ സഹായിക്കുന്ന സ്ഥിതികോർജമാണ്. ഇതിനെ നിയന്ത്രിക്കുന്ന ഘടകങ്ങളാണ് ലീനക്ഷമതയും മർദക്ഷമതയും. കോശങ്ങളുടെ സ്വഭാവവിശേഷതകൾ ചുറ്റുപാടുമുള്ള ലായനിയെ ആശ്രയിച്ചിരിക്കുന്നു. കോശത്തിനുചുറ്റും അതിഗാഢലായനി ആണെങ്കിൽ കോശത്തിന് ജീവദ്രവ്യശോഷണം സംഭവിക്കുന്നു. വിത്തുകളും ഉണങ്ങിയ തടികളും ജലം ആഗിരണം ചെയ്യുന്ന പ്രത്യേക വ്യാപനരീതിയാണ് ആപാതം.

ഉയർന്ന സസ്യങ്ങളിൽ സൈലവും ഫ്ളോയവും ഉൾപ്പെട്ട സംവഹനവ്യൂഹമാണ് സ്ഥാനമാറ്റത്തിന് സഹായകമാകുന്നത്. സസ്യശരീരത്തിൽ വ്യാപനം വഴി മാത്രമല്ല ആഹാരം, ജലം, ധാതുക്കൾ എന്നിവ സഞ്ചരിക്കുന്നത്. അവ സസ്യശരീരത്തിന്റെ ഒരു ഭാഗത്തുനിന്ന് മറ്റൊരുഭാഗത്തേക്ക് മർദവ്യത്യാസം മൂലം മൊത്തമായിട്ടാണ് (Mass flow) സഞ്ചരിക്കുന്നത്.

മൂലലോമങ്ങൾ ആഗിരണം ചെയ്യുന്ന ജലം വേരിന്റെ അന്തർഭാഗത്തേക്ക് സഞ്ചരിക്കുന്നത് രണ്ട് വ്യത്യസ്ത പാതകളിലൂടെയാണ്. അതായത് അപോപ്ലാസ്റ്റും സിംപ്ലാസ്റ്റും. മണ്ണിൽനിന്ന് ജലം, വിവിധ അയോണുകൾ എന്നിവ കാണ്ഡത്തിന്റെ കുറഞ്ഞ ഉയരങ്ങളിലേക്ക് മൂലമർദം വഴിയാണ് സംവഹനം ചെയ്യപ്പെടുന്നത്. ജലത്തിന്റെ സംവഹന മാർഗം വിവരിക്കാനായി പൊതുവെ അംഗീകരിക്കപ്പെട്ടിരിക്കുന്നത് സസ്യസ്വേദന വലിവ് മാതൃക ആണ്. ആസ്യരന്ധ്രങ്ങളിലൂടെ ജലം ബാഷ്പമായി നഷ്ടപ്പെടുന്ന പ്രക്രിയയാണ് സസ്യസ്വേദനം. സസ്യസ്വേദനനിരക്കിനെ ബാധിക്കുന്ന ഘടകങ്ങളാണ് ഊഷ്മാവ്, പ്രകാശം, ആർദ്രത, കാറ്റിന്റെ വേഗത, ആസ്യരന്ധ്രങ്ങളുടെ എണ്ണം എന്നിവ.

സസ്യങ്ങളിൽ അധികമുള്ള ജലം ഇലയുടെ അഗ്രഭാഗങ്ങളിലൂടെ ഗട്ടേഷൻ വഴിയും നഷ്ടപ്പെടുന്നു.

ഫ്ലോയമാണ് ആഹാരത്തെ, പ്രധാനമായും സുക്രോസിനെ ഉറവിടത്തിൽനിന്ന് വിനിയോഗസ്ഥലങ്ങളിലേക്ക് എത്തിക്കുന്നത്. ഫ്ലോയത്തിലൂടെയുള്ള സംവഹനം ദ്വിദിശയിലുള്ളതാണ്. ഉറവിടവും- വിനിയോഗസ്ഥലവും തമ്മിലുള്ള ബന്ധം പരസ്പരം മാറി വരും. ഫ്ലോയത്തിലൂടെയുള്ള സംവഹനം വിവരിക്കുന്നത് മർദ പ്രവാഹ പരികല്പനയാണ്.

പരിശീലന പ്രവർത്തനങ്ങൾ

1. വ്യാപന നിരക്കിനെ ബാധിക്കുന്ന ഘടകങ്ങൾ ഏതെല്ലാം?
2. എന്താണ് പോറിൻസ്? വ്യാപനത്തിൽ അവയുടെ പങ്ക് എന്ത്?
3. സസ്യങ്ങളിലെ സക്രിയസംവഹനത്തിൽ മാംസ്യപമ്പുകളുടെ പങ്ക് വിവരിക്കുക?
4. ശുദ്ധജലത്തിനാണ് ഏറ്റവും കൂടുതൽ ജലക്ഷമത, കാരണം വിശദമാക്കുക.
5. താഴെ പറയുന്നവ തമ്മിലുള്ള വ്യത്യാസം എഴുതുക
   - എ) വ്യാപനവും വ്യതിവ്യാപനവും
   - ബി) സസ്യസ്വേദനവും ബാഷ്പീകരണവും
   - സി) വ്യതിവ്യാപന മർദവും വ്യതിവ്യാപനശേഷിയും
   - ഡി) ആഗിരണവും വ്യാപനവും
   - ഇ) സസ്യങ്ങളിലെ ജലസഞ്ചാരത്തിനുള്ള അപോപ്ലാസ്റ്റ് പാതയും സിംപ്ലാസ്റ്റ് പാതയും
   - എഫ്) ഗട്ടേഷനും സസ്യസ്വേദനവും
6. ജലക്ഷമതയെക്കുറിച്ച് ലഘുവിവരണം എഴുതുക. ഇതിനെ സ്വാധീനിക്കുന്ന ഘടകങ്ങൾ ഏതെല്ലാം?
7. അന്തരീക്ഷമർദത്തെക്കാളും കൂടിയ ഒരു മർദം ശുദ്ധജലത്തിലോ ലായനിയിലോ പ്രയോഗിച്ചാൽ എന്തു സംഭവിക്കും?
8. എ) അടയാളപ്പെടുത്തിയ ഒരു ചിത്രത്തിന്റെ സഹായത്തോടെ ജീവദ്രവ്യശോഷണം വിശദമാക്കുക. അനുയോജ്യമായ ഉദാഹരണങ്ങൾ നൽകുക.

   ബി) ജലക്ഷമതകൂടിയ ലായനിയിൽ വച്ചിരിക്കുന്ന സസ്യകോശത്തിനുണ്ടാകുന്ന മാറ്റങ്ങൾ എന്തെല്ലാമെന്നെഴുതുക
9. സസ്യങ്ങളുടെ മൈക്കോറൈസ ബന്ധം ജലത്തിന്റെയും ധാതുക്കളുടെയും ആഗിരണത്തെ സഹായിക്കുന്നതെങ്ങനെ?
10. സസ്യങ്ങളിലെ ജലസംവഹനത്തിൽ മൂലമർദത്തിന്റെ പങ്കെന്ത്?

11. ജലസംവഹനത്തിനുള്ള സസ്യസ്വേദന വലിവ് മാതൃക വിവരിക്കുക. സസ്യസ്വേദനത്തെ സ്വാധീനിക്കുന്ന ഘടകങ്ങൾ എന്തെല്ലാം? സസ്യങ്ങൾക്ക് ഇത് എങ്ങനെ സഹായകരമാകുന്നു?

12. സസ്യങ്ങളിലെ സൈലദ്രവങ്ങളുടെ മുകളിലേക്കുള്ള സഞ്ചാരത്തെ സ്വാധീനിക്കുന്ന ഘടകങ്ങൾ ഏതെന്ന് ചർച്ചചെയ്യുക

13. സസ്യങ്ങളിൽ ധാതുമൂലകങ്ങളുടെ ആഗിരണത്തിൽ അന്തർവൃതിക്കുള്ള പ്രധാന പങ്ക് വിശദമാക്കുക.

14. സൈലംസംവഹനം ഏകദിശയിലാണെന്നും ഫ്ളോയം സംവഹനം ദ്വിദിശയിലാണെന്നും പറയുന്നത് എന്തുകൊണ്ട്?

15. സസ്യങ്ങളിൽ പഞ്ചസാരയുടെ സംവഹനത്തിനുള്ള മർദ്ദപ്രവാഹപരികൽപന വിവരിക്കുക.

16. സസ്യസ്വേദനസമയത്ത് ആസ്യരന്ധ്രങ്ങളുടെ കാവൽകോശങ്ങൾ തുറക്കുകയും അടയുകയും ചെയ്യുന്നതിനുള്ള കാരണങ്ങൾ എന്തെല്ലാം?

അധ്യായം 12

ധാതുപോഷണം

(MINERAL NUTRITION)

12.1 സസ്യങ്ങളിൽ ധാതുക്കളുടെ ആവശ്യകത പഠിക്കുന്നതിനുള്ള മാർഗങ്ങൾ
12.2 അവശ്യ ധാതുമൂലകങ്ങൾ
12.3 മൂലകങ്ങൾ ആഗിരണം ചെയ്യപ്പെടുന്ന രീതി
12.4 ലീനങ്ങളുടെ സംവഹനം
12.5 മണ്ണ് അവശ്യമൂലകങ്ങളുടെ കലവറ
12.6 നൈട്രജൻ ഉപാപചയം

എല്ലാ ജീവികളുടെയും അടിസ്ഥാനാവശ്യങ്ങൾ ഒരുപോലെയാണ്. ജീവികളുടെ വളർച്ചയ്ക്കും വികാസത്തിനും സ്ഥൂലതന്മാത്രകളായ ധാന്യകങ്ങൾ (Carbohydrates), മാംസ്യങ്ങൾ (Proteins), കൊഴുപ്പുകൾ (Fats) എന്നിവ കൂടാതെ ജലവും, ധാതുക്കളും അത്യാവശ്യമാണ്.

ഈ അധ്യായത്തിൽ പ്രധാനമായും പ്രതിപാദിക്കുന്നത് സസ്യങ്ങളിലെ അകാർബണിക പോഷണത്തെക്കുറിച്ചാണ്. ഇതിൽ സസ്യവളർച്ചയ്ക്കും വികാസത്തിനും ആവശ്യമായ ധാതുക്കളെ കുറിച്ചും ഈ ധാതുക്കളുടെ ആവശ്യകത നിർണയിക്കുന്ന മാനദണ്ഡങ്ങളെ കുറിച്ചും നിങ്ങൾ പഠിക്കുന്നു. കൂടാതെ അവശ്യമൂലകങ്ങളുടെ ധർമത്തെക്കുറിച്ചും അവയുടെ അപര്യാപ്തത മൂലമുണ്ടാകുന്ന രോഗലക്ഷണങ്ങളെക്കുറിച്ചും, ഈ മൂലകങ്ങൾ ആഗിരണം ചെയ്യപ്പെടുന്ന രീതികളെക്കുറിച്ചും പഠിക്കുന്നു. ഒപ്പം ജൈവികനൈട്രജൻ സ്ഥിരീകരണത്തെക്കുറിച്ചും അതിന്റെ പ്രാധാന്യത്തെക്കുറിച്ചും ഈ അധ്യായത്തിൽ പ്രതിപാദിക്കുന്നു.

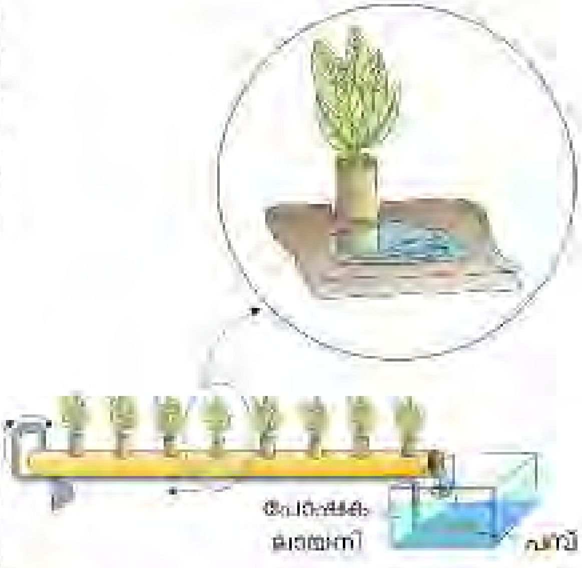
12.1 സസ്യങ്ങളിൽ ധാതുക്കളുടെ ആവശ്യകത പഠിക്കുന്നതിനുള്ള മാർഗങ്ങൾ

സസ്യങ്ങളെ മണ്ണില്ലാതെ, ഒരു പോഷകലായനിയിൽ പൂർണവളർച്ചയിലെത്തിക്കാം എന്ന് തെളിയിച്ചത് 1860-ൽ പ്രശസ്ത ജർമ്മൻ സസ്യശാസ്ത്രജ്ഞനായ ജൂലിയസ് വോൺ സാക്സ് (Julius von Sachs) ആണ്. ഇങ്ങനെ സസ്യങ്ങളെ പോഷകലായനിയിൽ വളർത്തുന്ന പ്രക്രിയയ്ക്ക് ഹൈഡ്രോപോണിക്സ് **(Hydroponics)** എന്ന് പറയുന്നു. തുടർന്ന്, മെച്ചപ്പെടുത്തിയ അനേകം രീതികൾ നിലവിൽ വരുകയും സസ്യങ്ങളിലെ ധാതുപോഷകങ്ങളുടെ ആവശ്യകത കണ്ടെത്തുന്നതിന് അവ സഹായകമാവുകയും ചെയ്തു. സസ്യങ്ങളെ മണ്ണില്ലാതെ നിയതമായ ധാതുലായനിയിൽ വളർത്തുന്ന മാർഗങ്ങളാണ് ഈ

രീതികളുടെയെല്ലാം അന്തസ്സത്ത. ഈ രീതികൾക്ക് എന്തുകൊണ്ടാണ് ശുദ്ധമായ ജലവും ധാതുപോഷണ ലവണങ്ങളും അത്യാവശ്യമാകുന്നത് എന്ന് വിശദീകരിക്കാമോ?

സസ്യങ്ങളുടെ വേരുകൾ പോഷക ലായനികളിൽ മുക്കി വച്ചുകൊണ്ടും അതിൽ ഒരു മൂലകം കൂട്ടിച്ചേർത്തും/പകരം ചേർത്തും/നീക്കം ചെയ്തും അല്ലെങ്കിൽ വ്യത്യസ്ത ഗാഢതയിൽ നൽകിക്കൊണ്ടുമുള്ള തുടർ പരീക്ഷണങ്ങളിലൂടെ സസ്യവളർച്ചയ്ക്ക് അനുയോജ്യമായ ഒരു ധാതുലായനി ഉണ്ടാക്കിയെടുത്തിട്ടുണ്ട്. ഈ രീതിയിലൂടെ അവശ്യമൂലകങ്ങളെ തിരിച്ചറിയുവാനും അവയുടെ അപര്യാപ്തതാലക്ഷണങ്ങൾ (Deficiency symptoms) കണ്ടുപിടിക്കുവാനും കഴിഞ്ഞിട്ടുണ്ട്. തക്കാളി, വിത്തില്ലാത്ത വെള്ളരി, ലെറ്റൂസ് (Lettuce) തുടങ്ങിയ പച്ചക്കറികളുടെ വ്യാവസായിക ഉത്പാദനത്തിൽ ഹൈഡ്രോപോണിക്സ് വളരെ ഉപകാരപ്രദമാണെന്ന് കണ്ടെത്തിയിട്ടുണ്ട്. സസ്യങ്ങളുടെ വളർച്ചയ്ക്ക് പോഷകലായനിയിൽ വായുസഞ്ചാരം അത്യാവശ്യമാണ്. വളരെക്കുറച്ച് വായുസഞ്ചാരം മാത്രമുള്ള ലായനിയിൽ എന്താണ് സംഭവിക്കുന്നത് എന്ന് ചിന്തിച്ചിട്ടുണ്ടോ? ഹൈഡ്രോപോണിക്സിന്റെ ചിത്രീകരണങ്ങൾ ശ്രദ്ധിക്കൂ (ചിത്രം 12.1, 12.2).

ചിത്രം 12.1 പോഷകലായനി കൾച്ചറിന്റെ മാതൃക



ചിത്രം 12.2 ഹൈഡ്രോപോണിക്സിലൂടെയുള്ള സസ്യ ഉൽപ്പാദനം. അൽപ്പം ചരിഞ്ഞ പ്രതലത്തിൽ വച്ചിട്ടുള്ള ഒരു കുഴലിലോ പരന്ന പാത്രത്തിലോ സസ്യങ്ങൾ വളർത്തുന്നു. സംഭരണ സ്ഥലത്ത് നിന്ന് ചരിഞ്ഞ പ്രതലത്തിലേക്ക് പോഷകലായനി പമ്പ് ചെയ്യുന്നു. പോഷകലായനി ചരിഞ്ഞ പ്രതലത്തിലൂടെ ഒഴുകി ഗുരുത്വാകർഷണം മൂലം സംഭരണ സ്ഥലത്ത് തിരികെ എത്തുന്നു. സസ്യങ്ങളുടെ വേരുകൾ വായുനിബദ്ധമായ പോഷകലായനിയിൽ മുങ്ങിക്കിടക്കുന്നത് ഇൻസെറ്റിൽ കാണിച്ചിരിക്കുന്നു. അമ്പടയാളം ജലപ്രവാഹ ദിശയെ കാണിക്കുന്നു.

12.2 അവശ്യ ധാതുമൂലകങ്ങൾ (Essential Mineral Elements)

മണ്ണിൽക്കാണുന്ന ഭൂരിപക്ഷം മൂലകങ്ങളും സസ്യങ്ങളിലെത്തുന്നത് വേരുകളിലൂടെയാണ്. ഇന്ന് കണ്ടെത്തിയിട്ടുള്ള 105 മൂലകങ്ങളിൽ അറുപതോളം മൂലകങ്ങൾ വ്യത്യസ്തതരത്തിലുള്ള സസ്യങ്ങളിൽ കണ്ടെത്തിയിട്ടുണ്ട്. ചില സസ്യങ്ങളിൽ സെലീനിയവും മറ്റു ചിലതിൽ സ്വർണവും അടിഞ്ഞുകൂടുന്നതായും ന്യൂക്ലിയാർ പരീക്ഷണസ്ഥലങ്ങൾക്ക് സമീപമുള്ള സസ്യങ്ങൾ റേഡിയോ ആക്റ്റീവ് മൂലകമായ സ്ട്രോൺഷ്യം ആഗിരണം ചെയ്യുന്നതായും കണ്ടെത്തിയിട്ടുണ്ട്. വളരെ ചെറിയ ഗാഢതയിലുള്ള (10^{-8}g/mL) മൂലകങ്ങളെ വരെ കണ്ടെത്തുവാനുള്ള നൂതന മാർഗങ്ങൾ നിലവിലുണ്ട്. സസ്യങ്ങളിൽ കാണുന്ന എല്ലാ മൂലകങ്ങളും, ഉദാഹരണമായി മുകളിൽ സൂചിപ്പിച്ച സ്വർണം, സെലീനിയം തുടങ്ങിയവ യഥാർഥത്തിൽ സസ്യങ്ങൾക്ക് ആവശ്യമാണോ എന്നതാണ് ഇവിടെ പ്രസക്തമാകുന്ന ചോദ്യം.

സസ്യങ്ങൾക്ക് ഏതൊക്കെ മൂലകങ്ങളാണ് ആവശ്യം, ഏതൊക്കെയാണ് ആവശ്യമില്ലാത്തത് എന്ന് എങ്ങനെയാണ് തീരുമാനിക്കുന്നത്?

12.2.1 ആവശ്യകതാ മാനദണ്ഡങ്ങൾ (Criteria for Essentiality)

മൂലകങ്ങളുടെ ആവശ്യകത തീരുമാനിക്കുന്ന മാനദണ്ഡങ്ങൾ താഴെ പറയുന്നവയാണ്:

(a) മൂലകം സസ്യങ്ങളുടെ സ്വാഭാവിക വളർച്ചയ്ക്കും പ്രത്യുൽപ്പാദനത്തിനും അത്യാവശ്യമായിരിക്കണം. ഈ മൂലകത്തിന്റെ അഭാവത്തിൽ സസ്യങ്ങൾക്ക് അവയുടെ ജീവിത ചക്രം പൂർത്തിയാക്കാനോ വിത്തുകൾ ഉൽപ്പാദിപ്പിക്കാനോ കഴിയാതിരിക്കണം.

(b) മൂലകത്തിന്റെ ആവശ്യകത നിശ്ചിതമായിരിക്കണം, അതായത് ഒരു മൂലകത്തിന് പകരം നിൽക്കാൻ മറ്റൊരു മൂലകത്തിനാവില്ല. മറ്റൊരു രീതിയിൽ പറഞ്ഞാൽ ഒരു മൂലകത്തിന്റെ കുറവ് മറ്റൊരു മൂലകം നൽകുന്നത് വഴി പരിഹരിക്കപ്പെടാൻ കഴിയുന്നതാകരുത്.

(c) സസ്യങ്ങളുടെ ഉപാപചയപ്രവർത്തനങ്ങളിൽ നേരിട്ട് പങ്കെടുക്കുന്നതാകണം മൂലകം.

മുകളിൽ പറഞ്ഞ മാനദണ്ഡങ്ങൾ പരിഗണിക്കുമ്പോൾ വളരെക്കുറച്ച് മൂലകങ്ങൾ മാത്രമേ സസ്യങ്ങളുടെ വളർച്ചയ്ക്കും ഉപാപചയത്തിനും അത്യാവശ്യമായി വരുന്നുള്ളൂ. ഇത്തരം മൂലകങ്ങളെ അവയുടെ ആവശ്യകതയുടെ അളവിനനുസരിച്ച് രണ്ടായി തരംതിരിച്ചിരിക്കുന്നു.

(i) സ്ഥൂലപോഷകങ്ങൾ (Macronutrients)

(ii) സൂക്ഷ്മപോഷകങ്ങൾ (Micronutrients)

സ്ഥൂലപോഷകങ്ങൾ

സസ്യകലകളിൽ കൂടിയ അളവിൽ (നിർജലാവസ്ഥയിലുള്ള ഭാരത്തിന്റെ 10mmole Kg^{-1} ൽ കൂടുതൽ കാണുന്നവ) കാണപ്പെടുന്ന മൂലകങ്ങളാണ് സ്ഥൂലപോഷകങ്ങൾ. ഇതിൽപ്പെടുന്ന പ്രധാന മൂലകങ്ങളാണ് കാർബൺ, ഹൈഡ്രജൻ, ഓക്സിജൻ, നൈട്രജൻ, ഫോസ്ഫറസ്, സൾഫർ, പൊട്ടാസ്യം, കാൽസ്യം, കൂടാതെ മഗ്നീഷ്യവും. ഇതിൽ കാർബൺ, ഹൈഡ്രജൻ, ഓക്സിജൻ എന്നിവ H_2O, CO_2 എന്നിവയിൽ നിന്നാണ് പ്രധാനമായും ലഭിക്കുന്നത്. മറ്റുള്ളവ മണ്ണിൽ നിന്ന് ധാതുപോഷണത്തിലൂടെ ലഭ്യമാകുന്നു.

സൂക്ഷ്മപോഷകങ്ങൾ

വളരെക്കുറഞ്ഞ അളവിൽ (നിർജലാവസ്ഥയിലുള്ള ഭാരത്തിന്റെ 10mmole Kg^{-1} ൽ കുറവ് കാണുന്നവ) ആവശ്യമായ മൂലകങ്ങളെ സൂക്ഷ്മപോഷകങ്ങൾ അഥവാ ട്രേസ് മൂലകങ്ങൾ (Trace elements) എന്ന് പറയുന്നു. ഇതിൽ ഇരുമ്പ്, മാംഗനീസ്, കോപ്പർ, മോളിബ്ഡിനം, സിങ്ക്, ബോറോൺ, ക്ലോറിൻ, നിക്കൽ തുടങ്ങിയവ ഉൾപ്പെടുന്നു. മുകളിൽ സൂചിപ്പിച്ച 17 അവശ്യമൂലകങ്ങൾ കൂടാതെ

സോഡിയം, സിലിക്കൺ, കോബാൾട്ട്, സെലിനിയം തുടങ്ങിയ ഉപകാരപ്രദമായ മറ്റ് ചില മൂലകങ്ങളും ഉയർന്നതരം സസ്യങ്ങൾക്ക് ആവശ്യമാണ്.

അവശ്യമൂലകങ്ങളെ അവയുടെ വ്യത്യസ്തമായ ധർമങ്ങളുടെ അടിസ്ഥാനത്തിൽ പ്രധാനമായും നാല് വിഭാഗങ്ങളായി തരംതിരിച്ചിരിക്കുന്നു. ഇവ താഴെ പറയും പ്രകാരമാണ്:

(i) ജൈവതന്മാത്രകളുടെ ഘടകങ്ങളായ അവശ്യമൂലകങ്ങൾ. ഇത്തരം മൂലകങ്ങൾ കോശങ്ങളുടെ ഘടനാമൂലകങ്ങൾ ആകുന്നു (ഉദാ: കാർബൺ, ഹൈഡ്രജൻ, ഓക്സിജൻ, നൈട്രജൻ എന്നിവ).

(ii) സസ്യങ്ങളിലെ ഊർജ്ജോൽപ്പാദനവുമായി ബന്ധപ്പെട്ട രാസസംയുക്തങ്ങളുടെ ഭാഗമായ അവശ്യമൂലകങ്ങൾ (ഉദാ: ഹരിതകത്തിലെ മഗ്നീഷ്യം, ATP യിലെ ഫോസ്ഫറസ്).

(iii) രാസാഗ്നികളുടെ പ്രവർത്തനങ്ങളെ ത്വരിതപ്പെടുത്തുന്നവയും (ആക്റ്റിവേറ്റർ) തടസ്സപ്പെടുത്തുന്നവയും (ഇൻഹിബിറ്റർ) ആയ അവശ്യ മൂലകങ്ങൾ. ഉദാ: പ്രകാശസംശ്ലേഷണ കാർബൺസ്ഥിരീകരണത്തിന് അത്യാവശ്യമായ റിബുലോസ് ബിസ്ഫോസ്ഫേറ്റ് കാർബോക്സിലേസ് ഓക്സിജനേസ്, ഫോസ്ഫോഇനോൾ പൈറുവേറ്റ് കാർബോക്സിലേസ് എന്നീ രണ്ട് രാസാഗ്നികളുടെയും ആക്റ്റിവേറ്റർ ആയി പ്രവർത്തിക്കുന്നത് Mg^{2+} ആണ്. അതുപോലെ Zn^{2+}, ആൽക്കഹോൾ ഡീഹൈഡ്രോജിനേസിന്റെയും മോളിബ്ഡിനം, നൈട്രജൻ സ്ഥിരീകരണത്തിലെ നൈട്രോജിനേസിന്റെയും ആക്റ്റിവേറ്റർ ആയി പ്രവർത്തിക്കുന്നു. *ഈ വിഭാഗത്തിൽപ്പെടുന്ന മറ്റ് ചില മൂലകങ്ങളുടെ പേര് കണ്ടെത്തുക.* ഇതിനായി നിങ്ങൾ മുൻപ് പഠിച്ച ചില ജൈവരാസപ്രവർത്തനങ്ങളെക്കുറിച്ച് ഓർത്തുനോക്കൂ.

(iv) ചില അവശ്യമൂലകങ്ങൾക്ക് കോശങ്ങളിലെ വ്യതിവ്യാപന ക്ഷമത (Osmotic potential) വ്യത്യാസപ്പെടുത്തുവാൻകഴിയും. ആസ്യരന്ധ്രങ്ങൾ (Stomata) തുറക്കുന്നതിലും അടയ്ക്കുന്നതിലും പൊട്ടാസ്യം വലിയ പങ്ക് വഹിക്കുന്നു. ഒരു കോശത്തിന്റെ ജലക്ഷമത (Water potential) നിർണയിക്കുന്നതിൽ ലീനങ്ങളായി (Solute) പ്രവർത്തിക്കുന്ന മൂലകങ്ങളുടെ പങ്കിനെക്കുറിച്ച് ഓർത്ത് നോക്കൂ.

12.2.2 അവശ്യ -സൂക്ഷ്മപോഷകങ്ങളുടെ ധർമങ്ങൾ

അവശ്യമൂലകങ്ങൾക്ക് പലതരത്തിലുള്ള ധർമങ്ങൾ ഉണ്ട്. ഇവ സസ്യകോശങ്ങളിൽ നടക്കുന്ന വ്യത്യസ്ത ഉപാപചയപ്രവർത്തനങ്ങളായ കോശസ്തരത്തിന്റെ താര്യത (Permeability), കോശദ്രവത്തിന്റെ വ്യതിവ്യാപനഗാഢത (Osmotic concentration) നിലനിർത്തൽ, ഇലക്ട്രോൺ സംവഹന വ്യവസ്ഥ (Electron transport system), ബഫറിംഗ് പ്രവർത്തനം (Buffering action), രാസാഗ്നികളുടെ പ്രവർത്തനം എന്നിവയിൽ പങ്കെടുക്കുന്നു. കൂടാതെ ഇവ സന്യൂല തന്മാത്രകളുടെയും കോ-എൻസൈമുകളുടെയും ഘടകങ്ങളായും വർത്തിക്കുന്നു.

അവശ്യമൂലകങ്ങളുടെ വ്യത്യസ്ത രൂപങ്ങളും പ്രധാനപ്പെട്ട ധർമങ്ങളും ചുവടെ ചേർക്കുന്നു:

നൈട്രജൻ : സസ്യങ്ങൾക്ക് ഏറ്റവും കൂടുതൽ ആവശ്യമായി വരുന്ന മൂലകമാണ് നൈട്രജൻ. ഇവ പ്രധാനമായും നൈട്രേറ്റ് (NO_3^-) രൂപത്തിലാണ് ആഗിരണം ചെയ്യുന്നതെങ്കിലും നൈട്രൈറ്റ് (NO_2^-), അമോണിയം (NH_4^+) എന്നീ രൂപത്തിലും ആഗിരണം ചെയ്യും. സസ്യങ്ങളുടെ എല്ലാ ഭാഗങ്ങൾക്കും, പ്രത്യേകിച്ച് മെരിസ്റ്റമിക കലകൾക്കും ഉപാപചയ പ്രവർത്തനങ്ങൾ വളരെ കൂടുതലുള്ള കലകൾക്കും നൈട്രജൻ ആവശ്യമാണ്. മാംസ്യം (Proteins), ന്യൂക്ലിക് ആസിഡ് (Nucleic acids), വിറ്റാമിനുകൾ, ഹോർമോണുകൾ എന്നിവയിലെ പ്രധാനഘടകങ്ങളിൽ ഒന്നാണ് നൈട്രജൻ.

ഫോസ്ഫറസ് : സസ്യങ്ങൾ ഫോസ്ഫറസിനെ മണ്ണിൽ നിന്ന് ഫോസ്ഫേറ്റ് അയോണുകളുടെ രൂപത്തിൽ ($H_2PO_4^-$ അല്ലെങ്കിൽ HPO_4^{2-}) ആഗിരണം ചെയ്യുന്നു. കോശസ്തരം, ചില തരം മാംസ്യങ്ങൾ എന്നിവയുടെയും എല്ലാ ന്യൂക്ലിക് ആസിഡുകളുടെയും ന്യൂക്ലിയോടൈഡുകളുടെയും ഒരു പ്രധാനഘടകമാണ് ഫോസ്ഫറസ്. ഇവ ഫോസ്ഫോറിലേഷൻ പ്രവർത്തനങ്ങൾക്കും അത്യാവശ്യമാണ്.

പൊട്ടാസ്യം : ഇവ പൊട്ടാസ്യം അയോണുകളുടെ (K^+) രൂപത്തിലാണ് ആഗിരണം ചെയ്യുന്നത്. സസ്യങ്ങളുടെ മെരിസ്റ്റമിക കലകൾ, മുകുളങ്ങൾ, ഇലകൾ, വേരിന്റെ അഗ്രഭാഗം എന്നിവിടങ്ങളിൽ ഇവ വലിയതോതിൽ ആവശ്യമാണ്. കോശത്തിലെ കാറ്റയോൺ-ആനയോൺ തുലനനില പാലിക്കൽ, മാംസ്യസംശ്ലേഷണം, ആസ്യരന്ധ്രങ്ങളുടെ അടയ്ക്കലും തുറക്കലും, രാസാഗ്നികളുടെ ആക്ടിവേഷൻ, കോശങ്ങളുടെ ടർജിഡിറ്റി (Turgidity) നിലനിർത്തൽ തുടങ്ങിയവയ്ക്കും പൊട്ടാസ്യം ആവശ്യമാണ്.

കാൽസ്യം : കാൽസ്യം അയോണുകളുടെ (Ca^{2+}) രൂപത്തിലാണ് മണ്ണിൽ നിന്ന് കാൽസ്യത്തെ സസ്യങ്ങൾ ആഗിരണം ചെയ്യുന്നത്. മെരിസ്റ്റമിക കലകളിലും വൈവിധ്യവൽക്കരിക്കപ്പെടുന്ന കലകളിലും (Differentiating tissues) കാൽസ്യം ആവശ്യമാണ്. കോശവിഭജന സമയത്ത് കോശഭിത്തിയുടെ നിർമാണത്തിന്, പ്രത്യേകിച്ച് മിഡിൽ ലാമെല്ലയുടെ നിർമാണത്തിനാവശ്യമായ കാൽസ്യം പെക്റ്റേറ്റ് (Calcium pectate) ആയി ഇവ ഉപയോഗിക്കപ്പെടുന്നു. ക്രമഭംഗ കീലതന്തുക്കളുടെ (Mitotic Spindle) നിർമാണത്തിനും ഇവ ആവശ്യമാണ്. പ്രായമായ ഇലകളിൽ കാൽസ്യം അടിഞ്ഞുകൂടാറുണ്ട്. കോശസ്തരങ്ങളുടെ ശരിയായ പ്രവർത്തനത്തിന് കാൽസ്യം ഉൾപ്പെടുന്നു. ചില രാസാഗ്നികളെ ത്വരിതപ്പെടുത്തുന്നതിലും ഉപാപചയപ്രവർത്തനങ്ങൾ നിയന്ത്രിക്കുന്നതിലും ഇവ പ്രധാനപങ്ക് വഹിക്കുന്നു.

മഗ്നീഷ്യം : Mg^{2+} എന്ന ഡൈവാലന്റ് രൂപത്തിലാണ് സസ്യങ്ങൾ മഗ്നീഷ്യം ആഗിരണം ചെയ്യുന്നത്. ശ്വസനം, പ്രകാശസംശ്ലേഷണം തുടങ്ങിയ പ്രവർത്തനങ്ങളിലെ രാസാഗ്നികളെ ഇവ ഉത്തേജിപ്പിക്കുന്നു. കൂടാതെ ഡി.എൻ.എ (DNA), ആർ.എൻ.എ. (RNA) എന്നിവയുടെ നിർമാണത്തിലും ഇവ ഉൾപ്പെടുന്നു. ഹരിതകത്തിന്റെ വലയരൂപത്തിലുള്ള ഘടനയിലെ പ്രധാന

ഘടകമായും, റൈബോസോമുകളുടെ ഘടന നിലനിർത്തുന്നതിനും മഗ്നീഷ്യം അത്യാവശ്യമാണ്.

സൾഫർ : സൾഫേറ്റ് അയോണുകളുടെ (SO_4^{2-}) രൂപത്തിലാണ് സസ്യങ്ങൾ ഇവ ആഗിരണം ചെയ്യുന്നത്. സിസ്റ്റിൻ (Cysteine), മെത്തിയോണിൻ (Methionine)എന്നീ അമിനോ ആസിഡുകളിലും സൾഫർ കാണപ്പെടുന്നു. കൂടാതെ ധാരാളം കോഎൻസൈമുകളിലും വിറ്റാമിനുകളിലും (തയമിൻ, ബയോട്ടിൻ, കോഎൻസൈം A) ഫെറിഡോക്സിനിലും (Ferrodoxin) ഇവ അടങ്ങിയിരിക്കുന്നു.

ഇരുമ്പ് : ഇവ ഫെറിക് അയോണുകളുടെ (Fe^{3+}) രൂപത്തിലാണ് ആഗിരണം ചെയ്യപ്പെടുന്നത്. മറ്റ് സൂക്ഷ്മപോഷകങ്ങളുമായി താരതമ്യം ചെയ്യുമ്പോൾ ഇവ കൂടിയ അളവിൽ സസ്യങ്ങൾക്ക് ആവശ്യമായിവരുന്നു. ഇലക്ട്രോൺ സ്ഥാനാന്തരണത്തിൽ (Electron transport) പങ്കെടുക്കുന്ന ഫെറിഡോക്സിൻ, സൈറ്റോക്രോം എന്നീ പ്രോട്ടീനുകളുടെ പ്രധാന ഘടകമാണ് ഇരുമ്പ്. ഇലക്ട്രോൺ സ്ഥാനാന്തരണത്തിൽ ഇത് Fe^{2+} ൽ നിന്ന് Fe^{3+} ലേക്ക് ഉഭയദിശാരീതിയിൽ (Reversibly) ഓക്സീകരിക്കപ്പെടുന്നു. കാറ്റലേസ് രാസാഗ്നികളെ ഉദ്ദീപിപ്പിക്കാനും ഹരിതക രൂപീകരണത്തിനും ഇത് അത്യാവശ്യമാണ്.

മാംഗനീസ് : മാംഗനീസ് അയോണുകളുടെ (Mn^{2+}) രൂപത്തിലാണ് ഇവ സസ്യങ്ങളിലേക്ക് ആഗിരണം ചെയ്യപ്പെടുന്നത്. ശ്വസനം, പ്രകാശസംശ്ലേഷണം, നൈട്രജൻ ഉപാപചയം എന്നീ പ്രക്രിയകളിൽ ഉൾപ്പെടുന്ന പല രാസാഗ്നികളെയും ഉത്തേജിപ്പിക്കുവാൻ ഇവ ആവശ്യമാണ്. മാംഗനീസിന്റെ ഏറ്റവും പ്രധാനപ്പെട്ട ധർമം പ്രകാശസംശ്ലേഷണ സമയത്ത് ജലം വിഘടിച്ച് ഓക്സിജൻ സ്വതന്ത്രമാക്കുന്ന പ്രക്രിയയെ സഹായിക്കുക എന്നതാണ്.

സിങ്ക് : Zn^{2+} അയോണുകളുടെ രൂപത്തിലാണ് സിങ്ക് സസ്യങ്ങൾക്ക് ലഭ്യമാകുന്നത്. ഇവ വിവിധ രാസാഗ്നികളെ, പ്രത്യേകിച്ച് കാർബോക്സിലേസുകളെ ഉത്തേജിപ്പിക്കുന്നു. ഓക്സിനുകളുടെ (Auxin) നിർമാണത്തിനും ഇവ ആവശ്യമാണ്.

കോപ്പർ : ക്യൂപ്രിക് അയോണുകളുടെ (Cu^{2+}) രൂപത്തിൽ ആഗിരണം ചെയ്യപ്പെടുന്ന ഇവ സസ്യങ്ങളുടെ എല്ലാവിധ ഉപാപചയ പ്രവർത്തനങ്ങൾക്കും ആവശ്യമാണ്. ഇരുമ്പിനെ പോലെ ചില രാസാഗ്നികളോടൊപ്പം റിഡോക്സ് പ്രവർത്തനങ്ങളിൽ പങ്കെടുക്കുകയും ഉഭയദിശാരീതിയിൽ Cu^{+} ൽനിന്നും Cu^{2+} ആകുകയും ചെയ്യുന്നു.

ബോറോൺ : BO_3^{3-} അല്ലെങ്കിൽ $B_4O_7^{2-}$ രൂപത്തിലോ ആണ് ഇവ ആഗിരണം ചെയ്യപ്പെടുന്നത്. Ca^{2+} ന്റെ ആഗിരണത്തിനും ഉപയോഗത്തിനും, സ്തരങ്ങളുടെ പ്രവർത്തനത്തിന്, പരാഗരേണുക്കളുടെ മുകുളനത്തിന്, കോശങ്ങളുടെ ദീർഘീകരണം, കോശങ്ങളുടെ വൈവിധ്യവൽക്കരണം തുടങ്ങി ധാന്യകങ്ങളുടെ (Carbohydrates) സംവഹനത്തിനും ബോറോൺ ആവശ്യമാണ്.

മോളിബ്ഡിനം : മോളിബ്ഡേറ്റ് അയോണുകളുടെ (MoO_2^{2+}) രൂപത്തിലാണ് ഇവ ആഗിരണം ചെയ്യപ്പെടുന്നത്. നൈട്രജൻ ഉപാപചയത്തിൽ ഉപയോഗിക്കുന്ന നൈട്രോജിനേസ്, നൈട്രേറ്റ് റിഡക്റ്റേസ് തുടങ്ങി പല രാസാഗ്നികളുടെയും പ്രധാന ഘടകമാണ് മോളിബ്ഡിനം.

ക്ലോറിൻ : ക്ലോറൈഡ് ആനയോണുകളുടെ (Cl^-) രൂപത്തിലാണ് ഇവ പ്രധാനമായും ആഗിരണം ചെയ്യപ്പെടുന്നത്. കോശത്തിൽ കാറ്റയോൺ-ആനയോൺ തുലനനില പരിപാലിക്കുന്നതിനും, ലീന ഗാഢത (Solute concentration) നിർണയിക്കുന്നതിനും Na^+, K^+ എന്നിവയോടൊപ്പം Cl^- ഉം സഹായിക്കുന്നു. പ്രകാശസംശ്ലേഷണ സമയത്ത് ജലത്തിന്റെ വിഘടനത്തിലൂടെ ഓക്സിജൻ സ്വതന്ത്രമാക്കുന്ന പ്രക്രിയയിലും ക്ലോറിൻ പ്രധാന പങ്കുവഹിക്കുന്നു.

12.2.3 അവശ്യമൂലകങ്ങളുടെ അപര്യാപ്തതാലക്ഷണങ്ങൾ

ഏതെങ്കിലും അവശ്യമൂലകങ്ങളുടെ ലഭ്യത പരിമിതപ്പെടുമ്പോൾ സസ്യങ്ങളുടെ വളർച്ച മുരടിക്കുന്നു. അവശ്യമൂലകങ്ങളുടെ അളവ് ഏതളവിന് താഴെ ആകുമ്പോഴാണോ സസ്യങ്ങളുടെ വളർച്ച മുരടിക്കുന്നത്, ആ അളവിനെ **ക്രിട്ടിക്കൽ ഗാഢത (Critical concentration)** എന്ന് പറയുന്നു. മൂലകങ്ങളുടെ അളവ് ക്രിട്ടിക്കൽ ഗാഢതയ്ക്ക് താഴെയാണെങ്കിൽ അവയെ അപര്യാപ്തതാമൂലകങ്ങൾ എന്ന് പറയുന്നു.

ഇത്തരം മൂലകങ്ങൾ ഘടനാപരമായതോ ധർമപരമായതോ ആയ ഒന്നിൽ കൂടുതൽ ധർമങ്ങൾ സസ്യങ്ങളിൽ നിർവഹിക്കുന്നതിനാൽ ഇവയുടെ അപര്യാപ്തത സസ്യങ്ങളിൽ ചില ബാഹ്യമാറ്റങ്ങളുണ്ടാക്കുന്നു. ഇത്തരം ബാഹ്യമാറ്റങ്ങൾ മൂലകങ്ങളുടെ അപര്യാപ്തതയുടെ അടയാളങ്ങളാണ്. ഇതിനെ അപര്യാപ്തതാലക്ഷണങ്ങൾ (Deficiency symptoms) എന്ന് പറയുന്നു. ഇത്തരം ലക്ഷണങ്ങൾ ഓരോ മൂലകത്തിനും വ്യത്യസ്തമായിരിക്കുകയും, അപര്യാപ്തതാമൂലകങ്ങൾ സസ്യങ്ങൾക്ക് നൽകുമ്പോൾ ഈ ലക്ഷണങ്ങൾ ഇല്ലാതാകുകയും ചെയ്യുന്നു. എന്നാൽ ഇവയുടെ ദൗർലഭ്യം നീണ്ടുനിന്നാൽ അത് സസ്യങ്ങളുടെ നാശത്തിന് തന്നെ കാരണമാകുന്നു. അപര്യാപ്തതാമൂലകങ്ങളുടെ ചലനാത്മകതയെ ആശ്രയിച്ചാണ് സസ്യഭാഗങ്ങളിൽ മൂലകങ്ങളുടെ അപര്യാപ്തതാലക്ഷണങ്ങൾ പ്രകടമാകുന്നത്. കൂടുതൽ ചലനാത്മകത കാണിക്കുന്ന മൂലകങ്ങൾ സസ്യത്തിന്റെ പ്രായം കുറഞ്ഞ ഭാഗങ്ങളിലേക്ക് വേഗത്തിൽ ചലിക്കുന്നതിനാൽ ഇത്തരം മൂലകങ്ങളുടെ അപര്യാപ്തത ആദ്യം പ്രത്യക്ഷമാകുന്നത് പ്രായമായ ഭാഗങ്ങളിൽ ആണ്. ഉദാ. നൈട്രജൻ, പൊട്ടാസ്യം, മഗ്നീഷ്യം തുടങ്ങിയ മൂലകങ്ങളുടെ അപര്യാപ്തത പ്രായമായ ഇലകളിൽ ആണ് ആദ്യം പ്രത്യക്ഷമാകുന്നത്. പ്രായമായ ഇലകളിൽ വച്ച് ഈ മൂലകങ്ങൾ അടങ്ങിയിട്ടുള്ള ജൈവതന്മാത്രകളെ വിഘടിപ്പിച്ച് പ്രായം കുറഞ്ഞ ഇലകളിലേക്ക് സഞ്ചരിപ്പിച്ച് പ്രസ്തുത മൂലകങ്ങൾ അവയ്ക്ക് ലഭ്യമാക്കുന്നു.

താരതമ്യേന ചലനാത്മകതയില്ലാത്ത മൂലകങ്ങൾക്ക് പ്രായമായ അവയവങ്ങളിൽനിന്ന് പുറത്തേക്ക് സംവഹനം ചെയ്യാൻ കഴിയാത്തതിനാൽ ഇത്തരം മൂലകങ്ങളുടെ അപര്യാപ്തതാലക്ഷണങ്ങൾ ആദ്യം പ്രത്യക്ഷമാകുന്നത് പ്രായം കുറഞ്ഞ കലകളിൽ ആയിരിക്കും. ഉദാഹരണത്തിന്, കോശങ്ങളിലെ ഘടനാ സംയുക്തങ്ങളുടെ ഭാഗമായതിനാൽ സൾഫർ, കാത്സ്യം എന്നിവയ്ക്ക് വേഗത്തിൽ സ്വതന്ത്രമാകാൻ കഴിയുകയില്ല. ഇത്തരം നിരീക്ഷണങ്ങൾക്ക് സസ്യങ്ങളിലെ ധാതുപോഷണത്തിൽ വളരെയേറെ പ്രാധാന്യമുണ്ട്. ഈ അറിവുകൾ കാർഷികവൃത്തിയിലും ഉദ്യാനകൃഷിയിലും വളരെയധികം

പ്രാധാന്യമർഹിക്കുന്നു.

സസ്യങ്ങളിൽ പ്രധാനമായിക്കാണുന്ന അപര്യാപ്തതാലക്ഷണങ്ങൾ ഹരിതക ശോഷണം (Chlorosis), കലാപരിക്ഷയം (Necrosis), വളർച്ചമുരടിക്കൽ (Stunted growth), പാകമാകാതെ ഇലകളും മുകുളങ്ങളും കൊഴിയൽ (Premature fall of leaves and buds), കോശവിഭജനം തടസ്സപ്പെടൽ എന്നിവയാണ്. ഇലകളിൽ ഹരിതകം നഷ്ടപ്പെട്ട് മഞ്ഞളിക്കുന്ന അവസ്ഥയാണ് ഹരിതക ശോഷണം. N, K, Mg, S, Fe, Mn, Zn, Mo എന്നീ മൂലകങ്ങളുടെ അപര്യാപ്തതമൂലം ഈ ലക്ഷണങ്ങൾ ഉണ്ടാകാം. ഇതുപോലെ കലാപരിക്ഷയം അല്ലെങ്കിൽ കലകളുടെ നാശം, പ്രത്യേകിച്ച് ഇലകളിലെ കലകളിൽ ഉണ്ടാകുന്നത് Ca, Mg, Cu, K എന്നിവയുടെ അപര്യാപ്തത മൂലമാണ്. N, K, S, Mo എന്നിവയുടെ അപര്യാപ്തത അല്ലെങ്കിൽ കുറഞ്ഞ അളവ് മൂലം കോശവിഭജനം തടസ്സപ്പെടാം. N, S, Mo തുടങ്ങിയ മൂലകങ്ങളുടെ ഗാഢത സസ്യങ്ങളിൽ കുറയുന്നത് പുഷ്പിക്കൽ വൈകാൻ കാരണമാകുന്നു.

മുകളിൽ പ്രസ്താവിച്ച കാര്യങ്ങളിൽ നിന്ന് ഒരു മൂലകത്തിന്റെ കുറവ് മൂലം വ്യത്യസ്തതരത്തിലുള്ള ലക്ഷണങ്ങൾ ഉണ്ടാകാമെന്നും ഒരേ ലക്ഷണങ്ങൾ പല മൂലകങ്ങളിൽ ഒന്നിന്റെ കുറവ് മൂലമാകാം എന്നും നമുക്ക് കാണാം. ആയതിനാൽ ഒരു മൂലകത്തിന്റെ കുറവ് മനസ്സിലാക്കുന്നതിന് സസ്യത്തിന്റെ എല്ലാ ഭാഗങ്ങളിൽ നിന്നുമുള്ള ലക്ഷണങ്ങൾ സ്റ്റാൻഡേർഡ് പട്ടികയുമായി താരതമ്യം ചെയ്തു കൊണ്ടുള്ള പഠനം നമ്മൾ നടത്തേണ്ടതാണ്. ഒരു മൂലകത്തിന്റെ അപര്യാപ്തതയ്ക്കെതിരെ പല സസ്യങ്ങളും പലരീതിയിൽ പ്രതികരിക്കുമെന്ന കാര്യത്തെക്കുറിച്ചും നമ്മൾ അറിയേണ്ടതുണ്ട്.

12.2.4 സൂക്ഷ്മപോഷകങ്ങളുടെ വിഷലിപ്തത (Toxicity of micronutrients)

സൂക്ഷ്മപോഷകങ്ങളുടെ ആവശ്യകത വളരെക്കുറഞ്ഞ അളവിൽ ആയിരിക്കും. എന്നിരുന്നാലും, ഇവയുടെ അളവിൽ ഉണ്ടാകുന്ന സാമാന്യമായ കുറവ് അപര്യാപ്തതാലക്ഷണങ്ങൾക്കും സാമാന്യമായ വർധനവ് വിഷലിപ്തതയ്ക്കും (Toxicity) കാരണമാകുന്നു. മറ്റൊരു രീതിയിൽ പറഞ്ഞാൽ മൂലകങ്ങൾ അനുകൂലമായി (Optimum) വർത്തിക്കുന്നത് ഗാഢതയുടെ ഒരു നേരിയ പരിധിക്കുള്ളിലാണ്. ഒരു സസ്യകലയിൽ കാണപ്പെടുന്ന ധാതുഅയോണുകളുടെ ഗാഢത കാരണം ആ കലയുടെ നിർജലാവസ്ഥയിലുള്ള ഭാരം 10 ശതമാനത്തോളം കുറഞ്ഞാൽ അത് വിഷമയമായി കണക്കാക്കാം. ഇത്തരത്തിലുള്ള ക്രിട്ടിക്കൽ ഗാഢത പല സൂക്ഷ്മപോഷകങ്ങൾക്കും വളരെയേറെ വ്യത്യസ്തമായിരിക്കും. വിഷലിപ്തതാ ലക്ഷണങ്ങൾ കണ്ടുപിടിക്കുവാനും പ്രയാസമായിരിക്കും. ഓരോ മൂലകങ്ങളുടെയും വിഷലിപ്തതയുടെ അളവ് ഓരോ സസ്യങ്ങളിലും വ്യത്യസ്തമായിരിക്കും. പല അവസരങ്ങളിലും അധികമുള്ള മൂലകങ്ങൾ മറ്റുള്ളവയുടെ ആഗിരണത്തെ തടസ്സപ്പെടുത്താം. ഉദാഹരണമായി മാംഗനീസിന്റെ വിഷലിപ്തതയുടെ പ്രധാന ലക്ഷണം തവിട്ടുനിറത്തിലുള്ള പുള്ളികൾക്ക് ചുറ്റിനും കാണുന്ന ഹരിതശോഷണം നടന്ന സിരകളാണ് (Chlorotic veins). ആഗിരണത്തിന്റെ കാര്യത്തിൽ മാംഗനീസിന് ഇരുമ്പ്, മഗ്നീഷ്യം എന്നിവയുമായും, മാംസാഗ്നികളുടെ ബന്ധനവുമായി ബന്ധപ്പെട്ട കാര്യത്തിൽ

മഗ്നീഷ്യവുമായും മത്സരിക്കേണ്ടി വരുന്നു എന്നുള്ള വസ്തുത നാം അറിഞ്ഞിരിക്കണം. കൂടാതെ മാംഗനീസ് കാണ്ഡാഗ്രത്തിലേക്കുള്ള കാൽസ്യത്തിന്റെ സംവഹനത്തെയും തടസ്സപ്പെടുത്തുന്നു. അതിനാൽ മാംഗനീസിന്റെ ആധിക്യം ഇരുമ്പ്, മഗ്നീഷ്യം, കാൽസ്യം എന്നിവയുടെ അപര്യാപ്തതയ്ക്ക് കാരണമാകാം. അതിനാൽ മാംഗനീസിന്റെ വിഷലിപ്തതയുടെ ലക്ഷണങ്ങളായി കാണുന്നത്, യഥാർഥത്തിൽ ഇരുമ്പിന്റെയോ കാൽസ്യത്തിന്റെയോ മഗ്നീഷ്യത്തിന്റെയോ അപര്യാപ്തതാലക്ഷണങ്ങൾ ആയിരിക്കാം. ഇത്തരം അറിവുകൾ കർഷകർക്കും ഉദ്യാനപാലകർക്കും പ്രയോജനപ്പെടുമോ? അല്ലെങ്കിൽ നിങ്ങളുടെ അടുക്കളത്തോട്ടങ്ങൾക്ക് പ്രയോജനപ്പെടുമോ?

12.3 മൂലകങ്ങൾ ആഗിരണം ചെയ്യപ്പെടുന്ന രീതി

സസ്യങ്ങൾ മൂലകങ്ങൾ ആഗിരണം ചെയ്യുന്നരീതികളെ കുറിച്ചുള്ള പഠനങ്ങൾ പ്രധാനമായും നടത്തിയിരിക്കുന്നത് വേർതിരിച്ചെടുത്ത കോശങ്ങളിലോ കലകളിലോ അല്ലെങ്കിൽ അവയവങ്ങളിലോ ആണ്. ആഗിരണ പ്രക്രിയയ്ക്ക് രണ്ട് പ്രധാന ഘട്ടങ്ങളുണ്ടെന്ന് ഈ പഠനങ്ങൾ തെളിയിച്ചു. ആദ്യഘട്ടത്തിൽ അയോണുകൾ കോശങ്ങൾക്ക് ചുറ്റുമുള്ള അപ്പോപ്ലാസ്റ്റ് (Apoplast) എന്ന സ്വതന്ത്രമായ സ്ഥലത്തേക്കോ പുറംഭാഗത്തേക്കോ വളരെ വേഗത്തിൽ ആഗിരണം ചെയ്യപ്പെടുന്നത് നിഷ്ക്രിയമായാണ് (Passive). രണ്ടാം ഘട്ടത്തിലുള്ള ആഗിരണത്തിൽ അയോണുകൾ വളരെ സാവകാശത്തിൽ കോശങ്ങളിലെ ഉൾഭാഗത്തേക്ക്, അതായത് സിംപ്ലാസ്റ്റിലേക്ക് (Symplast) പ്രവേശിക്കുന്നു. സംവഹനാന്തര മാംസ്യങ്ങളായ (Trans-membrane proteins) അയോൺ ചാനലുകൾ പോലുള്ള തിരഞ്ഞെടുക്കപ്പെട്ട സുഷിരങ്ങളിലൂടെയാണ് അപ്പോപ്ലാസ്റ്റിലേക്കുള്ള അയോണുകളുടെ നിഷ്ക്രിയചലനം സാധാരണ നടക്കുന്നത്. എന്നാൽ, സിംപ്ലാസ്റ്റിൽനിന്നോ സിംപ്ലാസ്റ്റിലേക്കോ അയോണുകൾ ഉള്ളിലേക്കോ പുറത്തേക്കോ സഞ്ചരിക്കുന്നത് ഉപാപചയപ്രവർത്തനങ്ങളിൽ നിന്നുള്ള ഊർജം ഉപയോഗപ്പെടുത്തിയാണ്. അതിനാൽ ഇതൊരു **സക്രിയ** (Active) പ്രവർത്തനമാണ്. അയോണുകളുടെ ചലനത്തെ **ഫ്ളക്സ്** (Flux) എന്ന് പറയുന്നു. കോശത്തിനകത്തേക്കുള്ള ഇവയുടെ ചലനത്തെ ഇൻഫ്ളക്സ് (Influx) എന്നും കോശത്തിനുപുറത്തേക്കുള്ള ചലനത്തെ എഫ്ളക്സ് (Efflux) എന്നും പറയുന്നു. ധാതുപോഷകങ്ങളുടെ ആഗിരണത്തെക്കുറിച്ചും അവയുടെ സംവഹനത്തെക്കുറിച്ചും അധ്യായം 11 ൽ നിങ്ങൾ പഠിച്ചിട്ടുണ്ട്.

12.4 ലീനങ്ങളുടെ സംവഹനം (Translocation of solutes)

സൈലത്തിലൂടെയുള്ള ജലത്തിന്റെ മുകളിലേക്കുള്ള സംവഹനത്തോടൊപ്പമാണ് ധാതുലവണങ്ങളുടെ സംവഹനവും നടക്കുന്നത്. സസ്യസ്വേദന വലിവ് മൂലമാണ് (Transpiration pull) ഈ പ്രക്രിയ നടക്കുന്നത്. സൈലരസ (Xylem sap) ത്തിന്റെ വിശകലനത്തിൽ നിന്ന് ഇതിലെ മൂലകങ്ങളുടെ സാന്നിധ്യം തെളിയിക്കുവാൻ കഴിഞ്ഞിട്ടുണ്ട്. ധാതുക്കളുടെ റേഡിയോ ആക്റ്റീവ് ഐസോടോപ്പുകൾ ഉപയോഗിച്ചും സൈലത്തിലൂടെയാണ് മൂലകങ്ങൾ സഞ്ചരിക്കുന്നത് എന്ന് സ്ഥിരീകരിക്കുവാൻ കഴിഞ്ഞിട്ടുണ്ട്. ജലത്തിന്റെ സംവഹനത്തെക്കുറിച്ച് അധ്യായം 11 ൽ നിങ്ങൾ ചർച്ച ചെയ്തിട്ടുണ്ട്.

12.5 മണ്ണ് – അവശ്യമൂലകങ്ങളുടെ കലവറ

പാറകൾ വിഘടിക്കുന്നതിന്റെയും പൊടിയുന്നതിന്റെയും ഫലമായിട്ടാണ് സസ്യങ്ങളുടെ വളർച്ചയ്ക്കും വികാസത്തിനും ആവശ്യമായ ബഹുഭൂരിപക്ഷം മൂലകങ്ങളും വേരുകൾക്ക് ലഭ്യമാകുന്നത്. ഇത്തരം പ്രക്രിയകളിലൂടെ ലഭിച്ച് ചേരുന്ന അയോണുകളും അകാർബണിക ലവണങ്ങളും കൊണ്ട് മണ്ണ് സമ്പുഷ്ടമാകുന്നു. പാറകളിലെ ധാതുക്കളിൽ നിന്ന് ലഭ്യമാകുന്നതിനാൽ സസ്യപോഷണത്തിൽ ഇവയുടെ ധർമത്തെ ധാതുപോഷണം (Mineral nutrition) എന്ന് പറയുന്നു. മണ്ണിൽ വളരെ വ്യത്യസ്തങ്ങളായിട്ടുള്ള പദാർഥങ്ങൾ കാണുന്നു. മണ്ണ്, സസ്യങ്ങൾക്ക് ആവശ്യമായ മൂലകങ്ങൾ നൽകുക മാത്രമല്ല, നൈട്രജൻ സ്ഥിരീകരണ ബാക്ടീരിയകളെയും മറ്റ് സൂക്ഷ്മജീവികളെയും ഉൾക്കൊള്ളുകയും ജലം ശേഖരിക്കുകയും വേരുകൾക്ക് ആവശ്യമായ വായു പ്രദാനം ചെയ്യുകയും സസ്യങ്ങളെ ഉറപ്പിച്ച് നിർത്തുന്ന പ്രതലമായി വർത്തിക്കുകയും ചെയ്യുന്നു. ചില അവശ്യമൂലകങ്ങളുടെ അപര്യാപ്തത വിളകളുടെ ഉത്പാദനം കുറയാൻ കാരണമാകുന്നതിനാൽ ഇവ വളങ്ങളിലൂടെ നൽകേണ്ടി വരുന്നു. വളങ്ങളുടെ ഘടകങ്ങളായി സ്ഥൂലപോഷകങ്ങളും (N, P, K, S തുടങ്ങിയവ) സൂക്ഷ്മ പോഷകങ്ങളും (Cu, Zn, Fe, Mn തുടങ്ങിയവ) അടങ്ങിയിരിക്കുന്നു. അതിനാൽ ഇവ ആവശ്യാനുസരണം നൽകാം.

12.6 നൈട്രജൻ ഉപാപചയം

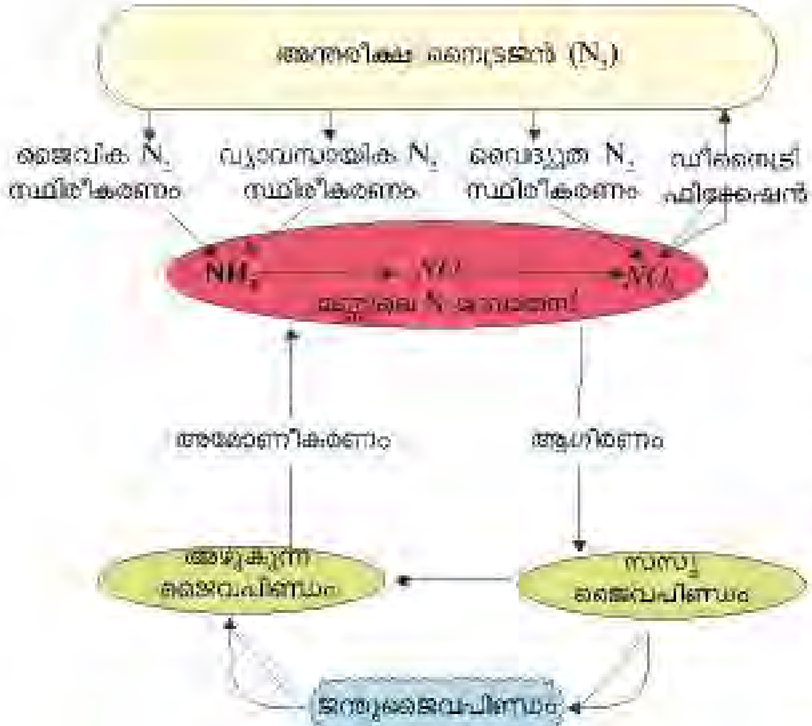
12.6.1 നൈട്രജൻ പരിവൃത്തി

കാർബൺ, ഹൈഡ്രജൻ, ഓക്സിജൻ എന്നിവ കൂടാതെ ജീവജാലങ്ങളിലെ ഏറ്റവും മുഖ്യമായ മൂലകമാണ് നൈട്രജൻ. അമിനോ ആസിഡുകൾ, മാംസ്യങ്ങൾ, ഹോർമോണുകൾ, ഹരിതകം കൂടാതെ പല വിറ്റാമിനുകളുടെയും പ്രധാന ഘടകം കൂടിയാണ് നൈട്രജൻ. മണ്ണിൽ വളരെ നിയന്ത്രിതമായ അളവിൽ ലഭ്യമാകുന്ന നൈട്രജന് വേണ്ടി സസ്യങ്ങൾക്ക് സൂക്ഷ്മജീവികളുമായി മത്സരിക്കേണ്ടി വരുന്നു. അതിനാൽ പ്രകൃതിദത്തമായതും കാർഷികവുമായ ആവാസവ്യവസ്ഥകളിലെ ഒരു നിയന്ത്രണ പോഷകമാണ് (Limiting nutrient) നൈട്രജൻ. രണ്ട് നൈട്രജൻ ആറ്റങ്ങൾ ശക്തമായ മൂന്ന് കോവാലന്റ് ബന്ധനം വഴി ചേർന്നിരിക്കുന്ന (N ≡ N) രീതിയിലാണ് നൈട്രജൻ കാണപ്പെടുന്നത്. നൈട്രജനെ (N_2) അമോണിയ ആക്കി മാറ്റുന്ന പ്രവർത്തനമാണ് **നൈട്രജൻ സ്ഥിരീകരണം** (Nitrogen fixation). പ്രകൃതിയിൽ നൈട്രജൻ, നൈട്രജൻ ഓക്സൈഡുകൾ (NO, NO_2, N_2O) ആയി മാറുന്നതിനുള്ള ഊർജം പ്രദാനം ചെയ്യുന്നത് മിന്നലും അൾട്രാവയലറ്റ് വികിരണങ്ങളുമാണ്. വ്യാവസായിക ജ്വലനം, കാട്ടുതീ, വാഹനങ്ങളുടെ പുക, ഊർജ ഉത്പാദനകേന്ദ്രങ്ങൾ എന്നിവയെല്ലാം നൈട്രജൻ ഓക്സൈഡുകളുടെ സ്രോതസ്സാണ്. മൃതമായ ജന്തുക്കളുടെയും സസ്യങ്ങളുടെയും കാർബണിക നൈട്രജനെ വിഘടിപ്പിച്ച് അമോണിയ ആക്കി മാറ്റുന്ന പ്രക്രിയയാണ് അമോണീകരണം (Ammonification). ഇതിൽ കുറച്ച് അമോണിയ ബാഷ്പീകരിച്ച് അന്തരീക്ഷത്തിലേക്ക് തിരിച്ചെത്തുന്നു. എന്നാൽ കൂടുതൽ ഭാഗവും മണ്ണിലെ

ബാക്ടീരിയകൾ നൈട്രേറ്റ് ആക്കിമാറ്റുന്നു. ഇതിലെ ഘട്ടങ്ങൾ താഴെ പറയും പ്രകാരമാണ്:

$$2NH_3 + 3O_2 \longrightarrow 2NO_2^- + 2H^+ + 2H_2O \qquad \text{.....(i)}$$

$$2NO_2^- + O_2 \longrightarrow 2NO_3^- \qquad \text{.....(ii)}$$



ചിത്രം 12.3 മൂന്ന് പ്രധാന നൈട്രജൻ ശേഖരങ്ങളായ അന്തരീക്ഷം, മണ്ണ്, ജൈവപിണ്ഡം എന്നിവ തമ്മിലുള്ള ബന്ധം കാണിക്കുന്ന നൈട്രജൻ പരിവൃത്തി.

അമോണിയയെ ആദ്യമായി ഓക്സീകരിച്ച് നൈട്രൈറ്റ് ആക്കി മാറ്റുന്ന ബാക്ടീരിയകളാണ് *നൈട്രോസോമൊണാസ് (Nitrosomonas)*, *നൈട്രോകോക്കസ് (Nitrococcus)* എന്നിവ. *നൈട്രോബാക്ടർ (Nitrobacter)* എന്ന ബാക്ടീരിയകളുടെ സഹായത്തോടെ നൈട്രൈറ്റുകളെ പിന്നീട് നൈട്രേറ്റ് ആയി ഓക്സീകരിക്കുന്നു. ഈ പ്രവർത്തനങ്ങളെ **നൈട്രിഫിക്കേഷൻ (Nitrification)** എന്ന് പറയുന്നു (ചിത്രം 12.3). ഇത്തരത്തിലുള്ള നൈട്രജൻ സ്ഥിരീകരണ ബാക്ടീരിയകൾ **രാസസ്വപോഷികൾ (Chemoautotrophs)** ആണ്.

ഇപ്രകാരം ഉണ്ടാകുന്ന നൈട്രേറ്റുകളെ സസ്യങ്ങൾ ആഗിരണം ചെയ്യുകയും പിന്നീട് ഇലകളിലേക്ക് സംവഹനം നടത്തുകയും ചെയ്യുന്നു. ഇലകളിൽ ഇവ നിരോക്സീകരണം വഴി അമോണിയ ആയി മാറുകയും അവസാനം അമിനോആസിഡുകളുടെ അമിനോ ഗ്രൂപ്പായി മാറുകയും ചെയ്യുന്നു. മണ്ണിൽ അടങ്ങിയിരിക്കുന്ന നൈട്രേറ്റിനെ ഡീനൈട്രിഫിക്കേഷൻ എന്ന പ്രക്രിയയിലൂടെ നിരോക്സീകരിച്ച് നൈട്രജൻ ആക്കി മാറ്റുന്നു. ഡീനൈട്രിഫിക്കേഷൻ നടത്തുന്ന ബാക്ടീരിയകളാണ് *സ്യൂഡോമോണസ് (Pseudomonas)*, *തയോബാസില്ലസ് (Thiobacillus)* എന്നിവ.

12.6.2 ജൈവിക നൈട്രജൻ സ്ഥിരീകരണം (Biological Nitrogen Fixation)

അന്തരീക്ഷത്തിൽ വളരെക്കൂടുതൽ കാണുന്ന നൈട്രജനെ (N_2) അതേ രൂപത്തിൽ ഉപയോഗിക്കുവാൻ ചുരുക്കം ചില ജീവികൾക്ക് മാത്രമേ കഴിയുകയുള്ളൂ. പ്രോക്കാരിയോട്ടുകളിൽ ഉൾപ്പെടുന്ന ചില സ്പീഷിസുകൾക്ക് മാത്രമേ നൈട്രജൻ സ്ഥിരീകരണത്തിനുള്ള കഴിവുള്ളൂ. ജീവികൾ നൈട്രജനെ നിരോക്സീകരിച്ച് അമോണിയ ആക്കി മാറ്റുന്ന പ്രക്രിയയെ **ജൈവികനൈട്രജൻ സ്ഥിരീകരണം**

(Biological nitrogen fixation) എന്ന് പറയുന്നു. ഇതിനാവശ്യമുള്ള രാസാഗ്നിയായ നൈട്രോജിനേസ് (Nitrogenase) പ്രോക്കാരിയോട്ടുകളിൽ മാത്രമാണ് കാണുന്നത്. ഇത്തരം സൂക്ഷ്മജീവികളെ നൈട്രജൻ സ്ഥിരീകാരികൾ (N_2 fixers) എന്ന് പറയുന്നു.

$$N \equiv N \xrightarrow{\text{നൈട്രോജിനേസ്}} NH_3$$

ഇത്തരം നൈട്രജൻ സ്ഥിരീകാരികളായ സൂക്ഷ്മജീവികൾ സ്വതന്ത്രമായി ജീവിക്കുന്നവയോ സഹജീവിബന്ധം (Symbiotic) ഉള്ളവയോ ആയിരിക്കും. സ്വതന്ത്രമായി ജീവിക്കുന്ന വായുശ്വസനം നടത്തുന്ന (Aerobes) നൈട്രജൻ സ്ഥിരീകാരികളായ സൂക്ഷ്മജീവികൾക്ക് ഉദാഹരണമാണ് *അസറ്റോബാക്റ്ററും (Azotobacter)*, *ബയ്ജറിനിക്കിയയും (Beijernickia)*. എന്നാൽ *റോഡോസ്പൈറില്ലം (Rhodospirillum)* അവായുശ്വസനം നടത്തുന്നതും, *ബാസില്ലസ് (Bacillus)* സ്വതന്ത്രമായി ജീവിക്കുന്നതുമായ നൈട്രജൻ സ്ഥിരീകാരികളാണ്. കൂടാതെ *നോസ്റ്റോക്ക് (Nostoc)*, *അനബീന (Anabaena)* തുടങ്ങിയ ധാരാളം സയാനോബാക്ടീരിയകളും സ്വതന്ത്രമായി ജീവിക്കുന്ന നൈട്രജൻ സ്ഥിരീകാരികളാണ്.

സഹജീവിബന്ധം വഴിയുള്ള ജൈവിക നൈട്രജൻ സ്ഥിരീകരണം

സഹജീവിബന്ധം വഴിയുള്ള ജൈവിക നൈട്രജൻ സ്ഥിരീകരണം പലതരത്തിലുണ്ട്. അതിൽ ഏറ്റവും പ്രധാനപ്പെട്ടതാണ് പയറുവർഗങ്ങളും ബാക്ടീരിയയും തമ്മിലുള്ള ബന്ധം. അൽഫാൽഫാ (Alfalfa), സ്വീറ്റ്ക്ലോവർ (Sweet clover), സ്വീറ്റ്പീ (Sweet pea), ലെന്റിൽസ് (Lentils), ഗാർഡൻപീ (Garden pea), ബ്രോഡ്ബീൻ (Broad bean), ക്ലോവർ ബീൻസ് (Clover beans) തുടങ്ങിയ പയറുവർഗ സസ്യങ്ങളുടെ വേരുകൾക്ക് ദണ്ഡ് ആകൃതിയിലുള്ള റൈസോബിയം സ്പീഷിസുകളുമായി ഇത്തരത്തിലുള്ള ബന്ധം ഉണ്ട്. മുഴകളുടെ രൂപത്തിലാണ് സാധാരണയായി ബന്ധങ്ങൾ വേരിൽ കാണപ്പെടുന്നത്. വേരിന്റെ പുറത്തുകാണുന്ന ചെറിയ വളർച്ചകളാണ് ഇത്തരം മുഴകൾ. പയറുവർഗമല്ലാത്ത (ഉദാ. ആൽനസ്/Alnus) ചെടികളിലും നൈട്രജൻ സ്ഥിരീകരണ മുഴകൾ ഉണ്ടാക്കുവാൻ സൂക്ഷ്മജീവിയായ *ഫ്രാങ്കിയയ്ക്ക് (Frankia)* കഴിയുന്നു. മണ്ണിൽ സ്വതന്ത്രമായി ജീവിക്കുന്ന *റൈസോബിയവും* *ഫ്രാങ്കിയയും* നൈട്രജൻ സ്ഥിരീകരണം നടത്തുന്നത് സഹജീവിബന്ധത്തിലൂടെയാണ്.

ഏതെങ്കിലും സാധാരണ പയറുവർഗത്തിൽപ്പെട്ട ഒരു ചെടി പുഷ്പിക്കുന്നതിന് തൊട്ടുമുമ്പ് പിഴുതു നോക്കൂ. ഏകദേശം ഗോളാകൃതിയിലുള്ള വളർച്ചകൾ നമുക്ക് വേരിന്റെ പുറത്ത് കാണുവാൻ കഴിയും. ഇവയാണ് മുഴകൾ. ഈ മുഴകൾ മുറിച്ച് പരിശോധിച്ചാൽ ഇതിന്റെ മധ്യഭാഗം ചുവപ്പ് നിറത്തിലോ പിങ്ക്നിറത്തിലോ കാണപ്പെടുന്നു. എന്താണ് മുഴകൾക്ക് പിങ്ക് നിറം നൽകുന്നത്? ഇതിൽ അടങ്ങിയിരിക്കുന്ന ലെഗുമിനസ് ഹീമോഗ്ലോബിൻ അഥവാ ലെഗ് ഹീമോഗ്ലോബിനാണ് (Leguminous haemoglobin or leghaemoglobin) ഇതിന് കാരണം.

മുഴകളുടെ രൂപീകരണം (Nodule formation)

റൈസോബിയവും ആതിഥേയസസ്യത്തിന്റെ വേരും തമ്മിൽ ക്രമത്തിൽ നടത്തുന്ന പലതരത്തിലുള്ള പ്രവർത്തനങ്ങളുടെ ഫലമായാണ് മുഴകൾ ഉണ്ടാകുന്നത്. ഇതിലെ പ്രധാനപ്പെട്ട ഘട്ടങ്ങൾ താഴെ പറയും വിധം സംഗ്രഹിക്കാം:

റൈസോബിയം വേരിന്റെ സമീപത്തായി എത്തുകയും വിഭജനത്തിലൂടെ കോളനികളാവുകയും ചെയ്യുന്നു. ഇവ ഉപരിവൃതി കോശങ്ങളിലോ മൂലലോമകോശങ്ങളിലോ പറ്റിപ്പിടിക്കുന്നു. മൂലലോമങ്ങൾ വളയുന്നതിലൂടെ (Curling of root hairs) ബാക്ടീരിയ മൂലലോമത്തിലേക്ക് പ്രവേശിക്കുന്നു. ഇവിടെ ഒരു ഇൻഫക്ഷൻ ത്രഡ് (Infection thread) ഉണ്ടാവുകയും ഇതിലൂടെ ബാക്ടീരിയ വേരിന്റെ കോർട്ടക്സി (Cortex) ലേക്ക് പ്രവേശിക്കുകയും, കോർട്ടക്സിൽ മുഴകളുടെ രൂപീകരണം ആരംഭിക്കുകയും ചെയ്യുന്നു. ഇതിന് ശേഷം ഇൻഫക്ഷൻ ത്രഡിൽനിന്ന് ബാക്ടീരിയകൾ കോശത്തിലേക്ക് സ്വതന്ത്രമാക്കപ്പെടുകയും ഇതുവഴി പ്രത്യേക നൈട്രജൻ സ്ഥിരീകരണ കോശങ്ങളായി ഇവ വൈവിധ്യവൽക്കരിക്കപ്പെടുകയും ചെയ്യുന്നു. ഇങ്ങനെയുണ്ടാകുന്ന മുഴകൾ ആതിഥേയ സംവഹനകലകളുമായി പോഷകങ്ങൾ കൈമാറ്റം ചെയ്യുന്നതിനായി നേരിട്ട് ബന്ധം സ്ഥാപിക്കുന്നു . ഈ ഘട്ടങ്ങൾ ചിത്രം 12.4 ൽ ചിത്രീകരിച്ചിരിക്കുന്നു.

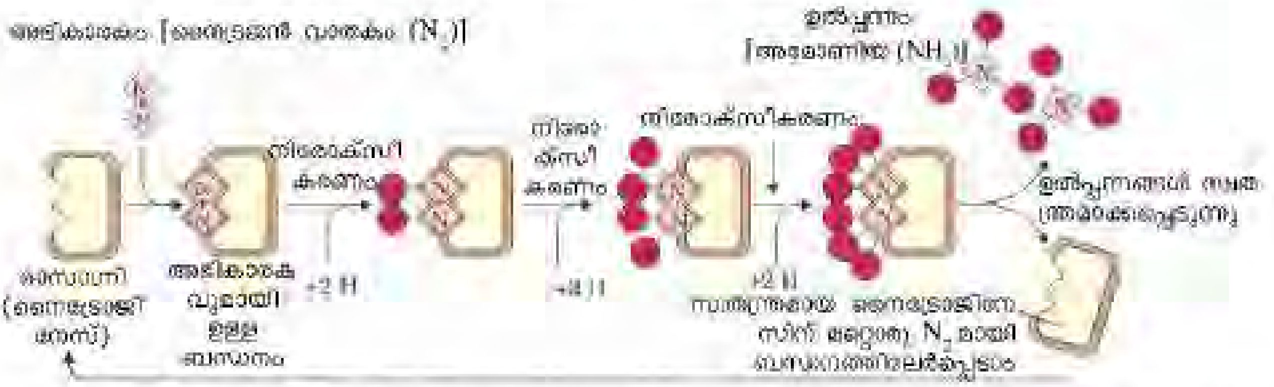
ഇത്തരം മുഴകളിൽ രാസാഗ്നിയായ നൈട്രോജിനേസ്, ലെഗ് ഹീമോഗ്ലോബിൻ തുടങ്ങി ആവശ്യമായ എല്ലാ ജൈവരാസഘടകങ്ങളും കാണപ്പെടുന്നു. നൈട്രോജിനേസ് രാസാഗ്നി ഒരു മോളിബ്ഡിനം-ഇരുമ്പ് (Mo-Fe) മാംസ്യമാണ്. ഇവ അന്തരീക്ഷത്തിലെ നൈട്രജനെ, നൈട്രജൻ സ്ഥിരീകരണത്തിലെ ആദ്യസ്ഥിരതയുള്ള ഉൽപ്പന്നമായ അമോണിയ ആക്കിമാറ്റുന്നു (ചിത്രം 12.5).

ചിത്രം 12.4 സോയാബീനിലെ വേരുമുഴകളുടെ വളർച്ച (a) *റൈസോബിയം* ബാക്ടീരിയ സംവേദകത്വമുള്ള മൂലലോമങ്ങളുമായി സമ്പർക്കം സ്ഥാപിക്കുകയും അവയ്ക്ക് സമീപം വിഭജിക്കുകയും ചെയ്യുന്നു. (b) വിജയകരമായ സംക്രമിക്കൽ മൂലലോമങ്ങൾ വളയുന്നതിന് കാരണമാകുന്നു. (c) ഈ ഇൻഫക്ഷൻ ത്രഡിലൂടെ ബാക്ടീരിയ ആന്തരിക കോർട്ടക്സിലേക്ക് പ്രവേശിക്കുന്നു. ബാക്ടീരിയ ദണ്ഡാകൃതിയിലുള്ള ബാക്ടീരിയോയ്ഡുകളാവുകയും ആന്തരിക കോർട്ടിക്കൽ കോശങ്ങളുടെയും പെരിസൈക്കിൾ കോശങ്ങളുടെയും വിഭജനത്തിന് കാരണമാവുകയും ചെയ്യുന്നു. കോർട്ടക്സിലെയും പെരിസൈക്കിളിലെയും കോശങ്ങളുടെ വിഭജനഫലമായി മുഴകൾ രൂപം കൊള്ളുകയും ചെയ്യുന്നു (d) പൂർണവളർച്ചയെത്തിയ മുഴകൾ വേരിലെ സംവഹനകലകളുമായി ബന്ധം സ്ഥാപിക്കുന്നതിലൂടെ പര്യാപ്തമാകുന്നു.

ഈ രാസപ്രവർത്തനങ്ങളെ താഴെ കാണും വിധം എഴുതാം:

$$N_2 + 8e^- + 8H^+ + 16\,ATP \longrightarrow 2\,NH_3 + H_2 + 16\,ADP + 16\,P_i$$

നൈട്രോജിനേസ് രാസാഗ്നി ഓക്സിജൻ തന്മാത്രകളോട് വളരെപ്പെട്ടെന്ന് പ്രതികരിക്കുന്നവയായതിനാൽ ഈ രാസാഗ്നിക്ക് ഒരു അവായുസാഹചര്യം ആവശ്യമാണ്. ഈ രാസാഗ്നികളെ ഓക്സിജനിൽനിന്ന് സംരക്ഷിക്കുന്നതിനുള്ള അനുകൂലനങ്ങൾ മുഴകളിൽ കാണപ്പെടുന്നു. ഈ രാസാഗ്നികളെ സംരക്ഷിക്കുന്നതിനായി ഓക്സിജൻ നീക്കം ചെയ്യുന്നവർ (Oxygen scavanger) എന്നറിയപ്പെടുന്ന ലെഗ്-ഹീമോഗ്ലോബിൻ മുഴകളിലുണ്ട്. ഈ ബാക്ടീരിയകൾ സ്വതന്ത്രമായ സാഹചര്യങ്ങളിൽ വായുശ്വസനം നടത്തുന്ന ജീവികളായി കാണപ്പെടുന്നു എന്നതാണ് രസകരമായ വസ്തുത (നൈട്രോജിനേസ് പ്രവർത്തനക്ഷമമല്ലാത്ത സമയത്ത്). നൈട്രജൻ സ്ഥിരീകരണസമയത്ത് വീണ്ടും ഇവ അവായവ ജീവികളായി മാറുന്നു (അങ്ങനെ നൈട്രോജിനേസിനെ സംരക്ഷിക്കുന്നു). മുകളിൽ പറഞ്ഞ നൈട്രോജിനേസ് ഉപയോഗിച്ച് അമോണിയ ഉണ്ടാകുന്ന പ്രവർത്തനത്തിന് വളരെയേറെ ഊർജം ആവശ്യമാണ് (ഓരോ NH_3 ഉൽപ്പാദിപ്പിക്കുവാനും 8ATP ആവശ്യമാണ്). ആവശ്യമായ ഈ ഊർജം ആതിഥേയകോശത്തിലെ ശ്വസനത്തിലൂടെയാണ് ഇവർക്ക് ലഭിക്കുന്നത്.



ചിത്രം 12.5 നൈട്രജൻ സ്ഥിരീകരണ ബാക്ടീരിയകളിൽ കാണുന്ന നൈട്രോജിനേസ് രാസാഗ്നി ഉപയോഗിച്ച് നൈട്രജനെ അമോണിയ ആക്കി മാറ്റുന്ന ഘട്ടങ്ങൾ.

അമോണിയയുടെ ഭാവി (Fate of ammonia)

സാധാരണ ശാരീരികപ്രവർത്തനങ്ങൾ നടക്കുന്ന pH ൽ അമോണിയ പ്രോട്ടോണിനെ സ്വീകരിച്ച് NH_4^+ (അമോണിയം) അയോൺ ആയി മാറുന്നു. ഭൂരിപക്ഷം സസ്യങ്ങൾക്കും നൈട്രേറ്റും അമോണിയം അയോണും സ്വാംശീകരിക്കാൻ കഴിയുമെങ്കിലും അമോണിയം അയോണുകൾ സസ്യങ്ങളെ വിഷലിപ്തമാക്കുമെന്നതിനാൽ അവ സസ്യങ്ങളിൽ ശേഖരിച്ച് വയ്ക്കപ്പെടുന്നില്ല. എങ്ങനെയാണ് NH_4^+ ഉപയോഗിച്ച് സസ്യങ്ങൾ അമിനോ ആസിഡുകൾ നിർമിക്കുന്നത് എന്ന് നമുക്ക് നോക്കാം. സസ്യങ്ങളിൽ, ഇത് പ്രധാനമായും രണ്ട് രീതിയിലാണ് നടക്കുന്നത്.

(i) നിരോക്സീകരണ അമിനേഷൻ (Reductive amination)

ഈ പ്രക്രിയയിൽ അമോണിയ α-കീറ്റോഗ്ലൂട്ടാറിക് ആസിഡുമായി പ്രവർത്തിച്ച് ഗ്ലൂട്ടാമിക് ആസിഡ് ആയി മാറുന്നു. ഈ പ്രവർത്തനങ്ങളെ താഴെയുള്ള സമവാക്യത്തിലൂടെ രേഖപ്പെടുത്താം.

$$\alpha\text{-കീറ്റോഗ്ലൂട്ടാറിക് ആസിഡ്} + NH_4^+ + NADPH \xrightarrow[\text{ഡീഹൈഡ്രോജിനേസ്}]{\text{ഗ്ലൂട്ടമേറ്റ്}} \text{ഗ്ലൂട്ടാമേറ്റ്} + H_2O + NADP$$

(ii) ട്രാൻസമിനേഷൻ (Transamination)

ഒരു അമിനോ ആസിഡിൽ നിന്നുള്ള അമിനോഗ്രൂപ്പിനെ ഒരു കീറ്റോആസിഡിന്റെ കീറ്റോഗ്രൂപ്പുമായി വച്ചുമാറുന്നതാണ് ട്രാൻസമിനേഷൻ. അമിനോ ഗ്രൂപ്പായ NH_2 ന്റെ കൈമാറ്റത്തിന് സഹായിക്കുന്ന പ്രധാന അമിനോ ആസിഡാണ് ഗ്ലൂട്ടാമിക് ആസിഡ്. മറ്റ് അമിനോ ആസിഡുകൾ ട്രാൻസമിനേഷൻ പ്രക്രിയയിലൂടെ രൂപംകൊള്ളുന്നു. ട്രാൻസമിനേസ് രാസാഗ്നിയാണ് ഇത്തരത്തിലുള്ള എല്ലാ പ്രവർത്തനങ്ങളുടെയും ഉൽപ്രേരകമായി പ്രവർത്തിക്കുന്നത്. ഉദാഹരണം:

$$R_1-\underset{NH_3^+}{\overset{H}{C}}-COO^- + R_2-\underset{O}{\overset{}{C}}-COO^- \rightleftharpoons R_1-\underset{O}{C}-COO + R_2-\underset{NH_3^+}{\overset{H}{C}}-COO^-$$

അമിനോ ദാതാവ്   അമിനോ സ്വീകർത്താവ്

സസ്യങ്ങളിൽ കാണുന്ന രണ്ട് പ്രധാന അമൈഡുകളാണ് അസ്പരാജിനും (Asparagine) ഗ്ലൂട്ടാമിനും (Glutamine). ഇവ മാംസ്യങ്ങളുടെ നിർമാണഘടകങ്ങളാണ്. രണ്ട് പ്രധാന അമിനോ ആസിഡുകളായ അസ്പാർട്ടിക് ആസിഡ്, ഗ്ലൂട്ടാമിക് ആസിഡ് എന്നിവയിൽ മറ്റൊരു അമിനോഗ്രൂപ്പ് കൂട്ടിച്ചേർന്നാണ് ഇവ ഉണ്ടാകുന്നത്. ആസിഡിന്റെ ഹൈഡ്രോക്സിൽ ഗ്രൂപ്പിനെ മറ്റൊരു അമിനോ (NH_2^-) റാഡിക്കിളുമായി വച്ചുമാറുന്നു. അമൈഡുകളിൽ, അമിനോ ആസിഡുകളെക്കാൾ കൂടുതൽ നൈട്രജൻ അടങ്ങിയിരിക്കുന്നതിനാൽ ഇവ സൈലം വഴി സംവഹനം ചെയ്യപ്പെടുന്നു. ഇതുകൂടാതെ സസ്യസ്വേദനത്തിലൂടെ ചില സസ്യങ്ങളുടെ (സോയാബീൻ) മുഴകൾ സ്ഥിരീകരിച്ച നൈട്രജനെ യൂറൈഡുകളുടെ (Ureides) രൂപത്തിൽ സ്ഥാനാന്തരണം നടത്തുന്നു. ഇത്തരം സംയുക്തങ്ങളിലും കാർബൺ അനുപാതത്തെക്കാൾ കൂടുതലായി നൈട്രജൻ കാണുന്നു.

സംഗ്രഹം

സസ്യങ്ങൾക്ക് വായു, ജലം, മണ്ണ് എന്നിവയിൽ നിന്നാണ് അവശ്യംവേണ്ടതായ അകാർബണിക പോഷകങ്ങൾ ലഭ്യമാകുന്നത്. വിവിധതരം മൂലകങ്ങളെ സസ്യങ്ങൾ ആഗിരണം ചെയ്യുന്നു. ആഗിരണം ചെയ്യുന്ന എല്ലാ മൂലകങ്ങളും സസ്യങ്ങൾക്ക് ആവശ്യമുള്ളവയല്ല. ഇന്ന് കണ്ടെത്തിയിട്ടുള്ള 105 മൂലകങ്ങളിൽ 21 ൽ താഴെ മൂലകങ്ങൾ മാത്രമാണ് സസ്യങ്ങളുടെ വളർച്ചയ്ക്കും വികാസത്തിനും അത്യാവശ്യവും ഉപകാരപ്രദവുമായിട്ടുള്ളത്. വളരെ കൂടിയ അളവിൽ ആവശ്യമായ മൂലകങ്ങളെ സ്ഥൂലപോഷകങ്ങൾ എന്നും കുറഞ്ഞ അളവിൽ

ആവശ്യമായുള്ളവയെ സൂക്ഷ്മപോഷകങ്ങൾ എന്നും പറയുന്നു. ഈ മൂലകങ്ങൾ മാംസ്യം, ധാന്യകം, കൊഴുപ്പ്, ന്യൂക്ലിക് അമ്ലം എന്നിവയുടെ ഘടകങ്ങളായിട്ടോ ഉപാപചയ പ്രവർത്തനങ്ങളിൽ പങ്കെടുക്കുന്നതിന് ആവശ്യമുള്ളവയായിട്ടോ ഉപയോഗിക്കുന്നു. ഇവയുടെ അപര്യാപ്തതമൂലം ഉണ്ടാകുന്ന ലക്ഷണങ്ങളെ അപര്യാപ്തതാലക്ഷണങ്ങൾ എന്നു പറയുന്നു. ഇതിൽ പ്രധാനപ്പെട്ട ലക്ഷണങ്ങളാണ് ഹരിതകനാശനം, കലാപരിക്ഷയം, വളർച്ചാമുരടിക്കൽ, കോശവിഭജനം തടസ്സപ്പെടൽ എന്നിവ. വേരുകൾ വഴി സസ്യങ്ങൾ ഈ മൂലകങ്ങളെ സക്രിയമായോ, നിഷ്ക്രിയമായോ ആഗിരണം ചെയ്യുകയും, സൈലത്തിലൂടെ മറ്റ് ഭാഗങ്ങളിലേക്ക് സംവഹനം നടത്തുകയും ചെയ്യുന്നു.

നൈട്രജൻ ജീവന്റെ നിലനിൽപ്പിന് ആവശ്യമാണ്. ഇവയെ അന്തരീക്ഷത്തിൽ നിന്ന് സസ്യങ്ങൾക്ക് നേരിട്ട് ആഗിരണം ചെയ്യുവാൻ കഴിയുകയില്ല. എന്നാൽ ചില സസ്യങ്ങൾക്ക് നൈട്രജൻ സ്ഥിരീകരണ ബാക്ടീരിയകളുമായി ചേർന്ന്, പ്രത്യേകിച്ച് പയറുവർഗ സസ്യങ്ങളുടെ വേരുമായി ചേർന്ന് അന്തരീക്ഷനൈട്രജനെ സ്ഥിരീകരിച്ച് ഉപയോഗപ്രദമായ ജൈവരൂപത്തിലേക്ക് മാറ്റുവാൻ കഴിയുന്നു. ഈ പ്രക്രിയയ്ക്ക് ശക്തിയേറിയ നിരോക്സീകാരികളും ATP യുടെ രൂപത്തിലുള്ള ഊർജവും ആവശ്യമാണ്. പ്രധാനമായും റൈസോബിയം പോലുള്ള നൈട്രജൻ സ്ഥിരീകരണ സൂക്ഷ്മജീവികളിലൂടെയാണ് നൈട്രജൻ സ്ഥിരീകരണം നടക്കുന്നത്. നൈട്രോജിനേസ് എന്ന രാസാഗ്നി ഈ പ്രവർത്തനത്തിൽ പ്രധാന പങ്ക് വഹിക്കുന്നു. ഇവ ഓക്സിജനോട് വളരെപ്പെട്ടെന്ന് പ്രതികരിക്കുന്നവയാണ്. അവായു സാഹചര്യത്തിലാണ് ഇതിന്റെ പ്രധാനപ്രവർത്തനങ്ങൾ നടക്കുന്നത്. ഇതിന് ആവശ്യമായ ഊർജം (ATP) ആതിഥേയ വേരുകളിലെ കോശത്തിൽ നടക്കുന്ന ശ്വസനത്തിലൂടെയാണ് ലഭിക്കുന്നത്. നൈട്രജൻ സ്ഥിരീകരണ ഫലമായുണ്ടാകുന്ന അമോണിയ അമിനോ ഗ്രൂപ്പുകളായി അമിനോ ആസിഡുകളിലേക്ക് ചേർക്കപ്പെടുന്നു.

പരിശീലന പ്രശ്നങ്ങൾ

1. സസ്യങ്ങളിൽ കാണുന്ന എല്ലാ മൂലകങ്ങളും സസ്യങ്ങളുടെ നിലനിൽപ്പിന് ആവശ്യമില്ല. വിശദീകരിക്കുക.
2. എന്തുകൊണ്ടാണ് ഹൈഡ്രോപോണിക്സിനെ കുറിച്ചുള്ള പഠനത്തിൽ ശുദ്ധമായ ജലവും ലവണങ്ങളും ആവശ്യമാണ് എന്ന് പറയുന്നത്?
3. താഴെ പറയുന്നവ ഉദാഹരണസഹിതം വിവരിക്കുക:
   സ്ഥൂലപോഷകങ്ങൾ, സൂക്ഷ്മപോഷകങ്ങൾ, ഗുണകരമായ മൂലകങ്ങൾ, വിഷമൂലകങ്ങൾ, അവശ്യമൂലകങ്ങൾ.
4. സസ്യങ്ങളിൽ കാണുന്ന ഏതെങ്കിലും നാല് അപര്യാപ്തതാലക്ഷണങ്ങൾ എഴുതുക. അതാത് മൂലകങ്ങളുമായി ബന്ധപ്പെടുത്തി ഇവ വിശദീകരിക്കുക.
5. ഒരു സസ്യത്തിൽ ഒന്നിൽ കൂടുതൽ മൂലകങ്ങളുടെ അപര്യാപ്തതാലക്ഷണങ്ങൾ കാണുന്ന അവസരത്തിൽ ഇത് ഏത് മൂലകത്തിന്റേതാണ് എന്ന് നമുക്ക് പരീക്ഷണം വഴി എങ്ങനെ തെളിയിക്കാം?
6. ചില സസ്യങ്ങളുടെ അപര്യാപ്തതാലക്ഷണങ്ങൾ പ്രായം കുറഞ്ഞ ഭാഗങ്ങളിലും മറ്റുള്ളവയുടേത് പ്രായം കൂടിയ ഭാഗങ്ങളിലും പ്രത്യക്ഷമാകുന്നത് എങ്ങനെയാണ്?
7. എങ്ങനെയാണ് ധാതുക്കളെ സസ്യങ്ങൾ ആഗിരണം ചെയ്യുന്നത്?
8. അന്തരീക്ഷത്തിലെ നൈട്രജന്റെ സ്ഥിരീകരണത്തിന് റൈസോബിയത്തിന് ആവശ്യമായ ഘടകങ്ങൾ ഏതെല്ലാം ? N_2 സ്ഥിരീകരണത്തിൽ അവയുടെ പങ്കെന്താണ്?
9. വേരുമുഴകളുടെ രൂപീകരണത്തിലെ പ്രധാനഘട്ടങ്ങൾ ഏതെല്ലാം?
10. താഴെ നൽകിയിട്ടുള്ള പ്രസ്താവനയിൽ ശരിയായത് ഏത്? തെറ്റാണെങ്കിൽ തിരുത്തി എഴുതുക.
    എ) ബോറോണിന്റെ അപര്യാപ്തത തുമ്പിന് കാരണമാകുന്നു.
    ബി) കോശത്തിൽ കാണുന്ന എല്ലാ മൂലകങ്ങളും കോശത്തിന് ആവശ്യമുള്ളവയാണ്.
    സി) പോഷകം എന്ന നിലയിൽ നൈട്രജൻ വളരെയേറെ ചലനശേഷി കാണിക്കുന്ന മൂലകമാണ്.
    ഡി) സ്ഥൂലമൂലകങ്ങളുടെ ആവശ്യകത വളരെ വേഗം കണ്ടെത്തുവാൻ കഴിയുന്നു, കാരണം ഇവ കുറഞ്ഞ അളവിൽ മാത്രമേ സസ്യങ്ങൾക്ക് ആവശ്യമുള്ളൂ.

P8S6R3

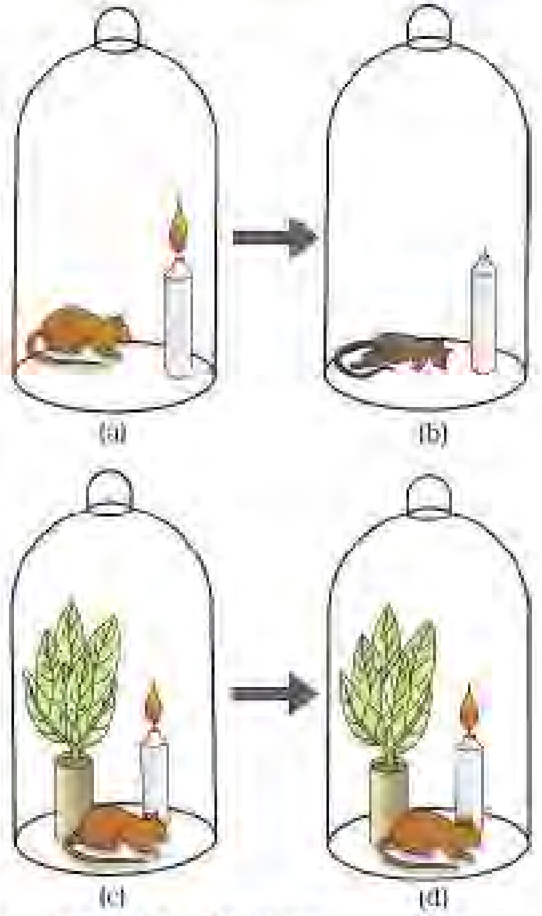
അധ്യായം 13

പ്രകാശസംശ്ലേഷണം – ഉയർന്ന തലത്തിലുള്ള സസ്യങ്ങളിൽ
(Photosynthesis in Higher Plants)

13.1 [illegible]
13.2 [illegible]
13.3 [illegible]
13.4 [illegible]
13.5 [illegible]
13.6 [illegible]
13.7 ATP, NADPH [illegible]
13.8 C_4 [illegible]
13.9 [illegible]
13.10 [illegible]

മനുഷ്യനുൾപ്പെടെയുള്ള എല്ലാ ജന്തുക്കളും അവയുടെ ആഹാരത്തിനായി സസ്യങ്ങളെയാണ് ആശ്രയിക്കുന്നത്. സസ്യങ്ങൾക്ക് എവിടെനിന്നാണ് ആഹാരം ലഭ്യമാകുന്നതെന്ന് നിങ്ങൾ എപ്പോഴെങ്കിലും ചിന്തിച്ചിട്ടുണ്ടോ? യഥാർഥത്തിൽ ഹരിതസസ്യങ്ങൾക്ക് അവയ്ക്ക് ആവശ്യമായ ആഹാരം നിർമിക്കുകയോ സംശ്ലേഷിക്കുകയോ ചെയ്യേണ്ടിവരുന്നു. മറ്റുള്ള ജീവികൾ അവയുടെ ആഹാര ആവശ്യങ്ങൾക്കായി സസ്യങ്ങളെ ആശ്രയിക്കുകയും ചെയ്യുന്നു. ഹരിതസസ്യങ്ങൾ അവയ്ക്ക് ആവശ്യമായ ആഹാരം പ്രകാശസംശ്ലേഷണം വഴി നിർമിക്കുന്നതിനാൽ അവയെ സ്വപോഷികൾ (Autotrophs) എന്നുപറയുന്നു. സ്വപോഷണം (Autotrophic nutrition) സസ്യങ്ങളിൽ മാത്രമാണ് കാണപ്പെടുന്നതെന്നും ആഹാരത്തിനായി ഹരിതസസ്യങ്ങളെ ആശ്രയിക്കുന്ന മറ്റു ജീവികൾ പരപോഷികൾ (Heterotrophs) ആണെന്നും നിങ്ങൾ പഠിച്ചിട്ടുണ്ട്. ഹരിതസസ്യങ്ങളിൽ നടക്കുന്ന ഭൗതിക-രാസപ്രക്രിയ ആയ പ്രകാശസംശ്ലേഷണത്തിൽ പ്രകാശോർജത്തെ ഉപയോഗപ്പെടുത്തിക്കൊണ്ട് അവ കാർബണിക സംയുക്തങ്ങളുടെ നിർമാണം നടത്തുന്നു. ആത്യന്തികമായി ഭൂമിയിലെ എല്ലാ ജീവജാലങ്ങളും ഊർജത്തിനായി സൂര്യപ്രകാശത്തെ ആശ്രയിക്കുന്നു. സൗരോർജം ഉപയോഗിച്ച് സസ്യങ്ങൾ നടത്തുന്ന പ്രകാശസംശ്ലേഷണമാണ് ഭൂമിയിൽ ജീവന്റെ അടിസ്ഥാനം. രണ്ട് കാരണങ്ങളാൽ പ്രകാശസംശ്ലേഷണം വളരെയധികം പ്രാധാന്യം അർഹിക്കുന്നു. ഒന്നാമതായി, ഭൂമിയിൽ ആഹാരത്തിന്റെ പ്രാഥമിക ഉറവിടം പ്രകാശസംശ്ലേഷണമാണ്. രണ്ടാമതായി, ഈ പ്രക്രിയയിലൂടെയാണ് ഹരിതസസ്യങ്ങൾ അന്തരീക്ഷത്തിലേക്ക് ഓക്സിജനെ പുറന്തള്ളുന്നത്. *ശ്വസിക്കാൻ ഓക്സിജൻ ഇല്ലാത്ത അവസ്ഥയിൽ എന്ത് സംഭവിക്കുമെന്ന് നിങ്ങൾ എപ്പോഴെങ്കിലും ചിന്തിച്ചിട്ടുണ്ടോ?* ഈ അധ്യായത്തിൽ പ്രകാശസംശ്ലേഷണത്തിനുള്ള ഘടനാപരമായ സംവിധാനത്തെയും പ്രകാശോർജത്തെ രാസോർജമായി മാറ്റുന്ന വിവിധ രാസപ്രവർത്തനങ്ങളുമാണ് പ്രധാനമായും പ്രതിപാദിക്കുന്നത്.

13.1 നമുക്ക് എന്തെല്ലാം അറിയാം?



ചിത്രം 13.1 പ്രീസ്റ്റ്ലിയുടെ പരീക്ഷണം

പ്രകാശസംശ്ലേഷണത്തെക്കുറിച്ച് നമുക്ക് എന്തൊക്കെ അറിയാമെന്ന് പരിശോധിക്കാം. മുൻ ക്ലാസുകളിൽ ഏർപ്പെട്ട ചില ലഘു പരീക്ഷണങ്ങളിൽ നിന്നും ഹരിതകം (ഇലകളിൽ l nW s_ Sp¶ l crK h AW h k Xp, {]I mi w, CO_2 എന്നിവ പ്രകാശസംശ്ലേഷണത്തിന് ആവശ്യമാണെന്ന് നിങ്ങൾ മനസ്സിലാക്കിയിട്ടുണ്ടാകും.

ഇലകളിൽ അന്നജ നിർമാണം തെളിയിക്കുന്നതിനുള്ള പരീക്ഷണം നിങ്ങൾ ചെയ്തിട്ടുണ്ടാവുമല്ലോ? അതായത് ഒരു വർണവൈവിധ്യമുള്ള (Variegated) ഇലയിലോ ഭാഗികമായി കറുത്ത പേപ്പർ കൊണ്ട് മറച്ച സാധാരണ ഇലയിലോ സൂര്യപ്രകാശം പതിപ്പിക്കുന്നു. ഈ ഇലകളിലെ അന്നജസാന്നിധ്യം പരിശോധിക്കുമ്പോൾ ഇലകളുടെ പച്ചനിറമുള്ള ഭാഗങ്ങളിൽ മാത്രമാണ് സൂര്യപ്രകാശത്തിന്റെ സാന്നിധ്യത്തിൽ പ്രകാശസംശ്ലേഷണം നടന്നതെന്ന് വ്യക്തമാകുന്നു.

നിങ്ങൾ ചെയ്തിട്ടുള്ള മറ്റൊരു പരീക്ഷണം നോക്കാം. ഒരു ഇലയുടെ പകുതി ഭാഗം കുറച്ച് KOH ൽ കുതിർത്ത പഞ്ഞിയുള്ള (ഇത് CO_2 ആഗിരണം ചെയ്യുന്നു) ടെസ്റ്റ്ട്യൂബിലേക്ക് ഇറക്കി വയ്ക്കുന്നു. ബാക്കി പകുതി വായുവുമായി സമ്പർക്കത്തിൽ വയ്ക്കുന്നു. ഈ സംവിധാനം കുറച്ച് സമയം പ്രകാശത്തിൽ വയ്ക്കുകയും തുടർന്ന് ഈ ഇലയിൽ അന്നജ പരിശോധന നടത്തുകയും ചെയ്യുന്നു. വായുവുമായി സമ്പർക്കത്തിലായിരുന്ന ഭാഗത്തിൽ അന്നജം ഉണ്ടായതായും ടെസ്റ്റ്ട്യൂബിനുള്ളിൽ ആയിരുന്ന ഭാഗത്തിൽ അന്നജ നിർമാണം നടന്നിട്ടില്ല എന്നും നിങ്ങൾ കണ്ടിട്ടുണ്ടാകും. ഇതിൽ നിന്ന് പ്രകാശസംശ്ലേഷണത്തിന് CO_2 അത്യാവശ്യമാണെന്ന് മനസിലാക്കാം. *എങ്ങനെയാണ് ഈ നിഗമനത്തിൽ എത്തിച്ചേർന്നത് എന്ന് നിങ്ങൾക്ക് വിശദീകരിക്കാമോ?*

13.2 ആദ്യകാല പരീക്ഷണങ്ങൾ (Early Experiments)

പ്രകാശസംശ്ലേഷണത്തെക്കുറിച്ചുള്ള നമ്മുടെ അറിവുകളുടെ ക്രമാനുഗതമായ വളർച്ചയിലേക്ക് നയിച്ച ലഘുപരീക്ഷണങ്ങളെക്കുറിച്ച് മനസ്സിലാക്കുന്നത് നന്നായിരിക്കും.

1770 – ൽ ജോസഫ് പ്രീസ്റ്റ്ലി (1733-1804) നടത്തിയ ഒരുപറ്റം പരീക്ഷണങ്ങളാണ് ഹരിതസസ്യങ്ങളുടെ വളർച്ചയിൽ വായുവിനുള്ള പ്രധാന പങ്ക് വ്യക്തമാക്കിയത്. പ്രീസ്റ്റ്ലി ഓക്സിജൻ കണ്ടെത്തിയത് 1774 – ലാണ് എന്ന് നിങ്ങൾ ഓർക്കുന്നുണ്ടാകും.

വായു സഞ്ചാരമില്ലാത്ത ഒരു അടഞ്ഞ സ്ഥലത്ത്, അതായത് ഒരു ബെൽ ജാറിനകത്ത് കത്തിക്കൊണ്ടിരിക്കുന്ന മെഴുകുതിരി, പെട്ടെന്ന് അണഞ്ഞുപോകുന്നതായി പ്രീസ്റ്റ്ലി നിരീക്ഷിച്ചു (ചിത്രം 13.1 a, b, c, d). അതുപോലെ വായു സഞ്ചാരമില്ലാത്ത

ബെൽജാറിൽ എലിക്ക് ശ്വാസംമുട്ടുന്നതായും അദ്ദേഹം നിരീക്ഷിച്ചു. കത്തിക്കൊണ്ടിരിക്കുന്ന മെഴുകുതിരിയും വായു ശ്വസിക്കുന്ന ജീവിയും ബെൽ ജാറിലെ വായുവിനെ മലിനപ്പെടുത്തുന്നു എന്ന നിഗമനത്തിൽ പ്രീസ്റ്റ്ലി എത്തിച്ചേർന്നു. എന്നാൽ അതേ ബെൽ ജാറിൽ ഒരു പുതിനച്ചെടി (Mint plant) കൂടി വച്ചപ്പോൾ എലി ജീവിക്കുന്നതായും മെഴുകുതിരി അണയാതിരിക്കുന്നതായും അദ്ദേഹത്തിന് കാണാൻ കഴിഞ്ഞു. ഇതിൽ നിന്നും മെഴുകുതിരി കത്തുമ്പോഴും ജീവികൾ ശ്വസിക്കുമ്പോഴും നീക്കം ചെയ്യപ്പെടുന്ന വായു സസ്യങ്ങൾ പുനഃസ്ഥാപിക്കുന്നു എന്ന പരികൽപ്പനയിൽ പ്രീസ്റ്റ്ലി എത്തിച്ചേർന്നു.

മെഴുകുതിരിയും സസ്യവും ഉപയോഗിച്ച് എങ്ങനെയാണ് പ്രീസ്റ്റ്ലി പരീക്ഷണം നടത്തിയതെന്ന് സങ്കൽപ്പിച്ച് നോക്കൂ. ഏതാനും ദിവസങ്ങൾക്ക് ശേഷം മെഴുകുതിരി കത്തുമോ എന്ന് പരിശോധിക്കുന്നതിനായി അദ്ദേഹത്തിന് വീണ്ടും മെഴുകുതിരി കത്തിക്കേണ്ടതായി വന്നു. *പരീക്ഷണ സംവിധാനത്തിന് തടസ്സമുണ്ടാകാതെ ഏതൊക്കെ വ്യത്യസ്ത രീതികളിൽ മെഴുകുതിരി കത്തിക്കാമെന്ന് ആലോചിച്ച് നോക്കൂ.*

പ്രീസ്റ്റ്ലി സജ്ജീകരിച്ചതിന് സമാനമായ പരീക്ഷണ സംവിധാനം ജാൻ ഇൻജൻഹൂസ് (Jan Ingenhousz, 1730-1799) ഉപയോഗിച്ചു. അദ്ദേഹം ഇരുട്ടിലും പ്രകാശത്തിലും മാറിമാറി ആണ് ഈ സംവിധാനം സജ്ജീകരിച്ചത്. ജീവികൾ ശ്വസിക്കുമ്പോഴും മെഴുകുതിരി കത്തുമ്പോഴും മലിനമാക്കപ്പെടുന്ന വായുവിനെ ശുദ്ധീകരിക്കാനായി സസ്യങ്ങൾ നടത്തുന്ന പ്രക്രിയകൾക്ക് പ്രകാശം അത്യന്താപേക്ഷിതമാണെന്ന് അദ്ദേഹം തെളിയിച്ചു. ഇൻജൻഹൂസ് ജല സസ്യത്തെ ഉപയോഗിച്ച് നടത്തിയ മറ്റൊരു പരീക്ഷണത്തിലൂടെ തെളിഞ്ഞ സൂര്യപ്രകാശത്തിൽ സസ്യത്തിന്റെ പച്ച നിറമുള്ള ഭാഗങ്ങൾക്ക് ചുറ്റും ചെറിയ കുമിളകൾ ഉണ്ടാകുന്നതായും ഇരുട്ടിൽ കുമിളകൾ ഉണ്ടാകുന്നില്ല എന്നും കണ്ടെത്തി. ഈ കുമിളകൾ ഓക്സിജൻ ആണെന്ന് പിന്നീട് അദ്ദേഹം തിരിച്ചറിഞ്ഞു. ഇങ്ങനെ സസ്യങ്ങളുടെ പച്ചനിറമുള്ള ഭാഗം മാത്രമാണ് ഓക്സിജൻ പുറത്തു വിടുന്നതെന്ന് അദ്ദേഹം തെളിയിച്ചു.

1854 – ഓടു കൂടി ജൂലിയസ് ഫോൺ സാക്സ് (Julius von Sachs) സസ്യങ്ങൾ വളരുമ്പോൾ ഗ്ലൂക്കോസ് നിർമിക്കുന്നു എന്നതിനുള്ള തെളിവു നൽകി. സാധാരണയായി ഗ്ലൂക്കോസ് അന്നജമായാണ് സംഭരിക്കപ്പെടുന്നത്. സസ്യങ്ങളിലെ പച്ച നിറത്തിന് കാരണമായ വസ്തു (ഹരിതകം - Chlorophyll ആണ് എന്ന് ഇന്ന് നമുക്കറിയാം) സസ്യകോശങ്ങൾക്കുള്ളിലെ ചില സവിശേഷ കണങ്ങൾക്കുള്ളിലാണ് (പിന്നീട് ഹരിതകണം– chloroplast എന്നുവിളിച്ചു) കാണപ്പെടുന്നത് എന്നും അദ്ദേഹം പിന്നീട് നടത്തിയ പഠനങ്ങളിൽ തെളിയിക്കപ്പെട്ടു. സസ്യങ്ങളുടെ പച്ച നിറമുള്ള ഭാഗത്താണ് ഗ്ലൂക്കോസ് നിർമിക്കുന്നത് എന്നും ഗ്ലൂക്കോസ് സാധാരണയായി അന്നജമായാണ് സംഭരിക്കുന്നത് എന്നും അദ്ദേഹം കണ്ടെത്തി.

ടി. ഡബ്ല്യു. എംഗൽമാൻ (T.W. Engelmann (1843-1909) നടത്തിയ ചില രസകരമായ പരീക്ഷണങ്ങൾ നോക്കാം. അദ്ദേഹം വായവ (Aerobic) ബാക്ടീരിയകളുടെ സാന്നിധ്യത്തിൽ ഹരിത ആൽഗകളായ ക്ലാഡോഫോറ *(Cladophora)* യെ വളർത്തി. സൂര്യപ്രകാശത്തെ പ്രിസം ഉപയോഗിച്ച് വിഭജിപ്പിച്ചു. വ്യത്യസ്ത വർണരാജികളുടെ സാന്നിധ്യത്തിൽ ഇവയെ വളരാനനുവദിച്ചു. ഓക്സിജൻ സ്വതന്ത്രമാക്കപ്പെടുന്ന ഭാഗങ്ങൾ തിരിച്ചറിയാനായിരുന്നു വായവ ബാക്ടീരിയകളെ ഉപയോഗിച്ചത്.

വിഘടിത വർണരാജിയിലെ നീല വെളിച്ചത്തിന്റെയും ചുവന്ന വെളിച്ചത്തിന്റെയും ഭാഗത്താണ് ബാക്ടീരിയകൾ പ്രധാനമായും കുമിഞ്ഞുകൂടുന്നതെന്ന് അദ്ദേഹം കണ്ടെത്തി. അങ്ങനെ പ്രകാശസംശ്ലേഷണത്തിന്റെ ആദ്യത്തെ പ്രാവർത്തിക വർണരാജി (Action spectrum) വിശദീകരിക്കപ്പെട്ടു. ഇത് ഹരിതകം *a*, *b* എന്നിവയുടെ ആഗിരണ വർണരാജിക്ക് (Absorption spectrum) ഏകദേശം സമാനമാണ് (13.4 എന്ന ഭാഗത്ത് ചർച്ചചെയ്തിട്ടുണ്ട്).

CO_2, ജലം എന്നിവയിൽ നിന്ന് കാർബോഹൈഡ്രേറ്റ് (ധാന്യകം) നിർമിക്കുന്നതിന് സസ്യങ്ങൾ പ്രകാശോർജം ഉപയോഗിക്കുന്നു എന്ന പ്രകാശസംശ്ലേഷണത്തിന്റെ പ്രധാന സവിശേഷത പത്തൊമ്പതാം നൂറ്റാണ്ടിന്റെ മധ്യത്തോടെ ലോകത്തിന് അറിയാൻ കഴിഞ്ഞു. ഓക്സിജൻ പുറന്തള്ളുന്ന ജീവജാലങ്ങളിൽ പ്രകാശസംശ്ലേഷണത്തിന്റെ മുഴുവൻ പ്രക്രിയകളെയും സൂചിപ്പിക്കുന്ന രാസവാക്യം ചുവടെ നൽകിയിരിക്കുന്ന രീതിയിലാണെന്ന് അങ്ങനെ കണ്ടെത്തി.

$$CO_2 + H_2O \xrightarrow{\text{പ്രകാശം}} [CH_2O] + O_2$$

ഇവിടെ $[CH_2O]$ എന്നത് കാർബോഹൈഡ്രേറ്റിനെ സൂചിപ്പിക്കുന്നു (ഉദാ. ഗ്ലൂക്കോസ് – ഒരു ആറ് കാർബൺ പഞ്ചസാര).

പ്രകാശസംശ്ലേഷണത്തെ കുറിച്ചുള്ള ധാരണയിൽ നാഴികക്കല്ലായ സംഭാവന നൽകിയ മൈക്രോബയോളജിസ്റ്റായിരുന്നു കൊർണീലിയസ് വാൻ നീൽ (Cornelius van Niel, 1897-1985). പർപ്പിൾ ബാക്ടീരിയ, ഹരിത ബാക്ടീരിയ എന്നിവയിൽ അദ്ദേഹം നടത്തിയ പരീക്ഷണങ്ങളിലൂടെ പ്രകാശസംശ്ലേഷണം പൂർണമായും പ്രകാശത്തെ ആശ്രയിച്ച് നടക്കുന്ന രാസപ്രവർത്തനമാണെന്നും അതിൽ അനുയോജ്യമായ ഒരു ഓക്സീകാരിയിൽ നിന്നുമുള്ള ഹൈഡ്രജൻ കാർബൺ ഡൈഓക്സൈഡിനെ നിരോക്സീകരിച്ച് കാർബോഹൈഡ്രേറ്റാക്കി മാറ്റുന്നു എന്നും അദ്ദേഹം വിശദീകരിച്ചു. ഇത് താഴെക്കാണും പ്രകാരം വിവരിക്കാം.

$$2H_2A + CO_2 \xrightarrow{\text{പ്രകാശം}} 2A + CH_2O + H_2O$$

ഹരിതസസ്യങ്ങളിൽ ഹൈഡ്രജൻ ദാതാവായ H_2O ഓക്സീകരിക്കപ്പെട്ട് ഓക്സിജൻ ഉണ്ടാകുന്നു. ചില ജീവികൾ പ്രകാശസംശ്ലേഷണ സമയത്ത് ഓക്സിജൻ പുറത്തു വിടുന്നില്ല. പർപ്പിൾ ബാക്ടീരിയയിലും ഹരിത സൾഫർ ബാക്ടീരിയയിലും H_2S ആണ് ഹൈഡ്രജൻ ദാതാവായി വർത്തിക്കുന്നത്. ഇവിടെ ജീവികൾക്കനുസൃതമായി ഹൈഡ്രജൻ സൾഫൈഡിന്റെ 'ഓക്സീകരണ' ഉൽപ്പന്നമായി ഓക്സിജന് പകരം സൾഫർ അല്ലെങ്കിൽ സൾഫേറ്റ് ഉണ്ടാകുന്നു. ഇതിൽ നിന്നും ഹരിത സസ്യങ്ങൾ ഓക്സിജനെ പുറന്തള്ളുന്നത് CO_2 ൽ നിന്നല്ല, മറിച്ച് H_2O ൽ നിന്നുമാണെന്ന നിഗമനത്തിൽ അദ്ദേഹം എത്തിച്ചേർന്നു. റേഡിയോ ഐസോടോപ്പ് സാങ്കേതികവിദ്യ ഉപയോഗിച്ച് പിൽക്കാലത്ത് നടത്തിയ പരീക്ഷണങ്ങളിലൂടെ ഇത് തെളിയിക്കപ്പെട്ടു. ആകയാൽ, പ്രകാശസംശ്ലേഷണത്തിലെ മുഴുവൻ പ്രക്രിയകളെയും സൂചിപ്പിക്കുന്ന ശരിയായ രാസവാക്യം ചുവടെ നൽകിയിരിക്കുന്നു:

$$6CO_2 + 12H_2O \xrightarrow{\text{പ്രകാശം}} C_6H_{12}O_6 + 6H_2O + 6O_2$$

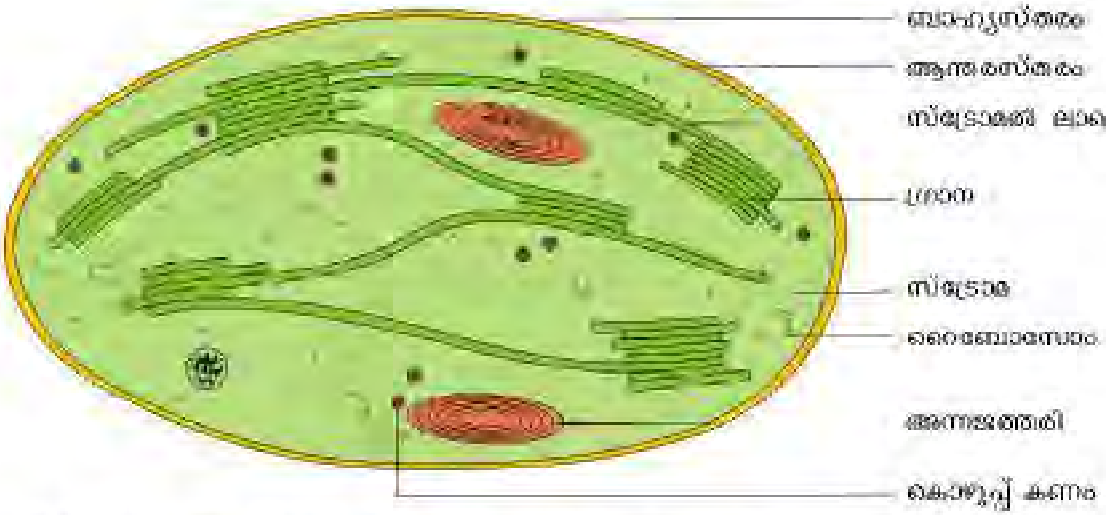
ഇതിൽ $C_6H_{12}O_6$ ഗ്ലൂക്കോസ് ആണ്. ഓക്സിജൻ സ്വതന്ത്രമാകുന്നത് ജലത്തിൽ നിന്നാണ്; ഇത് തെളിയിച്ചത് റേഡിയോ ഐസോടോപ്പ് സാങ്കേതികത ഉപയോഗിച്ചാണ്. ഈ രാസവാക്യം ഒരു രാസപ്രവർത്തനത്തെ സൂചിപ്പിക്കുന്നതല്ല എന്നും പ്രകാശസംശ്ലേഷണമെന്ന ബൃഹത് പ്രക്രിയയുടെ വിശദീകരണം ആണെന്നും ശ്രദ്ധിക്കുക. *മുകളിൽ നൽകിയ രാസവാക്യത്തിൽ 12 ജലതന്മാത്രകൾ അഭികാരകമായി ഉപയോഗിച്ചത് എന്തുകൊണ്ടാണെന്ന് വിശദീകരിക്കാമോ?*

13.3 എവിടെയാണ് പ്രകാശസംശ്ലേഷണം നടക്കുന്നത്?

'പച്ചനിറമുള്ള ഇലകളിലോ' 'ഹരിതകണത്തിലോ' ആണെന്ന് നിങ്ങൾ അധ്യായം 8 ൽ പഠിച്ചതിന്റെ അടിസ്ഥാനത്തിൽ തീർച്ചയായും ഉത്തരം നൽകിയേക്കാം. പ്രകാശസംശ്ലേഷണം സസ്യങ്ങളുടെ പച്ച നിറമുള്ള ഇലകളെ കൂടാതെ ഹരിതവർണമുള്ള മറ്റു സസ്യഭാഗങ്ങളിലും നടക്കുന്നു. *പ്രകാശസംശ്ലേഷണം നടക്കുന്നു എന്നു നിങ്ങൾ കരുതുന്ന മറ്റു ചില സസ്യഭാഗങ്ങൾ ഏതൊക്കെയാണെന്ന് പറയാമോ?*

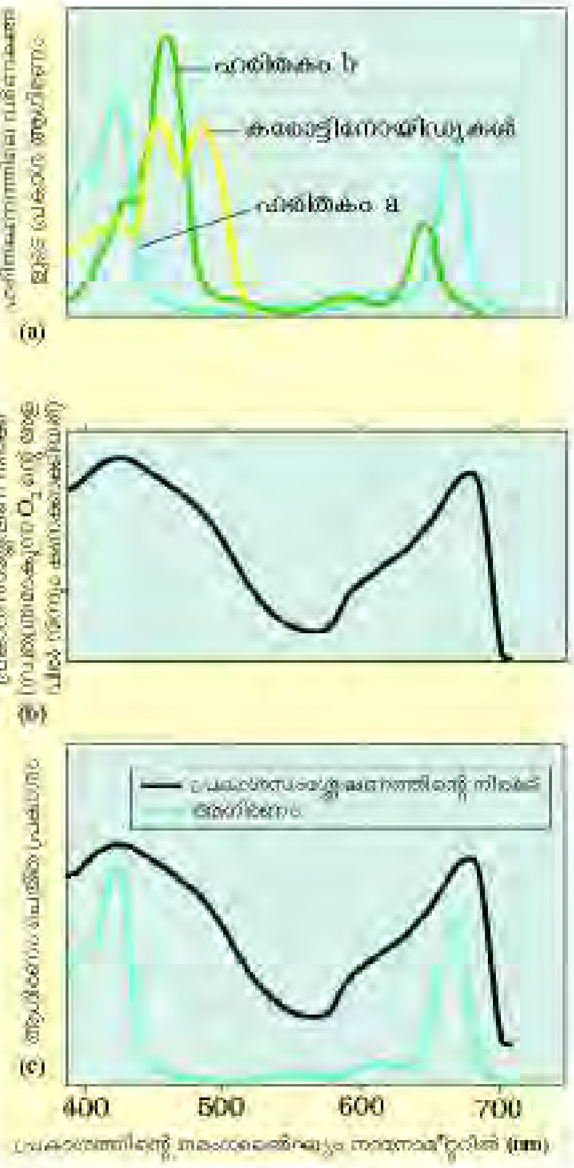
ഇലകളിലെ മീസോഫിൽ കോശങ്ങളിൽ ഹരിതകണങ്ങൾ ധാരാളമായി കാണപ്പെടുന്നു എന്ന് മുൻ അധ്യായങ്ങളിൽ നിങ്ങൾ മനസ്സിലാക്കിയത് ഓർമിക്കുക. പരമാവധി പതനരശ്മികൾ (Incident light) ലഭിക്കുന്നതിന് സാധാരണയായി മീസോഫിൽ കോശങ്ങളുടെ ഭിത്തിക്കരികിലായി ഹരിതകണങ്ങൾ ക്രമീകരിച്ചിരിക്കുന്നു. ഹരിതകണങ്ങളുടെ പരന്ന പ്രതലം മീസോഫിൽ കോശങ്ങളുടെ ഭിത്തിക്ക് സമാന്തരമായി ക്രമീകരിക്കപ്പെടുന്നത് എപ്പോഴാണ്? എപ്പോഴാണ് ഇവ പതനരശ്മിക്ക് ലംബമായി വരുന്നത്?

ഹരിതകണത്തിന്റെ ഘടന നിങ്ങൾ എട്ടാം അധ്യായത്തിൽ പഠിച്ചിട്ടുണ്ട്. ഹരിതകണത്തിനകത്ത് ഗ്രാന ഉൾപ്പെടുന്ന ഒരു സ്തര വ്യൂഹം, സ്ട്രോമ ലാമെല്ല, ദ്രാവകഭാഗമായ സ്ട്രോമ എന്നിവ കാണപ്പെടുന്നു (ചിത്രം 13.2). ഹരിതകണത്തിനുള്ളിലെ ധർമവിഭജനം വ്യക്തമാണ്. അതായത് സ്തര വ്യൂഹം പ്രകാശം ആഗിരണം ചെയ്യുകയും ATP, NADPH എന്നിവ നിർമിക്കുകയും ചെയ്യുന്നു.



ചിത്രം 13.2 ഹരിതകണത്തിന്റെ ഛേദം : ഒരു ഇലക്ട്രോൺ മൈക്രോഗ്രാഫ് ചിത്രീകരണം

എന്നാൽ രാസാഗ്നികളുടെ സഹായത്താൽ പഞ്ചസാര നിർമാണവും തുടർന്നുള്ള അന്നജരൂപീകരണവും നടക്കുന്നത് സ്ട്രോമയിലാണ്. പ്രകാശം നേരിട്ട് ഉപയോഗിച്ച് ആദ്യം നടക്കുന്ന രാസപ്രവർത്തനങ്ങളെ **പ്രകാശഘട്ടം** (**Light reactions** or Photochemical reactions) എന്നറിയപ്പെടുന്നു. എന്നാൽ രണ്ടാമത് നടക്കുന്ന പ്രവർത്തനങ്ങളിൽ പ്രകാശം നേരിട്ട് ഉപയോഗിക്കാതെ പ്രകാശഘട്ടത്തിലെ ഉത്പ്പന്നങ്ങളായ ATP, NADPH എന്നിവ ഉപയോഗിക്കുന്നു. അതിനാൽ രണ്ടാമത് നടക്കുന്ന ഈ പ്രവർത്തനങ്ങളെ **ഇരുണ്ട ഘട്ടം** (**Dark reactions** or Carbon reactions) എന്ന് പാരമ്പരാഗതമായി അറിയപ്പെടുന്നു. എന്നിരുന്നാലും ഇരുണ്ടഘട്ടം ഇരുട്ടത്താണ് നടക്കുന്നതെന്നോ പ്രകാശത്തെ ആശ്രയിക്കാതെ നടക്കുന്നുവെന്നോ വ്യാഖ്യാനിക്കരുത്.



13.4 പ്രകാശസംശ്ലേഷണത്തിൽ എത്രതരം വർണകങ്ങളാണ് ഉൾപ്പെട്ടിരിക്കുന്നത്?

സസ്യങ്ങളുടെ ഇലകളെ നിരീക്ഷിക്കു. ഇലകളുടെ പച്ച നിറത്തിൽ, അവ ഒരേ സസ്യത്തിന്റേതാണെങ്കിൽക്കൂടി വൈവിധ്യം കാണപ്പെടുന്നില്ലേ? ഏതെങ്കിലും ഹരിത സസ്യത്തിന്റെ ഇലയിലെ വർണകങ്ങൾ പേപ്പർ ക്രൊമാറ്റോഗ്രാഫിയിലൂടെ വേർതിരിച്ച് ഇതിന്റെ കാരണം നമുക്ക് കണ്ടെത്താൻ ശ്രമിക്കാം. ഇലയുടെ നിറത്തിന് കാരണം ഒരു വർണകമല്ലെന്നും നാലു തരം വർണകങ്ങളാണെന്നും ക്രൊമാറ്റോഗ്രാഫിയിലൂടെ വേർതിരിച്ച് കാണാവുന്നതാണ്. **ഹരിതകം a** (ക്രൊമാറ്റോഗ്രാമിൽ കടും പച്ച അല്ലെങ്കിൽ നീല കലർന്ന പച്ച നിറം) **ഹരിതകം b** (മഞ്ഞ കലർന്ന പച്ച നിറം), **സാന്തോഫിൽ** (മഞ്ഞ നിറം), **കരോട്ടിനോയ്ഡുകൾ** (മഞ്ഞ നിറം അല്ലെങ്കിൽ മഞ്ഞ കലർന്ന ഓറഞ്ച് നിറം) എന്നിവയാണ് ഇലയിലുള്ള വർണകങ്ങൾ. പ്രകാശസംശ്ലേഷണത്തിൽ ഈ വർണകങ്ങളുടെ പങ്ക് എന്താണെന്ന് നോക്കാം.

നിശ്ചിത തരംഗദൈർഘ്യമുള്ള പ്രകാശത്തെ ആഗിരണം ചെയ്യാൻ കഴിവുള്ള സംയുക്തങ്ങളാണ് വർണകങ്ങൾ. *ലോകത്തിൽ ഏറ്റവും കൂടുതലായി കാണപ്പെടുന്ന സസ്യവർണകം ഏതാണെന്ന് ഊഹിക്കാമോ?* ഹരിതകം a യ്ക്ക് ആഗിരണം ചെയ്യാൻ കഴിയുന്ന വ്യത്യസ്ത തരംഗദൈർഘ്യം ഉള്ള പ്രകാശത്തെ സൂചിപ്പിക്കുന്ന ഗ്രാഫ് നമുക്ക് നിരീക്ഷിക്കാം (ചിത്രം 13.3 a). ദൃശ്യപ്രകാശവർണരാജിയുടെയും VIBGYOR ന്റെയും തരംഗദൈർഘ്യത്തെ കുറിച്ച് നിങ്ങൾക്ക് അറിയാവുന്നതാണ്.

ചിത്രം 13.3a ഹരിതകം a, b, കരോട്ടിനോയ്ഡുകൾ എന്നിവയുടെ ആഗിരണ വർണരാജി കാണിക്കുന്ന ഗ്രാഫ്.

ചിത്രം 13.3b പ്രകാശസംശ്ലേഷണത്തിന്റെ പ്രാവർത്തിക വർണരാജി സൂചിപ്പിക്കുന്ന ഗ്രാഫ്.

ചിത്രം 13.3c പ്രകാശസംശ്ലേഷണത്തിന്റെ പ്രാവർത്തിക വർണരാജി ഹരിതകം a യുടെ ആഗിരണവർണരാജിക്ക് മുകളിലായി സൂചിപ്പിച്ചിരിക്കുന്ന ഗ്രാഫ്.

ചിത്രം 13.3 a നിരീക്ഷിച്ച് ഹരിതകം a പരമാവധി ആഗിരണം ചെയ്യുന്ന തരംഗദൈർഘ്യം (പ്രകാശത്തിന്റെ നിറം) ഏതാണെന്ന് കണ്ടെത്താമോ? അതിന് മറ്റേതെങ്കിലും തരംഗദൈർഘ്യത്തിൽ കൂടുതൽ ആഗിരണം നടത്താൻ കഴിയുമോ? എങ്കിൽ ഏതിലാണ്?

ഒരു സസ്യത്തിൽ പരമാവധി പ്രകാശസംശ്ലേഷണം നടക്കുന്ന തരംഗദൈർഘ്യങ്ങൾ സൂചിപ്പിക്കുന്ന ചിത്രം 13.3 b നിരീക്ഷിക്കൂ. ഹരിതകം a പരമാവധി ആഗിരണം ചെയ്യുന്ന തരംഗദൈർഘ്യങ്ങളായ നീലയിലും ചുവപ്പിലും പ്രകാശസംശ്ലേഷണത്തിന്റെ തോതും കൂടുതലായി കാണുന്നു. അതുകൊണ്ട് പ്രകാശസംശ്ലേഷണവുമായി ബന്ധപ്പെട്ട പ്രധാനവർണകം ഹരിതകം a ആണെന്ന നിഗമനത്തിലെത്താവുന്നതാണ്. *എന്നാൽ ചിത്രം 13.3 c നിരീക്ഷിക്കുമ്പോൾ പ്രകാശസംശ്ലേഷണത്തിന്റെ പ്രവർത്തിക വർണരാജിയും ഹരിതകം a യുടെ ആഗിരണവർണരാജിയും പൂർണമായും ഒന്നിന് മുകളിൽ മറ്റൊന്ന് (Overlap) എന്ന ക്രമത്തിൽ കാണപ്പെടുന്നുണ്ടോ?*

ഈ ഗ്രാഫുകൾ സൂചിപ്പിക്കുന്നതുപോലെ ദൃശ്യപ്രകാശത്തിന്റെ വർണരാജിയിൽ നീല, ചുവപ്പ് എന്നീ തരംഗദൈർഘ്യങ്ങളുള്ള ഭാഗങ്ങളിലാണ് ഭൂരിഭാഗം പ്രകാശസംശ്ലേഷണവും നടക്കുന്നത്. ദൃശ്യപ്രകാശത്തിലെ മറ്റു ചില തരംഗദൈർഘ്യങ്ങളിലും ചെറിയ തോതിൽ പ്രകാശസംശ്ലേഷണം നടക്കുന്നുണ്ട്. ഇത് എങ്ങനെയാണ് നടക്കുന്നതെന്ന് നോക്കാം. പ്രകാശം ആഗിരണം ചെയ്യുന്നത് പ്രധാനമായും ഹരിതകം a ആണെങ്കിലും സഹായക വർണകങ്ങൾ (Accessory pigments) എന്നറിയപ്പെടുന്ന മറ്റ് തൈലക്കോയ്ഡ് വർണകങ്ങളായ ഹരിതകം b, സാന്തോഫിൽ, കരോട്ടിനോയിഡ് എന്നിവയും പ്രകാശം ആഗിരണം ചെയ്യുന്നു. ഇവ ആഗിരണം ചെയ്യുന്ന പ്രകാശത്തിലെ ഊർജം ഹരിതകം a യ്ക്ക് കൈമാറുന്നു. ഇവ വ്യത്യസ്ത തരംഗദൈർഘ്യമുള്ള പ്രകാശരശ്മികളെ പ്രകാശസംശ്ലേഷണത്തിന് ഉപയോഗപ്പെടുത്താൻ സഹായിക്കുക മാത്രമല്ല ഹരിതകം a യെ പ്രകാശ ഓക്സീകരണത്തിൽ (Photo-oxidation) നിന്ന് സംരക്ഷിക്കുകയും ചെയ്യുന്നു.

ചിത്രം 13.4 പ്രകാശം ആഗിരണം നടത്തുന്ന സഞ്ചയം

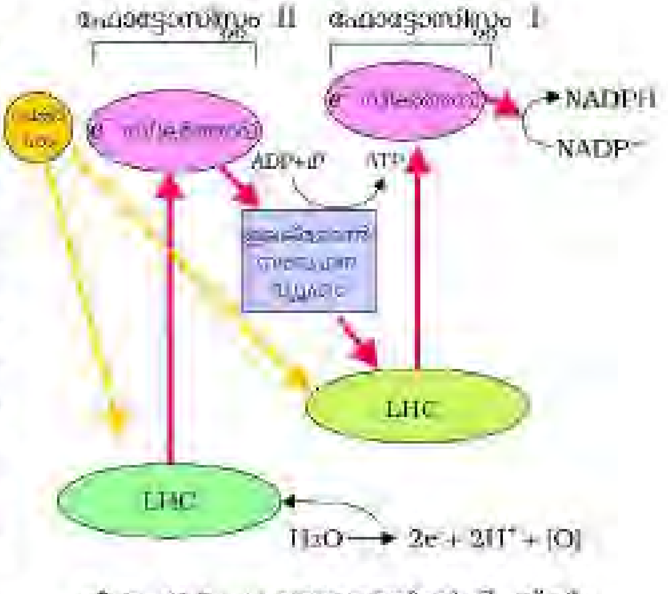
13.5 എന്താണ് പ്രകാശ ഘട്ടം?

പ്രകാശത്തിന്റെ ആഗിരണം, ജലത്തിന്റെ വിഘടനം, ഓക്സിജൻ പുറന്തള്ളൽ, ഊർജ സമ്പുഷ്ടമായ രാസതന്മാത്രകളായ ATP, NADPH എന്നിവയുടെ രൂപീകരണം എന്നിവ ഉൾപ്പെട്ടതാണ് പ്രകാശഘട്ടം (പ്രകാശ രാസഘട്ടം). അനേകം മാംസ്യസഞ്ചയങ്ങൾ (Protein complexes) ഈ പ്രക്രിയയിൽ ഉൾപ്പെട്ടിരിക്കുന്നു. പ്രകാശത്തെ ആഗിരണം ചെയ്യുന്ന രണ്ട് വ്യത്യസ്ത തരം പ്രകാശശേഖരണ സഞ്ചയങ്ങളായി (**Light harvesting complex - LHC**) വർണകങ്ങൾ ഫോട്ടോസിസ്റ്റം **I** ലും (**PS I**) ഫോട്ടോസിസ്റ്റം **II** (**PS II**) ലുമായി ക്രമീകരിച്ചിരിക്കുന്നു.

ഇവ കണ്ടുപിടിച്ചതിന്റെ ക്രമത്തിലാണ് പേര് നൽകിയിരിക്കുന്നത്. അല്ലാതെ പ്രകാശഘട്ടത്തിൽ ആരാണ് ആദ്യം പ്രവർത്തിക്കുന്നത് എന്നതിന്റെ അടിസ്ഥാനത്തിലല്ല. **പ്രകാശം ആഗിരണം ചെയ്യുന്ന സഞ്ചയങ്ങൾ (Light harvesting complexes - LHC)** നിർമിക്കപ്പെട്ടിരിക്കുന്നത് നൂറുകണക്കിന് വർണക തന്മാത്രകൾ പ്രോട്ടീനുമായി കൂടിച്ചേർന്നാണ്. ഓരോ ഫോട്ടോസിസ്റ്റത്തിലും എല്ലാ വർണകങ്ങളും (ഹരിതകം a യുടെ ഒരു തന്മാത്ര ഒഴികെ) ചേർന്ന് പ്രകാശം ആഗിരണം ചെയ്യുന്ന ഒരു വ്യവസ്ഥയായി രൂപപ്പെട്ടിരിക്കുന്നു. ഇത് **ആന്റിന (Antennae)** എന്നും അറിയപ്പെടുന്നു (ചിത്രം 13.4). ഇവ വ്യത്യസ്ത തരംഗദൈർഘ്യത്തിലുള്ള പ്രകാശം ആഗിരണം ചെയ്ത് പ്രകാശസംശ്ലേഷണം കൂടുതൽ കാര്യക്ഷമമാക്കുന്നു. ഫോട്ടോസിസ്റ്റത്തിൽ കാണപ്പെടുന്ന ഹരിതകം a തന്മാത്രയാണ് **പ്രവർത്തനകേന്ദ്രം (Reaction centre)** ആകുന്നത്. രണ്ട് ഫോട്ടോസിസ്റ്റത്തിലെയും പ്രവർത്തന കേന്ദ്രം വ്യത്യസ്തമാണ്. PS I ലെ പ്രവർത്തന കേന്ദ്രമായ ഹരിതകം a പരമാവധി ആഗിരണം ചെയ്യുന്നത് 700 nm ആണ്. അതിനാൽ ഇത് **P700** എന്നറിയപ്പെടുന്നു. എന്നാൽ PS II പരമാവധി ആഗിരണം ചെയ്യുന്നത് 680 nm ആണ്. അതിനാൽ ഇത് **P 680** എന്നറിയപ്പെടുന്നു.

13.6 ഇലക്ട്രോൺ സംവഹനം

ഫോട്ടോസിസ്റ്റം II ലെ പ്രവർത്തനകേന്ദ്രമായ ഹരിതകം a, 680 nm തരംഗദൈർഘ്യമുള്ള ചുവന്ന പ്രകാശം ആഗിരണം ചെയ്ത് ഇലക്ട്രോണുകളെ ഉത്തേജിപ്പിക്കുന്നു. ഇത്തരത്തിൽ ഉത്തേജിപ്പിക്കപ്പെട്ട ഇലക്ട്രോണുകൾ അറ്റോമിക ന്യൂക്ലിയസിൽ നിന്ന് അകലെയുള്ള ഒരു ഓർബിറ്റിലേക്ക് ചാടുന്നു. ഈ ഇലക്ട്രോണുകളെ ഒരു ഇലക്ട്രോൺ സ്വീകർത്താവ് സ്വീകരിച്ച് അവിടെ നിന്നും **സൈറ്റോക്രോമുകൾ (Cytochromes)** ഉൾപ്പെടുന്ന **ഇലക്ട്രോൺ സംവഹന വ്യവസ്ഥയിലേക്ക്** കടത്തിവിടുന്നു (ചിത്രം 13.5). ഓക്സീകരണ നിരോക്സീകരണക്ഷമത അല്ലെങ്കിൽ റിഡോക്സ് ക്ഷമത നിരക്കിനെ ആധാരമാക്കിയുള്ള ഈ ഇലക്ട്രോൺ സഞ്ചാരം അവരോഹണ ക്രമത്തിലാണ് (Downhill) നടക്കുന്നത്. ഇലക്ട്രോൺ സംവഹനശൃംഖലയിലൂടെ ഇലക്ട്രോണുകൾ സഞ്ചരിക്കുമ്പോൾ അവ ഉപയോഗിക്കപ്പെടാതെ ഫോട്ടോസിസ്റ്റം I ലെ വർണകങ്ങളിലൂടെ കടന്നുപോകുന്നു. അതേസമയം PS I ലെ പ്രവർത്തന കേന്ദ്രത്തിലെ ഇലക്ട്രോണുകളും ചുവന്ന പ്രകാശത്തിന്റെ 700nm തരംഗദൈർഘ്യം സ്വീകരിച്ച് ഉത്തേജിപ്പിക്കപ്പെടുന്നു. ഇവ ഉയർന്ന ഓക്സീകരണ നിരോക്സീകരണ ക്ഷമതയുള്ള മറ്റൊരു സ്വീകരണ തന്മാത്രയിലേക്ക് മാറ്റപ്പെടുന്നു. ഈ ഇലക്ട്രോണുകൾ വീണ്ടും അവരോഹണക്രമത്തിൽ ഊർജസമ്പുഷ്ടമായ $NADP^+$ തന്മാത്രയിലേക്ക് സഞ്ചരിക്കുന്നു. ഈ ഇലക്ട്രോണുകൾ കൂട്ടിച്ചേർക്കുമ്പോൾ $NADP^+$, $NADPH + H^+$ ആയി നിരോക്സീകരിക്കുന്നു. PS II ൽ നിന്നും ആരം



ചിത്രം 13.5 പ്രകാശഘട്ടത്തിന്റെ Z സ്കീം

ഹണക്രമത്തിൽ (Uphill) സ്വീകരണതന്മാത്രയിലേക്കും അവരോഹണ ക്രമത്തിൽ ഇലക്ട്രോൺ സംവഹനപാതയിലൂടെ PS I ലേക്കുമുള്ള ഇലക്ട്രോണുകളുടെ കൈമാറ്റം, ഇലക്ട്രോണുകളുടെ ഉത്തേജനം, മറ്റൊരു സ്വീകരണ തന്മാത്രയിലേക്കുള്ള കൈമാറ്റം, അന്തിമമായി അവരോഹണക്രമത്തിൽ $NADP^+$ ലേക്ക് കൈമാറ്റം ചെയ്യുക വഴി $NADP^+$ ന്റെ നിരോക്സീകരണവും $NADPH + H^+$ ന്റെ രൂപീകരണം എന്നിവയെല്ലാം ഉൾപ്പെടുന്ന വ്യവസ്ഥയാണ് **Z സ്കീം** (ചിത്രം 13.6). എല്ലാ വാഹകരെയും ഓക്സീകരണ നിരോക്സീകരണ നിരക്ക് പ്രകാരം ക്രമീകരിക്കുമ്പോഴാണ് ഈ ആകൃതി കൈവരുന്നത്.

13.6.1 ജലത്തിന്റെ വിഘടനം

PS II തുടർച്ചയായി ഇലക്ട്രോണുകളെ പ്രദാനം ചെയ്യുന്നത് എങ്ങനെയാണ് എന്ന് നിങ്ങൾ ചോദിച്ചേക്കാം. ഫോട്ടോസിസ്റ്റം II ൽ നിന്ന് പുറപ്പെട്ട ഇലക്ട്രോണുകൾക്ക് പകരം ഇലക്ട്രോണുകൾ പുനഃസ്ഥാപിക്കേണ്ടതുണ്ട്. ജലത്തിന്റെ വിഘടനത്തിലൂടെ ലഭ്യമാകുന്ന ഇലക്ട്രോണുകളിലൂടെയാണ് ഇത് സാധ്യമാകുന്നത്. PS IIമായി ബന്ധപ്പെട്ടാണ് ജലത്തിന്റെ വിഘടനം നടക്കുന്നത്. ജലം വിഘടിച്ച് $2H^+$, [O], ഇലക്ട്രോണുകൾ എന്നിവയുണ്ടാകുന്നു. ഇതിലൂടെ പ്രകാശസംശ്ലേഷണത്തിന്റെ അവസാന ഉൽപ്പന്നങ്ങളിൽ ഒന്നായ ഓക്സിജൻ ഉണ്ടാകുന്നു. ഫോട്ടോസിസ്റ്റം I ൽ നിന്ന് നീക്കം ചെയ്യപ്പെട്ട ഇലക്ട്രോണുകൾക്ക് പകരം ഇലക്ട്രോണുകളെ നൽകുന്നത് ഫോട്ടോസിസ്റ്റം II ആണ്.

$$2H_2O \longrightarrow 4H^+ + O_2 + 4e^-$$

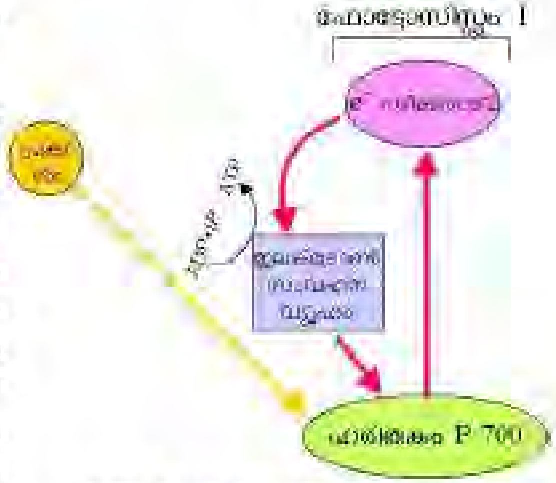
ജലവിഘടനസഞ്ചയം (Water splitting complex) പ്രധാനമായും ബന്ധപ്പെട്ടിരിക്കുന്നത് തൈലക്കോയ്ഡ് സ്തരത്തിന്റെ ഉള്ളിൽ സ്ഥിതി ചെയ്യുന്ന PS II മായാണ് എന്നത് ശ്രദ്ധേയമാണ്. അങ്ങനെയെങ്കിൽ ഉൽപ്പാദിപ്പിക്കപ്പെട്ട പ്രോട്ടോണുകളും ഓക്സിജനും എവിടെയാണ് സ്വതന്ത്രമാക്കപ്പെടുന്നത്? സ്തര അറയിലേയ്ക്കോ സ്തരത്തിന്റെ പുറത്തേക്കോ?

13.6.2 സൈക്ലിക് ഫോട്ടോ ഫോസ്ഫോറിലേഷനും നോൺ സൈക്ലിക് ഫോട്ടോ ഫോസ്ഫോറിലേഷനും (Cyclic and Non-cyclic photophosphorylation)

ഓക്സീകരിക്കാവുന്ന വസ്തുക്കളിൽ നിന്ന് ഊർജം ലഭ്യമാക്കാനും അതിനെ ബന്ധന ഊർജത്തിന്റെ (Bond energy) രൂപത്തിൽ സംഭരിക്കാനുമുള്ള കഴിവ് ജീവജാലങ്ങൾക്കുണ്ട്. ATP എന്ന സവിശേഷ തന്മാത്രകളാണ് ഊർജത്തെ അവയുടെ രാസബന്ധനങ്ങളിൽ വഹിക്കുന്നത്. കോശങ്ങൾ (മൈറ്റോകോൺഡ്രിയ, ഹരിതകണം എന്നിവയിൽ) ATP നിർമിക്കുന്ന പ്രക്രിയയെ ഫോസ്ഫോറിലേഷൻ എന്നറിയപ്പെടുന്നു. അകാർബണിക ഫോസ്ഫേറ്റും ADP യും ഉപയോഗിച്ച് പ്രകാശത്തിന്റെ സാന്നിധ്യത്തിൽ ATP നിർമിക്കുന്ന പ്രക്രിയയാണ് ഫോട്ടോ ഫോസ്ഫോറിലേഷൻ. ആദ്യം PS II തുടർന്ന് PS I എന്ന ക്രമത്തിൽ രണ്ട് ഫോട്ടോസിസ്റ്റവും ഒരു ശ്രേണിയായി പ്രവർത്തിക്കുമ്പോൾ നടക്കുന്ന പ്രക്രിയയാണ് നോൺ സൈക്ലിക് ഫോട്ടോ ഫോസ്ഫോറിലേഷൻ. മുൻപ് നൽകിയ Z സ്കീമിൽ ഈ രണ്ട് ഫോട്ടോസിസ്റ്റവും ഇലക്ട്രോൺ സംവഹന ശൃംഖല വഴി ബന്ധപ്പെട്ടിരിക്കുന്നതായി കാണാവുന്നതാണ്.

ഇത്തരത്തിലുള്ള ഇലക്ട്രോൺ പ്രവാഹത്തിലൂടെ ATP, $NADPH+H^+$ എന്നിവ നിർമിക്കപ്പെടുന്നു (ചിത്രം 13.5 നിരീക്ഷിക്കൂ).

PS I മാത്രം പ്രവർത്തിക്കുമ്പോൾ ഫോട്ടോസിസ്റ്റത്തിനുള്ളിൽ തന്നെ ഇലക്ട്രോൺ ചാക്രികമായി സഞ്ചരിക്കുന്നു. ഇവിടെ ഫോസ്ഫോറിലേഷൻ നടക്കുന്നത് ഇലക്ട്രോണുകളുടെ ചാക്രിക പ്രവാഹത്തിലൂടെയാണ് (ചിത്രം 13.6). ഇത് നടക്കാൻ സാധ്യതയുള്ളത് സ്ട്രോമ ലാമെല്ലയിലാണ്. ഗ്രാനയുടെ സ്തരം അല്ലെങ്കിൽ ലാമെല്ലയിൽ PS I, PS II എന്നിവ കാണപ്പെടുന്നു. എന്നാൽ സ്ട്രോമ ലാമെല്ലയുടെ സ്തരത്തിൽ PS II, NADP റിഡക്ടേസ് എൻസൈം (NADP reductase enzyme) എന്നിവ കാണപ്പെടുന്നില്ല. ഉത്തേജിപ്പിക്കപ്പെട്ട ഇലക്ട്രോൺ $NADP^+$ലേക്ക് പ്രവഹിക്കാതെ ഇലക്ട്രോൺ സംവഹന വ്യൂഹത്തിലൂടെ PS I ലേക്ക് ചാക്രികമായി തിരിച്ചുപോകുന്നു (ചിത്രം 13.6). അതിനാൽ ഇത്തരത്തിലുള്ള ചാക്രിക പ്രവാഹത്തിലൂടെ '$NADPH+H^+$' നിർമിക്കാതെ ATP മാത്രം നിർമിക്കപ്പെടുന്നു. മാത്രവുമല്ല ഇലക്ട്രോണുകൾ ഉത്തേജിപ്പിക്കപ്പെടുന്നതിനാവശ്യമായ 680 nm ൽ കൂടുതൽ തരംഗദൈർഘ്യമുള്ള പ്രകാശം ലഭിക്കുമ്പോൾ മാത്രമാണ് സൈക്ലിക് ഫോട്ടോ ഫോസ്ഫോറിലേഷൻ നടക്കുന്നത്.



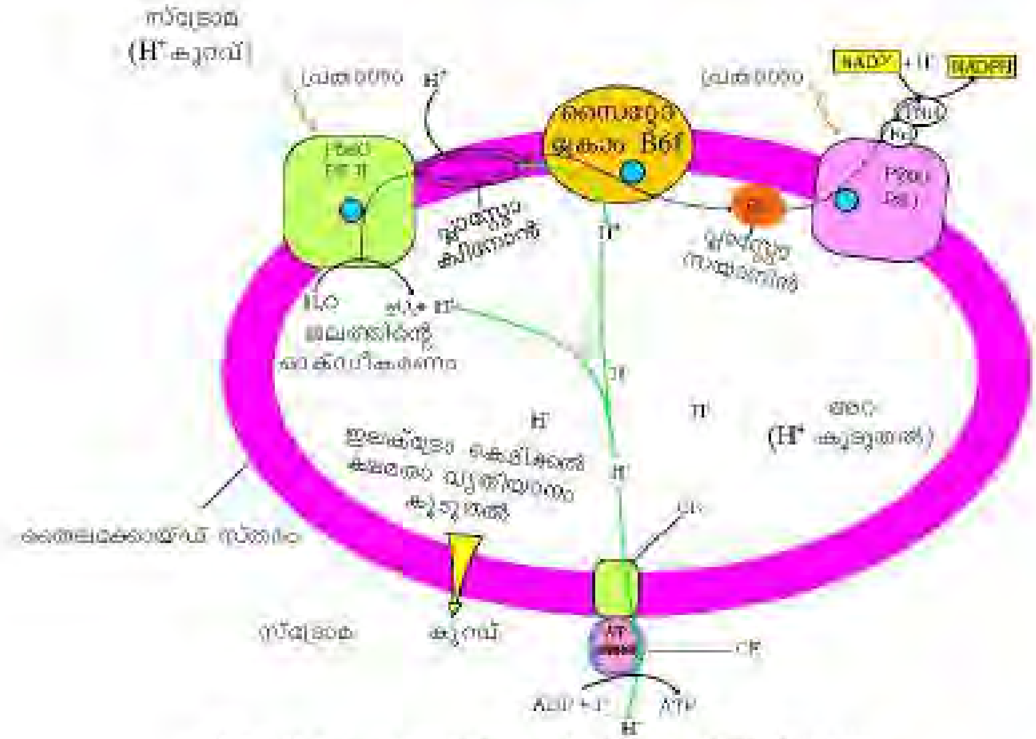
ചിത്രം 13.6 സൈക്ലിക് ഫോട്ടോ ഫോസ്ഫോറിലേഷൻ

13.6.3 കെമിയോസ്മോട്ടിക് പരികൽപന

എങ്ങനെയാണ് ഹരിതകണത്തിനുള്ളിൽ ATP നിർമിക്കുന്നതെന്ന് നോക്കാം. ഈ പ്രക്രിയ വിശദീകരിക്കുന്നതിനാണ് കെമിയോസ്മോട്ടിക് പരികൽപന മുന്നോട്ട് വച്ചത്. ശ്വസനത്തിൽ എന്ന പോലെ, ഒരു സ്തരത്തിനിരുവശത്തും ഉണ്ടാകുന്ന പ്രോട്ടോണുകളുടെ ഗാഢതാവ്യതിയാനമാണ് പ്രകാശസംശ്ലേഷണത്തിലും ATP നിർമാണത്തിന് കാരണമാകുന്നത്. ഇവിടെ സൂചിപ്പിക്കുന്ന സ്തരം തൈലക്കോയ്ഡിന്റെ സ്തരമാണ്. സ്തരത്തിനുള്ളിലെ അറയിലാണ് (Lumen) പ്രോട്ടോണുകൾ കൂടുതൽ കാണപ്പെടുന്നത് എന്നതാണ് ഇവിടത്തെ ഒരു വ്യത്യാസം. എന്നാൽ ശ്വസനത്തിൽ ഇലക്ട്രോണുകൾ ETS ലൂടെ (അധ്യായം 14) പ്രവഹിക്കുമ്പോൾ മൈറ്റോകോൺഡ്രിയയുടെ സ്തരാന്തര ഭാഗത്താണ് (Intermembrane space) പ്രോട്ടോണുകൾ കൂടുതൽ കാണപ്പെടുന്നത്.

എങ്ങനെയാണ് സ്തരത്തിന് ഇരുവശത്തും പ്രോട്ടോണുകളുടെ ഗാഢതയിൽ വ്യതിയാനം ഉണ്ടാകുന്നത് എന്ന് നോക്കാം. ഇലക്ട്രോണുകൾ ഉത്തേജിപ്പിക്കപ്പെടുമ്പോൾ നടക്കുന്ന പ്രക്രിയകളും ഇലക്ട്രോണുകളുടെ സംവഹനവും പ്രോട്ടോൺ ഗാഢതാ വ്യതിയാനത്തിന് കാരണമാകുന്നു (ചിത്രം 13.7).

(a) ജലത്തിന്റെ വിഘടനം നടക്കുന്നത് തൈലക്കോയ്ഡ് സ്തരത്തിനുള്ളിലായതിനാൽ; തൽഫലമായുണ്ടാകുന്ന പ്രോട്ടോണുകൾ (ഹൈഡ്രജൻ അയോണുകൾ) തൈലക്കോയ്ഡിനകത്തുള്ള അറയിൽ അടിഞ്ഞു കൂടുന്നു.



ചിത്രം 13.7 കെമിയോസ്മോസിസിലൂടെ ATP നിർമാണം

(b) ഫോട്ടോസിസ്റ്റത്തിലൂടെ ഇലക്ട്രോണുകൾ സഞ്ചരിക്കുമ്പോൾ സ്തരത്തിന് കുറുകെ പ്രോട്ടോണുകൾ സംവഹനം ചെയ്യപ്പെടുന്നു. സ്തരത്തിന്റെ ബാഹ്യഭാഗത്ത് സ്ഥിതി ചെയ്യുന്ന പ്രാഥമിക ഇലക്ട്രോൺ സ്വീകർത്താവ് അതിന്റെ ഇലക്ട്രോൺ, ഇലക്ട്രോൺ വാഹകനിലേക്ക് കൈമാറ്റം ചെയ്യാതെ പ്രോട്ടോൺ വാഹകനിലേക്ക് കൈമാറ്റം ചെയ്യുന്നത് കൊണ്ടാണ് ഇങ്ങനെ സംഭവിക്കുന്നത്. അങ്ങനെ ഈ തന്മാത്ര ഇലക്ട്രോൺ സംവഹനം നടത്തുമ്പോൾ സ്ട്രോമയിൽ നിന്ന് ഒരു പ്രോട്ടോണിനെ നീക്കം ചെയ്യുന്നു. ഈ തന്മാത്ര അതിന്റെ ഇലക്ട്രോണിനെ സ്തരത്തിന്റെ ഉൾവശത്തുള്ള ഇലക്ട്രോൺ വാഹകനിലേക്ക് കൈമാറ്റം ചെയ്യുമ്പോൾ, പ്രോട്ടോൺ സ്തരത്തിന്റെ അറയുടെ വശത്തേക്ക് അല്ലെങ്കിൽ അകത്തേക്ക് സ്വതന്ത്രമാക്കപ്പെടുന്നു.

(c) NADP റിഡക്ടേസ് എൻസൈം സ്തരത്തിന്റെ സ്ട്രോമ ഭാഗത്താണ് സ്ഥിതി ചെയ്യുന്നത്. $NADP^+$, $NADPH+H^+$ ആയി നിരോക്സീകരിക്കുവാൻ PS I ലെ ഇലക്ട്രോൺ സ്വീകർത്താക്കളിലൂടെ വരുന്ന ഇലക്ട്രോണുകൾക്കൊപ്പം പ്രോട്ടോണുകളും ആവശ്യമാണ്. ഈ പ്രോട്ടോണുകളും സ്ട്രോമയിൽ നിന്ന് നീക്കം ചെയ്യപ്പെടുന്നു.

അതിനാൽ ഹരിതകണത്തിനുള്ളിലെ സ്ട്രോമയിൽ പ്രോട്ടോണുകൾ കുറയുകയും സ്തര അറയ്ക്കകത്ത് പ്രോട്ടോണുകൾ കൂടുകയും ചെയ്യുന്നു. ഇത് തൈലക്കോയ്ഡ് സ്തരത്തിന് ഇരുവശത്തും പ്രോട്ടോണുകളുടെ ഗാഢതയ്ക്ക് വ്യത്യാസം വരുത്തുന്നു. കൂടാതെ സ്തരയറയ്ക്കകത്ത് pH ഗണ്യമായി കുറയുകയും ചെയ്യുന്നു.

എന്തുകൊണ്ടാണ് പ്രോട്ടോണുകളുടെ ഗാഢതാവ്യത്യാസം ഏറെ പ്രാധാന്യം അർഹിക്കുന്നത്? ഗാഢതയിൽ വ്യത്യാസം ഇല്ലാതാകുമ്പോഴാണ് ATP നിർമിക്കപ്പെടുന്നത് എന്നതിനാലാണ് ഗാഢതാ വ്യതിയാനത്തിന് ഇത്രയേറെ പ്രാധാന്യം. ATP സിന്തേസിന്റെ (ATPase) ന്റെ സ്തരാന്തര പാതയായ **(Transmembrane channel)** CFo യിലൂടെ തൈലക്കോയ്ഡിന്റെ സ്തരത്തിന് കുറുകെ പ്രോട്ടോണുകൾ സ്ട്രോമയിലെത്തുമ്പോഴാണ് ഈ ഗാഢതാവ്യതിയാനം ഇല്ലാതെ ആകുന്നത്. ATP സിന്തേസ് രാസാഗ്നിക്ക് രണ്ട് ഭാഗങ്ങളുണ്ട്. ആദ്യഭാഗമായ CFo തൈലക്കോയ്ഡ് സ്തരത്തിൽ നിമഗ്നമായി കാണപ്പെടുന്നു. സ്തരത്തിലൂടെ പ്രോട്ടോണുകൾ സുഗമമാക്കപ്പെട്ട വ്യാപനം (Facilitated diffusion) വഴി കടന്നു പോകാൻ സഹായകരമായ സ്തരാന്തര പാതയായി ഇത് വർത്തിക്കുന്നു. അടുത്ത ഭാഗമാണ് CF_1. ഇത് തൈലക്കോയ്ഡ് സ്തരത്തിന്റെ ബാഹ്യപ്രതലത്തിൽ നിന്നും സ്ട്രോമ ഭാഗത്തേക്ക് തള്ളി നിൽക്കുന്നു. ഗാഢതാ വ്യതിയാനം ഇല്ലാതാകുന്നത് വഴി ഉണ്ടാകുന്ന ഊർജം ATP സിന്തേസിന്റെ CF_1 കണികയുടെ ഘടനയിൽ മാറ്റം വരുത്തുന്നതിന് കാരണമാകുന്നു. ഇത് ധാരാളം ഊർജ സമ്പുഷ്ടമായ ATP തന്മാത്രകളെ നിർമിക്കാൻ രാസാഗ്നിയെ പ്രാപ്തമാക്കുന്നു.

ഒരു സ്തരം, ഒരു പ്രോട്ടോൺ പമ്പ്, പ്രോട്ടോണുകളുടെ ഗാഢതാ വ്യതിയാനം, ATP സിന്തേസ് എന്നിവയാണ് കെമിയോസ്മോസിസിന് ആവശ്യമായവ. തൈലക്കോയ്ഡ് സ്തരയറയ്ക്കുള്ളിൽ പ്രോട്ടോണുകളുടെ അളവ് കൂട്ടുന്നതിന് അല്ലെങ്കിൽ ഗാഢതാ വ്യതിയാനം ഉണ്ടാക്കുന്നതിന്, പ്രോട്ടോണുകളെ ഊർജം ഉപയോഗിച്ച് പമ്പ് ചെയ്യുന്നു. സ്തരത്തിന് കുറുകെ, പ്രോട്ടോണുകളുടെ തിരികെയുള്ള വ്യാപനം സാധ്യമാക്കുന്ന ഒരു പാത ATP സിന്തേസിനുണ്ട്. ATP സിന്തേസ് രാസാഗ്നിയെ ഉത്തേജിപ്പിച്ച് ATP നിർമാണം ത്വരിതപ്പെടുത്താൻ ആവശ്യമായ ഊർജം ഇത് വഴി സ്വതന്ത്രമാക്കപ്പെടുന്നു.

CO_2 സ്ഥിരീകരണം, പഞ്ചസാരകളുടെ (Sugars) നിർമാണം എന്നിവയിലേക്ക് നയിക്കുന്ന ജൈവസംശ്ലേഷണ രാസപ്രവർത്തനം നടക്കുന്നത് സ്ട്രോമയിലാണ്. ഇലക്ട്രോണുകളുടെ പ്രവാഹത്തിന്റെ ഫലമായി ഉണ്ടാകുന്ന NADPH നോടൊപ്പം ATP യും ഉടൻ തന്നെ ഈ രാസപ്രവർത്തനത്തിൽ ഉപയോഗിക്കപ്പെടുന്നു.

13.7 ATP, NADPH എന്നിവ എവിടെയാണ് ഉപയോഗിക്കപ്പെടുന്നത്?

പ്രകാശഘട്ടത്തിലെ ഉൽപ്പന്നങ്ങൾ ATP, NADPH, O_2 എന്നിവയാണെന്ന് നമ്മൾ പഠിച്ചു. ഇവയിൽ ഓക്സിജൻ ഹരിതകണത്തിന് പുറത്തേക്ക് വ്യാപനം ചെയ്യപ്പെടുന്നു. എന്നാൽ ATP, NADPH എന്നിവ ആഹാരം (പ്രത്യേകിച്ചും പഞ്ചസാരകൾ) നിർമിക്കുന്ന പ്രക്രിയകൾ നടക്കുന്നതിനായി ഉപയോഗിക്കുന്നു. ഇതിനെ പ്രകാശസംശ്ലേഷണത്തിന്റെ **ജൈവസംശ്ലേഷണ ഘട്ടം (Biosynthetic phase)** എന്നു പറയുന്നു. ഈ പ്രക്രിയ നേരിട്ട് പ്രകാശത്തെ ആശ്രയിച്ചു നടക്കുന്നില്ലെങ്കിലും CO_2, ജലം എന്നിവ കൂടാതെ പ്രകാശഘട്ടത്തിലുണ്ടാകുന്ന ATP, NADPH എന്നീ ഉൽപ്പന്നങ്ങളെ ആശ്രയിച്ചാണ് നടക്കുന്നത്. എങ്ങനെയാണ് ഇത് തെളിയിച്ചതെന്ന് നിങ്ങൾ ചിന്തിച്ചിട്ടുണ്ടാകും. ഇത് വളരെ ലളിതമാണ്. അതായത് പെട്ടെന്ന് പ്രകാശം ലഭ്യമല്ലാതെ വരുമ്പോൾ കുറച്ച് സമയത്തേക്ക്

ജൈവസംശ്ലേഷണ പ്രക്രിയ തുടർന്നതിന് ശേഷം നിൽക്കുന്നു. എന്നാൽ പ്രകാശം ലഭ്യമാകുമ്പോൾ സംശ്ലേഷണ പ്രക്രിയ വീണ്ടും ആരംഭിക്കുന്നു.

അതിനാൽ ജൈവസംശ്ലേഷണ പ്രക്രിയയെ ***ഇരുണ്ടഘട്ടം*** *എന്നു വിളിക്കുന്നത് തെറ്റിദ്ധാരണാജനകമല്ലേ? നിങ്ങൾ ചർച്ച ചെയ്യൂ.*

ഇനി നമുക്ക് ATP, NADPH എന്നിവ എങ്ങനെയാണ് ജൈവസംശ്ലേഷണ പ്രക്രിയയിൽ ഉപയോഗിക്കുന്നത് എന്ന് നോക്കാം. CO_2 ജലവുമായി കൂടിച്ചേർന്ന് $(CH_2O)_n$ അഥവാ പഞ്ചസാര ഉണ്ടാകുന്നതായി ഈ അധ്യായത്തിന്റെ തുടക്കത്തിൽ നിങ്ങൾ കണ്ടു. ഈ രാസപ്രവർത്തനം എങ്ങനെയാണ് നടക്കുന്നതെന്നും CO_2 രാസപ്രവർത്തനത്തിൽ പങ്കെടുക്കുമ്പോൾ അല്ലെങ്കിൽ സ്ഥിരീകരിക്കുമ്പോൾ ഉണ്ടാകുന്ന ആദ്യ ഉൽപ്പന്നം ഏതാണെന്നും അറിയാൻ ശാസ്ത്രജ്ഞർക്ക് അതീവ താൽപ്പര്യം ഉണ്ടായി. രണ്ടാം ലോകമഹായുദ്ധത്തിന് ശേഷം റേഡിയോ ഐസോടോപ്പുകളെ ഗുണപരമായ ആവശ്യങ്ങൾക്ക് ഉപയോഗപ്പെടുത്താൻ പല ശ്രമങ്ങളും ഉണ്ടായി. ഇതിൽ മെൽവിൻ കാൽവിന്റെ (Melvin Calvin) പരീക്ഷണങ്ങൾ എടുത്തു പറയേണ്ടതാണ്. ^{14}C (റേഡിയോ ആക്ടീവ് കാർബൺ) ഉപയോഗിച്ച് ആൽഗകളിലെ പ്രകാശസംശ്ലേഷണം നിരീക്ഷിച്ച അദ്ദേഹം, CO_2 സ്ഥിരീകരണത്തിന്റെ ആദ്യ ഉൽപ്പന്നം മൂന്ന് കാർബൺ അടങ്ങിയ കാർബണിക ആസിഡാണെന്ന് കണ്ടെത്തി. ജൈവസംശ്ലേഷണ പാത പൂർണമായും കണ്ടെത്തുന്നതിൽ കാൽവിൻ നിർണായക പങ്ക് വഹിച്ചതിനാൽ ഈ പാത **കാൽവിൻ ചക്രം (Calvin cycle)** എന്നറിയപ്പെടുന്നു. ഈ പാതയുടെ ആദ്യ ഉൽപ്പന്നം **3 - ഫോസ്ഫോഗ്ലിസറിക് ആസിഡ് (3-Phosphoglyceric acid)** അഥവാ ചുരുക്കത്തിൽ **PGA** ആണ്. ഇതിൽ എത്ര കാർബൺ ആറ്റങ്ങൾ ആണുള്ളത്?

CO_2 സ്ഥിരീകരണത്തിന്റെ ഫലമായി എല്ലാ സസ്യങ്ങളിലെയും ആദ്യ ഉൽപ്പന്നം PGA ആണോ എന്നും ഏതെങ്കിലും സസ്യങ്ങളിൽ മറ്റേതെങ്കിലും ഉൽപ്പന്നം ഉണ്ടാകുന്നുണ്ടോ എന്നും അറിയാനുള്ള ശ്രമം ശാസ്ത്രജ്ഞർ നടത്തി. ഒരു വിഭാഗം സസ്യങ്ങളിൽ CO_2 സ്ഥിരീകരണത്തിന്റെ ഫലമായി ഉണ്ടാകുന്ന സ്ഥിരതയുള്ള ആദ്യ ഉൽപ്പന്നം നാല് കാർബൺ ആറ്റങ്ങൾ ഉള്ള മറ്റൊരു കാർബണിക ആസിഡ് ആണെന്ന് മറ്റനേകം സസ്യങ്ങളിൽ നടത്തിയ പരീക്ഷണങ്ങളിൽ നിന്ന് കണ്ടെത്തി. ഈ ആസിഡ് **ഓക്സാലോ അസെറ്റിക് ആസിഡ് (OAA)** ആണെന്ന് തിരിച്ചറിഞ്ഞു. അതിനാൽ പ്രകാശസംശ്ലേഷണത്തിൽ CO_2 ന്റെ സ്വാംശീകരണം രണ്ട് തരത്തിൽ നടക്കുന്നു എന്ന് പറയാം. അതായത് CO_2 സ്ഥിരീകരണത്തിന്റെ ആദ്യ ഉൽപ്പന്നം C_3 ആസിഡ് (PGA) ആയ സസ്യങ്ങളിൽ **C_3 പാത** എന്നും C_4 ആസിഡ് (OAA) ഉണ്ടാകുന്ന സസ്യങ്ങളിൽ **C_4 പാത** എന്നും വിശേഷിപ്പിക്കാവുന്നതാണ്. ഈ രണ്ട് വിഭാഗം സസ്യങ്ങളിലും കാണപ്പെടുന്ന മറ്റു സവിശേഷതകളെ കുറിച്ച് പിന്നീട് ചർച്ച ചെയ്യാം.

13.7.1 CO_2 ന്റെ പ്രാഥമിക സ്വീകർത്താവ്

ഇരുണ്ടഘട്ടത്തെ കുറിച്ച് മനസിലാക്കാൻ ബുദ്ധിമുട്ടിയ ശാസ്ത്രജ്ഞർ ചോദിച്ച ചോദ്യം നമുക്ക് നമ്മോട് തന്നെ ചോദിക്കാം. *CO_2 നെ സ്വീകരിച്ച് (സ്ഥിരീകരിച്ച്) 3 കാർബണുകൾ ഉള്ള PGA ആയി മാറുന്ന ഒരു തന്മാത്രയിൽ എത്ര കാർബൺ ആറ്റങ്ങൾ ഉണ്ടാകും?*

5 കാർബൺ കീറ്റോസ് പഞ്ചസാരയായ റിബുലോസ് ബിസ്ഫോസ്ഫേറ്റ് (RuBP- Ribulose bisphosphate) ആണ് സ്വീകർത്താവായ തന്മാത്ര എന്ന് പഠനങ്ങളിൽ നിന്ന് ആകസ്മികമായി കണ്ടെത്തി. ഈ സാധ്യതയെക്കുറിച്ച് നിങ്ങൾ ആരും ചിന്തിച്ചില്ല, അല്ലേ? സാരമില്ല, ശാസ്ത്രജ്ഞരും കാലങ്ങളോളം നടത്തിയ വിവിധ പരീക്ഷണങ്ങളിൽ നിന്നാണ് ഈ നിഗമനത്തിലെത്തിയത്. ആദ്യ ഉൽപ്പന്നം ഒരു C_3 ആസിഡായതിനാൽ പ്രാഥമിക സ്വീകർത്താവ് ഒരു 2 കാർബൺ സംയുക്തമായിരിക്കും എന്നാണ് ശാസ്ത്രജ്ഞരും വിശ്വസിച്ചിരുന്നത്. 5 കാർബൺ സംയുക്തമായ RuBP യെ കണ്ടെത്തുന്നതിന് മുമ്പ് 2 കാർബൺ സംയുക്തത്തെ തിരിച്ചറിയുന്നതിനായി അവർ അനേകം വർഷങ്ങൾ ചെലവഴിച്ചു.

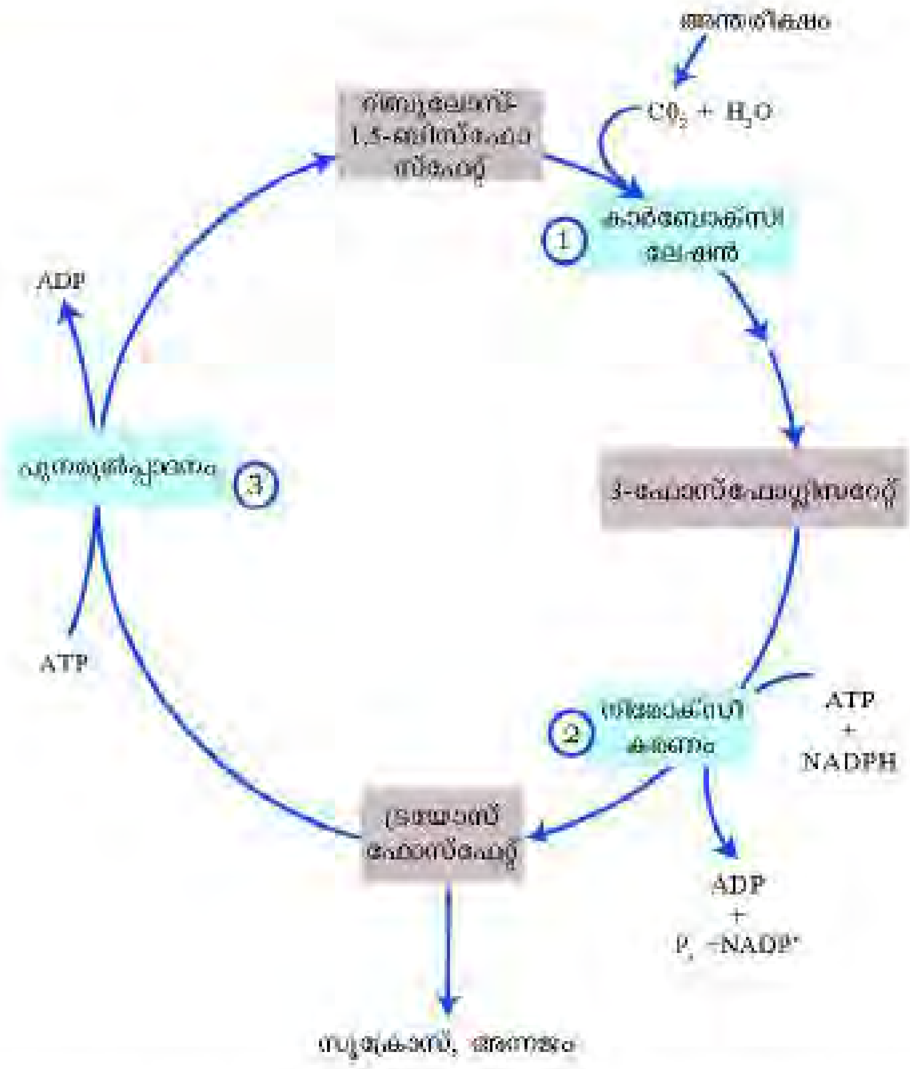
13.7.2 കാൽവിൻ ചക്രം (The Calvin Cycle)

കാൽവിനും അദ്ദേഹത്തിന്റെ സഹപ്രവർത്തകരും ഈ പാത പൂർണമായും പഠിച്ചതിൽ നിന്ന് ഇത് ചാക്രികമായാണ് നടക്കുന്നതെന്നും RuBP പുനരുൽപ്പാദിപ്പിക്കപ്പെടുന്നുവെന്നും കണ്ടെത്തി. കാൽവിൻ ചക്രം എങ്ങനെയാണ് നടക്കുന്നതെന്നും എവിടെയാണ് പഞ്ചസാര നിർമിക്കപ്പെടുന്നതെന്നും നോക്കാം. C_3 അല്ലെങ്കിൽ C_4 അല്ലെങ്കിൽ മറ്റേതെങ്കിലും പാത എന്ന ഭേദമില്ലാതെ, **പ്രകാശസംശ്ലേഷണം നടക്കുന്ന എല്ലാ സസ്യങ്ങളിലും** കാൽവിൻ ചക്രം നടക്കുന്നു (ചിത്രം 13.8) എന്ന് നമ്മൾ ആദ്യം തന്നെ വ്യക്തമായി മനസ്സിലാക്കേണ്ടതാണ്.

എളുപ്പത്തിൽ മനസ്സിലാക്കുന്നതിനായി കാൽവിൻ ചക്രത്തെ കാർബോക്സിലേഷൻ (Carboxylation), നിരോക്സീകരണം (Reduction), പുനരുൽപ്പാദനം (Regeneration) എന്നിങ്ങനെ മൂന്ന് ഘട്ടങ്ങളാക്കി വിശദീകരിച്ചിരിക്കുന്നു.

1. കാർബോക്സിലേഷൻ

CO_2 നെ സ്ഥിരീകരിച്ച് സ്ഥിരതയുള്ള മധ്യവർത്തിയായ കാർബണിക സംയുക്തമാക്കുന്നതാണ് കാർബോക്സിലേഷൻ. കാൽവിൻ ചക്രത്തിലെ സുപ്രധാനമായ ഈ പ്രക്രിയയിൽ RuBP യുടെ കാർബോക്സിലേഷന് വേണ്ടി CO_2 ഉപയോഗപ്പെടുത്തുന്നു. ഈ രാസപ്രവർത്തനത്തെ ത്വരിതപ്പെടുത്തുന്ന രാസാഗ്നിയാണ് RuBP കാർബോക്സിലേസ്. തൽഫലമായി 3-PGA യുടെ രണ്ട് തന്മാത്രകൾ ഉണ്ടാകുന്നു. ഈ രാസാഗ്നിക്ക് ഓക്സിജനേഷനുള്ള കഴിവും ഉള്ളതിനാൽ ഇതിനെ RuBP കാർബോക്സിലേസ് ഓക്സിജനേസ് അഥവാ **റുബിസ്കോ (RuBisCO)** എന്ന് വിളിക്കുന്നതാണ് കൂടുതൽ ശരി.



ചിത്രം 13.8 കാൽവിൻ ചക്രം മൂന്ന് ഘട്ടങ്ങളിലൂടെ നടക്കുന്നു: (1) കാർബോക്സിലേഷൻ, ഇവിടെ CO_2 റിബുലോസ്-1, 5 - ബിസ്ഫോസ്ഫേറ്റുമായി സംയോജിക്കുന്നു; (2) നിരോക്സീകരണം, ഈ ഘട്ടത്തിൽ പ്രകാശരാസീയ പ്രക്രിയകളിലൂടെ നിർമിച്ച ATP, NADPH എന്നിവ ഉപയോഗിച്ച് കാർബോഹൈഡ്രേറ്റ് നിർമിക്കുന്നു. (3) പുനരുൽപ്പാദനം ഈ ഘട്ടത്തിൽ CO_2 സ്വീകർത്താവായ റിബുലോസ്-1,5- ബിസ്ഫോസ്ഫേറ്റ് വീണ്ടും ഉൽപ്പാദിപ്പിക്കപ്പെടുകയും ചക്രം തുടരുകയും ചെയ്യുന്നു.

2. നിരോക്സീകരണം

ഗ്ലൂക്കോസിന്റെ നിർമാണത്തിലേക്ക് നയിക്കുന്ന രാസപ്രവർത്തനങ്ങളുടെ നിരയാണ് ഇവിടെ നടക്കുന്നത്. സ്ഥിരീകരിക്കപ്പെടുന്ന ഓരോ CO_2 തന്മാത്രയ്ക്കും രണ്ട് തന്മാത്ര ATP ഫോസ്ഫോറിലേഷനായും, രണ്ട് തന്മാത്ര NADPH നിരോക്സീകരണത്തിനായും ഉപയോഗിക്കുന്നു. ഈ പാതയിലൂടെ ഒരു ഗ്ലൂക്കോസ് തന്മാത്ര നിർമിക്കുന്നതിനായി ആറ് CO_2 തന്മാത്രകൾ സ്ഥിരീകരിക്കുകയും 6 തവണ കാൽവിൻ ചക്രം നടക്കുകയും വേണം.

3. പുനരുൽപ്പാദനം

ഈ ചക്രം തടസ്സമില്ലാതെ തുടരുന്നതിനായി CO_2 സ്വീകർത്താവായ RuBP പുനരുൽപ്പാദിപ്പിക്കപ്പെടേണ്ടത് അത്യാവശ്യമാണ്. ഓരോ പുനരുൽപ്പാദനഘട്ടത്തിലും ഓരോ ATP വീതം ഫോസ്ഫോറിലേഷന് ഉപയോഗിച്ചാണ് RuBP നിർമിക്കുന്നത്.

അതിനാൽ കാൽവിൻ ചക്രത്തിൽ പ്രവേശിക്കുന്ന ഓരോ CO_2 തന്മാത്രയ്ക്കും 3 ATP തന്മാത്രകളും 2 NADPH തന്മാത്രകളും ആവശ്യമാണ്. ഇരുണ്ട ഘട്ടത്തിൽ ഉപയോഗിക്കുന്ന ATP യുടെയും NADPH ന്റെയും എണ്ണത്തിലെ ഈ വ്യത്യാസം പരിഹരിക്കുന്നതിനാവാം സൈക്ലിക് ഫോസ്ഫോറിലേഷൻ നടക്കുന്നത്.

ഒരു ഗ്ലൂക്കോസ് തന്മാത്ര നിർമിക്കുന്നതിനായി കാൽവിൻ ചക്രം ആറ് പ്രാവശ്യം നടക്കേണ്ടത് ആവശ്യമാണ്. *കാൽവിൻ പാതയിലൂടെ ഒരു ഗ്ലൂക്കോസ് തന്മാത്ര നിർമിക്കുന്നതിനായി എത്ര ATP, NADPH എന്നിവ ഉപയോഗിക്കണമെന്ന് കണക്ക് കൂട്ടി നോക്കൂ.* കാൽവിൻ ചക്രത്തിൽ ഉപയോഗിക്കുന്നതും ഉത്പാദിപ്പിക്കുന്നതും എന്തെല്ലാമാണെന്ന് നോക്കാം.

ഉപയോഗിക്കുന്നത്	ഉത്പാദിപ്പിക്കുന്നത്
$6CO_2$	ഒരു ഗ്ലൂക്കോസ് തന്മാത്ര
18 ATP	18 ADP
12 NADPH	12 NADP

15.8 C_4 പാത

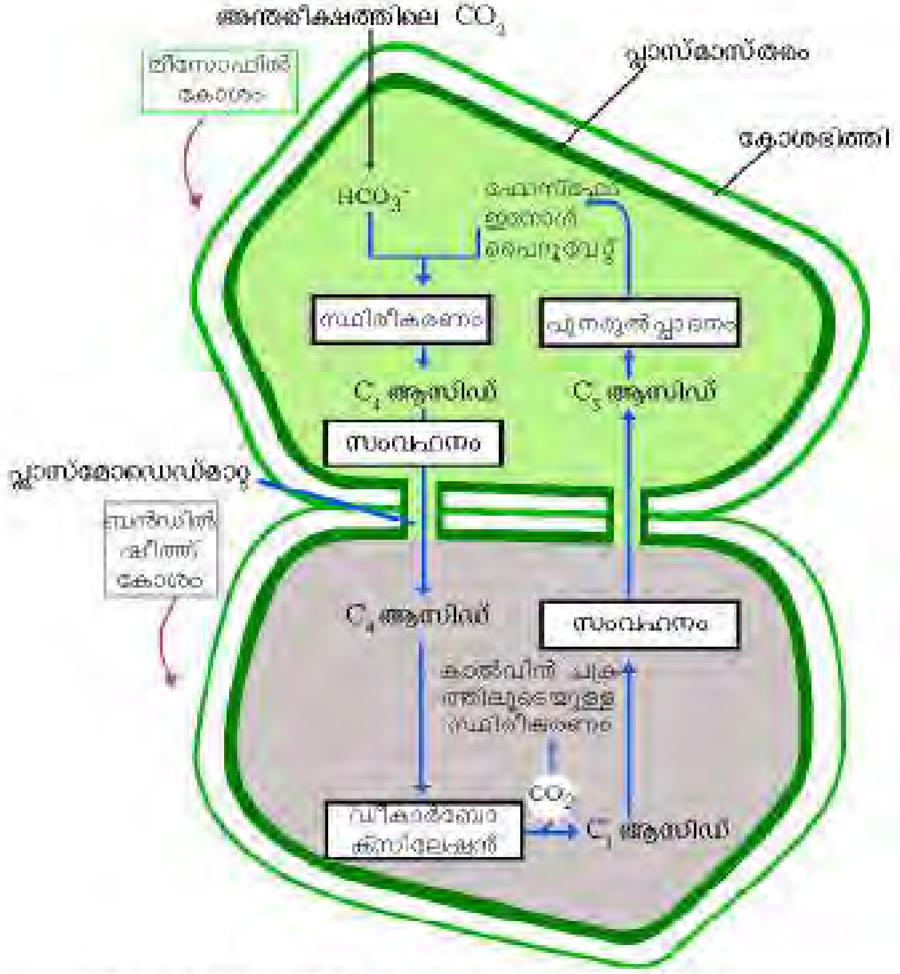
വരണ്ട ഉഷ്ണമേഖലാ പ്രദേശങ്ങളിൽ വളരുന്ന സസ്യങ്ങളിലാണ് C_4 പാത കാണപ്പെടുന്നത്. ഇത്തരം സസ്യങ്ങളിൽ CO_2 സ്ഥിരീകരണത്തിന്റെ ഫലമായി ഉണ്ടാകുന്ന ആദ്യ ഉത്പന്നം C_4 ആസിഡ് ആയ ഓക്സാലോ അസറ്റിക് ആസിഡ് ആണെങ്കിലും പ്രധാനപ്പെട്ട ജൈവസംശ്ലേഷണ പാതയായി വർത്തിക്കുന്നത് C_3 പാത അഥവാ കാൽവിൻ ചക്രമാണ്. എങ്കിൽ ഇവ C_3 സസ്യങ്ങളിൽ നിന്നും ഏതെല്ലാം തരത്തിൽ വ്യത്യാസപ്പെട്ടിരിക്കുന്നു? സ്വാഭാവികമായും നിങ്ങൾ ഉന്നയിക്കാവുന്ന ന്യായമായ ഒരു ചോദ്യമാണിത്.

C_4 സസ്യങ്ങൾക്ക് ചില സവിശേഷതകളുണ്ട്. ഇലയുടെ സവിശേഷമായ ആന്തരഘടന, ഉയർന്ന താപനില അതിജീവിക്കാനുള്ള ശേഷി, ഉയർന്ന പ്രകാശ തീവ്രതയോടുള്ള പ്രതികരണം, പ്രകാശശ്വസനം (Photorespiration) എന്ന പ്രക്രിയയുടെ അഭാവം, കൂടിയ ജൈവപിണ്ഡ ഉത്പാദനക്ഷമത ഇവയെല്ലാം C_4 സസ്യങ്ങളുടെ സവിശേഷതകളാണ്. ഇനി നമുക്ക് ഇവ ഓരോന്നായി മനസിലാക്കാം.

ഒരു C_4 സസ്യത്തിന്റെയും C_3 സസ്യത്തിന്റെയും ഇലകളുടെ കുറുകെയുള്ള ഛേദം എടുത്ത് നിരീക്ഷിക്കൂ. എന്തെങ്കിലും വ്യത്യാസം കാണുന്നുണ്ടോ? രണ്ടിലും മീസോഫിൽ കോശങ്ങൾ ഒരു പോലെയാണോ? രണ്ടിലും വാസ്കുലർ ബണ്ടിലിന്റെ ആവരണത്തിലുള്ള കോശങ്ങൾ ഒരു പോലെയാണോ?

C_4 സസ്യങ്ങളുടെ വാസ്കുലാർ ബണ്ടിലിന് ചുറ്റുമുള്ള വലുപ്പം കൂടിയ കോശങ്ങളാണ് **ബണ്ടിൽ ഷീത്ത് കോശങ്ങൾ.** ഇത്തരം ഇലകളിൽ കാണുന്ന സവിശേഷ ആന്തരഘടന **ക്രാൻസ് അനാട്ടമി ('Kranz' anatomy)** എന്നറിയപ്പെടുന്നു. കോശങ്ങളുടെ ക്രമീകരണത്തെ സൂചിപ്പിക്കുന്ന 'ക്രാൻസ്' എന്ന പദത്തിനർഥം പുഷ്പചക്രം (**Wreath**) എന്നാണ്. ഇവിടെ ബണ്ടിൽ ഷീത്ത് കോശങ്ങൾ വാസ്കുലാർ ബണ്ടിലിന് ചുറ്റും **പല നിരകളായി** കാണപ്പെടുന്നു. ധാരാളം ഹരിതകണങ്ങൾ, വാതക വിനിമയം സാധ്യമാകാത്ത കട്ടികൂടിയ ഭിത്തികൾ, കോശാന്തര സ്ഥലങ്ങളുടെ അഭാവം എന്നിവയെല്ലാം ഈ കോശങ്ങളുടെ സവിശേഷതകളാണ്. *C_4 സസ്യങ്ങളായ ചോളം (Maize), അരിച്ചോളം (Sorghum) തുടങ്ങിയവയുടെ ഇലകളുടെ ഛേദം എടുത്ത് ക്രാൻസ് അനാട്ടമിയും മിസോഫിൽ കോശങ്ങളുടെ വിന്യാസവും നിരീക്ഷിക്കൂ.*

നിങ്ങളുടെ ചുറ്റുമുള്ള വ്യത്യസ്ത സ്പീഷിസിലുള്ള സസ്യങ്ങളുടെ ഇലകളുടെ കുറുകെയുള്ള ഛേദം എടുത്ത് മൈക്രോസ്കോപ്പിലൂടെ നിരീക്ഷിക്കൂ. വാസ്കുലാർ ബണ്ടിലിന് ചുറ്റുമുള്ള ബണ്ടിൽ ഷീത്ത് ശ്രദ്ധിക്കൂ. ബണ്ടിൽ ഷീത്തിന്റെ സാന്നിധ്യം C_4 സസ്യങ്ങളെ തിരിച്ചറിയാൻ നിങ്ങൾക്ക് സഹായകമാകും.



ചിത്രം 13.9 ഹാച്ച് ആന്റ് സ്ലാക്ക് പാതയുടെ ചിത്രീകരണം

ചിത്രം 13.8 ൽ നൽകിയിരിക്കുന്ന പാത നിരീക്ഷിക്കൂ. ഈ പാത ഹാച്ച് ആന്റ് സ്ലാക്ക് പാത (Hatch and Slack pathway) എന്നറിയപ്പെടുന്നു. ഇതും ഒരു ചാക്രിക പ്രക്രിയയാണ്. ഈ പാത നിരീക്ഷിച്ച് ഘട്ടങ്ങൾ കണ്ടെത്തൂ.

ഇവിടെ പ്രാഥമിക CO_2 സ്വീകർത്താവ് ഒരു 3 കാർബൺ സംയുക്തമായ **ഫോസ്ഫോഇനോൾ പൈറുവേറ്റ് (PEP)** ആണ്. ഇത് മിസോഫിൽ കോശങ്ങളിലാണ് കാണപ്പെടുന്നത്. ഈ സ്ഥിരീകരണത്തിന് കാരണമായ രാസാഗ്നിയാണ് **PEP കാർബോക്സിലേസ് (PEP carboxylase or PEPcase)**. മിസോഫിൽ കോശങ്ങളിൽ റുബിസ്കോ എന്ന രാസാഗ്നി കാണപ്പെടുന്നില്ല എന്നത് ഇവിടെ പ്രത്യേകം ശ്രദ്ധിക്കേണ്ടതാണ്. മിസോഫിൽ കോശങ്ങളിൽ C_4 ആസിഡായ ഓക്സലോ അസറ്റിക് ആസിഡ് (OAA) ഉണ്ടാകുന്നു.

OAA മിസോഫിൽ കോശങ്ങളിൽ വച്ച് മറ്റ് നാല് കാർബൺ സംയുക്തമായ മാലിക് ആസിഡ് (Malic acid) അല്ലെങ്കിൽ അസ്പാർട്ടിക് ആസിഡ് (Aspartic acid) ആയി മാറുന്നു. ഇത് ബണ്ടിൽ ഷീത്ത് കോശത്തിലേക്ക് സംവഹനം ചെയ്യപ്പെടുന്നു. അവിടെ വച്ച് C_4 ആസിഡിനെ വിഘടിപ്പിച്ച് കാർബൺ ഡൈഓക്സൈഡും ഒരു 3 കാർബൺ സംയുക്തവുമാക്കി മാറ്റുന്നു.

ഈ 3 കാർബൺ സംയുക്തത്തെ തിരികെ മിസോഫിൽ കോശത്തിലേക്ക് കൊണ്ടുപോകുകയും അവിടെ വച്ച് വീണ്ടും PEP ആക്കി മാറ്റുകയും ചെയ്യുന്നു. അങ്ങനെ ചക്രം പൂർത്തിയാകുന്നു.

ബണ്ടിൽ ഷീത്ത് കോശങ്ങളിൽ സ്വതന്ത്രമാക്കപ്പെട്ട CO_2 എല്ലാ സസ്യങ്ങളിലും പൊതുവായി കാണുന്ന കാൽവിൻ ചക്രത്തിലേക്ക് (C_3 പാത) പ്രവേശിക്കുന്നു. ബണ്ടിൽ ഷീത്ത് കോശങ്ങൾ **റുബിസ്കോ** എന്ന രാസാഗ്നിയാൽ സമ്പുഷ്ടമാണ്. എന്നാൽ ഇവിടെ PEP case കാണപ്പെടുന്നില്ല. അതിനാൽ C_4 സസ്യങ്ങളിലും C_3 സസ്യങ്ങളിലും പൊതുവായി, പഞ്ചസാര നിർമിക്കുന്നതിനായി നടക്കുന്ന അടിസ്ഥാന പാതയാണ് കാൽവിൻ ചക്രം.

C_3 സസ്യങ്ങളുടെ മിസോഫിൽ കോശങ്ങളിലാണ് കാൽവിൻ ചക്രം നടക്കുന്നത് എന്ന് നമ്മൾ കണ്ടു. എന്നാൽ C_4 സസ്യങ്ങളുടെ മിസോഫിൽ കോശങ്ങളിൽ അല്ല കാൽവിൻ ചക്രം നടക്കുന്നത്. പകരം ബണ്ടിൽ ഷീത്ത് കോശങ്ങളിൽ മാത്രമാണ്.

13.9 പ്രകാശശ്വസനം (Photorespiration)

C_3 സസ്യങ്ങളെ C_4 സസ്യങ്ങളിൽ നിന്ന് വ്യത്യസ്തമാക്കുന്ന മറ്റൊരു പ്രക്രിയയാണ് **പ്രകാശശ്വസനം**. ഇത് മനസിലാക്കുന്നതിന് കാൽവിൻ ചക്രത്തിലെ ഒന്നാം ഘട്ടമായ CO_2 സ്ഥിരീകരണ പ്രക്രിയയെക്കുറിച്ച് കൂടുതൽ അറിയേണ്ടതുണ്ട്. RuBP യും CO_2 ഉം സംയോജിച്ച് 3 PGA യുടെ 2 തന്മാത്രകളുണ്ടാകുന്ന ഈ രാസപ്രവർത്തനത്തെ ത്വരിതപ്പെടുത്തുന്നത് റുബിസ്കോ (RuBisCO) ആണ്.

$$RuBP + CO_2 \xrightarrow{RuBisCo} 2 \times 3PGA$$

ലോകത്തിൽ ഏറ്റവും കൂടുതലായി കാണപ്പെടുന്ന രാസാഗ്നിയാണ് RuBisCO (എന്താണിതിന് കാരണം?) ഈ രാസാഗ്നിയുടെ സക്രിയ സ്ഥാനത്തിന് (Active site) CO_2 ഉം O_2 നുമായി സംയോജിക്കാൻ കഴിവുള്ളതുകൊണ്ടാണ് ഈ പേര് വന്നത്. ഇത് എങ്ങനെയാണ് സാധ്യമാകുന്നതെന്ന് ചിന്തിച്ചിട്ടുണ്ടോ? CO_2: O_2 അനുപാതം ഏകദേശം തുല്യമായിവരുമ്പോൾ RuBisCO ക്ക് O_2 നേക്കാൾ കൂടുതൽ പ്രതിപത്തി CO_2 നോടാണ്. ഇങ്ങനെയല്ലായിരുന്നുവെങ്കിൽ എന്തു സംഭവിക്കുമായിരുന്നുവെന്ന് സങ്കല്പിച്ച് നോക്കൂ. ഈ ബന്ധനം മത്സരാധിഷ്ഠിതമാണ്.

CO_2 ന്റെയും O_2 ന്റെയും ആപേക്ഷിക ഗാഢതയാണ് റൂബിസ്കോ ആരുമായി പ്രവർത്തിക്കണമെന്ന് തീരുമാനിക്കുന്നത്.

C_3 സസ്യങ്ങളിൽ ഏതാനും O_2 റൂബിസ്കോയുമായി ചേർന്ന് പ്രവർത്തിക്കുന്നതുമൂലം CO_2 സ്ഥിരീകരണം കുറയുന്നു. ഇവിടെ RuBP, PGA യുടെ രണ്ട് തന്മാത്രകളായി മാറ്റപ്പെടുന്നതിനു പകരം ഓക്സിജനുമായി ചേർന്ന് ഫോസ്ഫോഗ്ലിസറേറ്റിന്റെ (Phosphoglycerate) ഒരു തന്മാത്രയും ഫോസ്ഫോഗ്ലൈക്കോലേറ്റിന്റെ (Phospho glycolate - 2 കാർബൺ) ഒരു തന്മാത്രയും ഉണ്ടാകുന്നു. ഈ പാതയെ പ്രകാശശ്വസനം എന്നു പറയുന്നു. പ്രകാശശ്വസനത്തിലൂടെ പഞ്ചസാരയോ ATP യോ നിർമിക്കപ്പെടുന്നില്ല. പകരം ATP ഉപയോഗിച്ച് CO_2 സ്വതന്ത്രമാക്കപ്പെടുന്നു. പ്രകാശശ്വസനം വഴി NADPH യോ ATP യോ ഉണ്ടാകുന്നില്ല. പ്രകാശശ്വസനത്തിന്റെ ജൈവപരമായ ധർമം ഇതുവരെയും തിരിച്ചറിഞ്ഞിട്ടില്ല.

C_4 സസ്യങ്ങളിൽ പ്രകാശശ്വസനം നടക്കുന്നില്ല. ഇത്തരം സസ്യങ്ങളിൽ രാസാഗ്നിയുടെ സക്രിയ സ്ഥാനത്ത് CO_2 ന്റെ ഗാഢത കൂടുവാനുള്ള സംവിധാനമുള്ളതാണ് ഇതിന് കാരണം. മീസോഫിൽ കോശങ്ങളിൽ നിന്ന് വരുന്ന C_4 ആസിഡ് ബണ്ടിൽ ഷീത്ത് കോശങ്ങളിൽ വച്ച് വിഘടിച്ച് CO_2 ഉണ്ടാകുന്നതിനാൽ കോശത്തിനുള്ളിൽ CO_2 ന്റെ ഗാഢത കൂടുന്നു. ഇത് RuBisCO കാർബോക്സിലേസായി പ്രവർത്തിക്കുന്നത് ഉറപ്പാക്കുകയും ഓക്സിജനേസ് പ്രവർത്തനം കുറയ്ക്കുകയും ചെയ്യുന്നു.

C_4 സസ്യങ്ങളിൽ പ്രകാശശ്വസനം നടക്കുന്നില്ല എന്ന് ഇപ്പോൾ വ്യക്തമായി. എന്തുകൊണ്ടാണ് ഇത്തരം സസ്യങ്ങളിൽ ഉത്പാദനക്ഷമതയും വിളവും കൂടുന്നത് എന്ന് ഇതിൽ നിന്നും മനസിലാക്കാവുന്നതാണ്. മാത്രവുമല്ല ഇത്തരം സസ്യങ്ങൾക്ക് ഉയർന്ന താപനില അതിജീവിക്കാനുള്ള ശേഷിയുമുണ്ട്.

ഇതുവരെ മനസ്സിലാക്കിയതിൽ നിന്ന് C_3 പാതയും C_4 പാതയും കാണപ്പെടുന്ന സസ്യങ്ങളെ താരതമ്യം ചെയ്തു നോക്കൂ. തുടർന്ന് നൽകിയ പട്ടിക 13.1 നിരീക്ഷിച്ച് പൂർത്തീകരിക്കൂ.

പട്ടിക 13.1 C_3 സസ്യങ്ങളും C_4 സസ്യങ്ങളും തമ്മിലുള്ള വ്യത്യാസങ്ങൾ കണ്ടെത്തുന്നതിനായി പട്ടികയിലെ 2, 3 കോളങ്ങൾ പൂരിപ്പിക്കുക.

സവിശേഷതകൾ	C_3 സസ്യങ്ങൾ	C_4 സസ്യങ്ങൾ	തിരഞ്ഞെടുക്കാനുള്ളവ
കാൽവിൻ ചക്രം നടക്കുന്ന കോശം			മിസോഫിൽ/ബൻഡിൽ ഷീത്ത്/രണ്ടിലും
പ്രാഥമിക കാർബോക്സിലേഷൻ നടക്കുന്ന കോശം			മിസോഫിൽ/ബൻഡിൽ ഷീത്ത്/രണ്ടിലും
CO_2 സ്ഥിരീകരിക്കുന്ന എത്ര തരം കോശങ്ങൾ ഇലയിൽ കാണപ്പെടുന്നു?			രണ്ട്: ബൻഡിൽ ഷീത്തും മിസോഫില്ലും ഒന്ന്: മിസോഫിൽ മൂന്ന്: ബൻഡിൽഷീത്ത്, പാലിസേഡ്, സ്പോഞ്ചി മിസോഫിൽ
CO_2 ന്റെ പ്രാഥമിക സ്വീകർത്താവ് ഏതാണ്?			RUBP/PEP/PGA
പ്രാഥമിക CO_2 സ്വീകർത്താവിലെ കാർബണിന്റെ എണ്ണം			5 / 4 / 3
പ്രാഥമിക CO_2 സ്ഥിരീകരണത്തിന്റെ ഉൽപ്പന്നം			PGA/OAA/RuBP/PEP
പ്രാഥമിക CO_2 സ്ഥിരീകരണ ഉൽപ്പന്നത്തിലെ കാർബണിന്റെ എണ്ണം			3 / 4 / 5
സസ്യത്തിൽ റുബിസ്കോ ഉണ്ടോ?			ഉണ്ട്/ഇല്ല/എല്ലായ്പ്പോഴും ഇല്ല
സസ്യത്തിൽ PEP case കാണപ്പെടുന്നുണ്ടോ?			ഉണ്ട്/ഇല്ല/എല്ലായ്പ്പോഴും ഇല്ല
സസ്യത്തിന്റെ ഏത് കോശങ്ങളിലാണ് റുബിസ്കോ കാണപ്പെടുന്നത്?			മിസോഫിൽ/ബൻഡിൽഷീത്ത്/ഒന്നിലുമല്ല
പ്രകാശതീവ്രത കൂടുതലുള്ള സാഹചര്യങ്ങളിൽ CO_2 സ്ഥിരീകരണത്തിന്റെ നിരക്ക്			കുറവ്/കൂടുതൽ/സാധാരണ രീതിയിൽ
കുറഞ്ഞ പ്രകാശതീവ്രതയിൽ പ്രകാശശ്വസനം നടക്കുന്നുണ്ടോ?			കൂടുതൽ/കുറവ്/ചിലപ്പോൾ
കൂടിയ പ്രകാശതീവ്രതയിൽ പ്രകാശശ്വസനം നടക്കുന്നുണ്ടോ?			കൂടുതൽ/കുറവ്/ചിലപ്പോൾ
CO_2 ന്റെ ഗാഢത കുറവുള്ളപ്പോൾ പ്രകാശശ്വസനം നടക്കുന്നുണ്ടോ?			കൂടുതൽ/കുറവ്/ചിലപ്പോൾ
CO_2 ന്റെ ഗാഢത കൂടുതലുള്ളപ്പോൾ പ്രകാശശ്വസനം നടക്കുന്നുണ്ടോ?			കൂടുതൽ/കുറവ്/ചിലപ്പോൾ
പരമാവധി താപനില			30-40 C/20-25C/40 C ൽ കൂടുതൽ
ഉദാഹരണങ്ങൾ			വിവിധതരം സസ്യങ്ങളിലെ ഇലകളുടെ കുറുകെയുള്ള ഛേദം എടുത്ത് മൈക്രോസ്കോപ്പിലൂടെ ക്രാൻസ് അനാട്ടമി നിരീക്ഷിച്ച് അതാത് കോളങ്ങളിൽ എഴുതുക.

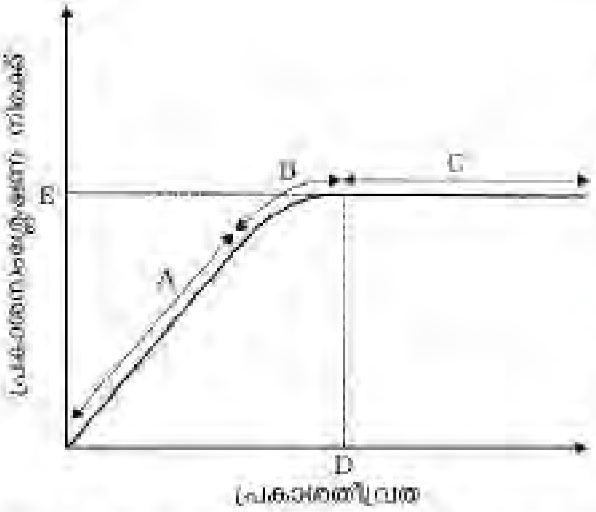
13.10 പ്രകാശസംശ്ലേഷണത്തെ സ്വാധീനിക്കുന്ന ഘടകങ്ങൾ

പ്രകാശസംശ്ലേഷണത്തെ സ്വാധീനിക്കുന്ന ഘടകങ്ങളെ കുറിച്ച് അറിഞ്ഞിരിക്കേണ്ടത് അത്യാവശ്യമാണ്. വിളകളുൾപ്പെടെയുള്ള സസ്യങ്ങളുടെ ഉത്പാദനം നിർണയിക്കുന്നതിൽ പ്രകാശസംശ്ലേഷണനിരക്കിന് വളരെയധികം പ്രാധാന്യമുണ്ട്. പ്രകാശസംശ്ലേഷണത്തെ ആന്തരികവും (സസ്യ ഘടകങ്ങൾ) ബാഹ്യവുമായ നിരവധി ഘടകങ്ങൾ സ്വാധീനിക്കുന്നു. ഇലകളുടെ എണ്ണം, വലുപ്പം, പ്രായം, ക്രമീകരണം, മീസോഫിൽ കോശങ്ങളും ഹരിതകണങ്ങളും, ആന്തരിക CO_2 ന്റെ സാന്ദ്രത, ഹരിതകത്തിന്റെ അളവ് എന്നിവയാണ് ആന്തരിക ഘടകങ്ങൾ. ഇവ സസ്യത്തിന്റെ വളർച്ച, ജനിതക ഘടന എന്നിവയെ ആശ്രയിച്ചിരിക്കുന്നു.

സൂര്യപ്രകാശത്തിന്റെ ലഭ്യത, താപനില, CO_2 ന്റെ സാന്ദ്രത, ജലം എന്നിവയാണ് ബാഹ്യ ഘടകങ്ങൾ. സസ്യങ്ങൾ പ്രകാശസംശ്ലേഷണം നടത്തുമ്പോൾ ഈ ഘടകങ്ങളെല്ലാം ഒരേസമയം പ്രകാശസംശ്ലേഷണത്തിന്റെ നിരക്കിനെ സ്വാധീനിക്കും. പ്രകാശസംശ്ലേഷണത്തെ (CO_2 സ്ഥിരീകരണത്തെ) നിരവധി ഘടകങ്ങൾ ഒരേ സമയം സ്വാധീനിക്കുമെങ്കിലും പ്രധാനമായും ഒരു ഘടകമായിരിക്കും നിരക്കിനെ ബാധിക്കുന്നത്. അതായത് സാധാരണയിലും കുറഞ്ഞ അളവിൽ ലഭ്യമാകുന്ന ഘടകമായിരിക്കും ഏതൊരു സമയത്തും നിരക്കിനെ ബാധിക്കുന്നത്.

ഏതൊരു ജൈവരാസ പ്രക്രിയയെയും നിരവധി ഘടകങ്ങൾ സ്വാധീനിക്കുമ്പോൾ പ്രാവർത്തികമാകുന്ന നിയമമാണ് ബ്ലാക്മാന്റെ (1905) **നിയന്ത്രണ ഘടകങ്ങളുടെ നിയമം (Blackman's Law of Limiting Factors)**. ഇത് ചുവടെ നൽകിയിരിക്കുന്നു.

ഒരു രാസ പ്രക്രിയയെ ഒന്നിൽ കൂടുതൽ ഘടകങ്ങൾ സ്വാധീനിക്കുമ്പോൾ അതിന്റെ നിരക്കിനെ നിർണയിക്കുന്നത് വളരെ കുറഞ്ഞ അളവിലുള്ള ഘടകമായിരിക്കും. ഈ ഘടകത്തിന്റെ അളവിൽ മാറ്റം വരുമ്പോൾ അത് പ്രക്രിയയെ നേരിട്ട് ബാധിക്കുന്നു.



ചിത്രം 13.10 പ്രകാശസംശ്ലേഷണ നിരക്കിൽ പ്രകാശതീവ്രതയുടെ സ്വാധീനം വ്യക്തമാക്കുന്ന ഗ്രാഫ്

ഉദാഹരണമായി പച്ച ഇലയുടെ സാന്നിധ്യം, ആവശ്യത്തിന് പ്രകാശം, CO_2 എന്നിവ ലഭ്യമാണെങ്കിലും, താപനില കുറവായാൽ സസ്യം പ്രകാശസംശ്ലേഷണം നടത്തുകയില്ല. ഈ ഇലയ്ക്ക് സാധാരണ താപനില ലഭ്യമാകുകയാണെങ്കിൽ പ്രകാശസംശ്ലേഷണം ആരംഭിക്കും.

13.10.1 പ്രകാശം

പ്രകാശസംശ്ലേഷണത്തെ സ്വാധീനിക്കുന്ന ഒരു ഘടകം എന്ന നിലയ്ക്ക് പ്രകാശത്തെക്കുറിച്ച് ചർച്ച ചെയ്യുമ്പോൾ പ്രകാശനിലവാരം, പ്രകാശ തീവ്രത, പ്രകാശം ലഭിക്കുന്ന സമയ ദൈർഘ്യം എന്നിവ പരിഗണിക്കേണ്ടതുണ്ട്. കുറഞ്ഞ പ്രകാശ തീവ്രതയിലെ CO_2 സ്ഥിരീകരണവും പതന പ്രകാശവും തമ്മിൽ രേഖീയമായിലുള്ള (Linear relationship) ബന്ധമാണുള്ളത്. മറ്റുള്ള ഘടക

ങ്ങളുടെ ലഭ്യതയിൽ പരിമിതിയുണ്ടെങ്കിൽ കൂടിയ പ്രകാശ തീവ്രതയിൽ CO_2 സ്ഥിരീകരണ നിരക്കിൽ ക്രമാനുഗതമായ വർധനവ് കാണുന്നില്ല (ചിത്രം 13.10). ആകെ സൂര്യപ്രകാശത്തിന്റെ 10 ശതമാനത്തിൽ തന്നെ പ്രകാശപൂരിത അവസ്ഥയിലേക്ക് എത്തിച്ചേരുന്നു എന്നത് സ്വാഭാവികമാണ്. അതിനാൽ തണലിൽ വളരുന്ന സസ്യങ്ങൾക്കും നിബിഡവനങ്ങൾക്കും ഒഴികെ പ്രകൃതിയിൽ പ്രകാശം ഒരു നിയന്ത്രണ ഘടകമായി മാറുന്നത് വിരളമാണ്. പതനപ്രകാശത്തിന്റെ വർധനവ് ഒരു പരിധിയിൽ കൂടുകയാണെങ്കിൽ ഹരിതകം വിഘടിക്കുകയും പ്രകാശസംശ്ലേഷണത്തിൽ കുറവുണ്ടാകുകയും ചെയ്യുന്നു.

13.10.2 കാർബൺ ഡൈഓക്സൈഡിന്റെ ഗാഢത

പ്രകാശസംശ്ലേഷണത്തെ നിയന്ത്രിക്കുന്ന ഒരു പ്രധാനഘടകമാണ് CO_2. അന്തരീക്ഷത്തിൽ CO_2 ന്റെ അളവ് വളരെ കുറവാണ് (0.03 നും 0.04 ശതമാനത്തിനും ഇടയിൽ). 0.05 ശതമാനം വരെയുള്ള വർധനവ് CO_2 സ്ഥിരീകരണ നിരക്ക് വർധിപ്പിക്കുന്നു, എന്നാൽ ഇതിലും വലിയ വർധനവ് ദീർഘകാലയളവിൽ നാശങ്ങൾ സൃഷ്ടിക്കാം.

C_3 സസ്യങ്ങളും C_4 സസ്യങ്ങളും വ്യത്യസ്ത രീതിയിലാണ് CO_2 ഗാഢതയോട് പ്രതികരിക്കുന്നത്. പ്രകാശം കുറഞ്ഞ സാഹചര്യങ്ങളിൽ രണ്ട് വിഭാഗം സസ്യങ്ങളും ഉയർന്ന CO_2 ഗാഢതയോട് പ്രതികരിക്കുന്നില്ല. ഉയർന്ന പ്രകാശ തീവ്രതയിൽ C_3 സസ്യങ്ങളിലും C_4 സസ്യങ്ങളിലും പ്രകാശസംശ്ലേഷണ നിരക്ക് വർധിക്കുന്നു. C_4 സസ്യങ്ങൾ ഏകദേശം $360\ \mu lL^{-1}$ ൽ തന്നെ പൂരിതാവസ്ഥയിലെത്തുന്നു. എന്നാൽ C_3 സസ്യങ്ങൾ CO_2 ന്റെ കൂടിയ ഗാഢതയോട് പ്രതികരിക്കുകയും ഏകദേശം $450\ \mu lL^{-1}$ കഴിയുമ്പോൾ മാത്രമേ പൂരിതാവസ്ഥയിലെത്തുകയുമുള്ളൂ. അതിനാൽ C_3 സസ്യങ്ങളിൽ നിലവിലുള്ള CO_2 ന്റെ ലഭ്യത ഒരു നിയന്ത്രണഘടകമാണ്.

C_3 സസ്യങ്ങൾ ഉയർന്ന തോതിലുള്ള CO_2 ഗാഢതയോട് പ്രതികരിച്ച് ഉയർന്ന നിരക്കിൽ പ്രകാശസംശ്ലേഷണം നടത്തുന്നത് കൂടിയ ഉൽപ്പാദനക്ഷമതയിലേക്ക് നയിക്കുന്നു. ഈ വസ്തുത ഹരിതഗൃഹവിളകളായ തക്കാളി, കാപ്സിക്കം (Bell pepper) എന്നിവയുടെ ഉൽപ്പാദനത്തിൽ ഉപയോഗപ്പെടുത്തുന്നു. ഇവയെ CO_2 സമ്പന്നമായ അന്തരീക്ഷത്തിൽ വളരാനനുവദിക്കുന്നതുവഴി ഉൽപ്പാദനക്ഷമത വർധിപ്പിക്കാം.

13.10.3 താപനില

ഇരുണ്ടഘട്ടം രാസാഗ്നികളുടെ സഹായത്താൽ നടക്കുന്നതിനാൽ താപനില ഒരു നിയന്ത്രണഘടകമാണ്. പ്രകാശഘട്ടവും താപനിലയെ അടിസ്ഥാനമാക്കിയാണ് നടക്കുന്നതെങ്കിലും കുറഞ്ഞ തോതിൽ മാത്രമേ ബാധിക്കുന്നുള്ളൂ. C_4 സസ്യങ്ങളിൽ ഉയർന്ന താപനിലയിൽ പ്രകാശസംശ്ലേഷണ നിരക്ക് കൂടുതലാണ്. എന്നാൽ C_3 സസ്യങ്ങളിലെ ഏറ്റവും അനുകൂലതാപനില താഴ്ന്നതാണ്.

വ്യത്യസ്ത സസ്യങ്ങളിൽ പ്രകാശസംശ്ലേഷണം നടക്കുന്ന ഏറ്റവും അനുകൂല

താപനില അവയുടെ ആവാസം, അനുകൂലനങ്ങൾ എന്നിവയുമായി ബന്ധപ്പെട്ടിരിക്കുന്നു. മിതോഷ്ണമേഖലയിലെ സസ്യങ്ങളെക്കാൾ ഉയർന്ന പരമാവധി താപനിലയാണ് ഉഷ്ണമേഖലാ സസ്യങ്ങൾക്കുള്ളത്.

13.10.3 ജലം

പ്രകാശഘട്ടത്തിൽ പങ്കെടുക്കുന്ന ഒരു അഭികാരകമാണ് ജലമെങ്കിലും ഇത് ഒരു ഘടകമെന്ന നിലയിൽ നേരിട്ട് പ്രകാശസംശ്ലേഷണത്തെ സ്വാധീനിക്കാതെ സസ്യത്തെ വളരെയധികം സ്വാധീനിക്കുന്നു. ജല ദൗർലഭ്യം ആസ്യരന്ധ്രം അടയുന്നതിന് കാരണമാവുകയും തൽഫലമായി CO_2 ന്റെ ലഭ്യത കുറയ്ക്കുകയും ചെയ്യുന്നു. മാത്രവുമല്ല ജല ദൗർലഭ്യം മൂലം ഇലകൾ വാടുന്നത് ഇലയുടെ പ്രതല വിസ്തീർണം കുറയ്ക്കുകയും ഉപാപചയ പ്രവർത്തനങ്ങളെ ബാധിക്കുകയും ചെയ്യുന്നു.

സംഗ്രഹം

ഹരിതസസ്യങ്ങൾ പ്രകാശസംശ്ലേഷണത്തിലൂടെ സ്വന്തം ആഹാരം നിർമിക്കുന്നു. ഈ പ്രക്രിയയിൽ അന്തരീക്ഷത്തിലെ കാർബൺ ഡൈഓക്സൈഡ് ഇലകളിലെ ആസ്യരന്ധ്രങ്ങളിലൂടെ സ്വീകരിച്ച് കാർബോഹൈഡ്രേറ്റുകൾ, പ്രധാനമായും ഗ്ലൂക്കോസും സ്റ്റാർച്ചും (അന്നജവും) നിർമിക്കാൻ ഉപയോഗിക്കുന്നു. സസ്യങ്ങളുടെ പച്ചനിറത്തിലുള്ള ഭാഗങ്ങളിൽ (പ്രധാനമായും ഇലകളിലാണ്) മാത്രമാണ് പ്രകാശസംശ്ലേഷണം നടക്കുന്നത്. ഇലകളുടെ ഉള്ളിലെ മീസോഫിൽ കോശങ്ങളിൽ ധാരാളമായി കാണപ്പെടുന്ന ഹരിതകണങ്ങളിലാണ് CO_2 സ്ഥിരീകരണം നടത്തുന്നത്. ഹരിതകണത്തിനുള്ളിലെ സ്തരങ്ങളിലാണ് പ്രകാശഘട്ടം നടക്കുന്നത്. എന്നാൽ രാസസംശ്ലേഷണ പ്രക്രിയ നടക്കുന്നത് സ്ട്രോമയിലാണ്. പ്രകാശസംശ്ലേഷണത്തിന് പ്രകാശഘട്ടം, കാർബൺ സ്ഥിരീകരണ രാസപ്രവർത്തനങ്ങൾ എന്നിങ്ങനെ രണ്ട് ഘട്ടങ്ങളുണ്ട്. പ്രകാശഘട്ടത്തിൽ ആന്റിനയിലുള്ള വർണകങ്ങൾ പ്രകാശോർജം ആഗിരണം ചെയ്യുകയും ഇതിനെ പ്രവർത്തനകേന്ദ്രം (റിയാക്ഷൻ സെന്റർ) എന്നറിയപ്പെടുന്ന സവിശേഷ ക്ലോറോഫിൽ a തന്മാത്രകളിലേക്ക് കൈമാറ്റം നടത്തുകയും ചെയ്യുന്നു. PSI, PSII എന്നിങ്ങനെ രണ്ട് ഫോട്ടോസിസ്റ്റം കാണപ്പെടുന്നു. PSI ന് 700nm ആഗിരണം ചെയ്യാൻ കഴിവുള്ള ഹരിതകം a P700 തന്മാത്രയാണ് പ്രവർത്തനകേന്ദ്രമായിട്ടുള്ളത്. എന്നാൽ PSII ലെ പ്രവർത്തനകേന്ദ്രം 680nm ലെ ചുവന്ന പ്രകാശം ആഗിരണം ചെയ്യാൻ കഴിവുള്ള P680 ആണ്. പ്രകാശം ആഗിരണം ചെയ്ത് കഴിയുമ്പോൾ ഇലക്ട്രോണുകൾ ഉത്തേജിക്കപ്പെടുകയും PSII ൽ നിന്നും PSI ലേക്കും തുടർന്ന് NADP ക്കും കൈമാറ്റം ചെയ്ത് NADPH ഉണ്ടാകുകയും ചെയ്യുന്നു. ഈ പ്രക്രിയ നടക്കുമ്പോൾ തൈലക്കോയ്ഡ് സ്തരത്തിന്റെ ഇരുവശത്തുമായി പ്രോട്ടോണുകളുടെ ഗാഢതാവ്യതിയാനം സംജാതമാകുന്നു. ATPase എൻസൈമിന്റെ Fo ഭാഗത്ത് കൂടി പ്രോട്ടോണുകൾ നീങ്ങുമ്പോൾ ഈ ഗാഢതാവ്യതിയാനം ഇല്ലാതാകുകയും ATP നിർമാണത്തിനാവശ്യമായ ഊർജം സ്വതന്ത്രമാക്കപ്പെടുകയും ചെയ്യുന്നു. PSII മായി ബന്ധപ്പെട്ടാണ് ജലത്തിന്റെ വിഘടനം നടക്കുന്നത്. തൽഫലമായി ഓക്സിജൻ, പ്രോട്ടോണുകൾ എന്നിവ സ്വതന്ത്രമാക്കപ്പെടുന്നു. ഇലക്ട്രോണുകളെ PSII ന് കൈമാറുന്നു.

കാർബൺ സ്ഥിരീകരണ ചക്രത്തിൽ CO_2 നെ റുബിസ്കോ എന്ന രാസാഗ്നി അഞ്ച് കാർബൺ സംയുക്തമായ RuBP യുമായി ചേർത്ത് 3 കാർബൺ സംയുക്തമായ PGA യുടെ രണ്ട് തന്മാത്രകളായി മാറ്റുന്നു. കാൽവിൻ ചക്രം തുടർന്ന് നടക്കുന്നതിന്റെ ഫലമായി PGA പഞ്ചസാരയായി

(sugar) ആകുന്നു. കൂടാതെ **RuBP** യും പുനരുൽപാദിപ്പിക്കപ്പെടുന്നു. ഈ പ്രക്രിയയിൽ പ്രകാശഘട്ടത്തിൽ നിർമിച്ച **ATP** യും **NADPH** ഉം ഉപയോഗിക്കുന്നു. C_3 സസ്യങ്ങളിൽ ഉപയോഗമില്ലാത്ത ഒരു ഓക്സിജനേഷൻ പ്രക്രിയയായ പ്രകാശശ്വസനവും റുബിസ്കോ ത്വരിതപ്പെടുത്തുന്നു.

ഉഷ്ണമേഖലാ പ്രദേശങ്ങളിലെ ചില സസ്യങ്ങളിൽ കാണപ്പെടുന്ന സവിശേഷതരത്തിലുള്ള പ്രകാശസംശ്ലേഷണമാണ് C_4 പാത. ഇത്തരം സസ്യങ്ങളിൽ മീസോഫിൽ കോശങ്ങളിൽ വച്ച് നടക്കുന്ന CO_2 സ്ഥിരീകരണത്തിന്റെ ആദ്യ ഉൽപന്നം ഒരു 4 കാർബൺ സംയുക്തമാണ്. ഈ സസ്യങ്ങളിൽ കാർബോഹൈഡ്രേറ്റിന്റെ സംശ്ലേഷണത്തിനായുള്ള കാൽവിൻ പാത നടക്കുന്നത് ബണ്ടിൽ ഷീത്ത് കോശങ്ങളിലാണ്.

പരിശീലന പ്രവർത്തനങ്ങൾ

1. ഒരു സസ്യത്തിന്റെ ബാഹ്യഭാഗങ്ങൾ നിരീക്ഷിച്ച് ആ സസ്യം C_3 ആണോ C_4 ആണോ എന്ന് പറയാൻ കഴിയുമോ? എന്തുകൊണ്ട്?
2. ഒരു സസ്യത്തിന്റെ ആന്തരികഘടന നിരീക്ഷിച്ച് ആ സസ്യം C_3 ആണോ C_4 ആണോ എന്ന് പറയാൻ കഴിയുമോ? വിശദമാക്കുക.
3. C_4 സസ്യങ്ങളുടെ വളരെക്കുറച്ച് കോശങ്ങളിൽ മാത്രമാണ് ജൈവസംശ്ലേഷണ പ്രക്രിയയായ കാൽവിൻ പാത നടക്കുന്നത്. എങ്കിലും അവയിലെ ഉൽപാദനക്ഷമത വളരെ കൂടുതലാണ്. എന്ത് കൊണ്ടാണെന്ന് പറയാമോ?
4. കാർബോക്സിലേസായും ഓക്സിജനേസായും പ്രവർത്തിക്കാൻ കഴിയുന്ന ഒരു രാസാഗ്നിയാണ് റുബിസ്കോ. എന്തുകൊണ്ടാണ് C_4 സസ്യങ്ങളിൽ റുബിസ്കോ കൂടുതലായി കാർബോക്സിലേഷൻ നടത്തുന്നത്?
5. ഹരിതകം **b** വളരെ കൂടുതലായി കാണപ്പെടുന്നതും ഹരിതകം **a** ഇല്ലാത്തതുമായ ചില സസ്യങ്ങളുണ്ട് എന്ന് കരുതുക. ഇവയ്ക്ക് പ്രകാശസംശ്ലേഷണം നടത്താൻ കഴിയുമോ? എന്തിന് വേണ്ടിയാണ് സസ്യങ്ങളിൽ ഹരിതകം **b** യും മറ്റു സഹായകവർണകങ്ങളും കാണപ്പെടുന്നത്?
6. എന്തുകൊണ്ടാണ് ഇരുട്ടിൽ വച്ചിരുന്ന ഒരു ഇലയുടെ നിറം മഞ്ഞയോ ഇളം പച്ചയോ ആയി മാറുന്നത്? ഏത് വർണകത്തിനാണ് കൂടുതൽ സ്ഥിരത ഉള്ളത്?
7. ഒരു സസ്യത്തിൽ തണലിൽ നിൽക്കുന്ന ഇലകളും സൂര്യപ്രകാശത്തിൽ നിൽക്കുന്ന ഇലകളും നിരീക്ഷിക്കുക. അല്ലെങ്കിൽ വെയിലത്തും തണലത്തും വച്ചിരിക്കുന്ന ചെടിച്ചട്ടികളിൽ നിൽക്കുന്ന സസ്യങ്ങളുടെ ഇലകൾ താരതമ്യം ചെയ്യുക. ഏത് ഇലകളിലാണ് ഇരുണ്ട പച്ചനിറം ഉള്ളത്? എന്തുകൊണ്ട്?
8. പ്രകാശസംശ്ലേഷണ നിരക്കിനെ പ്രകാശം എങ്ങനെ ബാധിക്കുന്നുവെന്ന് ചിത്രം 13.10 സൂചിപ്പിക്കുന്നു. ഗ്രാഫിനെ അടിസ്ഥാനമാക്കി ചുവടെ നൽകിയിരിക്കുന്ന ചോദ്യങ്ങൾക്ക് ഉത്തരം എഴുതുക.
   a. ഗ്രാഫിന്റെ ഏത് പോയിന്റ്/പോയിന്റുകളിൽ (**A,B** അല്ലെങ്കിൽ **C**) ആണ് പ്രകാശം നിയന്ത്രണ ഘടകമാകുന്നത്?
   b. സ്ഥാനം **A** യിലെ നിയന്ത്രണഘടകം/ഘടകങ്ങൾ ഏത്?
   c. ഗ്രാഫിൽ **C,D** എന്നിവ എന്തിനെ സൂചിപ്പിക്കുന്നു.
9. ചുവടെ നൽകിയിരിക്കുന്നവ താരതമ്യം ചെയ്യുക.
   a. C_3 പാതയും C_4 പാതയും
   b. സൈക്ലിക്, നോൺ- സൈക്ലിക് ഫോട്ടോ ഫോസ്ഫോറിലേഷൻ
   c. C_3 സസ്യങ്ങളിലെയും C_4 സസ്യങ്ങളിലെയും ഇലയുടെ ആന്തരഘടന

U1Y2T2

അധ്യായം 14

ശ്വസനം സസ്യങ്ങളിൽ
(RESPIRATION IN PLANTS)

14.1 സസ്യങ്ങൾ ശ്വസിക്കുമോ?

14.2 ഗ്ലൈക്കോളിസിസ്

14.3 ഫെർമന്റേഷൻ

14.4 വായുശ്വസനം

14.5 ശ്വസനത്തിന്റെ ബാലൻസ്ഷീറ്റ്

14.6 ആംഫിബോളിക് പാത

14.7 ശ്വസനാനുപാതം

ജീവിക്കുവാനായി നമ്മൾ ശ്വസിക്കുന്നു. എന്തുകൊണ്ടാണ് ജീവൻ നിലനിർത്താൻ ശ്വസനം വളരെയധികം അത്യാവശ്യമായിത്തീരുന്നത്? നമ്മൾ ശ്വസിക്കുമ്പോൾ എന്താണ് സംഭവിക്കുന്നത്? സൂക്ഷ്മജീവികളും സസ്യങ്ങളും ഉൾപ്പെടെ എല്ലാ ജീവികളും ശ്വസിക്കുന്നുണ്ടോ? ഉണ്ടെങ്കിൽ എങ്ങനെയാണ്?

എല്ലാ ജീവികളുടെയും ദൈനംദിന ജീവൽപ്രവർത്തനങ്ങളായ ആഗിരണം, സംവഹനം, ചലനം, പ്രത്യുൽപ്പാദനം കൂടാതെ ശ്വാസോച്ഛ്വാസം എന്നിവയ്ക്ക് ഊർജം ആവശ്യമാണ്. എവിടെ നിന്നാണ് ഈ ഊർജമെല്ലാം ലഭ്യമാകുന്നത്? ഊർജത്തിനു വേണ്ടിയാണ് നാം ആഹാരം കഴിക്കുന്നതെന്ന് നമുക്ക് അറിയാം. എന്നാൽ എങ്ങനെയാണ് ആഹാരത്തിൽ നിന്ന് ഊർജം ലഭ്യമാകുന്നത്? എങ്ങനെയാണ് ഈ ഊർജം ഉപയോഗപ്പെടുത്തുന്നത്? എല്ലാ ആഹാരവസ്തുക്കളും ഒരേ അളവിലുള്ള ഊർജമാണോ പ്രദാനം ചെയ്യുന്നത്? സസ്യങ്ങൾ ആഹാരം 'കഴിക്കാറുണ്ടോ'? എവിടെ നിന്നാണ് അവയ്ക്ക് ഊർജം ലഭിക്കുന്നത്? ഊർജാവശ്യത്തിനായി സൂക്ഷ്മജീവികൾ 'ആഹാരം' കഴിക്കുന്നുണ്ടോ?

മുകളിൽ ഉന്നയിച്ച നിരവധി ചോദ്യങ്ങൾ നിങ്ങളെ അത്ഭുതപ്പെടുത്തുന്നുണ്ടാകും. അവ തമ്മിൽ ബന്ധമില്ലാത്തതായും തോന്നാം. എന്നാൽ ആഹാരത്തിലെ ഊർജം സ്വതന്ത്രമാക്കുന്ന പ്രക്രിയയും ശ്വസന പ്രക്രിയയും തമ്മിൽ വളരെയധികം ബന്ധപ്പെട്ടിരിക്കുന്നു എന്നതാണ് യാഥാർഥ്യം. ഇത് എങ്ങനെയാണ് നടക്കുന്നതെന്ന് നോക്കാം.

'ആഹാരം' എന്ന് നമ്മൾ വിളിക്കുന്ന ചില സ്ഥൂലതന്മാത്രകൾക്ക് ഓക്സീകരണം സംഭവിച്ചാണ് 'ജീവൽ' പ്രവർത്തനങ്ങൾക്കാവശ്യമായ ഊർജം ലഭ്യമാകുന്നത്. ഹരിതസസ്യങ്ങൾക്കും സയനോബാക്ടീരിയകൾക്കും മാത്രമാണ് സ്വയം ആഹാരം നിർമിക്കാൻ കഴിയുന്നത്; ഇവ പ്രകാശസംശ്ലേഷണത്തിലൂടെ പ്രകാശോർജത്തെ ആഗിരണം ചെയ്ത് രാസോർജമാക്കി മാറ്റുകയും ഗ്ലൂക്കോസ്, സുക്രോസ്, അന്നജം തുടങ്ങിയ ധാന്യകങ്ങളിലെ രാസബന്ധനങ്ങളിൽ സംഭരിക്കുകയും ചെയ്യുന്നു. ഹരിതസസ്യങ്ങളിലെ എല്ലാ കോശങ്ങളും, കലകളും, അവയവങ്ങളും പ്രകാശസംശ്ലേഷണം നടത്തുന്നില്ല എന്നത് ഓർക്കേണ്ടതാണ്.

സാധാരണയായി ഉപരിതലപാളികളിൽ കാണുന്ന ഹരിതകണങ്ങൾ ഉള്ള കോശങ്ങൾ മാത്രമാണ് പ്രകാശസംശ്ലേഷണം നടത്തുന്നത്. അതിനാൽ ഹരിതസസ്യങ്ങളിൽ പോലും ഹരിതനിറം ഇല്ലാത്ത മറ്റ് ഭാഗങ്ങൾ, കലകൾ, കോശങ്ങൾ എന്നിവയ്ക്ക് ഓക്സീകരണത്തിനായി ആഹാരം ആവശ്യമാണ്. അതുകൊണ്ട് ഹരിതകം ഇല്ലാത്ത എല്ലാ ഭാഗങ്ങളിലേക്കും ആഹാരം സംവഹനം ചെയ്യപ്പെടേണ്ടതുണ്ട്. പരപോഷികളായ ജന്തുക്കൾക്ക് സസ്യങ്ങളിൽ നിന്ന് പ്രത്യക്ഷമായോ (സസ്യഭുക്കുകൾ - Herbivores) പരോക്ഷമായോ (മാംസഭുക്കുകൾ - Carnivores) ആഹാരം ലഭ്യമാകുന്നു. ശവോപജീവികളായ (Saprophytes) ഫംഗസുകൾ ആഹാരത്തിനായി മൃതാവശിഷ്ടങ്ങളെ ആശ്രയിക്കുന്നു. അതായത്, ജീവൽപ്രവർത്തനങ്ങൾക്കാവശ്യമായ ആഹാരം ആത്യന്തികമായി ലഭിക്കുന്നത് പ്രകാശസംശ്ലേഷണത്തിൽ നിന്നുമാണ് എന്നതാണ് വസ്തുത. ആഹാര പദാർഥങ്ങൾക്ക് കോശങ്ങളിൽ വച്ച് വിഘടനം സംഭവിച്ച് ഊർജം സ്വതന്ത്രമാകുകയും ഈ ഊർജം ATP യുടെ നിർമാണത്തിന് ഉപയോഗപ്പെടുത്തുകയും ചെയ്യുന്ന പ്രക്രിയയാണ് **കോശശ്വസനം (Cellular respiration)** അഥവാ ആഹാരപദാർഥങ്ങളുടെ വിഘടന സംവിധാനം. അതിനെക്കുറിച്ചാണ് ഈ അധ്യായത്തിൽ പ്രതിപാദിക്കുന്നത്.

പ്രകാശസംശ്ലേഷണം പ്രധാനമായും നടക്കുന്നത് ഹരിതകണങ്ങളിലാണ് (യൂക്കാരിയോട്ടുകളിൽ). എന്നാൽ സങ്കീർണ തന്മാത്രകളുടെ വിഘടനം വഴി ഊർജം സ്വതന്ത്രമാക്കപ്പെടുന്ന പ്രക്രിയ നടക്കുന്നത് കോശദ്രവ്യത്തിലും മൈറ്റോകോൺഡ്രിയയിലും ആണ് (ഇതും യൂക്കാരിയോട്ടുകളിൽ മാത്രം). കോശങ്ങളിൽ വച്ച് സങ്കീർണസംയുക്തങ്ങൾക്ക് ഓക്സീകരണം നടന്ന് C-C ബന്ധനങ്ങൾ വിഘടിച്ച് കൂടിയ അളവിൽ ഊർജം സ്വതന്ത്രമാകുന്ന പ്രക്രിയയെ ശ്വസനം **(Respiration)** എന്നു പറയുന്നു. ഈ പ്രക്രിയയിൽ ഓക്സീകരണം നടക്കുന്ന സംയുക്തങ്ങളെ **ശ്വസന അധികാരകങ്ങൾ (Respiratory substrates)** എന്നു പറയുന്നു. സാധാരണയായി ധാന്യകങ്ങളുടെ ഓക്സീകരണത്തിലൂടെയാണ് ഊർജം സ്വതന്ത്രമാക്കപ്പെടുന്നത്. എന്നാൽ ചില സസ്യങ്ങൾക്ക് പ്രത്യേക സാഹചര്യങ്ങളിൽ മാംസ്യം, കൊഴുപ്പ്, ചില ഓർഗാനിക് ആസിഡുകൾ എന്നിവയും ശ്വസന അധികാരകങ്ങളായി ഉപയോഗിക്കാൻ കഴിയും. ഒരു കോശത്തിനുള്ളിൽ ഓക്സീകരണം നടക്കുമ്പോൾ ശ്വസന അധികാരകങ്ങളിലുള്ള എല്ലാ ഊർജവും ഒറ്റ ഘട്ടത്തിൽ കോശത്തിനുള്ളിലേക്ക് സ്വതന്ത്രമാക്കപ്പെടുന്നില്ല. രാസാഗ്നികളുടെ നിയന്ത്രണത്താൽ ഘട്ടം ഘട്ടമായി സാവധാനം നടക്കുന്ന രാസപ്രവർത്തനങ്ങളുടെ ശ്രേണിയിലൂടെയാണ് ഊർജം സ്വതന്ത്രമാക്കപ്പെടുന്നത്. ഈ ഊർജത്തെ ATP യുടെ രൂപത്തിൽ രാസോർജമാക്കി സംഭരിക്കുന്നു. ശ്വസനത്തിൽ ഓക്സീകരണത്തിന്റെ ഫലമായുണ്ടാകുന്ന ഊർജം നേരിട്ട് ഉപയോഗിക്കപ്പെടുന്നില്ല. പകരം ATP നിർമാണത്തിനായി ഉപയോഗിക്കുന്നു. ഊർജം ആവശ്യമുള്ള സ്ഥലത്തും സമയത്തും ATP വിഘടിപ്പിച്ച് ഊർജം സ്വതന്ത്രമാക്കുന്നു. അതിനാൽ ATP, കോശത്തിന്റെ ഊർജനാണയം (Energy currency) ആയി വർത്തിക്കുന്നു. ATP യിലടങ്ങിയ ഊർജം ജീവികൾ ഊർജം ആവശ്യമുള്ള നിരവധി പ്രവർത്തനങ്ങൾക്കായി ഉപയോഗിക്കുന്നു. ശ്വസനസമയത്തുണ്ടാകുന്ന കാർബൺ അടങ്ങിയ തന്മാത്രകൾ കോശത്തിലെ വിവിധ തന്മാത്രകളുടെ ജൈവസംശ്ലേഷണത്തിന് വഴിയൊരുക്കുന്ന പദാർഥങ്ങളായി (Precursor) ഉപയോഗപ്പെടുത്തുന്നു.

14.1 സസ്യങ്ങൾ ശ്വസിക്കുമോ?

സസ്യങ്ങൾക്ക് ശ്വസിക്കുന്നതിന് ഓക്സിജൻ ആവശ്യമാണ്. അവയും കാർബൺ ഡൈഓക്സൈഡ് സ്വതന്ത്രമാക്കുന്നു. അതിനാൽ സസ്യങ്ങൾക്ക് ഓക്സിജന്റെ ലഭ്യത ഉറപ്പുവരുത്തുന്ന സംവിധാനങ്ങൾ ഉണ്ട്. സസ്യങ്ങൾക്ക് മൃഗങ്ങളെപ്പോലെ വാതകവിനിമയത്തിനായി പ്രത്യേക അവയവങ്ങൾ ഇല്ല. ആസ്യരന്ധ്രങ്ങളും ലെന്റിസെല്ലുകളും ആണ് ഈ ധർമം നിർവഹിക്കുന്നത്. ശ്വസനാവയവങ്ങൾ ഇല്ലാതെ സസ്യങ്ങൾക്ക് ജീവിക്കാൻ കഴിയുന്നതിന് പല കാരണങ്ങളുണ്ട്. ആദ്യമായി, ഓരോ സസ്യഭാഗവും അവയുടെ വാതകവിനിമയാവശ്യങ്ങൾ സ്വയം നിറവേറ്റുന്നു എന്നതാണ്. ഒരു സസ്യഭാഗത്ത് നിന്ന് മറ്റൊരു ഭാഗത്തേക്ക് വളരെക്കുറച്ച് വാതക സംവഹനമേ നടക്കുന്നുള്ളൂ. രണ്ടാമതായി, സസ്യങ്ങൾക്ക് വാതകവിനിമയത്തിന്റെ ആവശ്യകത കൂടുതലായി വരുന്നില്ല എന്നതാണ്. മൃഗങ്ങളെ അപേക്ഷിച്ച് വളരെ താഴ്ന്നനിരക്കിലാണ് വേര്, കാണ്ഡം, ഇലകൾ എന്നിവയിൽ ശ്വസനം നടക്കുന്നത്. പ്രകാശസംശ്ലേഷണ സമയത്ത് മാത്രമാണ് വൻതോതിലുള്ള വാതകവിനിമയം നടക്കുന്നത്. ഈ സമയത്ത് ഓരോ ഇലയുടെയും ആവശ്യങ്ങൾ സ്വയം നിറവേറ്റുന്നതിനുള്ള അനുകൂലനം അവയിൽ കാണപ്പെടുന്നു. കോശങ്ങൾ പ്രകാശസംശ്ലേഷണം നടത്തുമ്പോൾ ഓക്സിജൻ കോശങ്ങളിൽ സ്വതന്ത്രമാക്കപ്പെടുന്നതിനാൽ സസ്യങ്ങൾക്ക് ഓക്സിജൻ ലഭ്യത ഒരു പ്രശ്നമാകുന്നില്ല. മൂന്നാമതായി, വലിയതും വണ്ണമുള്ളതുമായ സസ്യങ്ങളിൽപ്പോലും വളരെ ദൂരത്തേക്ക് വാതകങ്ങൾക്ക് വ്യാപനം (Diffuse) ചെയ്യേണ്ടി വരുന്നില്ല. സസ്യങ്ങളിൽ ജീവനുള്ള ഓരോ കോശവും സസ്യത്തിന്റെ ഉപരിതലത്തിനോട് അടുത്തായി സ്ഥിതി ചെയ്യുന്നു. ഇലയുടെ കാര്യത്തിൽ ഇത് ശരിയാണെന്ന് നിങ്ങൾ പറയും. എന്നാൽ കട്ടിയുള്ള കാണ്ഡത്തിന്റെയും വേരിന്റെയും കാര്യത്തിലോ? കാണ്ഡത്തിൽ 'ജീവനുള്ള' കോശങ്ങൾ കട്ടികുറഞ്ഞ പാളികളായി പട്ട (Bark) യോട് ചേർന്നും അവയ്ക്ക് താഴെയുമായും കാണുന്നു. മാത്രവുമല്ല കാണ്ഡത്തിന് ലെന്റിസെല്ലുകൾ എന്ന സുഷിരങ്ങളുമുണ്ട്. ഉള്ളിലായി കാണപ്പെടുന്ന കോശങ്ങൾ മൃതമാണ്. അവ താങ്ങ് നൽകുക മാത്രമാണ് ചെയ്യുന്നത്. അതിനാൽ സസ്യങ്ങളിൽ മിക്കവാറും കോശങ്ങളിൽ ഒരു ഭാഗത്തിന്റെ എങ്കിലും ഉപരിതലം വായുവുമായി സമ്പർക്കത്തിലായിരിക്കും. ഇതിനു സഹായകമായ തരത്തിൽ ഇലകൾ, വേരുകൾ, കാണ്ഡങ്ങൾ എന്നിവയിൽ അയഞ്ഞ രീതിയിൽ ക്രമീകരിച്ചിരിക്കുന്ന പാരൻകൈമ കോശങ്ങൾ പരസ്പരബന്ധിതമായ വായുഅറകളുടെ ജാലിക പ്രദാനം ചെയ്യുന്നു.

ഗ്ലൂക്കോസ് പൂർണമായി വിഘടിച്ച് CO_2, H_2O എന്നീ അന്തിമ ഉൽപ്പന്നങ്ങൾ ഉണ്ടാകുന്നു. ഉൽപ്പാദിപ്പിക്കപ്പെടുന്ന ഊർജത്തിന്റെ ഏറിയ പങ്കും താപമായി പുറത്തുവിടുന്നു.

$$C_6H_{12}O_6 + 6O_2 \longrightarrow 6CO_2 + 6H_2O + \text{ഊർജം}$$

ഇത്തരത്തിലുണ്ടാകുന്ന ഊർജം കോശത്തിന് ഉപയോഗയോഗ്യമാകണമെങ്കിൽ ഇതുപയോഗിച്ച് കോശത്തിനാവശ്യമായ മറ്റു തന്മാത്രകളുടെ സംശ്ലേഷണം നടത്താൻ കഴിയണം. ഗ്ലൂക്കോസ് തന്മാത്രയുടെ അപചയം (Catabolism) വഴി സ്വതന്ത്രമാക്കപ്പെടുന്ന മുഴുവൻ ഊർജവും താപമായി നഷ്ടപ്പെടാത്ത ഒരു തന്ത്രമാണ് സസ്യകോശങ്ങൾ അവലംബിക്കുന്നത്. ഗ്ലൂക്കോസിനെ ഒറ്റ ഘട്ടത്തിലൂടെ വിഘടിപ്പിക്കാതെ, നിരവധി ഹ്രസ്വ ഘട്ടങ്ങളിലൂടെ വിഘടിപ്പിക്കുമ്പോൾ ചില

ഘട്ടങ്ങളിൽ സ്വതന്ത്രമാക്കപ്പെടുന്ന ഊർജം ATP നിർമാണവുമായി ബന്ധപ്പെടുത്തിയിരിക്കുന്നു. യഥാർഥത്തിൽ എങ്ങനെയാണിത് നടക്കുന്നത് എന്നു പറയുമ്പോഴാണ് അത് ശ്വസനത്തിന്റെ കഥയാകുന്നത്.

ശ്വസന പ്രക്രിയയിൽ ഓക്സിജനെ ഉപയോഗപ്പെടുത്തുകയും കാർബൺ ഡൈഓക്സൈഡ്, ജലം, ഊർജം എന്നിവ ഉൽപ്പന്നങ്ങളായി പുറത്തുവരികയും ചെയ്യുന്നു. ഈ ജ്വലന പ്രക്രിയക്ക് ഓക്സിജൻ ആവശ്യമാണ്. എന്നാൽ ചില കോശങ്ങൾ ഓക്സിജൻ ലഭ്യമാണെങ്കിലും അല്ലെങ്കിലും ജീവിക്കുന്നു. ഓക്സിജൻ ലഭ്യമല്ലാത്ത ഇത്തരം *സന്ദർഭങ്ങളെക്കുറിച്ചും (ജീവികളെക്കുറിച്ചും)* നിങ്ങൾ ചിന്തിച്ചു നോക്കൂ. ഈ ഗ്രഹത്തിൽ ഉണ്ടായിരുന്ന ആദിമ കോശങ്ങൾ ഓക്സിജന്റെ അഭാവമുള്ള അന്തരീക്ഷത്തിലാണ് ജീവിച്ചിരുന്നതെന്ന് വിശ്വസിക്കാൻ മതിയായ കാരണങ്ങളുണ്ട്. ഇന്ന് കാണപ്പെടുന്ന, നമുക്ക് അറിയാവുന്ന ചില ജീവികളെങ്കിലും അവായവ (Anaerobic) സാഹചര്യങ്ങളിൽ ജീവിക്കാൻ അനുകൂലനമുള്ളവയാണ്. ഇത്തരം ജീവികളിൽ ചിലത് അവായവങ്ങളായി ജീവിക്കാൻ കഴിവുള്ളവയും (Facultative anaerobes) മറ്റു ചിലത് അവായവ സാഹചര്യങ്ങളിൽ മാത്രം ജീവിക്കുന്നവരുമാണ് (Obligate anaerobes). എങ്ങനെയായാലും, എല്ലാ ജീവികളിലും ഓക്സിജന്റെ സഹായമില്ലാതെ ഗ്ലൂക്കോസിനെ ഭാഗികമായി ഓക്സീകരിക്കാനുള്ള രാസാഗ്നികൾ അടങ്ങിയ സംവിധാനമുണ്ട്. ഇത്തരത്തിൽ ഗ്ലൂക്കോസ് വിഘടിച്ച് പൈറുവിക് ആസിഡായി (Pyruvic acid) മാറുന്ന പ്രക്രിയയാണ് **ഗ്ലൈക്കോളിസിസ് (Glycolysis).**

14.2 ഗ്ലൈക്കോളിസിസ്

ഷുഗർ (പഞ്ചസാര) എന്ന അർഥമുള്ള *ഗ്ലൈക്കോസ് (Glycos)*, വിഘടനം എന്ന് അർഥമുള്ള *ലൈസിസ് (Lysis)* എന്നീ രണ്ട് ഗ്രീക്ക് പദങ്ങളിൽ നിന്നാണ് ഗ്ലൈക്കോളിസിസ് എന്ന പദം രൂപം കൊണ്ടത്. ഗ്ലൈക്കോളിസിസിന്റെ പദ്ധതി വിശദമാക്കിയത് ഗുസ്താവ് എംബ്ഡൺ (Gustav Embden), ഓട്ടോ മെയർഹോഫ് (Otto Meyerhof), ജെ. പാർനസ് (J. Parnas) എന്നീ ശാസ്ത്രജ്ഞരാണ്. അതിനാൽ ഗ്ലൈക്കോളിസിസ് ഇ.എം.പി. പാത (EMP pathway) എന്നും അറിയപ്പെടുന്നു. അവായവ ജീവികളിലെ ശ്വസനത്തിൽ നടക്കുന്നത് ഗ്ലൈക്കോളിസിസ് മാത്രമാണ്. എല്ലാ ജീവികളിലും ഗ്ലൈക്കോളിസിസ് നടക്കുന്നു. കോശദ്രവ്യത്തിൽ (Cytoplasm) നടക്കുന്ന ഈ പ്രക്രിയയിൽ ഗ്ലൂക്കോസിന് ഭാഗികമായ വിഘടനം സംഭവിച്ച് പൈറുവിക് ആസിഡിന്റെ രണ്ട് തന്മാത്രകൾ ഉണ്ടാകുന്നു. സസ്യങ്ങൾക്ക് ഗ്ലൂക്കോസ് ലഭിക്കുന്നത് പ്രകാശസംശ്ലേഷണത്തിന്റെ അവസാന ഉൽപ്പന്നമായ സുക്രോസിൽ നിന്നോ സംഭൃത (Stored) ധാന്യകങ്ങളിൽ നിന്നോ ആണ്. ഇൻവെർട്ടേസ് (Invertase) എന്ന രാസാഗ്നി സുക്രോസിനെ ഗ്ലൂക്കോസും ഫ്രക്ടോസും ആയി മാറ്റുന്നു. ഈ രണ്ട് മോണോസാക്കറൈഡുകളും നേരിട്ട് ഗ്ലൈക്കോളിറ്റിക് പാതയിൽ പ്രവേശിക്കുന്നു. ഹെക്സോകൈനേസ് (Hexokinase) എന്ന രാസാഗ്നിയുടെ പ്രവർത്തനഫലമായി ഗ്ലൂക്കോസും ഫ്രക്ടോസും ഫോസ്ഫോറിലേഷൻ (Phosphorylation) നടന്ന് ഗ്ലൂക്കോസ് - 6 - ഫോസ്ഫേറ്റ് (Glucose - 6 - Phosphate) ആയിമാറുന്നു. ഫോസ്ഫോറിലേഷൻ നടന്ന ഈ ഗ്ലൂക്കോസ്, ഐസോമറൈസേഷന് വിധേയമായി (Isomerise) ഫ്രക്ടോസ് -6-ഫോസ്ഫേറ്റ് (Fructose - 6 - Phosphate) ആയി തീരുന്നു. ഗ്ലൂക്കോസിനും ഫ്രക്ടോസിനും

ചിത്രം 14.1 ഗ്ലൈക്കോളിസിസിന്റെ ഘട്ടങ്ങൾ

തുടർന്ന് സംഭവിക്കുന്ന ഉപാപചയ ഘട്ടങ്ങൾ ഒന്നു തന്നെയാണ്. ഗ്ലൈക്കോളിസിസിന്റെ വിവിധ ഘട്ടങ്ങൾ ചിത്രം 14.1 ൽ നൽകിയിരിക്കുന്നത് നിരീക്ഷിക്കൂ. ഗ്ലൈക്കോളിസിസിൽ വിവിധ രാസാഗ്നികളുടെ നിയന്ത്രണത്തിൽ തുടർച്ചയായി പത്ത് രാസപ്രവർത്തനങ്ങൾ ഒരു ശ്രേണിയായി നടക്കുന്നു. തൽഫലമായി ഗ്ലൂക്കോസിൽ നിന്ന് പൈറുവേറ്റ് ഉണ്ടാകുന്നു. ഗ്ലൈക്കോളിസിസിന്റെ ഘട്ടങ്ങൾ പഠിക്കുമ്പോൾ ATPയുടെയും $NADH + H^+$ ന്റെയും ഉപയോഗവും നിർമാണവും നടക്കുന്ന ഘട്ടങ്ങൾ ഏതെല്ലാമെന്ന് ശ്രദ്ധിക്കുക.

ATP ഉപയോഗിക്കുന്നത് രണ്ട് ഘട്ടങ്ങളിലാണ്. ആദ്യമായി ഉപയോഗിക്കുന്നത് ഗ്ലൂക്കോസിനെ ഗ്ലൂക്കോസ് 6-ഫോസ്ഫേറ്റായി മാറ്റുന്ന പ്രക്രിയയിലാണ്. രണ്ടാമത് ഉപയോഗിക്കുന്നത് ഫ്രക്ടോസ് -6- ഫോസ്ഫേറ്റ് ഫ്രക്ടോസ് 1, 6 – ബിസ്ഫോസ്ഫേറ്റ് ആയി മാറുമ്പോഴും.

ഫ്രക്ടോസ് 1, 6 – ബിസ്ഫോസ്ഫേറ്റിന്റെ വിഘടനഫലമായി ഡൈഹൈഡ്രോക്സി അസറ്റോൺ ഫോസ്ഫേറ്റ് (Dihydroxyacetone phosphate), 3- ഫോസ്ഫോ ഗ്ലിസറാൾഡിഹൈഡ് (3 – Phospho glyceraldehyde, PGAL) എന്നിവ ഉണ്ടാകുന്നു. 3- ഫോസ്ഫോ ഗ്ലിസറാൾഡിഹൈഡ്, 1, 3– ബിസ്ഫോസ്ഫോ ഗ്ലിസറേറ്റ് (1, 3 - bisphosphoglycerate, BPGA) ആയി മാറുന്നു. ഈ സമയത്ത് NAD^+ ൽ നിന്നും $NADH + H^+$ ഉണ്ടാകുന്നതായി കാണാം. PGAL ൽ നിന്നും രണ്ട് റിഡോക്സികാരകങ്ങൾക്ക് തുല്യമായവ (രണ്ട് ഹൈഡ്രജൻ ആറ്റത്തിന്റെ രൂപത്തിൽ) എടുക്കുകയും ഒരു NAD^+ തന്മാത്രയിലേക്ക് കൈമാറുകയും ചെയ്യുന്നു. PGAL ഓക്സീകരിക്കപ്പെടുകയും അകാർബണിക ഫോസ്ഫേറ്റുമായി (Inorganic phosphate) ചേർന്ന് BPGA ആയി മാറുകയും ചെയ്യുന്നു. BPGA, 3 - ഫോസ്ഫോ ഗ്ലിസറിക് ആസിഡ് (3- phospho glyceric acid, PGA) ആയി മാറുന്ന ഘട്ടത്തിലും ഊർജം ഉത്പാദിപ്പിക്കപ്പെടുന്നു. ഈ ഊർജം ATP യുടെ നിർമാണത്തിനായി ഉപയോഗിക്കുന്നു. വീണ്ടും ഒരു ATP നിർമിക്കപ്പെടുന്നത് PEP പൈറുവിക് ആസിഡായി മാറുമ്പോൾ ആണ്. ***ഈ പാതയിലൂടെ ഒരു ഗ്ലൂക്കോസ് തന്മാത്രയിൽ നിന്ന് നേരിട്ട് എത്ര ATP നിർമിക്കുന്നു എന്ന് കണക്കാക്കൂ.***

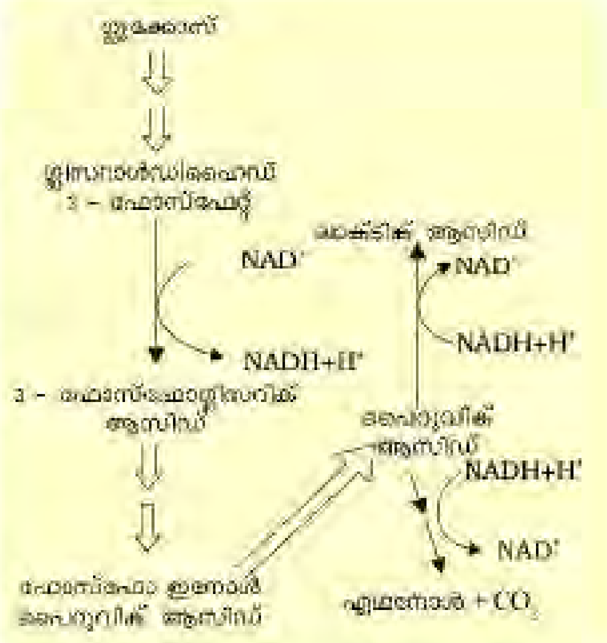
ഗ്ലൈക്കോളിസിസിന്റെ പ്രധാന ഉത്പന്നം പൈറുവിക് ആസിഡ് ആണ്. ഉപാപചയ പ്രവർത്തനങ്ങളിൽ പൈറുവേറ്റിന് എന്ത് സംഭവിക്കുന്നു? ഇത് കോശത്തിന്റെ ആവശ്യകത അനുസരിച്ചിരിക്കുന്നു. ഗ്ലൈക്കോളിസിസിന്റെ ഫലമായി ഉണ്ടാകുന്ന

പൈറുവിക് ആസിഡിനെ വിവിധ തരം കോശങ്ങൾ മൂന്ന് വ്യത്യസ്ത രീതിയിലാണ് ഉപയോഗപ്പെടുത്തുന്നത്. അവയാണ് ലാക്ടിക് ആസിഡ് ഫെർമെന്റേഷൻ (Lactic acid fermentation), ആൽക്കഹോളിക് ഫെർമെന്റേഷൻ (Alcoholic fermentation), വായു ശ്വസനം (Aerobic respiration) എന്നിവ. പ്രോകാരിയോട്ടുകളിലും ഏകകോശയൂകാരിയോട്ടുകളിലും അവായവ സാഹചര്യങ്ങളിൽ ഫെർമെന്റേഷൻ നടക്കുന്നു. ഗ്ലൂക്കോസിന്റെ പൂർണമായ ഓക്സീകരണം നടന്ന് CO_2, H_2O എന്നിവ ഉത്പാദിപ്പിക്കപ്പെടുന്നത് ക്രെബ്സ് പരിവൃത്തിയിലൂടെയാണ് (Krebs' cycle). ഇത് വായുശ്വസനം എന്നും അറിയപ്പെടുന്നു. ഇതിന് ഓക്സിജൻ ആവശ്യമാണ്.

14.3 ഫെർമെന്റേഷൻ (Fermentation)

യീസ്റ്റിൽ ഫെർമെന്റേഷൻ നടക്കുമ്പോൾ അവായവസാഹചര്യങ്ങളിൽ ഒരു കൂട്ടം രാസപ്രവർത്തനങ്ങളിലൂടെ ഗ്ലൂക്കോസ് ഭാഗികമായി ഓക്സീകരിക്കപ്പെടുന്നു. തൽഫലമായി പൈറുവിക് ആസിഡ് CO_2, എഥനോൾ എന്നിവയായി മാറുന്നു. പൈറുവിക് ആസിഡ് ഡികാർബൊക്സിലേസ് (Pyruvic acid decarboxylase), ആൽക്കഹോൾ ഡീഹൈഡ്രോജിനേസ് (Alcohol dehydrogenase) എന്നീ രാസാഗ്നികൾ ഈ പ്രവർത്തനങ്ങൾക്ക് ഉൽപ്രേരകങ്ങളായി വർത്തിക്കുന്നു. ഇതിന്റെ ഘട്ടങ്ങൾ ചിത്രം 14.2 ൽ നൽകിയിരിക്കുന്നത് നിരീക്ഷിക്കൂ. ജന്തുകോശങ്ങളിലും, അതായത് വ്യായാമം ചെയ്യുമ്പോൾ പേശീകോശങ്ങൾക്ക് കോശശ്വസനത്തിന് മതിയായ അളവിൽ ഓക്സിജൻ ലഭ്യമല്ലാതെ വരുമ്പോൾ പൈറുവിക് ആസിഡിനെ ലാക്ടേറ്റ് ഡീഹൈഡ്രോജിനേസ് (Lactate dehydrogenase) നിരോക്സീകരിച്ച് ലാക്ടിക് ആസിഡ് (Lactic acid) ആക്കുന്നു. മുകളിൽ പറഞ്ഞ രണ്ട് പ്രക്രിയകളിലും നിരോക്സീകരണ സഹായിയായ (Reducing agent) $NADH + H^+$ നിന്നും NAD^+ ആയി വീണ്ടും ഓക്സീകരിക്കപ്പെടുന്നു.

ലാക്ടിക് ആസിഡ് ഫെർമെന്റേഷനിലും ആൽക്കഹോൾ ഫെർമെന്റേഷനിലും വലിയ അളവിൽ ഊർജം സ്വതന്ത്രമാക്കപ്പെടുന്നില്ല. ഗ്ലൂക്കോസിലുള്ള ഏഴ് ശതമാനത്തിൽ താഴെ ഊർജം മാത്രമാണ് സ്വതന്ത്രമാക്കപ്പെടുന്നത്. മാത്രവുമല്ല ഇത് മൊത്തമായും ATP നിർമാണത്തിനായി ഉപയോഗപ്പെടുത്തുന്നുമില്ല. ആസിഡ് അല്ലെങ്കിൽ ആൽക്കഹോൾ ഉണ്ടാകുന്നതിനാൽ ഈ പ്രക്രിയകൾ അപകടകരവുമാണ്. ഒരു ഗ്ലൂക്കോസ് തന്മാത്ര ലാക്ടിക് ആസിഡ് അല്ലെങ്കിൽ ആൽക്കഹോൾ ആയി ഫെർമെന്റ് ചെയ്യപ്പെടുമ്പോൾ ഫലത്തിൽ എത്ര ATP നിർമിക്കപ്പെടുന്നു എന്ന് കണക്കാക്കൂ (നിർമിക്കപ്പെടുന്ന ATP യിൽ നിന്ന് ഗ്ലൈക്കോളിസിസിൽ ഉപയോഗിച്ച ATP യുടെ എണ്ണം കുറയ്ക്കുക). ആൽക്കഹോളിന്റെ ഗാഢത ഏകദേശം 13 ശതമാനം ആകുമ്പോൾ



ചിത്രം 14.2
അവായു ശ്വസനത്തിലെ പ്രധാന പാതകൾ

തന്നെ യീസ്റ്റിന് ഇത് വിഷകരമായി മാറുകയും അവ നശിക്കുകയും ചെയ്യുന്നു. **സ്വാഭാവികമായി ഫെർമെന്റേഷൻ നടക്കുന്ന പാനീയങ്ങളിൽ (Beverages) ആൽക്കഹോളിന്റെ പരമാവധി ഗാഢത എത്രയായിരിക്കും?** എങ്കിൽ എങ്ങനെയാണ് ഇതിലും കൂടുതൽ ഗാഢതയുള്ള ആൽക്കഹോൾ അടങ്ങിയിട്ടുള്ള പാനീയങ്ങൾ ലഭ്യമാകുന്നത്?

അങ്ങനെയെങ്കിൽ ജീവികളിൽ ഗ്ലൂക്കോസിന്റെ പൂർണമായ ഓക്സീകരണം നടന്ന് അതിലെ ഊർജം ഉപയോഗിച്ച് കോശങ്ങളിലെ ഉപാപചയത്തിന് ആവശ്യമായ ATP വലിയ അളവിൽ ഉത്പാദിപ്പിക്കുന്ന പ്രക്രിയ ഏതാണ്? യൂക്കാരിയോട്ടുകളിൽ ഈ പ്രക്രിയ നടക്കുന്നത് മൈറ്റോകോൺഡ്രിയയിൽ വച്ചാണ്. ഇതിന് ഓക്സിജൻ ആവശ്യമാണ്. കാർബണിക വസ്തുക്കളുടെ പൂർണമായ ഓക്സീകരണം ഓക്സിജൻ ഉപയോഗിച്ച് നടക്കുന്നതിന്റെ ഫലമായി CO_2, ജലം എന്നിവ ഉണ്ടാകുന്ന പ്രക്രിയയാണ് വായു ശ്വസനം. ഇതിലൂടെ അധികമകത്തിലെ വലിയ അളവിലുള്ള ഊർജവും സ്വതന്ത്രമാക്കപ്പെടുന്നു. ഇത്തരത്തിലുള്ള ശ്വസനമാണ് ഉയർന്നതലത്തിലുള്ള ഭൂരിഭാഗം ജീവികളിലും നടക്കുന്നത്. അടുത്തതായി നമുക്ക് ഈ പ്രക്രിയകളെ കുറിച്ച് പഠിക്കാം.

14.4 വായു ശ്വസനം (Aerobic respiration)

മൈറ്റോകോൺഡ്രിയയിൽ വച്ച് വായു ശ്വസനം നടക്കുന്നതിനായി കോശദ്രവ്യത്തിൽ നടന്ന ഗ്ലൈക്കോളിസിസിന്റെ ഉൽപ്പന്നമായ പൈറൂവിക് ആസിഡിനെ മൈറ്റോകോൺഡ്രിയയിലേക്ക് സംവഹിക്കുന്നു.

വായുശ്വസനത്തിലെ പ്രധാന പ്രക്രിയകളാണ് താഴെ പറയുന്നവ:

- ഘട്ടം ഘട്ടമായി ഹൈഡ്രജൻ ആറ്റങ്ങളെ നീക്കം ചെയ്യുന്നതിന്റെ ഫലമായി പൈറുവേറ്റിന്റെ പൂർണമായ ഓക്സീകരണം നടന്ന് CO_2 ന്റെ മൂന്ന് തന്മാത്രകൾ സ്വതന്ത്രമാകുന്നു.
- ഹൈഡ്രജൻ ആറ്റങ്ങളെ നീക്കം ചെയ്തതിന്റെ ഭാഗമായി ഉണ്ടായ ഇലക്ട്രോണുകളെ തന്മാത്രാലാർ ഓക്സിജനിലേക്ക് കൈമാറ്റം ചെയ്ത് ATP നിർമിക്കുന്നു.

ഇതിന്റെ ആദ്യപ്രക്രിയ നടക്കുന്നത് മൈറ്റോകോൺഡ്രിയയുടെ മാട്രിക്സിലാണ്. എന്നാൽ രണ്ടാമത്തെ പ്രക്രിയ നടക്കുന്നത് മൈറ്റോകോൺഡ്രിയയുടെ ആന്തരസ്തരത്തിലാണ് എന്നുള്ളത് ശ്രദ്ധേയമാണ്.

കോശദ്രവ്യത്തിൽ (Cytosol) വച്ച് മാന്യകങ്ങൾക്ക് ഗ്ലൈക്കോളിറ്റിക് അപചയം നടന്നതിന്റെ ഫലമായുണ്ടായ പൈറുവേറ്റ് മൈറ്റോകോൺഡ്രിയയുടെ മാട്രിക്സിൽ എത്തുന്നു. അവിടെ വച്ച് പൈറുവേറ്റ് ഡീഹൈഡ്രോജിനേസ് ഉൽപ്രേരകമായി വർത്തിക്കുന്ന സങ്കീർണമായ പ്രവർത്തനങ്ങൾ ഉൾപ്പെടുന്ന ഓക്സിഡേറ്റീവ് ഡീകാർബോക്സിലേഷൻ എന്ന പ്രക്രിയ നടക്കുന്നു. പൈറുവേറ്റ് ഡീഹൈഡ്രോജിനേസ് ഉൽപ്രേരകമായിട്ടുള്ള ഈ രാസപ്രവർത്തനങ്ങൾക്ക് NAD^+, കോഎൻസൈം A എന്നിവ ഉൾപ്പെടെയുള്ള പല കോഎൻസൈമുകളും ആവശ്യമാണ്.

$$\text{പൈറുവിക് ആസിഡ്} + CoA + NAD \xrightarrow[\text{പൈറുവേറ്റ് ഡീഹൈഡ്രോജിനേസ്}]{Mg^{2+}} \text{അസറ്റൈൽ } CoA + CO_2 + NADH + H^+$$

ഈ പ്രക്രിയയിലൂടെ പൈറുവിക് ആസിഡിന്റെ രണ്ട് തന്മാത്രകൾക്ക് ഉപാപചയം നടക്കുന്നതിലൂടെ NADH ന്റെ രണ്ട് തന്മാത്രകൾ ഉൽപ്പാദിപ്പിക്കപ്പെടുന്നു (ഒരു ഗ്ലൂക്കോസ് തന്മാത്ര ഗ്ലൈക്കോളിസിസിന് വിധേയമായതിന്റെ ഫലമായാണ് രണ്ട് പൈറുവിക് ആസിഡ് തന്മാത്രകൾ ഉണ്ടായത്).

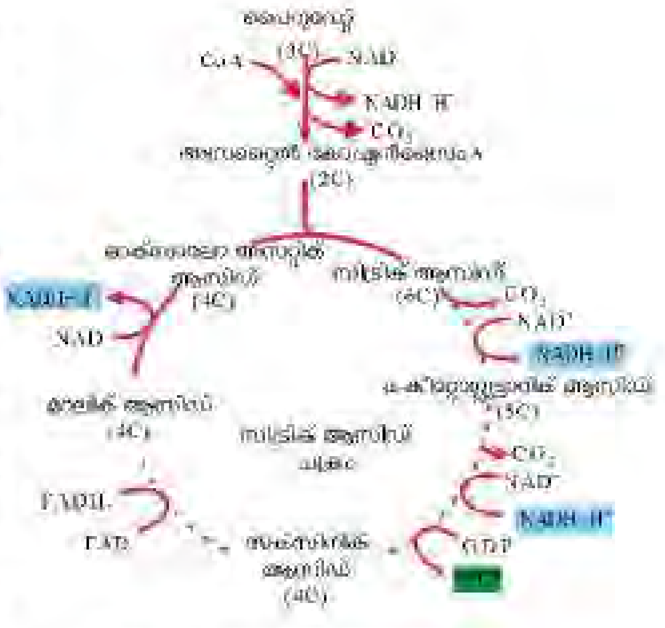
തുടർന്ന് അസെറ്റൽ CoA ട്രൈകാർബോക്സിലിക് ആസിഡ് ചക്രം എന്നറിയപ്പെടുന്ന ചാക്രികപാതയിൽ പ്രവേശിക്കുന്നു. ഹാൻസ് ക്രെബ്സ് (Hans Krebs) എന്ന ശാസ്ത്രജ്ഞനാണ് ഈ ചാക്രികപാത വെളിപ്പെടുത്തിയത്. അതിനാൽ ഇത് ക്രെബ്സ് പരിവൃത്തി എന്ന പേരിലും അറിയപ്പെടുന്നു.

14.4.1 ട്രൈകാർബോക്സിലിക് ആസിഡ് ചക്രം (Tricarboxylic Acid Cycle)

അസെറ്റൽ ഗ്രൂപ്പ് ഓക്സാലോ അസറ്റിക് ആസിഡും (OAA) ജലവുമായി ചേർന്ന് കണ്ടെൻസേഷൻ പ്രക്രിയയ്ക്ക് വിധേയമായി സിട്രിക് ആസിഡ് ഉണ്ടാകുമ്പോൾ TCA ചക്രം ആരംഭിക്കുന്നു (ചിത്രം 14.3 നിരീക്ഷിക്കു). സിട്രേറ്റ് സിന്തേസ് (Citrate synthase) എന്ന രാസാഗ്നി ഉൽപ്രേരകമായി വർത്തിക്കുന്ന ഈ രാസപ്രവർത്തനത്തിൽ CoA യുടെ ഒരു തന്മാത്ര സ്വതന്ത്രമാക്കപ്പെടുന്നു. തുടർന്ന് സിട്രേറ്റ് (Citrate) ഐസോമെറൈസേഷനിലൂടെ ഐസോസിട്രേറ്റായി (Isocitrate) മാറുന്നു.

ഇതിന് ശേഷം തുടർച്ചയായ രണ്ട് ഡികാർബോക്സിലേഷൻ (Decarboxylation) ഘട്ടങ്ങളാണ് നടക്കുന്നത്. തൽഫലമായി ആൽഫ കീറ്റോഗ്ലൂട്ടാറിക് ആസിഡും (α - ketoglutaric acid) അതിനു ശേഷം സക്സിനൈൽ കോഎൻസൈം A യും (Succinyl CoA) ആയിമാറുന്നു.

സിട്രിക് ആസിഡ് ചക്രത്തിന്റെ തുടർന്നുള്ള ഘട്ടങ്ങളിൽ സക്സിനൈൽ കോഎൻസൈം A ഓക്സീകരിക്കപ്പെട്ട് ഓക്സാലോ അസറ്റിക് ആസിഡ് (OAA) ഉണ്ടാകുകയും ചക്രം തുടരുകയും ചെയ്യുന്നു. സക്സിനൈൽ കോഎൻസൈം A സക്സിനിക് ആസിഡ് ആയി മാറുമ്പോൾ GTP യുടെ ഒരു തന്മാത്ര നിർമിക്കുന്നു. ഇത് അടിസ്ഥാനതലത്തിലുള്ള ഫോസ്ഫോറിലേഷനാണ്. ഇതിനോട് ചേർന്ന് നടക്കുന്ന രാസപ്രവർത്തനത്തിൽ GTP, GDP ആയി മാറുന്നതോടൊപ്പം ADP യിൽ നിന്ന് ATP ഉൽപ്പാദിപ്പിക്കപ്പെടുകയും ചെയ്യുന്നു. അതുപോലെ മൂന്ന് സ്ഥലങ്ങളിൽ NAD നിരോക്സീകരിച്ച് $NADH+H^+$ ഉണ്ടാകുകയും ഒരു സ്ഥലത്ത് FAD^+ നിരോക്സീകരിച്ച് $FADH_2$ ഉണ്ടാകുകയും ചെയ്യുന്നു. TCA ചക്രത്തിൽ അസെറ്റൽ കോഎൻസൈം A യുടെ ഓക്സീകരണം തുടർച്ചയായി നടക്കുന്നതിന് വേണ്ടി ഈ ചക്രത്തിലെ ആദ്യ അംഗമായ ഓക്സാലോ അസറ്റിക് ആസിഡിനെ നിരന്തരമായി പുനർനിർമിക്കേണ്ടതുണ്ട്. കൂടാതെ NADH, $FADH_2$ എന്നിവയിൽ നിന്ന് യഥാക്രമം NAD^+, FAD^+ എന്നിവയും പുനരുൽപ്പാദിപ്പിക്കേണ്ടതുണ്ട്.



ചിത്രം 14.3 സിട്രിക് ആസിഡ് ചക്രം

ശ്വസനത്തിലെ ഈ ഘട്ടത്തിന്റെ സംഗ്രഹരൂപത്തിലുള്ള രാസവാക്യം ചുവടെ നൽകിയിരിക്കുന്നു:

$$\text{പൈറുവിക് ആസിഡ്} + 4NAD^+ + FAD^+ + 2H_2O + ADP + Pi \xrightarrow{\text{മൈറ്റോകോൺഡ്രിയയുടെ മാട്രിക്സ്}} 3CO_2 + 4NADH + 4H^+ + FADH_2 + ATP$$

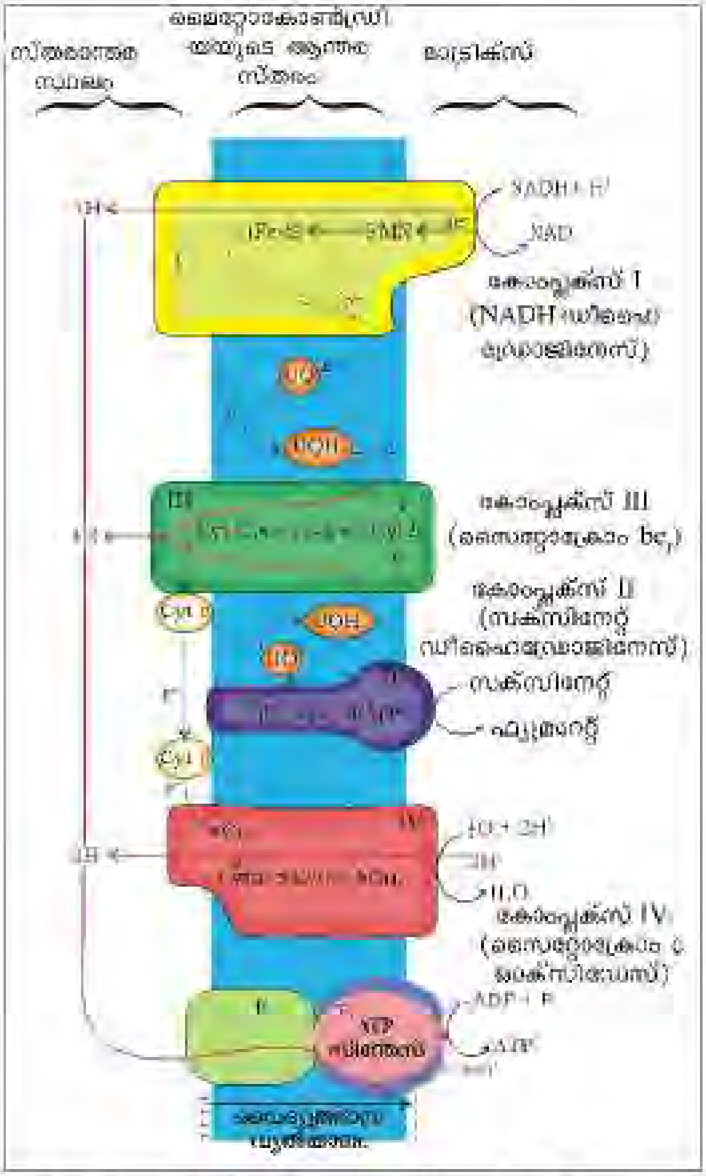
TCA ചക്രത്തിലൂടെ ഗ്ലൂക്കോസ് വിഘടിച്ച് കാർബൺ ഡൈഓക്സൈഡ്, $NADH+H^+$ ന്റെ എട്ട് തന്മാത്രകൾ, $FADH_2$ ന്റെ രണ്ട് തന്മാത്രകൾ, ATP യുടെ വെറും രണ്ട് തന്മാത്രകൾ എന്നിവ ഉണ്ടായതായി നമ്മൾ കണ്ടു. ഇവിടെ ഓക്സിജൻ ഉപയോഗിച്ചിട്ടില്ല എന്നതും സൂചിപ്പിച്ച പ്രകാരം വൻതോതിലുള്ള ATP യുടെ നിർമാണം നടന്നിട്ടില്ല എന്നതും നിങ്ങളെ അതിശയപ്പെടുത്തുന്നുണ്ടാകും! അതുപോലെ നിർമിക്കപ്പെട്ട $NADH+H^+$, $FADH_2$ എന്നിവയുടെ പങ്ക് എന്താണ്? ഇനി നമുക്ക് ശ്വസനത്തിൽ ഓക്സിജന്റെ പങ്ക് എന്താണെന്നും ATP നിർമിക്കുന്നത് എങ്ങനെയാണെന്നും നോക്കാം.

14.4.2 ഇലക്ട്രോൺ സംവഹന വ്യവസ്ഥയും ഓക്സിഡേറ്റീവ് ഫോസ്ഫോറിലേഷനും (Electron Transport System (ETS) and Oxidative Phosphorylation)

ശ്വസനപ്രക്രിയയിൽ തുടർന്ന് നടക്കുന്നത് $NADH+H^+$, $FADH_2$ എന്നിവയിൽ സംഭരിച്ചിരിക്കുന്ന ഊർജത്തെ സ്വതന്ത്രമാക്കി ഉപയോഗിക്കുക എന്നതാണ്. ഇവ ഇലക്ട്രോൺ സംവഹന വ്യവസ്ഥയിലൂടെ ഓക്സീകരിക്കപ്പെട്ട് ഇലക്ട്രോണുകൾ ഓക്സിജന് നൽകി ജലം ഉൽപ്പാദിപ്പിക്കപ്പെടുമ്പോഴാണ് ഇത് സാധ്യമാകുന്നത്. ഇലക്ട്രോൺ വാഹകരിലൂടെ ഇലക്ട്രോണുകൾ സഞ്ചരിക്കുന്ന ഉപാപചയ പാതയെ **ഇലക്ട്രോൺ സംവഹന വ്യവസ്ഥ (ETS)** എന്നുപറയുന്നു (ചിത്രം 14.4 നിരീക്ഷിക്കൂ). ഇത് മൈറ്റോകോൺഡ്രിയയുടെ ആന്തരസ്തരത്തിലാണ് സ്ഥിതിചെയ്യുന്നത്. സിട്രിക് ആസിഡ് ചക്രം നടക്കുമ്പോൾ മൈറ്റോകോൺഡ്രിയയുടെ മാട്രിക്സിൽ ഉണ്ടാകുന്ന NADH ൽ നിന്നുള്ള ഇലക്ട്രോണുകളെ NADH ഡീഹൈഡ്രോജിനേസ് (കോംപ്ലക്സ് I) ഓക്സീകരിക്കുന്നു. തുടർന്ന് ഇലക്ട്രോണുകളെ ആന്തരസ്തരത്തിൽ കാണപ്പെടുന്ന യൂബിക്വിനോണിന് (Ubiquinone) കൈമാറുന്നു. കൂടാതെ സിട്രിക് ആസിഡ് ചക്രത്തിൽ സക്സിനേറ്റിന് ഓക്സീകരണം നടക്കുമ്പോൾ $FADH_2$ (കോംപ്ലക്സ് II) ലൂടെയും യൂബിക്വിനോൺ നിരോക്സീകാരികളെ സ്വീകരിക്കുന്നു. ഇലക്ട്രോണുകൾ സൈറ്റോക്രോം bc_1 കോംപ്ലക്സിലൂടെ (കോംപ്ലക്സ് III) സൈറ്റോക്രോം c യിൽ എത്തുമ്പോൾ നിരോക്സീകരിക്കപ്പെട്ട യൂബിക്വിനോൺ (യൂബിക്വിനോൾ) ഓക്സീകരിക്കപ്പെടുന്നു. ആന്തരസ്തരത്തിന്റെ ബാഹ്യപ്രതലത്തോട് ചേർന്ന് കാണപ്പെടുന്ന ഒരു ചെറിയ പ്രോട്ടീനാണ് സൈറ്റോക്രോം c. ഇത് കോംപ്ലക്സ് III നും IV നും ഇടയിൽ ഒരു സഞ്ചരിക്കുന്ന ഇലക്ട്രോൺ വാഹകനായി വർത്തിക്കുന്നു. സൈറ്റോക്രോം a, a_3, രണ്ട് കോപ്പർ കേന്ദ്രങ്ങൾ എന്നിവ ഉൾപ്പെടുന്ന സൈറ്റോക്രോം c ഓക്സിഡേസ് ആണ് കോംപ്ലക്സ് IV

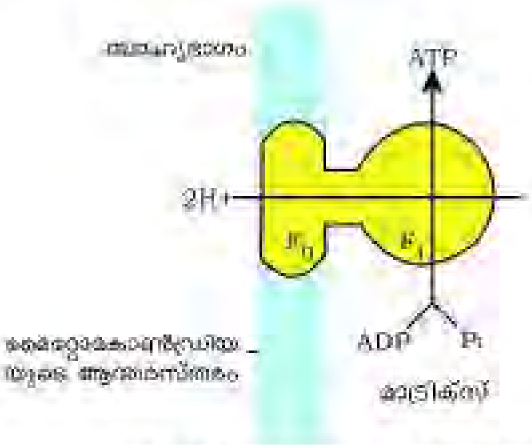
ഇലക്ട്രോൺ സംവഹന ശൃംഖലയിലെ I മുതൽ IV വരെയുള്ള കോംപ്ലക്സുകളിലൂടെ ഒരു വാഹകനിൽ നിന്ന് മറ്റൊരു വാഹകനിലേക്ക് ഇലക്ട്രോണുകൾ

സഞ്ചരിക്കുമ്പോൾ അവ ATP സിന്തേസുമായി (ATP Synthase) (കോംപ്ലക്സ് V) ചേർന്ന് അകാർബണിക ഫോസ്ഫേറ്റ് (Inorganic phosphate) ഉപയോഗിച്ച് ADP യിൽ നിന്നും ATP ഉൽപ്പാദിപ്പിക്കുന്നു. ഇലക്ട്രോൺ ദാതാവിന്റെ പ്രകൃതം അനുസരിച്ചാണ് നിർമിക്കപ്പെടുന്ന ATP യുടെ എണ്ണം. NADH ന്റെ ഒരു തന്മാത്ര ഓക്സീകരിക്കപ്പെടുമ്പോൾ ATP യുടെ മൂന്ന് തന്മാത്രകൾ ഉണ്ടാകുന്നു. $FADH_2$ ന്റെ ഒരു തന്മാത്ര യിൽനിന്ന് ATP യുടെ രണ്ട് തന്മാത്രകൾ ഉണ്ടാകുന്നു. വായുശ്വസനം ഓക്സിജന്റെ സാന്നിധ്യത്തിൽ മാത്രമേ നടക്കൂ എന്നിരിക്കിലും, ഓക്സിജന്റെ പങ്ക് ഈ പ്രക്രിയയുടെ അവസാനഘട്ടത്തിനായി പരിമിതപ്പെടുത്തിയിരിക്കുന്നു. എന്നിരുന്നാലും ഓക്സിജന്റെ പങ്ക് സുപ്രധാനമാണ്. കാരണം ഓക്സിജനാണ് വ്യവസ്ഥയിലെ ഹൈഡ്രജനെ നീക്കം ചെയ്ത് മുഴുവൻ പ്രക്രിയയെയും മുന്നോട്ട് നയിക്കുന്നത്. അവസാനത്തെ ഹൈഡ്രജൻ സ്വീകർത്താവായി വർത്തിക്കുന്നത് ഓക്സിജനാണ്. ഫോട്ടോഫോസ്ഫോറിലേഷനിൽ സൗരോർജമാണ് ഫോസ്ഫോറിലേഷന് ആവശ്യമായ പ്രോട്ടോൺ ഗാഢതാവ്യതിയാനം രൂപപ്പെടുന്നതിനായി ഉപയോഗിക്കുന്നത്. എന്നാൽ ശ്വസനത്തിൽ ഇത് നിർവഹിക്കുന്നത് ഓക്സീകരണ-നിരോക്സീകരണ പ്രക്രിയകളുടെ ഫലമായി ഉണ്ടാകുന്ന ഊർജമാണ്. അതിനാൽ ഈ പ്രക്രിയയെ ഓക്സിഡേറ്റീവ് ഫോസ്ഫോറിലേഷൻ എന്നു വിളിക്കുന്നു.



ചിത്രം 14.4 ഇലക്ട്രോൺ ട്രാൻസ്പോർട്ട് സിസ്റ്റം (ETS)

മുൻപുള്ള അധ്യായത്തിൽ സ്തരവുമായി ബന്ധപ്പെട്ട് ATP നിർമാണം വിശദീകരിക്കുന്ന കെമിഓസ്മോട്ടിക് പരികല്പനയെ (Chemiosmotic hypothesis) കുറിച്ച് നിങ്ങൾ പഠിച്ചിട്ടുണ്ട്. അതുപോലെ ഇവിടെയും ഇലക്ട്രോൺ സംവഹന വ്യവസ്ഥയിലൂടെ സ്വതന്ത്രമാക്കപ്പെട്ട ഊർജമാണ് ATP സിന്തേസിന്റെ (കോംപ്ലക്സ് V) സഹായത്താൽ ATP നിർമാണത്തിന് ഉപയോഗിക്കുന്നത്. ഈ കോംപ്ലക്സിന് F_1, F_0 എന്നിങ്ങനെ രണ്ട് പ്രധാനപ്പെട്ട ഭാഗങ്ങളുണ്ട് (ചിത്രം 14.5). ശിരോഭാഗം എന്നറിയപ്പെടുന്ന F_1, സ്തരത്തിൽ പുറമേ കാണപ്പെടുന്ന പെരിഫെറൽ പ്രോട്ടീൻ കോംപ്ലക്സ് ആണ്. ഇതിന് ADP യും അകാർബണിക ഫോസ്ഫേറ്റും ഉപയോഗിച്ച് ATP നിർമിക്കാൻ സഹായിക്കുന്ന ഒരു ഭാഗമുണ്ട്. പ്രോട്ടോണുകൾക്ക് ആന്തരസ്തരം കടക്കുന്നതിനുള്ള ഒരു പാതയായി വർത്തിക്കുന്ന F_0 സ്തരത്തിനുള്ളിൽ കാണപ്പെടുന്ന ഇന്റഗ്രൽ പ്രോട്ടീൻ



ചിത്രം 14.5 മൈറ്റോകോൺഡ്രിയയിൽ വച്ച് നടക്കുന്ന ATP നിർമാണത്തിന്റെ ചിത്രീകരണം

കോംപ്ലക്സ് ആണ്. ഈ പാതയിലൂടെ പ്രോട്ടോണുകൾ സഞ്ചരിക്കുമ്പോൾ അവ F_1 ഭാഗത്തിന്റെ ഉൽപ്രേരക കേന്ദ്രവുമായി ചേർന്ന് ATP നിർമിക്കുന്നു. ഓരോ ATP നിർമിക്കുമ്പോഴും രണ്ട് പ്രോട്ടോണുകൾ [$2H^+$] വീതം സ്തരാന്തര ഭാഗത്ത് നിന്നും F_0 യിലൂടെ ഇലക്ട്രോ കെമിക്കൽ പ്രോട്ടോൺ ഗ്രേഡിയന്റ് കുറവായ മാട്രിക്സിൽ എത്തിച്ചേരണം.

14.5 ശ്വസനത്തിന്റെ ബാക്കിപത്രം (The respiratory balance sheet)

ഓരോ ഗ്ലൂക്കോസ് തന്മാത്ര ഓക്സീകരിക്കപ്പെടുമ്പോഴും നിർമിക്കപ്പെടുന്ന ATP യുടെ ആകെ എണ്ണം കണക്കാക്കാവുന്നതാണ്. എന്നാൽ ഇത് യഥാർഥത്തിൽ വെറും ഒരു അപ്രായോഗികമായ പ്രവൃത്തിയാണ്. താഴെ പറയുന്ന ചില ഊഹങ്ങളുടെ അടിസ്ഥാനത്തിൽ മാത്രമേ ഇത്തരം കണക്കുകൂട്ടലുകൾ നടത്താൻ കഴിയൂ:

- ഒരു അധികാരകത്തിൽ നിന്ന് അടുത്തത് രൂപപ്പെടുന്ന രീതിയിൽ ക്രമമായും തുടർച്ചയായും നടക്കുന്ന പാതയാണിത് എന്നും ഗ്ലൈക്കോളിസിസ്, TCA ചക്രം, ETS എന്നിവയും ഒന്നിന്പിറകെ ഒന്ന് എന്ന ക്രമത്തിൽ നടക്കുന്നു എന്നും കരുതണം.
- ഗ്ലൈക്കോളിസിസിൽ ഉണ്ടായ NADH മൈറ്റോകോൺഡ്രിയയിലേക്കു എത്തിച്ചേർന്ന് ഓക്സിഡേറ്റീവ് ഫോസ്ഫോറിലേഷന് വിധേയമാകുന്നു.
- പാതയിലുണ്ടാകുന്ന മധ്യവർത്തി സംയുക്തങ്ങളെ ഒന്നും തന്നെ മറ്റു സംയുക്തങ്ങളുടെ നിർമാണത്തിനായി ഉപയോഗപ്പെടുത്തുന്നില്ല.
- ഗ്ലൂക്കോസ് മാത്രമാണ് ശ്വസന പ്രക്രിയയിൽ പങ്കെടുക്കുന്നത്, മറ്റൊരു ശ്വസന അധികാരകവും ഒരു ഘട്ടത്തിലും ഈ പാതയിലേക്ക് പ്രവേശിക്കുന്നില്ല.

എന്നാൽ ജീവനുള്ള ഒരു സംവിധാനത്തിൽ ഇത്തരം ഊഹങ്ങൾക്ക് സ്ഥാനമില്ല. ഇവിടെ എല്ലാ പാതകളും ഒരേ സമയത്താണ് നടക്കുന്നത്; അല്ലാതെ ഒന്നിന് ശേഷം മറ്റൊന്ന് എന്ന രീതിയിൽ അല്ല. ഒരു പാതയിലേക്ക് എത്തിച്ചേരുന്ന അധികാരകങ്ങൾ അതിൽ നിന്ന് ആവശ്യാനുസരണം പിൻവലിക്കപ്പെടുന്നു; ATP തന്മാത്രകൾ ആവശ്യാനുസരണം ഉപയോഗപ്പെടുത്തുന്നു. രാസാഗ്നികളുടെ പ്രവർത്തനതോത് വിവിധ രീതികളിൽ നിയന്ത്രിക്കപ്പെടുന്നു. എന്നിരുന്നാലും ഇത്തരം കണക്ക് കൂട്ടലുകൾ ഒരു ജൈവ വ്യവസ്ഥയുടെ ഊർജ ഉത്പാദനത്തിന്റെയും സംഭരണത്തിന്റെയും മികവിനെ മനസ്സിലാക്കാൻ സഹായകമാകും. അതിനാൽ ഒരു ഗ്ലൂക്കോസ് തന്മാത്രയ്ക്ക് വായുശ്വസനം നടക്കുമ്പോൾ ആകെ 38 ATP ലഭ്യമാകുന്നതായി കണക്കാക്കാം.

ഇനി നമുക്ക് ഫെർമെന്റേഷനും വായു ശ്വസനവും തമ്മിൽ താരതമ്യം ചെയ്യാം.

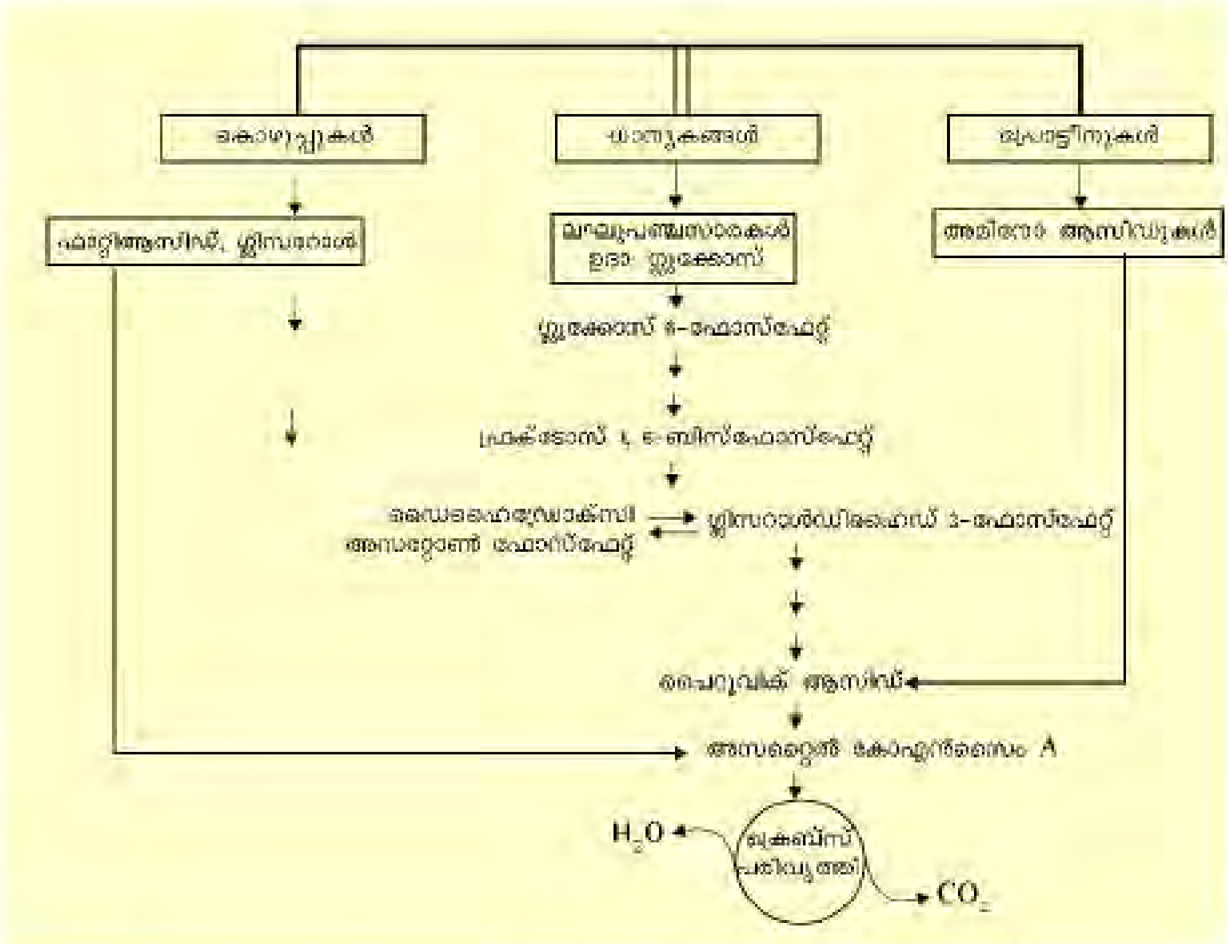
- ഫെർമെന്റേഷനിൽ ഗ്ലൂക്കോസിന്റെ ഭാഗികമായ വിഘടനമാണ് നടക്കുന്നത്. എന്നാൽ വായുശ്വസനത്തിൽ ഗ്ലൂക്കോസിന് പൂർണമായും വിഘടനം സംഭവിച്ച് CO_2, H_2O എന്നിവ ഉണ്ടാകുന്നു.

- ഫെർമെന്റേഷനിൽ ഒരു ഗ്ലൂക്കോസ് തന്മാത്ര വിഘടിച്ച് പൈറുവിക് ആസിഡ് ഉണ്ടാകുമ്പോൾ രണ്ട് ATP തന്മാത്രകൾ മാത്രമാണ് ലഭ്യമാകുന്നത്. എന്നാൽ വായുശ്വസനത്തിലൂടെ കൂടുതൽ ATP തന്മാത്രകൾ ലഭ്യമാകുന്നു.
- ഫെർമെന്റേഷനിൽ വളരെ സാവധാനമാണ് NADH ഓക്സീകരിച്ച് NAD^+ ഉണ്ടാകുന്നത്. എന്നാൽ വായു ശ്വസനത്തിൽ ഈ പ്രക്രിയ അതിവേഗതിയിൽ നടക്കുന്നു.

14.6 ആംഫിബോളിക് പാത (Amphibolic pathway)

ശ്വസനത്തിൽ ഏറ്റവും ആഭിമുഖ്യമുള്ള അടികാരകമാണ് ഗ്ലൂക്കോസ്. സാധാരണയായി ശ്വസനത്തിൽ പങ്കെടുക്കുന്നതിന് മുമ്പ് എല്ലാ ധാന്യകങ്ങളും ആദ്യം ഗ്ലൂക്കോസാക്കി മാറ്റപ്പെടുന്നു. നേരത്തെ സൂചിപ്പിച്ചത് പോലെ മറ്റ് അടികാരകങ്ങളും ശ്വസനപ്രക്രിയയിൽ പങ്കെടുക്കുന്നുണ്ട്. എന്നാൽ അവ ശ്വസനപാതയുടെ ആദ്യ ഘട്ടത്തിൽ പങ്കെടുക്കുന്നില്ല. വിവിധ തരം അടികാരകങ്ങൾ ശ്വസനപാതയിൽ എത്തിച്ചേരുന്ന സ്ഥലങ്ങൾ അറിയാൻ ചിത്രം 14.6 നിരീക്ഷിക്കൂ. കൊഴുപ്പ് ആദ്യം ഗ്ലിസറോൾ, ഫാറ്റി ആസിഡുകൾ എന്നിവയായി മാറുന്നു. ശ്വസനപാതയിൽ പങ്കെടുക്കുന്നതിനായി ഫാറ്റി ആസിഡുകൾ അസറ്റൈൽ കോഎൻസൈം A ആയി മാറുന്നു. ഗ്ലിസറോൾ PGAL ആയി മാറിയതിന് ശേഷം ശ്വസനപാതയിൽ എത്തുന്നു. പ്രോട്ടീനുകളെ പ്രോട്ടിയേസുകൾ വിഘടിപ്പിച്ച് അമിനോ ആസിഡുകളാക്കുന്നു. ഇവയുടെ (ഡീഅമിനേഷൻ ശേഷം) ഘടന അനുസരിച്ച് ക്രെബ്സ് പരിവൃത്തിയിലെ ചില ഘട്ടങ്ങളിൽ പങ്കെടുക്കുന്നു. അല്ലെങ്കിൽ ഇവ പൈറുവേറ്റായും അസറ്റൈൽ കോഎൻസൈം A ആയും ശ്വസനപ്രക്രിയയിൽ പങ്കെടുക്കുന്നു.

ശ്വസനത്തിൽ അടികാരകങ്ങളുടെ വിഘടനം സംഭവിക്കുന്നതിനാൽ ശ്വസന പ്രക്രിയയെ അപചയ പ്രക്രിയയായും ശ്വസനപാതയെ അപചയ പാതയായും ആണ് കരുതി വന്നിരുന്നത്. എന്നാൽ ഇത് ശരിയാണോ? ശ്വസനപാതയിൽ വ്യത്യസ്ത അടികാരകങ്ങൾ വിവിധ സ്ഥലങ്ങളിൽ എത്തിച്ചേരുന്നതും ഊർജനിർമാണത്തിനായി ഉപയോഗപ്പെടുത്തുന്നതും നമ്മൾ കണ്ടു. എന്നാൽ ഈ പദാർഥങ്ങൾ ശ്വസനപാതയിൽ നിന്ന് പിൻമാറുമ്പോഴാണ് ഇത്തരം അടികാരകങ്ങളുടെ നിർമാണവും നടക്കുന്നത് എന്ന വസ്തുത തിരിച്ചറിയേണ്ടതുണ്ട്. അതായത്, ഫാറ്റിആസിഡുകൾ ശ്വസന അടികാരകമായി പ്രവർത്തിക്കുമ്പോൾ ശ്വസനപാതയിൽ എത്തുന്നതിന് മുമ്പ് അസറ്റൈൽ കോഎൻസൈം A ആയി വിഘടിക്കുന്നു. എന്നാൽ, ജീവികൾക്ക് ഫാറ്റിആസിഡുകൾ ആവശ്യമായി വരുമ്പോൾ അസറ്റൈൽ കോഎൻസൈം A ശ്വസനപാതയിൽ നിന്ന് പിൻമാറി ഫാറ്റിആസിഡിന്റെ നിർമാണത്തിനായി ഉപയോഗിക്കപ്പെടുന്നു. അതിനാൽ ഫാറ്റിആസിഡുകളുടെ വിഘടനവും നിർമാണവും ശ്വസനപാതയിലൂടെയാണ് നടക്കുന്നത്. ഇതുപോലെ, പ്രോട്ടീനുകളുടെ വിഘടനത്തിലും നിർമാണത്തിലും ശ്വസനപ്രക്രിയയിലെ മധ്യവർത്തി സംയുക്തങ്ങൾ ദാതാക്കളായി വർത്തിക്കുന്നു. ജീവജാലങ്ങളിൽ നടക്കുന്ന വിഘടന പ്രക്രിയയാണ് അപചയം (Catabolism). എന്നാൽ നിർമാണപ്രക്രിയ (സംശ്ലേഷണ പ്രക്രിയ) ആണ് ഉപചയം (Anabolism). ശ്വസനപാതയിൽ ഈ രണ്ട് പ്രക്രിയകളായ ഉപചയവും അപചയവും നടക്കുന്നതിനാൽ അതിനെ **ആംഫിബോളിക് പാത** എന്നു പറയുന്നു.



ചിത്രം 14.6 ശ്വസനഫലമായി വിവിധ കാർബണിക തന്മാത്രകൾ വിഘടിച്ച് CO_2, ജലം എന്നിവ ഉണ്ടാകുന്ന ഉപാപചയപാതകൾ തമ്മിലുള്ള ബന്ധം.

14.7 ശ്വസന ഹാരകം (Respiratory quotient)

ഇനി നമുക്ക് ശ്വസനത്തിന്റെ മറ്റൊരു പ്രത്യേകതയെ കുറിച്ച് പഠിക്കാം.വായു ശ്വസനത്തിൽ ഓക്സിജൻ ഉപയോഗിക്കുകയും കാർബൺ ഡൈഓക്സൈഡ് പുറന്തള്ളുകയും ചെയ്യുന്നു എന്ന് നിങ്ങൾ പഠിച്ചിട്ടുണ്ട്. ശ്വസനസമയത്ത് പുറന്തള്ളപ്പെടുന്ന CO_2 ന്റെ വ്യാപ്തവും ഉപയോഗിക്കുന്ന ഓക്സിജന്റെ വ്യാപ്തവും തമ്മിലുള്ള അനുപാതത്തെ **ശ്വസന ഹാരകം (RQ)** അഥവാ ശ്വസന അനുപാതം എന്നുപറയുന്നു.

$$RQ = \frac{\text{പുറന്തള്ളപ്പെട്ട } CO_2 \text{ ന്റെ വ്യാപ്തം}}{\text{ഉപയോഗിച്ച ഓക്സിജന്റെ വ്യാപ്തം}}$$

ശ്വസനത്തിന് ഉപയോഗിക്കുന്ന അഭികാരകത്തെ അനുസരിച്ചായിരിക്കും ശ്വസന ഹാരകം. ധാന്യകങ്ങൾ അഭികാരകമായി ഉപയോഗിക്കുമ്പോൾ പൂർണമായ വിഘടനം നടക്കുന്നു. പുറന്തള്ളുന്ന കാർബൺ ഡൈഓക്സൈഡിന്റെ അളവും

ഉപയോഗിക്കുന്ന ഓക്സിജന്റെ അളവും തുല്യമായതിനാൽ 1 ആയിരിക്കും RQ. ചുവടെ നൽകിയിരിക്കുന്ന രാസവാക്യം ശ്രദ്ധിക്കൂ:

$$C_6H_{12}O_6 + 6O_2 \longrightarrow 6CO_2 + 6H_2O + \text{ഊർജം}$$

$$RQ = \frac{6CO_2}{6O_2} = 1.0$$

ശ്വസനത്തിനായി കൊഴുപ്പ് ഉപയോഗിക്കുമ്പോൾ RQ ഒന്നിൽ താഴെയായിരിക്കും. ട്രൈപാൽമിറ്റിൻ (Tripalmitin) എന്ന ഫാറ്റിആസിഡ് അഭികാരകമായി ഉപയോഗിക്കുമ്പോൾ ഉള്ള കണക്ക് ചുവടെ നൽകിയിരിക്കുന്നു:

$$\underset{\text{ട്രൈപാൽമിറ്റിൻ}}{2(C_{51}H_{98}O_6)} + 145O_2 \longrightarrow 102CO_2 + 98H_2O + \text{ഊർജം}$$

$$RQ = \frac{102CO_2}{145O_2} = 0.7$$

പ്രോട്ടീനുകൾ ശ്വസനത്തിനുള്ള അഭികാരകമായി ഉപയോഗിക്കുമ്പോൾ RQ ഏകദേശം 0.9 ആയിരിക്കും. ജീവികളിൽ ശ്വസനത്തിനുള്ള അഭികാരകങ്ങൾ ഒന്നിൽ കൂടുതൽ തരത്തിൽ കാണപ്പെടുന്നു എന്നത് ശ്രദ്ധേയമാണ്. ശുദ്ധമായ പ്രോട്ടീനും കൊഴുപ്പും ശ്വസനത്തിനുള്ള അഭികാരകമായി ഒരിക്കലും ഉപയോഗിക്കുന്നില്ല.

സംഗ്രഹം

മൃഗങ്ങളിൽ നിന്ന് വ്യത്യസ്തമായി സസ്യങ്ങൾക്ക് ശ്വസനത്തിനോ വാതകവിനിമയത്തിനോ പ്രത്യേകം വ്യവസ്ഥ കാണപ്പെടുന്നില്ല. ആസ്യരന്ധ്രം, ലെന്റിസെൽ എന്നിവയിലൂടെ വ്യാപനം വഴി വാതകവിനിമയം നടക്കുന്നു. ഒരു സസ്യത്തിന്റെ ഏകദേശം എല്ലാ ജീവനുള്ള കോശങ്ങളുടെയും ഉപരിതലം വായുവുമായി സമ്പർക്കത്തിലായിരിക്കും.

കോശങ്ങളിൽ വച്ച് നടക്കുന്ന ഓക്സീകരണത്തിന്റെ ഫലമായി സങ്കീർണമായ കാർബണിക തന്മാത്രകളിലെ C-C ബന്ധനങ്ങൾ വിഘടിച്ച് ഊർജം സ്വതന്ത്രമാക്കുന്ന പ്രക്രിയയാണ് കോശശ്വസനം. ഗ്ലൂക്കോസ് ആണ് ശ്വസനത്തിന്റെ അഭികാമ്യമായ അഭികാരകം. കൊഴുപ്പുകൾ, പ്രോട്ടീനുകൾ എന്നിവ വിഘടിച്ചും ഊർജം സ്വതന്ത്രമാകുന്നു. കോശശ്വസനത്തിന്റെ ആദ്യഘട്ടം നടക്കുന്നത് കോശദ്രവ്യത്തിലാണ്. രാസാഗ്നികൾ ഉൽപ്രേരകമായി വർത്തിക്കുന്ന നിരവധി പ്രക്രിയകളിലൂടെ ഗ്ലൂക്കോസ് തന്മാത്രയ്ക്ക് വിഘടനം നടന്ന് പൈറുവിക് ആസിഡിന്റെ രണ്ട് തന്മാത്രകൾ ഉണ്ടാകുന്നു. ഈ പ്രക്രിയയെ ഗ്ലൈക്കോളിസിസ് എന്നുപറയുന്നു. ഓക്സിജന്റെ ലഭ്യത, ജീവി എന്നിവയെ ആശ്രയിച്ചാണ് പൈറുവേറ്റിന്റെ തുടർന്നുള്ള മാറ്റങ്ങൾ. അവായവസാഹചര്യങ്ങളിൽ ലാക്ടിക് ആസിഡ് ഫെർമെന്റേഷനോ ആൽക്കഹോൾ ഫെർമെന്റേഷനോ നടക്കുന്നു. നിരവധി പ്രോകാരിയോട്ടുകൾ, ഏകകോശമുള്ള യൂകാരിയോട്ടുകൾ, മുളയ്ക്കുന്ന വിത്തുകൾ എന്നിവയിൽ അവായവ സാഹചര്യങ്ങളിൽ ഫെർമെന്റേഷൻ നടക്കുന്നു. യൂകാരിയോട്ടുകളായ ജീവികളിൽ ഓക്സിജന്റെ സാന്നിധ്യത്തിൽ വായുശ്വസനം നടക്കുന്നു. പൈറുവിക് ആസിഡിനെ മൈറ്റോകോൺഡ്രിയയിലേക്ക് കൊണ്ടുപോകുകയും അവിടെ വച്ച് പൈറുവിക് ആസിഡിൽ നിന്ന് കാർബൺ ഡൈഓക്സൈഡിനെ സ്വതന്ത്രമാക്കുകയും അസറ്റൈൽ കോഎൻസൈം A ആയി മാറ്റപ്പെടുകയും ചെയ്യുന്നു. തുടർന്ന് അസറ്റൈൽ കോഎൻസൈം A മൈറ്റോകോൺഡ്രിയയുടെ മാട്രിക്സിൽ വച്ച് നടക്കുന്ന ട്രൈകാർബോക്സിലിക് ആസിഡ് ചക്രം അഥവാ ക്രെബ്സ് പരിവൃത്തിയിൽ പ്രവേശിക്കുന്നു. ക്രെബ്സ് പരിവൃത്തിയിൽ NADH +

H^+, $FADH_2$ എന്നിവ ഉണ്ടാകുന്നു. ഈ തന്മാത്രകളിലെ ഊർജവും ഗ്ലൈക്കോളിസിസിൽ ഉണ്ടായ NADH + H^+ ലെ ഊർജവും ATP നിർമാണത്തിനായി ഉപയോഗിക്കുന്നു. ഇത് സാധ്യമാകുന്നത് മൈറ്റോകോൺഡ്രിയയുടെ ആന്തരസ്തരത്തിൽ കാണപ്പെടുന്ന ഇലക്ട്രോൺ വാഹകരുടെ നിരയായ ഇലക്ട്രോൺ സംവഹന വ്യവസ്ഥയിലൂടെയാണ് (ETS). ഇലക്ട്രോണുകൾ ഈ സംവിധാനത്തിലൂടെ സഞ്ചരിക്കുമ്പോൾ സ്വതന്ത്രമാകുന്ന ഊർജം ATP യുടെ നിർമാണത്തിന് ഉപയോഗിക്കുന്നു. ഇതിനെ ഓക്സിഡേറ്റീവ് ഫോസ്ഫോറിലേഷൻ എന്നുപറയുന്നു. ഈ പ്രക്രിയയിൽ ഇലക്ട്രോണുകളെ അവസാനമായി സ്വീകരിക്കുന്ന ഓക്സിജൻ നിരോക്സീകരിക്കപ്പെട്ട് ജലമാകുന്നു.

ശ്വസനം ഒരു ആംഫിബോളിക് പാതയാണ്. ഇതിൽ അപചയവും ഉപചയവും ഉൾപ്പെടുന്നു. ശ്വസനത്തിന് ഉപയോഗിക്കുന്ന അധികാരകത്തെ അനുസരിച്ചാണ് ശ്വസന ഹാരകം.

പരിശീലന പ്രവർത്തനങ്ങൾ

1. ചുവടെ നൽകിയിരിക്കുന്നവ തമ്മിലുള്ള വ്യത്യാസം എഴുതുക.
   a) ശ്വസനവും ജ്വലനവും
   b) ഗ്ലൈക്കോളിസിസും ക്രെബ്സ് പരിവൃത്തിയും
   c) വായുശ്വസനവും ഫെർമെന്റേഷനും
2. ശ്വസന അധികാരകങ്ങൾ എന്നാൽ എന്ത്? സാധാരണയായി ഉപയോഗിക്കുന്ന ശ്വസന അധികാരകം ഏത്?
3. ഗ്ലൈക്കോളിസിസിന്റെ രേഖാചിത്രീകരണം തയാറാക്കുക.
4. വായുശ്വസനത്തിന്റെ പ്രധാനഘട്ടങ്ങൾ ഏതെല്ലാം? അവ നടക്കുന്നതെവിടെ?
5. ക്രെബ്സ് പരിവൃത്തിയുടെ ചിത്രീകരണം തയാറാക്കുക.
6. ETS വിശദമാക്കുക.
7. ചുവടെ നൽകിയിരിക്കുന്നവ തമ്മിലുള്ള വ്യത്യാസങ്ങൾ എഴുതുക.
   a) വായുശ്വസനവും അവായുശ്വസനവും
   b) ഗ്ലൈക്കോളിസിസും ഫെർമെന്റേഷനും
   c) ഗ്ലൈക്കോളിസിസും സിട്രിക് ആസിഡ് ചക്രവും
8. ആകെ ലഭ്യമാകുന്ന ATP യുടെ എണ്ണം കണക്കാക്കുമ്പോൾ എന്തെല്ലാം ഊഹങ്ങളാണ് രൂപീകരിക്കാവുന്നത്?
9. 'ശ്വസനം ഒരു ആംഫിബോളിക് പാതയാണ്' കുറിപ്പ് തയാറാക്കുക.
10. RQ വിന് നിർവചനം എഴുതുക. കൊഴുപ്പിന്റെ RQ എത്ര?
11. ഓക്സിഡേറ്റീവ് ഫോസ്ഫോറിലേഷൻ എന്നാൽ എന്ത്?
12. ശ്വസനത്തിൽ ഘട്ടം ഘട്ടമായി ഊർജം സ്വതന്ത്രമാക്കുന്നതിന്റെ പ്രാധാന്യം എന്താണ്?

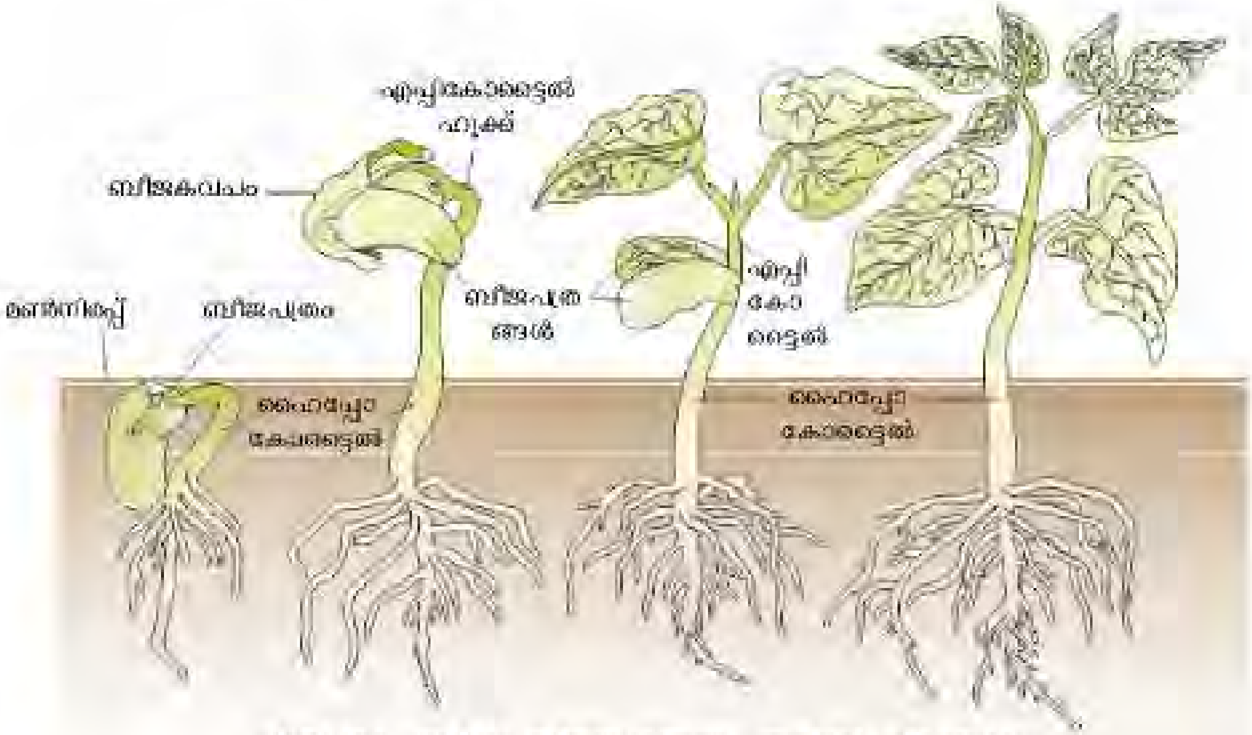
I7L1V1

അധ്യായം 15

സസ്യവളർച്ചയും വികാസവും
(Plant Growth and Development)

പുഷ്പിത സസ്യങ്ങളുടെ ഘടനയെപ്പറ്റി അഞ്ചാം അധ്യായത്തിൽ നിങ്ങൾ പഠിച്ചുവല്ലോ. വേരുകൾ, കാണ്ഡങ്ങൾ, ഇലകൾ, പൂക്കൾ, ഫലങ്ങൾ, വിത്തുകൾ തുടങ്ങിയവ എവിടെയാണ് ഉണ്ടാകുന്നതെന്നും അവ ക്രമമായി രൂപപ്പെടുന്നത് എങ്ങനെയെന്നും എപ്പോഴെങ്കിലും നിങ്ങൾ ചിന്തിച്ചിട്ടുണ്ടോ? വിത്ത്, തൈ, പൂർണ വളർച്ച എത്തിയ സസ്യം എന്നീ പദങ്ങൾ നിങ്ങൾക്ക് ഇപ്പോൾ പരിചിതമായിരിക്കുമല്ലോ? വൃക്ഷങ്ങൾ തുടർച്ചയായി ഉയരം കൂടുന്നതും വണ്ണം വയ്ക്കുന്നതും നിങ്ങൾ ശ്രദ്ധിച്ചിട്ടുണ്ടാവാം. എന്നാൽ ഒരേ മരത്തിലെ ഇലകൾ, പൂക്കൾ, ഫലങ്ങൾ എന്നിവയുടെ പരിമാണങ്ങൾ (Dimensions) പരിമിതമാണെന്നുമാത്രമല്ല അവ ഇടയ്ക്കിടെ അല്ലെങ്കിൽ തുടർച്ചയായി പ്രത്യക്ഷപ്പെടുകയും പൊഴിയുകയും ചെയ്യുന്നു. സസ്യങ്ങളിൽ കായികഘട്ടം പുഷ്പിക്കുന്നതിനു മുമ്പ് കാണപ്പെടുന്നത് എന്തുകൊണ്ടാണ്? പലവിധത്തിലുള്ള കലകൾ കൊണ്ടാണ് എല്ലാ സസ്യങ്ങളുടെയും അവയവങ്ങൾ ഉണ്ടാക്കിയിരിക്കുന്നത്. കോശം, കല, അവയവം എന്നിവയുടെ ഘടനയും അവ ചെയ്യുന്ന ധർമവും തമ്മിൽ എന്തെങ്കിലും ബന്ധമുണ്ടോ? ഇവയുടെ ഘടനയിലും ധർമത്തിലും മാറ്റം വരുത്താൻ സാധിക്കുമോ? ഒരു സസ്യത്തിലെ എല്ലാ കോശങ്ങളും സിക്താണ്ഡത്തിൽ നിന്നാണ് രൂപംകൊള്ളുന്നത്. ആയതിനാൽ ഈ കോശങ്ങൾക്ക് വിവിധ ഘടനയും ധർമപരമായ വ്യത്യാസങ്ങളും എന്തുകൊണ്ട് അല്ലെങ്കിൽ എങ്ങനെ ഉണ്ടായി എന്നതാണ് പ്രസക്തമായ ചോദ്യം. വികാസം എന്നത് വളർച്ച, വൈവിധ്യവൽക്കരണം എന്നീ രണ്ട് പ്രക്രിയകളുടെ ആകെത്തുകയാണ്. ഇതു മനസിലാക്കാൻ കൃത്യവും ക്രമാനുഗതവുമായ ഘട്ടങ്ങളിലൂടെ കടന്നാണ് സിക്താണ്ഡത്തിൽ നിന്നും പൂർണവളർച്ചയുള്ള ഒരു സസ്യം വികസിക്കുന്നത് എന്ന് അറിയേണ്ടത് അനിവാര്യമാണ്. ഈ പ്രക്രിയ നടക്കുമ്പോൾ സങ്കീർണമായ ഒരു ശാരീരിക ഘടന ഉണ്ടാവുകയും അത് വേരുകൾ, ഇലകൾ, ശാഖകൾ, പൂക്കൾ, ഫലങ്ങൾ, വിത്തുകൾ എന്നിവ ഉത്പാദിപ്പിക്കുകയും ക്രമേണ ഇല്ലാതാവുകയും ചെയ്യുന്നു (ചിത്രം 15.1). സസ്യവളർച്ചാ പ്രക്രിയയിലെ ആദ്യഘട്ടം എന്നത് വിത്തുമുളയ്ക്കൽ അഥവാ ബീജാങ്കുരണമാണ്. വളർച്ചയ്ക്ക് അനുകൂലമായ സാഹചര്യങ്ങൾ ഉള്ള

ചുറ്റുപാടിൽ വിത്ത് മുളയ്ക്കുന്നു. അനുകൂല സാഹചര്യങ്ങൾ ഇല്ലാത്ത സന്ദർഭങ്ങളിൽ വിത്തുകൾ മുളയ്ക്കാതെ താൽക്കാലികമായി വളർച്ച നിർത്തിവച്ച് വിശ്രമാവസ്ഥയിലേക്ക് കടക്കുന്നു. അനുകൂല സാഹചര്യങ്ങൾ പുനഃസ്ഥാപിക്കപ്പെടുമ്പോൾ വിത്തുകൾ ഉപാപചയ പ്രവർത്തനങ്ങൾ പുനരാരംഭിക്കുകയും വളരുകയും ചെയ്യുന്നു.



ചിത്രം 15.1 പയറിലെ ബീജാങ്കുരണവും അതിന്റെ വികാസവും

ഈ അധ്യായത്തിൽ വികാസ പ്രവർത്തനങ്ങളെ നിയന്ത്രിക്കുന്ന ഏതാനും ഘടകങ്ങളെക്കുറിച്ച് നമുക്ക് പഠിക്കാം. ഈ ഘടകങ്ങൾ സസ്യങ്ങളുടെ ആന്തരികമായതോ (Internal) ബാഹ്യമായതോ (External) ആകാം.

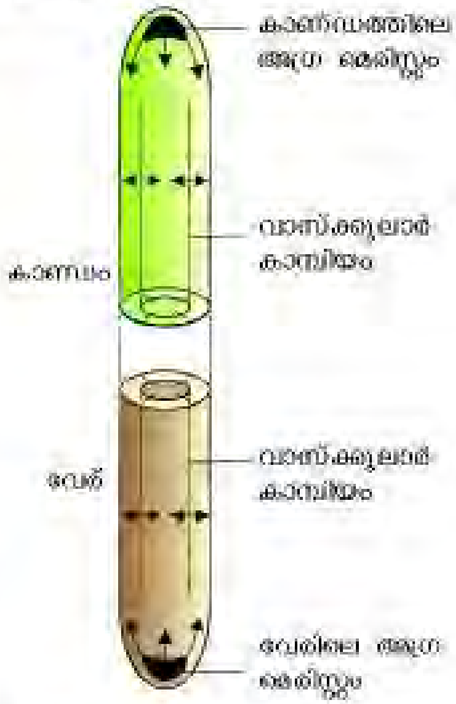
15.1 വളർച്ച (Growth)

ജീവനുള്ളവയുടെ അടിസ്ഥാനപരവും സ്പഷ്ടവുമായ സ്വഭാവസവിശേഷതയായി വളർച്ചയെ കണക്കാക്കുന്നു. എന്താണ് വളർച്ച? തിരികെവരാൻ കഴിയാത്തവിധം ശാശ്വതമായി ഒരു കോശത്തിന്റെയോ, ഒരു അവയവത്തിന്റെയോ അല്ലെങ്കിൽ അവയവഭാഗത്തിന്റെയോ വലുപ്പം വർധിക്കുന്നതിനെയാണ് വളർച്ച എന്നു പറയുന്നത്. ഊർജത്തിന്റെ വിനിയോഗത്തിലൂടെ നടക്കുന്ന ഉപാപചയ പ്രവർത്തനങ്ങളിലൂടെയാണ് (ഉപചയവും അപചയവും) വളർച്ച സാധ്യമാകുന്നത്. അതുകൊണ്ട് ഒരു ഇലയുടെ വിപുലീകരണം (Expansion) വളർച്ചയ്ക്ക് ഉദാഹരണമാണ്. ജലത്തിൽ കിടക്കുന്ന ഒരു കഷണം തടി വീർത്തുവരുന്നത് നിങ്ങൾക്കെങ്ങനെ വിവരിക്കാൻ കഴിയും?

15.1.1 സസ്യവളർച്ച പൊതുവെ അനിയന്ത്രിതമാണ്

സസ്യങ്ങളിൽ ജീവിതകാലം മുഴുവൻ കാണപ്പെടുന്ന അനിയന്ത്രിത വളർച്ച അവയെ മറ്റ് ജീവികളിൽ നിന്ന് വ്യത്യസ്തമാക്കുന്നു. സസ്യങ്ങളിൽ ചില പ്രത്യേക ഭാഗങ്ങളിൽ കാണപ്പെടുന്ന വിഭജനകലകൾ അഥവാ മെരിസ്റ്റമികകലകളാണ് ഇതിന് കാരണം. വിഭജനകലകളിലെ കോശങ്ങൾക്ക് സ്വയം വിഭജിക്കുന്നതിനും ആ കഴിവ് തുടർച്ചയായി നിലനിർത്തുന്നതിനുമുള്ള ശേഷിയുണ്ട്. എന്നാൽ ഇവയിൽ നിന്നുണ്ടാകുന്ന പുതിയ കോശങ്ങൾ വിഭജനശേഷി നഷ്ടപ്പെട്ട് സസ്യശരീരഭാഗമായി മാറുന്നു. ഇത്തരത്തിൽ വിഭജനകലയുടെ പ്രവർത്തനത്താൽ പുതിയ കോശങ്ങൾ എപ്പോഴും സസ്യശരീരത്തിലേക്ക് കൂട്ടിച്ചേർക്കപ്പെടുന്ന തരത്തിലുള്ള വളർച്ചയെ തുറന്ന വളർച്ച (Open form of growth) എന്ന് പറയുന്നു. വിഭജനകലകൾ വിഭജിക്കുന്നത് നിർത്തിയാൽ എന്ത് സംഭവിക്കും? ഇങ്ങനെ എപ്പോഴെങ്കിലും സംഭവിക്കുന്നുണ്ടോ?

വേരിലെ അഗ്ര മെരിസ്റ്റമിക കലകളെക്കുറിച്ചും കാണ്ഡത്തിലെ അഗ്ര മെരിസ്റ്റമിക കലകളെക്കുറിച്ചും ആറാം അധ്യായത്തിൽ നിങ്ങൾ പഠിച്ചിട്ടുണ്ട്. ഇവയാണ് സസ്യങ്ങളുടെ പ്രാഥമിക വളർച്ചയ്ക്കും സസ്യങ്ങളുടെ നീളം വർധിപ്പിക്കുന്നതിനും പ്രധാന കാരണമെന്ന് നിങ്ങൾക്കറിയാമല്ലോ? ദ്വിബീജപത്രസസ്യങ്ങളിലും അനാവൃതബീജസസ്യങ്ങളിലും പാർശ്വ മെരിസ്റ്റം (Lateral meristem), വാസ്കുലാർ കാമ്പിയം (Vascular cambium), കോർക്ക് കാമ്പിയം (Cork cambium) എന്നിവ പിന്നീട് പ്രത്യക്ഷപ്പെടാറുണ്ടെന്നതും നിങ്ങൾ മനസ്സിലാക്കിയിട്ടുണ്ട്. ഈ മെരിസ്റ്റമിക കലകളാണ് സസ്യങ്ങളിൽ അവയവങ്ങളുടെ വണ്ണം കൂടാൻ കാരണമാകുന്നത്. ഇതിനെയാണ് സസ്യങ്ങളുടെ ദ്വിതീയ വളർച്ച (Secondary growth) എന്നു പറയുന്നത് (ചിത്രം 15.2).



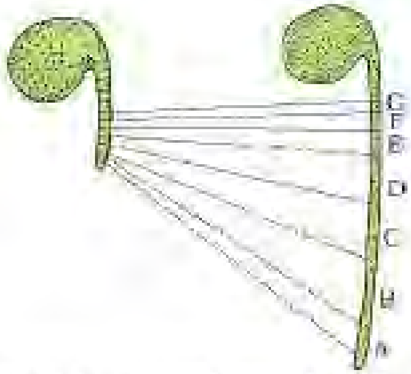
ചിത്രം 15.2 വേരിലെ അഗ്രമെരിസ്റ്റം, കാണ്ഡത്തിലെ അഗ്രമെരിസ്റ്റം, വാസ്കുലാർ കാമ്പിയം എന്നിവ കാണിക്കുന്ന രേഖാചിത്രീകരണം. അമ്പടയാളം കാണിക്കുന്നത് കോശത്തിന്റെയും അവയവത്തിന്റെയും വളർച്ചയുടെ ദിശയാണ്.

15.1.2 വളർച്ച അളക്കാവുന്നതാണ്

കോശതലത്തിൽ, വളർച്ച എന്നത് പ്രധാനമായും ജീവദ്രവ്യത്തിന്റെ അളവ് കൂടുന്നതിന്റെ അനന്തരഫലമാണ്. ജീവദ്രവ്യത്തിന്റെ വർധനവ് നേരിട്ട് അളക്കാൻ പ്രയാസമേറിയതാണ്. അതിനാൽ അതിനോട് ഏറെക്കുറെ ആനുപാതികമായ ചില പരിമാണങ്ങളാണ് പൊതുവെ അളക്കുന്നത്. അതുകൊണ്ട് വളർച്ചയെ വിവിധ അളവ് മാനദണ്ഡങ്ങൾ ഉപയോഗിച്ച് അളക്കുന്നു. ഇതിന് ഉദാഹരണങ്ങളാണ് ജീവാവസ്ഥയിലുള്ള ഭാരം, നിർജലാവസ്ഥയിലുള്ള ഭാരം, നീളം, വിസ്തൃതി, വ്യാപ്തം, കോശങ്ങളുടെ എണ്ണം എന്നിവ. ചോളത്തിന്റെ വേരിലെ ഒരു അഗ്ര മെരിസ്റ്റം വിഭജിച്ച് മണിക്കൂറിൽ 17,500 പുതിയ കോശങ്ങൾ ഉണ്ടാകുന്നതും തണ്ണിമത്തനിലെ കോശങ്ങളുടെ വലുപ്പം

3,50,000 മടങ്ങ് വർധിക്കുന്നു എന്ന അറിവും നിങ്ങളെ ആശ്ചര്യപ്പെടുത്തുന്നവയാവാം. ആദ്യ ഉദാഹരണത്തിൽ വളർച്ച എന്നു പറയുന്നത് കോശങ്ങളുടെ എണ്ണത്തിലുള്ള വർധനവും രണ്ടാമത്തേതിൽ വളർച്ച എന്നത് കോശത്തിന്റെ വലുപ്പത്തിലുള്ള വർധനവും ആണ്. ഒരു പരാഗരേണുനാളത്തിന്റെ വളർച്ച അളക്കുന്നത് അതിന്റെ നീളത്തെ അടിസ്ഥാനമാക്കിയാണ്. എന്നാൽ, ഒരു ഉപരിതല അധോതല ഭിന്നമായ ഇലയുടെ (Dorsi - ventral leaf) ഉപരിതല വിസ്തീർണത്തിലുള്ള വർധനവാണ് അതിന്റെ വളർച്ചയെ സൂചിപ്പിക്കുന്നത്.

15.1.3 വളർച്ചയുടെ ഘട്ടങ്ങൾ



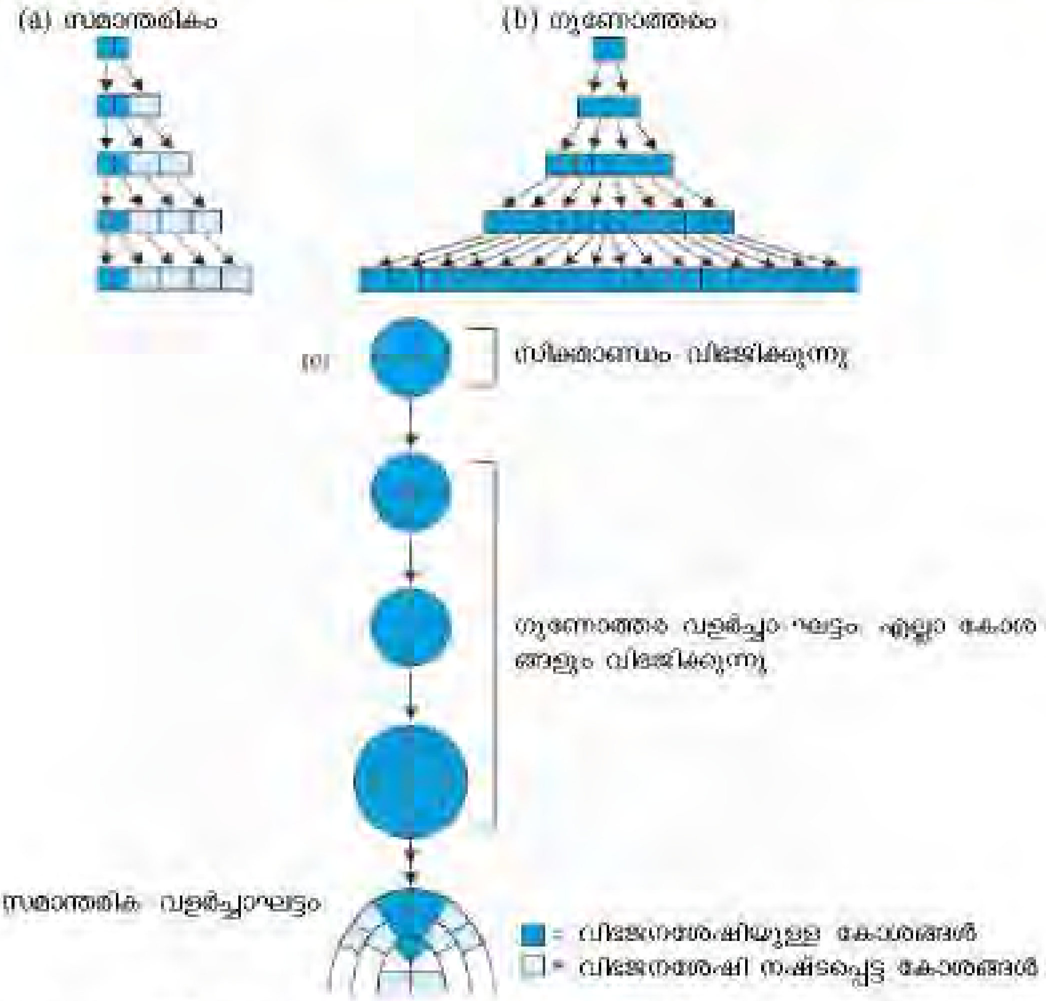
ചിത്രം 15.3 പാരലൽ ലൈൻ വിദ്യ ഉപയോഗിച്ച് ദീർഘീകരണ മേഖലകൾ കണ്ടുപിടിക്കുന്ന വിധം. അഗ്രത്തിന്റെ തൊട്ടുപിന്നിലായി കാണുന്ന A, B, C, D മേഖലകളിലാണ് നീളം കൂടിയിട്ടുള്ളത്.

വളർച്ചയുടെ ഘട്ടങ്ങളെ മൂന്നായി തിരിച്ചിരിക്കുന്നു. അവയാണ് മെരിസ്റ്റമിക ഘട്ടം, ദീർഘീകരണ ഘട്ടം, വളർച്ചപൂർത്തിയായ ഘട്ടം എന്നിവ (ചിത്രം 15.3). വേരിന്റെ അഗ്രഭാഗത്തെ നോക്കിക്കൊണ്ട് നമുക്ക് ഇത് മനസ്സിലാക്കാം. വേരിന്റെയും കാണ്ഡത്തിന്റെയും അഗ്രഭാഗത്ത് കാണുന്ന തുടർച്ചയായി വിഭജിച്ചുകൊണ്ടിരിക്കുന്ന കോശങ്ങൾ വളർച്ചയുടെ മെരിസ്റ്റമിക ഘട്ടത്തെ (Meristematic phase) പ്രതിനിധീകരിക്കുന്നു. ഈ ഭാഗത്തെ കോശങ്ങളിൽ ധാരാളം ജീവദ്രവ്യവും വ്യക്തമായ വലിയ മർമവും കാണപ്പെടുന്നു. ഇവയുടെ കോശഭിത്തി പ്രാഥമികവും കനം കുറഞ്ഞതും സെല്ലുലോസുകൊണ്ടുണ്ടാക്കിയതും ധാരാളം കോശദ്രവ്യതന്തുക്കളാൽ (Plasmodesmata) ബന്ധപ്പെട്ടതുമാണ്. മെരിസ്റ്റമിക മേഖലയ്ക്ക് തൊട്ടടുത്തായി (അഗ്രത്തിൽ നിന്നും അകന്ന്) കാണുന്ന കോശങ്ങൾ ദീർഘീകരണ ഘട്ടത്തെ (Phase of elongation) പ്രതിനിധീകരിക്കുന്നു. ഫേനത്തിന്റെ വലുപ്പംവർധിക്കൽ, കോശത്തിന്റെ വലുപ്പംവർധിക്കൽ, കോശഭിത്തിയിൽ പുതിയ പദാർഥങ്ങൾ നിക്ഷേപിക്കൽ എന്നിവയാണ് ഈ ഘട്ടത്തിലെ കോശങ്ങളുടെ പ്രത്യേകതകൾ. അഗ്രഭാഗത്ത് നിന്ന് കുറേമാറി, ദീർഘീകരണ മേഖലയ്ക്ക് തൊട്ടടുത്തായി കാണുന്ന അക്ഷഭാഗം വളർച്ചപൂർത്തിയായ ഘട്ടത്തെ (Phase of maturation) പ്രതിനിധീകരിക്കുന്നു. കോശഭിത്തിക്ക് കനം കൂടുന്നതിനാലും ജീവദ്രവ്യത്തിലുണ്ടാകുന്ന മാറ്റങ്ങളാലും ഈ ഭാഗത്തെ കോശങ്ങൾ പരമാവധി വലുപ്പം ആർജിക്കുന്നു. ആറാം അധ്യായത്തിൽ നിങ്ങൾ പഠിച്ച കലകളും വിവിധതരം കോശങ്ങളും ഈ ഘട്ടത്തെ പ്രതിനിധാനം ചെയ്യുന്നു.

15.1.4 വളർച്ചാനിരക്കുകൾ (Growth rates)

ഒരു നിശ്ചിത സമയത്ത് വളർച്ചയിലുണ്ടാകുന്ന വർധനവിനെയാണ് വളർച്ചാനിരക്ക് എന്ന് പറയുന്നത്. വളർച്ചാനിരക്കിനെ അക്കങ്ങളായി രേഖപ്പെടുത്താവുന്നതുമാണ്. ഒരു ജീവിക്കോ അല്ലെങ്കിൽ ജീവിയുടെ ഒരു ഭാഗത്തിനോ പല വിധത്തിൽ കൂടുതൽ കോശങ്ങളെ ഉത്പാദിപ്പിക്കാം.

വളർച്ചാനിരക്കിൽ ഉണ്ടാകുന്ന വർധനവ് സമാന്തരികമോ (Arithmetic) ഗുണോത്തരമോ (Geometric) ആകാം (ചിത്രം 15.4).



ചിത്രം 15.4 രേഖാചിത്രീകരണം : (a) സമാന്തരിക വളർച്ച (b) ഗുണോത്തര വളർച്ച (c) ഭ്രൂണവികാസത്തിൽ സമാന്തരിക വളർച്ചയും ഗുണോത്തര വളർച്ചയും കാണിക്കുന്ന ഘട്ടങ്ങൾ

സമാന്തരിക വളർച്ചയിൽ ക്രമഭംഗത്താൽ തുടർന്നുണ്ടാകുന്ന പുത്രികാകോശങ്ങളിൽ ഒന്നുമാത്രം തുടർച്ചയായി വിഭജിക്കുകയും അടുത്തത് വൈവിധ്യവൽക്കരിക്കപ്പെട്ട് പൂർണ്ണ വളർച്ച പ്രാപിക്കുകയും ചെയ്യുന്നു. ഒരു വേര് ഒരു നിശ്ചിത നിരക്കിൽ നീളംവയ്ക്കുന്നത് സമാന്തരികവളർച്ച കാണിക്കുന്നതിനുള്ള ഒരു ലളിതമായ ഉദാഹരണമാണ്. ചിത്രം 15.5 നോക്കുക. ഒരു സസ്യഭാഗത്തിന്റെ നീളം സമയത്തിനനുസൃതമായി വരയ്ക്കുകയാണെങ്കിൽ ഒരു നേർരേഖ (Linear curve) കിട്ടുന്നു.

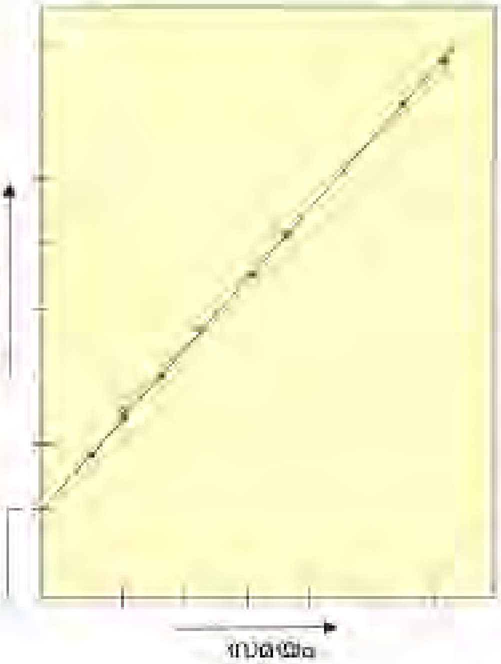
സമാന്തരിക വളർച്ച നമുക്ക് താഴെ കാണുന്ന വിധത്തിൽ രേഖപ്പെടുത്താം.

$L_t = L_0 + rt$

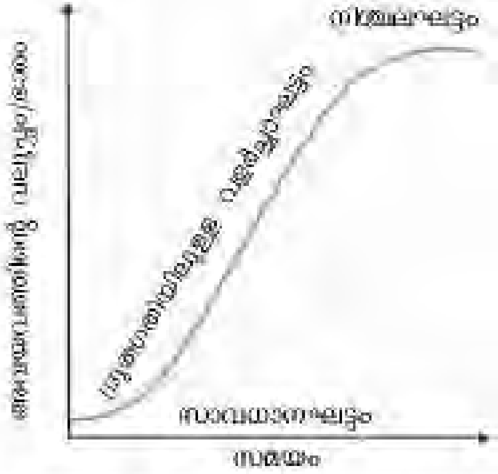
L_t = 't' സമയത്തുള്ള നീളം

L_0 = 'Zero' സമയത്തുള്ള നീളം

r = വളർച്ചാനിരക്ക്/ഒരു നിശ്ചിത സമയത്ത് നീളത്തിലുണ്ടാകുന്ന വർധനവ്.



ചിത്രം 15.5 സ്ഥിരമായ രേഖീയ വളർച്ച, t സമയത്തിനനുസൃതമായി L നീളം രേഖപ്പെടുത്തിയിരിക്കുന്ന ഗ്രാഫ്



ചിത്രം 15.6 കൾച്ചറിലെ കോശങ്ങളുടെയും പല ഉയർന്ന തലത്തിലുള്ള സസ്യങ്ങളുടെയും സസ്യഭാഗങ്ങളുടെയും വളർച്ചയെ സൂചിപ്പിക്കുന്ന ഒരു മാതൃകാ സിഗ്മോയ്ഡ് വളർച്ചാവക്രം

ഇനി നമുക്ക് ഗുണോത്തര വളർച്ചയിൽ എന്ത് സംഭവിക്കുന്നുവെന്ന് നോക്കാം. എല്ലാ വ്യവസ്ഥയിലും വളർച്ചയുടെ ആദ്യഘട്ടം വളരെ സാവധാനവും (Lag phase) തുടർന്ന് ദ്രുതഗതിയിലുള്ള വളർച്ചയുടെ ഘട്ടവും (Log phase or Exponential phase) ആണ് കാണാൻ സാധിക്കുന്നത്. ഇവിടെ ക്രമഭംഗത്തെ തുടർന്നുള്ള രണ്ടു പുത്രികാകോശങ്ങളും വിഭജനശേഷി നിലനിർത്തി തുടർച്ചയായി വിഭജിക്കുന്നു. എന്നിരുന്നാലും പോഷകലഭ്യത പരിമിതമാകുമ്പോൾ വളർച്ച സാവധാനമാകുകയും നിശ്ചലഘട്ടത്തിലേക്ക് (Stationary phase) നയിക്കുകയും ചെയ്യുന്നു. വളർച്ചയുടെ തോത് സമയത്തിനനുസൃതമായി രേഖപ്പെടുത്തുകയാണെങ്കിൽ വ്യക്തമായ സിഗ്മോയ്ഡ് വക്രം (Sigmoid curve) അല്ലെങ്കിൽ സിഗ്മോയ്ഡ് ഗ്രാഫ് നമുക്ക് കിട്ടും (ചിത്രം 15.6). പ്രകൃതിദത്ത ചുറ്റുപാടിൽ വളരുന്ന ജീവജാലങ്ങളുടെ സവിശേഷതയാണ് S ആകൃതിയിലുള്ള ഗ്രാഫ്. ഒരു സസ്യത്തിന്റെ കോശങ്ങൾ, കലകൾ, അവയവങ്ങൾ എല്ലാം പിന്തുടരുന്നത് ഈ തരത്തിലുള്ള വളർച്ചയാണ്. *ഇത്തരത്തിലുള്ള കൂടുതൽ ഉദാഹരണങ്ങളെക്കുറിച്ച് നിങ്ങൾക്ക് പറയാനാകുമോ? ഋതുഭേദങ്ങൾക്കനുസരിച്ച് പ്രവർത്തനങ്ങൾ കാഴ്ചവയ്ക്കുന്ന വൃക്ഷങ്ങളിൽ ഏത് തരം ഗ്രാഫ് ആണ് നാം പ്രതീക്ഷിക്കുന്നത്?*

ദ്രുതഗതിയിലുള്ള വളർച്ച (Exponential growth) താഴെ കാണുന്ന രീതിയിൽ രേഖപ്പെടുത്താം:

$W_1 = W_0 e^{rt}$

W_1 = അന്തിമവലുപ്പം (ഭാരം, പൊക്കം, എണ്ണം എന്നിങ്ങനെ)

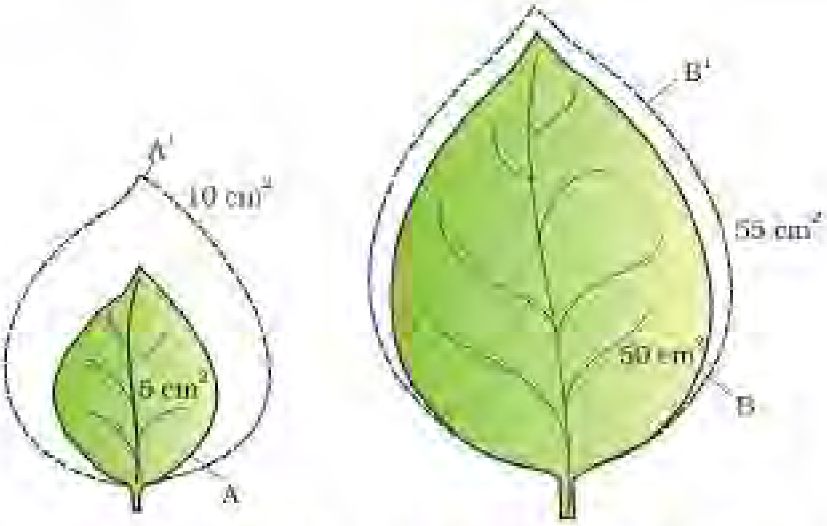
W_0 = ഘട്ടത്തിന്റെ തുടക്കത്തിലുള്ള പ്രാരംഭ വലുപ്പം

r = വളർച്ചാനിരക്ക്

t = വളർച്ചാസമയം

e = ബെയ്സ് ഓഫ് നാച്ചുറൽ ലോഗരിതം (Base of natural logarithms)

ഇവിടെ r എന്നത് ആനുപാതിക വളർച്ചാനിരക്ക് (Relative growth rate) ആണ്. ഒരു സസ്യത്തിന് പുതിയ കലകൾ നിർമിക്കാനുള്ളശേഷി അളക്കുന്നതിനുള്ള ഒരു മാനദണ്ഡമാണ് ഇത്. ആയതിനാൽ ഇതിനെ എഫിഷ്യൻസി ഇൻഡക്സ് (Efficiency index) എന്നു പറയുന്നു. അതുകൊണ്ട് അന്തിമവലുപ്പം (W_1) പ്രാരംഭ വലുപ്പത്തെ (W_0) ആശ്രയിച്ചിരിക്കുന്നു.



ചിത്രം 15.7 പൂർണ്ണ വളർച്ചാനിരക്കും ആനുപാതിക വളർച്ചാനിരക്കും താരതമ്യം ചെയ്യുന്ന രേഖീയ ചിത്രീകരണം. A, B എന്നീ രണ്ട് ഇലകളുടെയും വിസ്തീർണം ഒരു നിശ്ചിത സമയത്തിൽ $5cm^2$ വർധിച്ച് A^1, B^1 ആകുന്നു.

ജീവവ്യവസ്ഥകളുടെ വളർച്ച പരിമാണികമായി (Quantitative) രണ്ടുരീതിയിലൂടെ താരതമ്യം ചെയ്യാനാകും:

i) നിശ്ചിത സമയത്തുണ്ടായ ആകെ വളർച്ച അളന്ന് താരതമ്യപ്പെടുത്തുന്നതിനെയാണ് പൂർണവളർച്ചാനിരക്ക് (Absolute growth rate) എന്ന് പറയുന്നത്.

ii) നിശ്ചിത സമയത്തുള്ള ജീവവ്യവസ്ഥയുടെ വളർച്ച ഒരു പൊതു അടിസ്ഥാനത്തിൽ, ഉദാഹരണത്തിന് ഒരു പ്രാരംഭ അളവിനെ അടിസ്ഥാനമാക്കി രേഖപ്പെടുത്തുന്നതിനെ ആനുപാതിക വളർച്ചാനിരക്ക് (Relative growth rate) എന്ന് പറയുന്നു. ചിത്രം 15.7 വ്യത്യസ്ത വലുപ്പത്തിലുള്ള രണ്ട് ഇലകൾ A യും B യും കാണിക്കുന്നു. ഒരു നിശ്ചിത സമയം കൊണ്ട് ഇവയുടെ വിസ്തീർണത്തിലുണ്ടായ വർധനവ് (Absolute increase in area) A^1 എന്നും B^1 എന്നും കാണിച്ചിരിക്കുന്നു. എന്നാൽ ഇവയിൽ ഒന്നിന്റെ ആനുപാതിക വളർച്ചാനിരക്ക് കൂടുതലാണ്. ഏത് ഇലയാണത്? എന്തുകൊണ്ട്?

15.1.5 വളർച്ചയ്ക്കാവശ്യമായ സാഹചര്യങ്ങൾ

വളർച്ചയ്ക്കാവശ്യമായ സാഹചര്യങ്ങൾ എന്തെല്ലാമാണ്? ജലവും ഓക്സിജനും പോഷകങ്ങളുമാണ് ഈ പട്ടികയിൽ വരുന്ന ഏറ്റവും പ്രധാനപ്പെട്ട ഘടകങ്ങൾ. കോശവലുപ്പ വർധനവിലൂടെയാണ് (Cell enlargement) സസ്യകോശങ്ങൾ വളരുന്നത്. ഈ പ്രക്രിയയ്ക്ക് ജലം അത്യാവശ്യമാണ്. കോശങ്ങളുടെ വീർത്ത അവസ്ഥ (Turgidity) വളർച്ചയെ സഹായിക്കുന്നു. അതുകൊണ്ട് സസ്യവളർച്ചയും തുടർന്നുള്ള വികാസവും സസ്യങ്ങളിലെ ജലനിലയുമായി ആന്തരികമായി ബന്ധപ്പെട്ടിരിക്കുന്നു. വളർച്ചയ്ക്കാവശ്യമായ രാസാഗ്നി പ്രവർത്തനങ്ങളുടെ മാധ്യമമായും ജലം വർത്തിക്കുന്നു. വളർച്ചയ്ക്കാവശ്യമായ ഉപാപചയ പ്രവർത്തനങ്ങൾക്ക് വേണ്ടിയുള്ള ഊർജത്തെ സ്വതന്ത്രമാക്കാൻ ഓക്സിജൻ സഹായിക്കു

ന്നു. ജീവദ്രവ്യം നിർമിക്കുന്നതിനും ഊർജത്തിന്റെ ഉറവിടമെന്നും പോഷകങ്ങൾ (സ്ഥൂലവും സൂക്ഷ്മവുമായ അവശ്യമൂലകങ്ങൾ) സസ്യങ്ങൾക്ക് ആവശ്യമാണ്.

ഇതു കൂടാതെ എല്ലാ സസ്യജാലങ്ങൾക്കും വളർച്ചയ്ക്ക് അനുകൂലമായ ഒരു താപനിലപരിധിയും ഉണ്ട്. ഈ താപനിലപരിധിയിൽ എന്തെങ്കിലും വ്യതിയാനമുണ്ടായാൽ അത് സസ്യങ്ങളുടെ നിലനിൽപ്പിനെ സാരമായി ബാധിക്കും. പ്രകാശം, ഗുരുത്വബലം എന്നീ പ്രകൃതിസൂചകങ്ങളും വളർച്ചയുടെ ചില ഘട്ടങ്ങളെ ബാധിക്കുന്നു.

15.2 വൈവിധ്യവൽക്കരണവും അപവൈവിധ്യവൽക്കരണവും പുനർവൈവിധ്യവൽക്കരണവും (Differentiation, Dedifferentiation and Redifferentiation)

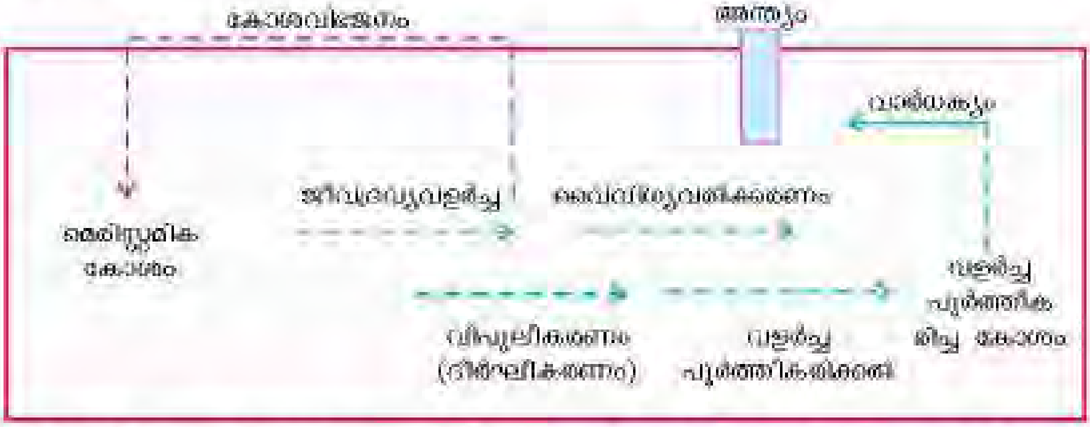
വേരിലെ അഗ്രമെരിസ്റ്റം, കാണ്ഡത്തിലെ അഗ്രമെരിസ്റ്റം എന്നിവയിൽ നിന്നും കാമ്പിയത്തിൽ നിന്നും പുതിയ കോശങ്ങൾ ഉണ്ടാവുകയും അവ പൂർണവളർച്ചയെത്തി പ്രത്യേക ധർമങ്ങൾ നിർവഹിക്കുന്നതിന് പ്രാപ്തമാവുകയും ചെയ്യുന്നു. ഇത്തരത്തിൽ പൂർണവളർച്ചയിലേക്ക് നയിക്കുന്ന പ്രവർത്തനങ്ങളെയാണ് **വൈവിധ്യവൽക്കരണം (Differentiation)** എന്നു പറയുന്നത്. വൈവിധ്യവൽക്കരണ ഘട്ടത്തിൽ, കോശങ്ങൾ അവയുടെ കോശഭിത്തിയിലും ജീവദ്രവ്യത്തിലും ചില ഘടനാപരമായ മാറ്റങ്ങൾക്ക് വിധേയമാകുന്നു. ഉദാഹരണത്തിന്, സംവഹനകലയായ സൈലത്തിന്റെ ഭാഗമാകുന്ന കോശങ്ങൾ അവയുടെ ജീവദ്രവ്യം നഷ്ടപ്പെടുത്തുന്നു. കൂടാതെ, ഉയർന്ന സമ്മർദത്തിലും ജലം ദീർഘദൂരം വഹിക്കുന്നതിനായി ദ്വിതീയകോശഭിത്തി ലിഗ്നോസെല്ലുലോസിക് പദാർഥങ്ങൾ കൊണ്ട് കട്ടിയുള്ളതും ഇലാസ്തികതയുള്ളതുമാകുന്നു. സസ്യങ്ങളുടെ ആന്തരിക ഘടനാസവിശേഷതകളും അവ നിർവഹിക്കുന്ന ധർമങ്ങളും തമ്മിൽ ബന്ധിപ്പിക്കാൻ ശ്രമിക്കൂ.

സസ്യങ്ങൾ മറ്റൊരു രസകരമായ പ്രതിഭാസവും കാണിക്കാറുണ്ട്. വിഭജനശേഷി നഷ്ടപ്പെട്ട് വളർച്ച പൂർത്തീകരിച്ച കോശങ്ങൾ ചില സാഹചര്യങ്ങളിൽ വിഭജനശേഷി വീണ്ടെടുക്കുന്നു. ഈ പ്രതിഭാസത്തെയാണ് **അപവൈവിധ്യവൽക്കരണം (Dedifferentiation)** എന്നു പറയുന്നത്. ഉദാഹരണമായി വൈവിധ്യവൽക്കരണം പൂർത്തിയായ പാരൻകൈമയിൽ നിന്ന് രൂപംകൊണ്ട മെരിസ്റ്റമിക കലകളായ ഇന്റർഫാസിക്കുലാർ കാമ്പിയവും കോർക്ക് കാമ്പിയവും. ഇങ്ങനെ സംഭവിക്കുമ്പോഴും അത്തരത്തിലുള്ള മെരിസ്റ്റമിക കോശങ്ങൾ അല്ലെങ്കിൽ കലകൾ വിഭജിച്ച് പുതിയ കോശങ്ങൾ ഉണ്ടാക്കുകയും അവയ്ക്ക് ഒരിക്കൽ കൂടി വിഭജനശേഷി നഷ്ടപ്പെടുകയും എന്നാൽ പ്രത്യേക ധർമങ്ങൾ നിർവഹിക്കുന്നതിനായി അവ വളർച്ചപൂർത്തിയാക്കുകയും ചെയ്യുന്നു. ഇതിനെയാണ് **പുനർവൈവിധ്യവൽക്കരണം (Redifferentiation)** എന്നു പറയുന്നത്. ദ്വിബീജപത്രസസ്യങ്ങളിൽപ്പെടുന്ന വൻമരങ്ങളിൽ പുനർവൈവിധ്യവൽക്കരണ ഫലമായി ഉണ്ടാകുന്ന ഏതാനും കലകളുടെ പട്ടിക തയാറാക്കുക. ഒരു മുഴയെ (Tumor) നിങ്ങൾ എങ്ങനെ വിവരിക്കും? നിയന്ത്രിതമായ പരീക്ഷണശാലാസാഹചര്യങ്ങളിൽ ടിഷ്യുകൾച്ചർ നടത്തുമ്പോൾ വിഭജിക്കാൻ പ്രാപ്തമാകുന്ന പാരൻകൈമ കോശങ്ങളെ നിങ്ങൾ എന്തു വിളിക്കും?

സസ്യങ്ങളുടെ വളർച്ച തുറന്നതരത്തിലുള്ളതും (Open form) അത് അനിശ്ചിതവുമാണെന്ന് 15.1.1 ൽ സ്ഥാപിച്ചത് നിങ്ങൾ ഓർക്കുന്നില്ലേ. ഒരേ വിഭജന കലയിൽ നിന്നുണ്ടാകുന്ന കോശങ്ങൾ അല്ലെങ്കിൽ കലകൾ വളർന്ന് വിവിധ ഘടനയുള്ളവയായി മാറുന്നതിനാൽ സസ്യങ്ങളിലെ വൈവിധ്യവൽക്കരണവും തുറന്നതരത്തിലുള്ളതാണ് (Open form). ഒരു കോശം അല്ലെങ്കിൽ കലയുടെ വളർച്ച പൂർത്തീകരിക്കുമ്പോഴുള്ള ഘടന, അത് സസ്യത്തിൽ എവിടെ സ്ഥിതി ചെയ്യുന്നു എന്നതിനെയും ആശ്രയിച്ചിരിക്കുന്നു. ഉദാഹരണമായി വേരിന്റെ അഗ്ര മെരിസ്റ്റത്തിൽ നിന്ന് അകന്ന് അഗ്രഭാഗത്തായി രൂപപ്പെടുന്ന കോശങ്ങൾ വേർതൊപ്പി (Root cap) കോശങ്ങളായി മാറുന്നു. അതേസമയം പുറം വശങ്ങളിലേക്ക് തള്ളപ്പെട്ട കോശങ്ങൾ ഉപരിവൃതകോശങ്ങളായി വളരുന്നു. ഒരു കോശത്തിന്റെ സ്ഥാനവും ഒരു അവയവത്തിലുള്ള അതിന്റെ സ്ഥാനവും തമ്മിൽ ബന്ധിപ്പിച്ചുകൊണ്ട് തുറന്ന തരത്തിലുള്ള വൈവിധ്യവൽക്കരണത്തിന് കൂടുതൽ ഉദാഹരണങ്ങൾ നൽകാമോ?

15.3 വികാസം

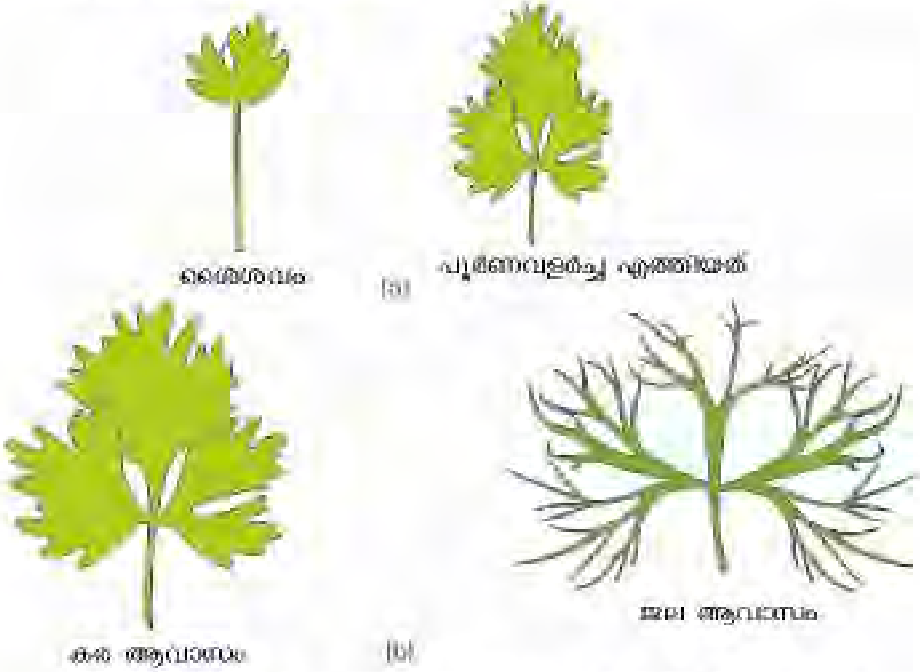
വിത്ത് മുളയ്ക്കുന്നതു മുതൽ വാർധക്യത്തിലേക്ക് (Senescence) കടക്കുന്നതു വരെ ഒരു സസ്യത്തിന്റെ ജീവിത ചക്രത്തിൽ ഉണ്ടാകുന്ന എല്ലാ മാറ്റങ്ങളെയും ഉൾപ്പെടുത്തി പറയുന്ന പദമാണ് വികാസം. ഇത് കലകൾക്കും/അവയവങ്ങൾക്കും കൂടി ബാധകമാണ്. ഉയർന്ന സസ്യങ്ങളിലെ കോശവികാസത്തിലുൾപ്പെട്ടിരിക്കുന്ന ക്രമാനുഗതമായ പ്രക്രിയകളുടെ രേഖാചിത്രമാണ് ചിത്രം 15.8 ൽ കൊടുത്തിരിക്കുന്നത്.



ചിത്രം 15.8 ഒരു സസ്യകോശത്തിൽ ക്രമാനുഗതമായി നടക്കുന്ന വികാസ പ്രക്രിയകൾ

പരിസ്ഥിതിക്കനുസരിച്ചും ജീവിതഘട്ടങ്ങൾക്കനുസരിച്ചും വ്യത്യസ്ത തരത്തിലുള്ള ഘടനകൾ രൂപീകരിക്കുന്നതിന് സസ്യങ്ങൾ പലതരത്തിലുള്ള വഴികൾ സ്വീകരിക്കാറുണ്ട്. ഈ കഴിവിനെയാണ് **പ്ലാസ്റ്റിസിറ്റി (Plasticity)** എന്നു പറയുന്നത്. ഉദാഹരണമായി പരുത്തി (Cotton), മല്ലി (Coriander), ലാർക്സ്പർ (Larkspur) എന്നിവയിലെ വിഷമപത്രത (Heterophylly). ഈ സസ്യങ്ങളിൽ അവയുടെ ശൈശവഘട്ടത്തിലെ ഇലകളുടെ ആകൃതി പൂർണവളർച്ചയെത്തിയ ഘട്ടത്തിലെ ഇല

കളിൽ നിന്നും വ്യത്യസ്തമാണ്. എന്നാൽ, ബട്ടർകപ്പ് (Buttercup) സസ്യങ്ങളിൽ ജലത്തിനടിയിലുണ്ടാകുന്ന ഇലകളും മുകളിലേക്ക് പൊങ്ങിവരുന്ന ഇലകളും ആകൃതിയിൽ വ്യത്യാസപ്പെട്ടിരിക്കുന്നു. ഇത് പരിസ്ഥിതികൊണ്ടുണ്ടാകുന്ന വിഷമപത്രതയെ സൂചിപ്പിക്കുന്നു (ചിത്രം 15.9). ഈ വിഷമപത്രതാപ്രതിഭാസം പ്ലാസ്റ്റിസിറ്റിക്ക് ഒരു ഉദാഹരണമാണ്.



ചിത്രം 15.9 വിഷമപത്രത (a) ലാർക്സ്പർ (b) ബട്ടർകപ്പ്

അങ്ങനെ വളർച്ച, വൈവിധ്യവൽക്കരണം, വികാസം എന്നിവ സസ്യങ്ങളുടെ ജീവിത ചക്രത്തിൽ വളരെ അടുത്ത ബന്ധമുള്ള സംഭവങ്ങളാണ്. സാമാന്യമായി പറഞ്ഞാൽ വളർച്ചയുടെയും വൈവിധ്യവൽക്കരണത്തിന്റെയും ആകെത്തുകയാണ് വികാസം. സസ്യങ്ങളിലെ വികാസം (വളർച്ചയും വൈവിധ്യവൽക്കരണവും) ആന്തരികവും ബാഹ്യവുമായ ഘടകങ്ങളുടെ നിയന്ത്രണത്തിലാണ്. ആന്തരികമായ ഘടകങ്ങളിൽ കോശഘടകങ്ങൾ (ജനിതകം) അല്ലെങ്കിൽ സസ്യവളർച്ചാ നിയന്ത്രികൾ പോലുള്ള കോശാന്തരഘടകങ്ങളും ഉൾപ്പെടുന്നു. അതേസമയം പ്രകാശം, താപം, ജലം, ഓക്സിജൻ, പോഷണം എന്നിവ ബാഹ്യഘടകങ്ങളിൽ ഉൾപ്പെടുന്നു.

15.4 സസ്യവളർച്ചാനിയന്ത്രികൾ (Plant Growth Regulators)

15.4.1 സ്വഭാവവിശേഷതകൾ

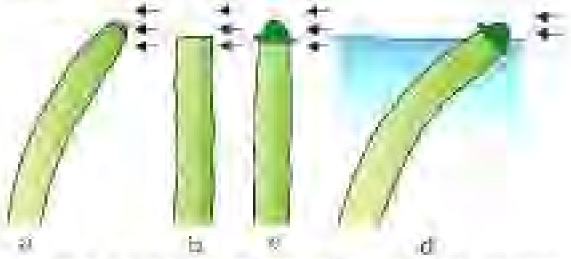
വൈവിധ്യമാർന്ന രാസഘടനയുള്ള ചെറിയ, ലഘുതന്മാത്രകളാണ് സസ്യവളർച്ചാനിയന്ത്രികൾ (PGRs). ഇതിൽ ഇൻഡോൾ സംയുക്തങ്ങൾ (IAA, Indole-3-acetic acid), അഡിനിൻ ഉൽപ്പന്നങ്ങൾ (N^6- ഫർഫുറൈൽ അമിനോ പ്യൂറൈൻ, കൈനറ്റിൻ), കരോട്ടിനോയ്ഡ് ഉൽപ്പന്നങ്ങൾ (Abscisic acid, ABA), ടർപീനുകൾ (ജിബറലിക് ആസിഡ്, GA_3) അല്ലെങ്കിൽ വാതകങ്ങൾ (എഥിലീൻ, C_2H_4)

എന്നിവ ഉൾപ്പെടുന്നു. സസ്യവളർച്ചാ പദാർഥങ്ങൾ, സസ്യഹോർമോണുകൾ അല്ലെങ്കിൽ ഫൈറ്റോ ഹോർമോണുകൾ എന്നിങ്ങനെയെല്ലാം സസ്യവളർച്ചാ നിയന്ത്രികൾ അറിയപ്പെടുന്നു.

സസ്യശരീരത്തിലെ ധർമങ്ങൾക്കനുസരിച്ച് പിജിആർ (PGR) പ്രധാനമായും രണ്ട് വിഭാഗങ്ങളായി തിരിച്ചിരിക്കുന്നു. ഒരു വിഭാഗം സസ്യവളർച്ചയെ പ്രോത്സാഹിപ്പിക്കുന്ന പ്രവർത്തനങ്ങളായ കോശവിഭജനം, കോശവലുപ്പം വർധിപ്പിക്കൽ, ആകൃതി രൂപീകരണം (Pattern formation), ചലനവളർച്ച (Tropic growth), പുഷ്പിക്കൽ, ഫലരൂപീകരണം, വിത്തുൽപ്പാദനം എന്നിവയിൽ പങ്കുവഹിക്കുന്നു. ഇവയെ സസ്യവളർച്ചാ ത്വരിതകങ്ങൾ (Plant growth promoters) എന്ന് വിളിക്കുന്നു. ഓക്സിൻ, ജിബ്ബറലിൻ, സൈറ്റോകൈനിൻ എന്നിവ ഉദാഹരണങ്ങളാണ്. രണ്ടാമത്തെ വിഭാഗത്തിൽപ്പെട്ട ഹോർമോണുകൾ പ്രധാനമായും മുറിവുകളോടും ജീവീയ അജീവീയ സമ്മർദങ്ങളോടുമുള്ള സസ്യങ്ങളുടെ പ്രതികരണത്തിൽ പ്രധാന പങ്ക് വഹിക്കുന്നു. സസ്യവളർച്ചയെ തടസ്സപ്പെടുത്തുന്ന പ്രവർത്തനങ്ങളായ സുഷുപ്തി (Dormancy), ഭാഗങ്ങൾ കൊഴിയൽ (Abscission) എന്നിവയിൽ ഇവ പങ്ക് വഹിക്കുന്നു. അബ്സിസിക് ആസിഡ് എന്ന PGR ഈ വിഭാഗത്തിൽപ്പെടുന്ന ഒന്നാണ്. വാതകഹോർമോണായ എഥിലീൻ രണ്ട് വിഭാഗത്തിലും ഉൾപ്പെടുമെങ്കിലും വളർച്ചയെ തടസ്സപ്പെടുത്തുന്ന പ്രവർത്തനങ്ങളിലാണ് ഇവ പ്രധാനമായും ഉൾപ്പെട്ടിരിക്കുന്നത്.

15.4.2 സസ്യവളർച്ചാനിയന്ത്രികളുടെ കണ്ടെത്തൽ

അഞ്ച് തരത്തിലുള്ള സസ്യഹോർമോണുകളുടെയും (PGRs) കണ്ടുപിടിത്തം ആകസ്മികമായിരുന്നു. പ്രകാശത്തോട് കാനറി പുല്ലിന്റെ കോളിയോപ്ടൈൽ പ്രതികരിക്കുന്നതെങ്ങനെ എന്ന ചാൾസ് ഡാർവിന്റെയും അദ്ദേഹത്തിന്റെ മകൻ ഫ്രാൻസിസ് ഡാർവിന്റെയും നിരീക്ഷണങ്ങളാണ് ഇതിനെല്ലാം ആരംഭം കുറിച്ചത്. കാനറി പുല്ലിന്റെ കോളിയോപ്ടൈൽ ഏകദിശയിലുള്ള പ്രകാശത്തോട് പ്രതികരിച്ചത്, പ്രകാശസ്രോതസിന്റെ നേർക്ക് വളർന്നുകൊണ്ടാണ് (പ്രകാശഗ്രാഹിക ചലനം - Phototropism) എന്ന് അവർ നിരീക്ഷിച്ചു. കോളിയോപ്ടൈലിന്റെ അഗ്രമാണ് കോളിയോപ്ടൈലിന്റെ വളവിന് കാരണമാകുന്ന സ്വാധീനശക്തിയെ വഹിക്കുന്നതെന്ന് അനേകം പരീക്ഷണങ്ങൾക്കു ശേഷം അവർ മനസ്സിലാക്കി (ചിത്രം 15.10). ഓട്സ് തൈകളുടെ കോളിയോപ്ടൈലിന്റെ അഗ്രഭാഗത്തുനിന്ന് എഫ്. ഡബ്ല്യു. വെന്റ് (F.W. Went) എന്ന ശാസ്ത്രജ്ഞൻ ഓക്സിനുകളെ വേർതിരിച്ചെടുത്തു.



ചിത്രം 15.10 കോളിയോപ്ടൈലിന്റെ അഗ്രമാണ് ഓക്സിന്റെ ഉറവിടമെന്ന് കാണിക്കുന്ന പരീക്ഷണം. അമ്പടയാളം കാണിക്കുന്നത് പ്രകാശത്തിന്റെ ദിശയാണ്.

നെൽച്ചെടിയുടെ തൈകളെ ബാധിക്കുന്ന 'ബക്കാനെ' (ഫൂളിഷ് സീഡ്ലിംഗ്) രോഗത്തിനു കാരണം ജിബറല്ല ഫുജിക്കുറോയ് (*Gibberella fujikuroi*) എന്ന ഫംഗസാണ്. ഫംഗസിൽനിന്നുള്ള ഫിൽട്രേറ്റ് (Filtrate) രോഗം ബാധിക്കാത്ത നെൽച്ചെടിത്തൈകളിൽ രോഗലക്ഷണങ്ങൾ സൃഷ്ടിക്കുന്നുവെന്ന് ഇ. കുറോസാവ (E.Kurosawa-1926) കണ്ടെത്തി. ഇതിന് കാരണമായ സജീവ പദാർഥങ്ങൾ ജിബ്ബറലിക് ആസിഡ് ആണെന്ന് പിന്നീട് തിരിച്ചറിഞ്ഞു.

പുകയിലച്ചെടിയുടെ കാണ്ഡത്തിലെ പർവാന്തര (Internode) ഭാഗങ്ങളിൽ നിന്ന് രൂപംകൊള്ളുന്ന കാലസ് (വൈവിധ്യവൽക്കരണത്തിന് വിധേയമാകാത്ത ഒരു കൂട്ടം കോശങ്ങൾ) വർധിക്കണമെങ്കിൽ ഓക്സിനോടൊപ്പം പോഷക മാധ്യമത്തിൽ താഴെപ്പറയുന്നവയായ - സംവഹനകലകളിൽ നിന്നുള്ള സത്ത്, യീസ്റ്റിന്റെ സത്ത്, കരിക്കിൻ വെള്ളം, DNA, ഇവയിലേതെങ്കിലും ചേർക്കണമെന്ന് എഫ് സ്കൂഗും (F Skoog) സഹപ്രവർത്തകരും നിരീക്ഷിച്ചറിഞ്ഞു. പിന്നീട് സ്കൂഗും മില്ലറും ചേർന്ന് കോശദ്രവ്യവിഭജനത്തെ പ്രോത്സാഹിപ്പിക്കുന്ന സജീവ പദാർഥത്തെ തിരിച്ചറിയുകയും പരൽരൂപത്തിൽ വേർതിരിച്ചെടുക്കുകയും അതിനെ കൈനറ്റിൻ എന്ന് വിളിക്കുകയും ചെയ്തു.

1960-ന്റെ മധ്യകാലത്ത് മൂന്ന് സ്വതന്ത്രഗവേഷകർ മൂന്ന് വ്യത്യസ്ത തരത്തിലുള്ള വളർച്ചാതടസ്സകാരികളെ (Growth inhibitors) കണ്ടെത്തുകയും, അവയുടെ ശുദ്ധീകരിക്കൽ, രാസഘടകങ്ങൾ എന്നിവ വെളിപ്പെടുത്തുകയും ചെയ്തു. ഇൻഹിബിറ്റർ - B, അബ്സിഷൻ II, ഡോർമിൻ എന്നിവയായിരുന്നു ആ സംയുക്തങ്ങൾ. പിന്നീട് ഈ മൂന്ന് പദാർഥങ്ങളും രാസപരമായി ഒരേ സംയുക്തമാണെന്ന് കണ്ടെത്തുകയും അബ്സിസിക് ആസിഡ് (ABA) എന്ന് പേരിടുകയും ചെയ്തു.

പഴുത്ത ഓറഞ്ചിൽ നിന്ന് പുറത്തേയ്ക്ക് വരുന്ന ഒരു വാതക സംയുക്തം പഴുക്കാത്ത വാഴക്കായുടെ പഴുക്കലിന് സഹായിക്കുന്നുവെന്ന് കസിൻസ് (Cousins) സ്ഥിരീകരിച്ചു. പിന്നീട് ഈ വാതക ഹോർമോൺ എഥിലീനാണ് എന്ന് തിരിച്ചറിഞ്ഞു.

അടുത്തതായി ഈ അഞ്ച് തരം സസ്യഹോർമോണുകളുടെയും ശരീരശാസ്ത്രപരമായ ധർമങ്ങൾ എന്തെല്ലാമെന്ന് പഠിക്കാം.

15.4.3 സസ്യവളർച്ചാ നിയന്ത്രികളുടെ പ്രധാന ശരീരശാസ്ത്രപരമായ ധർമങ്ങൾ

15.4.3.1 ഓക്സിനുകൾ

ഓക്സിനുകൾ ('Auxein' എന്നാൽ ഗ്രീക്ക് ഭാഷയിൽ 'വളരാൻ വേണ്ടി' എന്നർഥമുള്ളത്) മനുഷ്യമൂത്രത്തിൽ നിന്നാണ് ആദ്യമായി വേർതിരിച്ചെടുത്തത്. വളർച്ചയെ നിയന്ത്രിക്കാനുള്ള ഏതാനും സവിശേഷതകൾ ഉള്ള ഇൻഡോൾ-3-അസറ്റിക് ആസിഡിനും (IAA) അതുപോലുള്ള മറ്റ് പ്രകൃതിദത്തവും കൃത്രിമവുമായ സംയുക്തങ്ങൾക്കുമാണ് 'ഓക്സിൻ' എന്ന പദം പ്രയോഗിക്കുന്നത്. വേരിന്റെയും കാണ്ഡത്തിന്റെയും വളരുന്ന അഗ്രഭാഗങ്ങളിലാണ് ഇവ സാധാരണയായി നിർമിക്കപ്പെടുന്നത്. അവിടെ നിന്ന് ഇവ പ്രവർത്തന ഭാഗങ്ങളിലേക്ക് സഞ്ചരിക്കുന്നു. ഐ.എ.എയും (IAA) ഇൻഡോൾ ബ്യൂട്ടറിക് ആസിഡും (IBA) സസ്യങ്ങളിൽ നിന്ന് വേർതിരിച്ചെടുത്ത ഓക്സിനുകളാണ്. എൻ.എ.എ. (നാഫ്തലിൻ അസറ്റിക് ആസിഡ് - NAA), 2, 4 - D (2, 4 - ഡൈക്ലോറോ ഫീനോക്സി അസറ്റിക് ആസിഡ്) എന്നിവ കൃത്രിമ ഓക്സിനുകളാണ്. ഈ ഓക്സിനുകളെല്ലാം കാർഷികമേഖലയിലും ഉദ്യാനപരിപാലനത്തിലും ഉപയോഗിക്കുന്നവയാണ്. കാണ്ഡത്തിൽ നിന്ന് വേര് മുളയ്ക്കുവാൻ സഹായിക്കുന്നതുമൂലം ഇവ സസ്യപ്രജനനത്തിന് ഉപയോഗിക്കുന്നു. ഓക്സിനുകൾ കൈതച്ചക്കയിൽ പുഷ്പിക്കൽ പ്രവർത്തനത്തെ

ത്വരിതപ്പെടുത്തുന്നു. ഇവ ഫലങ്ങളുടെയും ഇലകളുടെയും പ്രാരംഭഘട്ടത്തിലുള്ള കൊഴിയൽ തടയുകയും എന്നാൽ വളർച്ച പൂർത്തിയായ ഇലകളുടെയും ഫലങ്ങളുടെയും കൊഴിയൽ ത്വരിതപ്പെടുത്തുകയും ചെയ്യുന്നു.

ഉയർന്ന സസ്യങ്ങളിൽ, വളരുന്ന അഗ്രമുകുളം അല്ലെങ്കിൽ ശീർഷമുകുളം (Apical bud) പാർശ്വമുകുളങ്ങളുടെ (Axillary buds) വളർച്ചയെ തടസ്സപ്പെടുത്തുന്നു. ഇതിനെയാണ് **ശീർഷാധിപത്യം (Apical dominance)** എന്ന് പറയുന്നത്. കാണ്ഡത്തിന്റെ അഗ്രം മുറിച്ചുമാറ്റുന്നത് (Decapitation) പാർശ്വമുകുളങ്ങളുടെ വളർച്ച ത്വരിതപ്പെടുത്തുന്നു (ചിത്രം 15.11). ഇത് തേയിലത്തോട്ടങ്ങളിലും വേലി നിർമാണത്തിലും വ്യാപകമായി പ്രയോജനപ്പെടുത്തുന്നു. അതെന്തുകൊണ്ടാണെന്ന് പറയാമോ?

തക്കാളിയിൽ പാർത്തനോകാർപ്പി (Parthenocarpy) പ്രക്രിയയെ പ്രേരിപ്പിക്കുന്നത് ഓക്സിനുകൾ ആണ്. കളനാശിനികളായി (Herbicides) ഇവ വ്യാപകമായി ഉപയോഗിക്കപ്പെടുന്നു. ഏകബീജപത്രസസ്യങ്ങളെ ബാധിക്കാതെ കളകളായി വർത്തിക്കുന്ന ദ്വിബീജപത്രസസ്യങ്ങളെ നശിപ്പിക്കുന്നതിനായി 2, 4 - D വ്യാപകമായി ഉപയോഗിക്കുന്നു. കളകൾ ഇല്ലാത്ത പുൽത്തകിടികൾ നിർമിക്കാൻ ഇവ ഉദ്യാനപാലകർ ഉപയോഗിക്കുന്നു. സൈലത്തിന്റെ വൈവിധ്യവൽക്കരണത്തെ നിയന്ത്രിക്കാനും കോശവിഭജനത്തിനും ഓക്സിൻ സഹായിക്കുന്നു.

ചിത്രം 15.11 സസ്യങ്ങളിലെ ശീർഷാധിപത്യം : (a) ശീർഷമുകുളത്തോടുകൂടിയ സസ്യം (b) ശീർഷമുകുളം മുറിച്ചുമാറ്റിയ ഒരു സസ്യം. കാണ്ഡത്തിന്റെ അഗ്രം മുറിച്ചുമാറ്റുന്നതുമൂലം പാർശ്വമുകുളങ്ങൾ ശാഖകളായി വളരുന്നത് ശ്രദ്ധിക്കൂ.

15.4.3.2. ജിബറലിനുകൾ

സസ്യവളർച്ചയെ സഹായിക്കുന്ന മറ്റൊരു PGR ആണ് ജിബറലിനുകൾ. നൂറിൽപ്പരം ജിബറലിനുകളെ ഫംഗസ്, ഉയർന്ന സസ്യങ്ങൾ എന്നിവ ഉൾപ്പെടെയുള്ള ജീവികളിൽ നിന്ന് കണ്ടെത്തിയിട്ടുണ്ട്. അവയെ GA_1, GA_2, GA_3 എന്നിങ്ങനെയാണ് സൂചിപ്പിച്ചിട്ടുള്ളത്. എന്നിരുന്നാലും ഏറ്റവും ആദ്യം കണ്ടുപിടിച്ചതും ഏറ്റവും അധികം പഠനം നടത്തിയിട്ടുള്ളതും ജിബറലിക് ആസിഡ് (GA_3) ആണ്. എല്ലാ ജിബറലിക് ആസിഡുകളും അമ്ലഗുണമുള്ളവയാണ്. ഇവ പല തരത്തിലുള്ള ശരീരശാസ്ത്രപരമായ പ്രതികരണങ്ങൾ സസ്യങ്ങളിൽ ഉണ്ടാക്കുന്നു. കാണ്ഡത്തിന്റെ നീളം വർധിപ്പിക്കാനുള്ള ഇവയുടെ കഴിവ് മുന്തിരിക്കുലകളുടെ തണ്ടിന്റെ നീളം വർധിപ്പിക്കാൻ ഉപയോഗിക്കുന്നു. ആപ്പിൾപോലുള്ള ഫലവർഗങ്ങളുടെ നീളം വർധിപ്പിച്ച് അവയുടെ ആകൃതി നിലനിർത്താൻ ജിബറലിനുകൾ സഹായിക്കുന്നു. ഇവ സസ്യങ്ങളിലെ വാർധക്യം സാവധാനത്തിലാക്കുന്നു. അങ്ങനെ ഫലവർഗങ്ങളെ ചെടികളിൽ നിലനിർത്തി അവയുടെ വിപണന കാലാവധി വർധിപ്പിക്കാൻ സഹായിക്കുന്നു. മദ്യനിർമാണ വ്യവസായത്തിൽ (Brewing) മാൾട്ടിങ് (Malting) പ്രക്രിയ വേഗത്തിലാക്കാൻ GA_3 ഉപയോഗിക്കുന്നു.

കരിമ്പുചെടികളിൽ പഞ്ചസാര സംഭരിച്ചു വയ്ക്കുന്നത് അതിന്റെ കാണ്ഡത്തിലാണ്. കരിമ്പുചെടികളിൽ ജിബ്ബറലിനുകൾ തളിക്കുന്നത് കാണ്ഡത്തിന്റെ നീളം വർധിക്കാനും തൽഫലമായി കരിമ്പുൽപ്പാദനം ഏക്കറിന് ഏകദേശം 20 ടൺ ആയി ഉയർത്തുവാനും സാധിക്കുന്നു. ശൈശവാവസ്ഥയിലുള്ള സ്തൂപികാഗ്രിതവൃക്ഷങ്ങളിൽ (Conifers) ജിബ്ബറലിനുകൾ തളിക്കുന്നത് അവയുടെ വളർച്ചാപൂർത്തീകരണ കാലയളവ് വേഗത്തിലാക്കി വിത്തുൽപ്പാദനം ദ്രുതഗതിയിലാക്കുന്നു. ബീറ്റ്, കാബേജ് അതുപോലുള്ള റോസറ്റ് (Rosette) സസ്യങ്ങളിൽ ഇവ അകാലദീർഘീകരണത്തിന് (Bolting - പുഷ്പിക്കുന്നതിന് തൊട്ടുമുമ്പുള്ള പർവാന്തരങ്ങളുടെ ദീർഘീകരണം) സഹായിക്കുന്നു.

15.4.3.3. സൈറ്റോകൈനിനുകൾ

കൈനറ്റിൻ (അഡിനിൻ എന്ന പ്യൂരിന്റെ ഒരു രൂപാന്തരം) എന്ന രൂപത്തിൽ ഓട്ടോക്ലേവ് ചെയ്ത ഹെറിങ് സ്പേം ഡി.എൻ.എ. (Herring sperm DNA) യിൽ നിന്നുമാണ് സൈറ്റോകൈനിൻ ആദ്യമായി വേർതിരിച്ചത്. കോശദ്രവ്യത്തിന്റെ വിഭജനത്തിൽ സൈറ്റോകൈനിന് പ്രത്യേക പങ്കുണ്ട്. കൈനറ്റിൻ പ്രകൃതിദത്തമായി സസ്യങ്ങളിൽ കാണപ്പെടാറില്ല. സൈറ്റോകൈനിന്റെ പ്രവർത്തനങ്ങൾ കാണിക്കുന്ന പദാർഥങ്ങൾ കണ്ടെത്തുന്നതിനുള്ള ഗവേഷണം കൊണ്ടെത്തിച്ചത് ചോളത്തിന്റെ വിത്തിലും കരിക്കിൻവെള്ളത്തിലും കാണപ്പെടുന്ന സിയാറ്റിൻ (Zeatin) എന്ന പദാർഥത്തിലാണ്. സിയാറ്റിനെ കൂടാതെ കോശവിഭജനത്തെ പ്രോത്സാഹിപ്പിക്കുന്ന മറ്റ് പല പ്രകൃതിദത്ത സൈറ്റോകൈനിനുകളും പല കൃത്രിമ സംയുക്തങ്ങളും കണ്ടുപിടിച്ചു. ദ്രുതഗതിയിൽ കോശവിഭജനം നടക്കുന്ന ഭാഗങ്ങളിൽ, ഉദാഹരണമായി വേരിന്റെ അഗ്രം, വികാസം പ്രാപിക്കുന്ന കാണ്ഡമുകുളങ്ങൾ, വളരുന്ന ഫലങ്ങൾ എന്നിവിടങ്ങളിലാണ് സ്വാഭാവികമായും സൈറ്റോകൈനിനുകൾ നിർമിക്കപ്പെടുന്നത്. പുതിയ ഇലകളുടെ നിർമാണം, ഇലകളിലെ ഹരിതകണങ്ങളുടെ നിർമാണം, ശാഖകളുടെ വളർച്ച, സഹായക ശാഖകളുടെ (Adventitious shoot) രൂപീകരണം എന്നിവയിലെല്ലാം സൈറ്റോകൈനിൻ സഹായിക്കുന്നു. ശീർഷാധിശത്വത്തെ തരണം ചെയ്യാൻ സൈറ്റോകൈനിൻ സഹായിക്കുന്നു. പോഷകങ്ങളുടെ സഞ്ചാരത്തെ ത്വരിതപ്പെടുത്തുന്നതുമൂലം ഇവ ഇലകളുടെ വാർധക്യം വൈകിപ്പിക്കുന്നു.

15.4.3.4. എഥിലിൻ

ലളിതമായ ഒരു വാതകഹോർമോൺ ആണ് എഥിലിൻ. വാർധക്യ കലകളിലും പഴുക്കുന്ന ഫലങ്ങളിലുമാണ് എഥിലിൻ ഉയർന്ന അളവിൽ നിർമിക്കപ്പെടുന്നത്. തൈച്ചെടികളുടെ (Seedlings) തിരശ്ചീനമായ വളർച്ച, ദ്വിബീജപത്രസസ്യങ്ങളുടെ തൈകളിൽ അക്ഷം വീർക്കൽ (Swelling of the axis), അഗ്രഭാഗത്ത് കൊളുത്ത് (Hook) ഉണ്ടാകൽ എന്നിവയിലും എഥിലിൻ സ്വാധീനം ചെലുത്തുന്നു. സസ്യഭാഗങ്ങളുടെ, പ്രത്യേകിച്ച് ഇലകൾ, പൂക്കൾ എന്നിവയുടെ വാർധക്യത്തെയും കൊഴിയലിനെയും ഇത് ത്വരിതപ്പെടുത്തുന്നു. ഫലങ്ങൾ പഴുക്കുന്നതിന് എഥിലിൻ വളരെ ഫലപ്രദമാണ്. ഫലങ്ങൾ പഴുക്കുന്ന സമയത്ത് എഥിലിൻ അവയിലെ ശ്വസനത്തിന്റെ നിരക്ക് വർധിപ്പിക്കുന്നു. ഇത്തരത്തിൽ ശ്വസനത്തിന്റെ നിരക്കിലുണ്ടാകുന്ന വർധനവിനെയാണ് റെസ്പിറേറ്ററി ക്ലൈമാക്ടിക് (Respiratory climatic) എന്ന് പറയുന്നത്.

ഉരുളക്കിഴങ്ങിലെ മുകുളങ്ങളുടെ വളർച്ച തുടങ്ങാനും, നിലക്കടല (Peanut) വിത്തുകളുടെ മുളയ്ക്കൽ ആരംഭിക്കാനും വിത്ത്, മുകുളം എന്നിവയുടെ സുഷുപ്തി (Dormancy) ഇല്ലാതാക്കാനും എഥിലീൻ സഹായിക്കുന്നു. ആഴജലത്തിൽ വളരുന്ന നെൽച്ചെടികളുടെ പർവാന്തരങ്ങൾ/ഇലഞെട്ട് എന്നിവയുടെ നീളം ദ്രുതഗതിയിൽ കൂട്ടുന്നതിന് എഥിലീൻ പ്രേരിപ്പിക്കുന്നു. ഇത് ഇലകൾ അല്ലെങ്കിൽ കാണ്ഡത്തിന്റെ മേൽഭാഗം ജലത്തിന് മുകളിലാകാൻ സഹായിക്കുന്നു. വേരുകളുടെ വളർച്ചയും മൂലലോമങ്ങളുടെ രൂപീകരണവും എഥിലീൻ പ്രോത്സാഹിപ്പിക്കുന്നതു മൂലം സസ്യങ്ങളുടെ ആഗിരണപ്രതലം വർധിപ്പിക്കാൻ സഹായിക്കുന്നു.

കൈതച്ചെടികളിൽ പുഷ്പിക്കൽ ആരംഭിക്കുന്നതിനും അതുവഴി ഒരേസമയം ഫലമുണ്ടാകുന്നത് ക്രമീകരിക്കാനും എഥിലീൻ ഉപയോഗിക്കുന്നു. ഇത് മാവുകളിലും പുഷ്പിക്കൽ പ്രവർത്തനത്തെ ഉദ്ദീപിപ്പിക്കുന്നു. എഥിലീൻ വിവിധതരത്തിലുള്ള ശാരീരിക പ്രവർത്തനങ്ങളെ ക്രമീകരിക്കുന്നതിനാൽ കാർഷിക മേഖലയിൽ വ്യാപകമായ തോതിൽ ഉപയോഗിക്കുന്ന ഒരു ഹോർമോണാണ്. എഥിലീൻ സ്രോതസ്സായി ഏറ്റവും വ്യാപകമായി ഉപയോഗിക്കുന്ന സംയുക്തം എഥഫോൺ (Ethephon) ആണ്. ജലലായനിയിലുള്ള എഥഫോണിനെ സസ്യങ്ങൾ വളരെ വേഗം ആഗിരണം ചെയ്ത് വിവിധ ഭാഗങ്ങളിലേക്ക് സംവഹനം നടത്തി എഥിലീനിനെ സാവധാനം സ്വതന്ത്രമാക്കുന്നു. തക്കാളിയിലും ആപ്പിളിലും ഫലങ്ങൾ പഴുക്കുന്നത് ത്വരിതപ്പെടുത്തുകയും, പൂക്കളുടെയും ഫലങ്ങളുടെയും കൊഴിയലിന്റെ വേഗത കൂട്ടുകയും ചെയ്യുന്നു. വെള്ളരിക്കയിൽ പെൺപൂക്കളുടെ എണ്ണം വർധിപ്പിച്ച് ഉൽപ്പാദനം കൂട്ടാൻ എഥിലീൻ സഹായിക്കുന്നു.

15.4.3.5. അബ്സിസിക് ആസിഡ്

മുൻപ് സൂചിപ്പിച്ചതുപോലെ, കൊഴിഞ്ഞുവീഴൽ, സുഷുപ്തി എന്നിവയുടെ ക്രമീകരണത്തിൽ അബ്സിസിക് ആസിഡ് (ABA) വഹിക്കുന്ന പങ്കുമായി ബന്ധപ്പെട്ടാണ് ഇവയുടെ കണ്ടുപിടിത്തം. എന്നാൽ മറ്റ് ഹോർമോണുകളുടേതു പോലെ ABA യ്ക്ക് സസ്യവളർച്ചയിലും വികാസത്തിലും ധാരാളം സ്വാധീനമുണ്ട്. ഇവ പൊതുവിൽ സസ്യവളർച്ചയെയും സസ്യങ്ങളിലെ ഉപാപചയ പ്രവർത്തനങ്ങളെയും തടസ്സപ്പെടുത്തുന്ന ഹോർമോണായി വർത്തിക്കുന്നു. ABA വിത്ത് മുളയ്ക്കലിനെ തടസ്സപ്പെടുത്തുന്നു. ഉപരിവൃതിയിലെ ആസ്യരന്ധ്രങ്ങളെ അടയ്ക്കാൻ പ്രേരിപ്പിക്കുന്നതുവഴി, സമ്മർദത്തോട് (Stress) പ്രതികരിക്കാനുള്ള സസ്യങ്ങളുടെ കഴിവ് ABA വർധിപ്പിക്കുന്നു. അതുകൊണ്ട് ഇതിനെ സമ്മർദ ഹോർമോൺ (Stress hormone) എന്നു വിളിക്കുന്നു. വിത്തുകളുടെ വികാസത്തിലും, പാകമാകുന്നതിലും, സുഷുപ്തിയിലും ABA പ്രധാന പങ്ക് വഹിക്കുന്നു. വിത്തുകളെ സുഷുപ്തിക്ക് പ്രേരിപ്പിക്കുന്നതുവഴി വളർച്ചയ്ക്ക് അനുയോജ്യമല്ലാത്ത ഘടകങ്ങളെയും ശുഷ്കിക്കലിനെയും (Dessication) തരണം ചെയ്യാൻ വിത്തുകളെ ABA സഹായിക്കുന്നു. മിക്ക സാഹചര്യങ്ങളിലും GA കൾക്ക് വിരുദ്ധമായിട്ടാണ് ABA പ്രവർത്തിക്കുന്നത്.

ചുരുക്കിപ്പറഞ്ഞാൽ വളർച്ചയുടെ എല്ലാ ഘട്ടങ്ങളിലും, വൈവിധ്യവൽക്കരണത്തിലും സസ്യങ്ങളുടെ വികാസത്തിലും ഒന്നോ അതിൽ കൂടുതലോ PGR കൾക്ക്

എന്തെങ്കിലും പങ്ക് വഹിക്കാനുണ്ടാകും. അവയുടെ പങ്ക് പരസ്പരപൂരകമോ (Complimentary) വിരുദ്ധമായതോ (Antagonistic) ആകാം. ഇവ ഒറ്റയ്ക്കോ (Individualistic) അല്ലെങ്കിൽ കൂട്ടമായോ (Synergistic) പ്രവർത്തിക്കുന്നതാകാം.

അതുപോലെ സസ്യങ്ങളുടെ ജീവിതത്തിൽ ഒന്നിൽക്കൂടുതൽ PGR കൾ പരസ്പരം ഇടപെട്ടുകൊണ്ട് ഒരു സംഭവത്തെ നിയന്ത്രിക്കാറുണ്ട്. ഇത്തരം ധാരാളം സംഭവങ്ങൾ സസ്യങ്ങളിൽ നടക്കുന്നു. ഉദാഹരണമായി വിത്തുകളുടെയും മുകുളങ്ങളുടെയും സുഷുപ്തി, കൊഴിഞ്ഞുപോകൽ, വാർധക്യം, ശീർഷാഗ്രിമത്വം എന്നിവ.

PGR ന്റെ പങ്ക് മറ്റ് ആന്തരിക നിയന്ത്രണങ്ങളിൽ ഒന്ന് മാത്രമാണെന്ന് ഓർക്കുക. ജനിതകപരമായ നിയന്ത്രണങ്ങളോടും ബാഹ്യമായ ഘടകങ്ങളോടും ചേർന്ന് അവ സസ്യവളർച്ചയിലും വികാസത്തിലും പ്രധാന പങ്ക് വഹിക്കുന്നു. താപം, പ്രകാശം എന്നീ ബാഹ്യഘടകങ്ങൾ PGR വഴിയാണ് സസ്യവളർച്ചയെയും വികാസത്തെയും നിയന്ത്രിക്കുന്നത്. അത്തരത്തിലുള്ള ചില പ്രക്രിയകളാണ് ശീതപികിരണം, പുഷ്പിക്കൽ, സുഷുപ്തി, വിത്ത് മുളയ്ക്കൽ, സസ്യചലനങ്ങൾ എന്നിവ.

പുഷ്പിക്കലിന് തുടക്കമിടുന്നതിൽ ബാഹ്യഘടകങ്ങളായ പ്രകാശത്തിന്റെയും താപത്തിന്റെയും പങ്കിനെപ്പറ്റി നമുക്ക് ചർച്ച ചെയ്യാം.

15.5 പ്രകാശകാലത (Photoperiodism)

ചില സസ്യങ്ങൾ പ്രകാശത്തിന് വിധേയമാക്കിയാൽ മാത്രമെ പുഷ്പിക്കലിന് തുടക്കമിടാറുള്ളുവെന്ന് നിരീക്ഷിച്ചറിഞ്ഞിട്ടുണ്ട്. അത്തരത്തിലുള്ള സസ്യങ്ങൾക്ക് പ്രകാശത്തിന്റെ ദൈർഘ്യം അളക്കുന്നതിന് കഴിവുണ്ട്. ചില സസ്യങ്ങൾക്ക് പുഷ്പിക്കലിന് തുടക്കമിടുന്നതിന് നിർണായക ദൈർഘ്യത്തെക്കാളും (Critical duration) കൂടുതൽ അളവിൽ പ്രകാശദൈർഘ്യം ആവശ്യമാണ്. അത്തരം സസ്യങ്ങളെ **ദീർഘദിന സസ്യങ്ങൾ (Long day plants)** എന്നു വിളിക്കുന്നു. അതേ

ചിത്രം 15.12 പ്രകാശകാലത : ദീർഘദിന, ഹ്രസ്വദിന, ദിന നിഷ്പക്ഷ സസ്യങ്ങൾ

സമയം ചില സസ്യങ്ങൾക്ക് നിർണായക ദൈർഘ്യത്തെക്കാൾ കുറഞ്ഞ ദൈർഘ്യമുള്ള പകലാണ് പുഷ്പിക്കലിന് ആവശ്യമുള്ളത്. അത്തരം സസ്യങ്ങളെ **ഹ്രസ്വദിനസസ്യങ്ങൾ (Short day plants)** എന്നു വിളിക്കുന്നു. ഈ നിർണായക ദൈർഘ്യം വിവിധ സസ്യങ്ങളിൽ വ്യത്യസ്തമാണ്. എന്നാൽ കുറെയേറെ സസ്യങ്ങളിൽ പുഷ്പിക്കലും പ്രകാശദൈർഘ്യവും തമ്മിൽ ഇത്തരത്തിലുള്ള ബന്ധമില്ല. അവയെ ദിന **നിഷ്പക്ഷസസ്യങ്ങൾ (Day - neutral plants)** എന്നു വിളിക്കുന്നു (ചിത്രം 15.12). എന്നാൽ പ്രകാശദൈർഘ്യകാലയളവിനൊപ്പം അന്ധകാര ദൈർഘ്യകാലയളവിനും തുല്യ പ്രാധാന്യമുണ്ടെന്ന് ഇപ്പോൾ മനസ്സിലാക്കിയിരിക്കുന്നു. അതായത്, ചില സസ്യങ്ങൾ പുഷ്പിക്കുന്നതിന് പ്രകാശത്തിനും അന്ധകാരത്തിനും വിധേയമാകണം എന്നുമാത്രമല്ല അവയുടെ ആപേക്ഷിക ദൈർഘ്യവും കണക്കിലെടുക്കപ്പെടുന്നു എന്ന് പറയാം. ഇത്തരത്തിൽ പകൽ/രാത്രി ദൈർഘ്യത്തോടുള്ള സസ്യങ്ങളുടെ പ്രതികരണത്തെയാണ് **പ്രകാശകാലത (Photoperiodism)** എന്നു പറയുന്നത്. പുഷ്പിക്കലിനു മുമ്പായി കാണ്ഡാഗ്രം പുഷ്പാഗ്രമായി മാറുന്നു. എന്നാൽ പ്രകാശകാലത തിരിച്ചറിയാനുള്ള കഴിവ് കാണ്ഡാഗ്രത്തിനില്ല. പ്രകാശകാലത തിരിച്ചറിയുന്നത് ഇലകളാണ്. പുഷ്പിക്കലിന് കാരണമായ ഒരു ഹോർമോൺ ഉണ്ട് എന്ന് അനുമാനിക്കുന്നു. ആവശ്യമായ ദിനമാത്രദൈർഘ്യത്തിന് വിധേയമായ സസ്യങ്ങളിൽ ഈ ഹോർമോൺ ഇലകളിൽനിന്നും കാണ്ഡാഗ്രത്തിലേക്ക് സഞ്ചരിച്ച് പുഷ്പിക്കലിന് കാരണമാകുന്നു.

15.6 ശീതചികിത്സ (Vernalisation)

ചില സസ്യങ്ങളിൽ, ഗുണപരമായോ അളവിലോ താഴ്ന്ന താപനിലയ്ക്ക് വിധേയമാകുന്നതിനെ ആശ്രയിച്ചാണ് പുഷ്പിക്കൽ നടക്കുന്നത്. ഈ പ്രതിഭാസത്തെയാണ് **ശീതചികിത്സ** എന്നു പറയുന്നത്. ഇത് വളർച്ചാകാലഘട്ടത്തിൽ നേരത്തെയുള്ള പുഷ്പിക്കലിനെ തടഞ്ഞ് വളർച്ച പൂർത്തിയാക്കാൻ മതിയായ സമയം നൽകുന്നു. താഴ്ന്ന താപനില ഉപയോഗിച്ച് സസ്യങ്ങളെ പുഷ്പിക്കുന്നതിന് ഉത്തേജിപ്പിക്കുന്നതിനെയാണ് ശീതചികിത്സ എന്നതുകൊണ്ട് മുഖ്യമായും അർഥമാക്കുന്നത്. ചില പ്രധാനപ്പെട്ട ധാന്യവിളകളായ ഗോതമ്പ്, ബാർലി, റൈ എന്നിവയ്ക്ക് രണ്ട് ഇനങ്ങൾ ഉണ്ട്. ശരത്കാല ഇനവും വസന്തകാല ഇനവും. വസന്തകാല ഇനം വസന്തകാലത്ത് വിതച്ച് വസന്തകാലം കഴിയുന്നതിന് മുമ്പ് പുഷ്പിച്ച് ധാന്യങ്ങൾ ഉത്പാദിപ്പിക്കുന്നു. എന്നാൽ ശരത്കാല ഇനം വസന്തകാലത്ത് വിതച്ചാൽ അവ പുഷ്പിക്കാറില്ല, അല്ലെങ്കിൽ ഒരു വളർച്ചാ കാലഘട്ടം കൊണ്ട് പാകമായി ധാന്യങ്ങൾ ഉത്പാദിപ്പിക്കാറില്ല. അതുകൊണ്ട് അവയെ ശിശിര കാലത്ത് വിതയ്ക്കുന്നു. അവ മുളച്ച്, ശരത്കാലത്ത് ചെറിയ തൈകളായിരിക്കുകയും വസന്തകാലത്ത് വളർച്ച തുടർന്ന്, വേനലിന്റെ മധ്യകാലത്ത് വിളവെടുപ്പിന് പാകമാവുകയും ചെയ്യുന്നു.

ശീതചികിത്സയുടെ മറ്റൊരു ഉദാഹരണം കാണാൻ സാധിക്കുന്നത് ദ്വിവർഷികളിലാണ് (Biennials). ദ്വിവർഷികൾ സാധാരണ രണ്ടാമത്തെ വളർച്ചാകാലത്ത് പുഷ്പിക്കുകയും നശിക്കുകയും ഒരു പ്രാവശ്യം മാത്രം ഫലം നൽകുകയും ചെയ്യുന്ന ഏകഫലസസ്യങ്ങളാണ്. ഷുഗർബീറ്റ് (Sugarbeet), കാബേജ്,

കാരറ്റ് എന്നിവ സാധാരണയായി കാണപ്പെടുന്ന ദ്വിവർഷികൾ ആണ്. ദ്വിവർഷികളെ ശീതചികിത്സയ്ക്ക് വിധേയമാക്കുന്നത് തുടർന്നുള്ള പ്രകാശകാലത പുഷ്പിക്കലിനെ ഉദ്ദീപിപ്പിക്കുന്നു.

15.7 വിത്തിന്റെ സുഷുപ്തി (Seed Dormancy)

ബാഹ്യസ്ഥിതികൾ അനുകൂലമാണെങ്കിൽപ്പോലും ചില വിത്തുകൾ മുളയ്ക്കുന്നില്ല. അത്തരം വിത്തുകൾ യഥാർഥത്തിൽ ഒരു സുഷുപ്തി കാലഘട്ടത്തിലൂടെ കടന്നുപോവുകയാണ്. ഈ അവസ്ഥയെ നിയന്ത്രിക്കുന്നത് ബാഹ്യപരിസ്ഥിതിയല്ല, മറിച്ച്, ആന്തരികമായ അഥവാ വിത്തിനുള്ളിൽ തന്നെയുള്ള അവസ്ഥകളാണ്. താര്യതയില്ലാത്തതും കട്ടിയുള്ളതുമായ ബീജകവചം, അബ്സിസിക് ആസിഡുകൾ, ഫീനോളിക് ആസിഡുകൾ, പാരാ-അസ്കോർബിക് ആസിഡ് തുടങ്ങിയ രാസതടസ്സകാരികളുടെ സാന്നിധ്യം, പാകമാകാത്ത ഭ്രൂണങ്ങൾ എന്നിവയാണ് വിത്തിനെ സുഷുപ്തിയിലേക്ക് നയിക്കുന്ന ചില കാരണങ്ങൾ. എന്നിരുന്നാലും, ഈ സുഷുപ്തിയെ പ്രകൃതിദത്ത മാർഗങ്ങളാലും വിവിധതരത്തിലുള്ള മനുഷ്യനിർമിത ഉപാധികളാലും മറികടക്കാൻ സാധിക്കും. ഉദാഹരണമായി, ചില വിത്തുകളിലെ ബീജകവചത്തിന്റെ തടസം വിത്തുകൾ നന്നായി കുലുക്കുന്നത് വഴിയോ കത്തി, സാന്റ് പേപ്പർ മുതലായവകൊണ്ട് യാന്ത്രികമായി ഉരച്ചോ ഭേദിക്കാൻ സാധിക്കും. പ്രകൃതിയിൽ, സൂക്ഷ്മജീവികൾ പ്രവർത്തിക്കുകവഴിയോ ജന്തുക്കളുടെ ദഹനപഥത്തിലൂടെ കടന്നുപോകുമ്പോഴോ ആണ് ബീജകവചം ഉരഞ്ഞ് നേർത്തതാകുന്നത്. വിത്തുകളെ അതിയായ ശീതീകരണത്തിന് (Chilling) വിധേയമാക്കിക്കൊണ്ടും ഗിബ്ബറലിക് ആസിഡ്, നൈട്രേറ്റുകൾ തുടങ്ങിയ രാസവസ്തുക്കൾ പ്രയോഗിച്ചുകൊണ്ടും തടസ്സകാരികളായ പദാർഥങ്ങളുടെ സ്വാധീനം ഇല്ലാതാക്കാനാകും. പ്രകാശം, താപനില തുടങ്ങിയ പാരിസ്ഥിതിക ഘടകങ്ങളിൽ മാറ്റം വരുത്തിയും വിത്തിന്റെ സുഷുപ്തി മറികടക്കാനാകും.

സംഗ്രഹം

എല്ലാ ജീവജാലങ്ങളുടെയും ഏറ്റവും പ്രകടമായ സവിശേഷതയാണ് വളർച്ച. ഇത് തിരികെവരാൻ പറ്റാത്ത രീതിയിൽ വലുപ്പം, വിസ്തൃതി, നീളം, ഉയരം, വ്യാപ്തം, കോശങ്ങളുടെ എണ്ണം തുടങ്ങിയവയിലുള്ള ഒരു വർധനവാണ്. ജീവദ്രവ്യപദാർഥങ്ങളുടെ സ്പഷ്ടമായ വർധനവാണ് ഇതിലുള്ളത്. സസ്യങ്ങളിൽ മെരിസ്റ്റമിക കലകളാണ് വളർച്ചയുടെ കേന്ദ്രം. വേരിന്റെ അഗ്ര മെരിസ്റ്റമിക കലകളുടെയും കാണ്ഡത്തിന്റെ അഗ്രമെരിസ്റ്റമിക കലകളുടെയും പ്രവർത്തനമാണ് സസ്യങ്ങളുടെ നീളത്തിലുള്ള വളർച്ച പ്രദാനം ചെയ്യുന്നത്. ഉയർന്ന സസ്യങ്ങളിൽ വളർച്ച അനിയന്ത്രിതമാണ്. വേര്, കാണ്ഡം എന്നിവയുടെ അഗ്രമെരിസ്റ്റമിക കോശങ്ങളുടെ പ്രവർത്തനഫലമായുണ്ടാകുന്ന വളർച്ച സമാന്തരശ്രേണിയോ ഗുണോത്തരശ്രേണിയോ ആകാം. ഒരു കോശത്തിന്റെയോ/കലയുടെയോ/അവയവത്തിന്റെയോ/ജീവിയുടെയോ വളർച്ച പൊതുവെ ഉയർന്ന നിരക്കിൽ ഒരുപോലെ നിലനിൽക്കണമെന്നില്ല. വളർച്ചയുടെ മൂന്ന് പ്രധാന ഘട്ടങ്ങളെ മന്ദഗാമി ഘട്ടം, ദ്രുതഗതിയിലുള്ള ഘട്ടം, വാർധക്യ ഘട്ടം എന്നിങ്ങനെ നിർവചിക്കാം. ഒരു കോശത്തിന് വിഭജിക്കാനുള്ള ശേഷി നഷ്ടപ്പെടുമ്പോൾ അത് വൈവിധ്യവത്ക്കരിക്കപ്പെടുന്നു. വൈവിധ്യവത്ക്കരണത്തിലൂടെ പ്രത്യേക ധർമം നിർവഹിക്കാൻ അനുയോജ്യമായ തരത്തിൽ കോശങ്ങളുടെ ഘടന മാറുന്നു. കോശം, കലകൾ, അവയവങ്ങൾ എന്നിവയുടെ എല്ലാം വൈവിധ്യവത്ക്കരണത്തിന് പൊതുതത്വം സമാനമാണ്. വൈവിധ്യവത്ക്കരിക്കപ്പെട്ട ഒരു കോശം അപവൈവിധ്യവത്ക്കരിക്കപ്പെട്ട് പുനർവൈവിധ്യവത്ക്കരിക്കപ്പെടാം. സസ്യങ്ങളിൽ വൈവിധ്യവത്ക്കരണം തുറന്നതരത്തിലുള്ളതായതിനാൽ വികാസം വഴക്കമുള്ളതായിരിക്കും. അതായത് വളർച്ചയുടെയും വൈവിധ്യവത്ക്കരണത്തിന്റെയും ആകെ തുകയാണ് വികാസം. വികാസത്തിൽ സസ്യങ്ങൾ പ്ലാസ്റ്റിസിറ്റി കാണിക്കുന്നു.

സസ്യവളർച്ചയെയും വികാസത്തെയും ആന്തരികവും ബാഹ്യവുമായിട്ടുള്ള ഘടകങ്ങൾ നിയന്ത്രിക്കുന്നു. ആന്തരികഘടകങ്ങൾ പ്രധാനമായും രാസപദാർഥങ്ങളായിട്ടുള്ള സസ്യവളർച്ചാനിയന്ത്രികൾ ആണ്. വ്യത്യസ്തമായ പല തരം PGR കൾ സസ്യങ്ങളിൽ കാണപ്പെടുന്നു. പ്രധാനമായും അവ അഞ്ച് തരത്തിൽപ്പെടുന്നു. ഓക്സിനുകൾ, ജിബ്ബറലിനുകൾ, സൈറ്റോകൈനിനുകൾ, അബ്സിസിക് ആസിഡ്, എഥിലീൻ എന്നിവയാണ് അവ. ഈ PGR കൾ സസ്യങ്ങളുടെ വിവിധ ഭാഗങ്ങളിൽ നിർമ്മിക്കപ്പെടുന്നു. അവ പലതരത്തിലുള്ള വൈവിധ്യവൽക്കരണ വികാസപ്രവർത്തനങ്ങളെ നിയന്ത്രിക്കുന്നു. ഓരോ PGR നും സസ്യങ്ങളിൽ നിരവധി ധർമങ്ങൾ ഉണ്ട്. വ്യത്യസ്ത PGR കൾ ഒരേ ധർമവും കാഴ്ചവയ്ക്കുന്നു. PGR കൾ തമ്മിൽ സമന്വയിച്ചോ വിപരീതമായോ പ്രവർത്തിക്കുന്നു. പ്രകാശം, താപനില, പോഷണം, ഓക്സിജൻ ലഭ്യത, ഗുരുത്വാകർഷണബലം തുടങ്ങിയ ബാഹ്യഘടകങ്ങൾ സസ്യവളർച്ചയെയും വികാസത്തെയും ബാധിക്കുന്നു.

ചില സസ്യങ്ങൾ പ്രകാശകാലത്തിന് വിധേയമാക്കിയാൽ മാത്രമേ പുഷ്പിക്കലിന് തുടക്കമിടാറുള്ളൂ. പ്രകാശകാല ആവശ്യകതയെ ആശ്രയിക്കുന്നതിന്റെ അടിസ്ഥാനത്തിൽ, ദീർഘദിനസസ്യങ്ങൾ, ഹ്രസ്വദിനസസ്യങ്ങൾ, ദിന നിഷ്പക്ഷ സസ്യങ്ങൾ എന്നിങ്ങനെ സസ്യങ്ങളെ വിളിക്കുന്നു. ചില സസ്യങ്ങളെ താഴ്ന്ന താപനിലയ്ക്ക് വിധേയമാക്കുന്നത് അവയിലെ പുഷ്പിക്കൽ പ്രക്രിയയെ വേഗത്തിലാക്കുന്നു. ഇതിനാണ് ശീതചികിത്സ എന്നു പറയുന്നത്.

പരിശീലന പ്രവർത്തനങ്ങൾ

1. വളർച്ച, വൈവിധ്യവൽക്കരണം, വികാസം, അപവൈവിധ്യവൽക്കരണം, പുനർവൈവിധ്യവൽക്കരണം, നിശ്ചിതവളർച്ച, മെരിസ്റ്റം, വളർച്ചാനിരക്ക് എന്നിവ നിർവചിക്കുക.
2. ഒരു സപുഷ്പിയുടെ വളർച്ച കണക്കാക്കാൻ ഒരു അളവുകോൽ മാത്രം ഉപയോഗിക്കുന്നത് അപര്യാപ്തമാണെന്ന് പറയുന്നത് എന്തുകൊണ്ട് ?
3. താഴെപ്പറയുന്നവ ചുരുക്കി വിവരിക്കുക
   - എ) സമാന്തരികവളർച്ച
   - ബി) ഗുണോത്തരവളർച്ച
   - സി) സിഗ്മോയ്ഡ്‌വളർച്ചാവക്രം
   - ഡി) പൂർണവും ആനുപാതികവുമായ വളർച്ചാനിരക്കുകൾ
4. അഞ്ച് പ്രധാനപ്പെട്ട പ്രകൃതിദത്ത സസ്യവളർച്ചാനിയന്ത്രികൾ എണ്ണിപ്പറയുക. ഏതെങ്കിലും ഒന്നിന്റെ കണ്ടുപിടിത്തം, ധർമങ്ങൾ, കാർഷിക/ഉദ്യാനപരിപാലനരംഗത്തെ ഉപയോഗങ്ങൾ എന്നിവയെക്കുറിച്ച് ഒരു കുറിപ്പ് എഴുതുക.
5. ശീതചികിത്സ, ദിനദൈർഘ്യ പ്രതികരണം എന്നിവകൊണ്ട് നിങ്ങൾ എന്താണ് മനസ്സിലാക്കുന്നത്? അവയുടെ പ്രാധാന്യം വിശദമാക്കുക.
6. എന്തുകൊണ്ടാണ് അബ്സിസിക് ആസിഡിനെ സമ്മർദ്ദ ഹോർമോൺ എന്നും വിളിക്കുന്നത്?
7. വളർച്ച, വൈവിധ്യവൽക്കരണം ഇവ രണ്ടും ഉയർന്ന തലത്തിലുള്ള സസ്യങ്ങളിൽ തുറന്നതരത്തിലുള്ളതാണ്. അഭിപ്രായം എഴുതുക.

8. ഒരു സ്ഥലത്തുള്ള ഹ്രസ്വദിന സസ്യത്തിനും ദീർഘദിന സസ്യത്തിനും ഒരേസമയത്ത് പുഷ്പിക്കാൻ സാധിക്കുമോ? വിശദമാക്കുക

9. ഏത് സസ്യവളർച്ചാനിയന്ത്രകങ്ങളാണ് താഴെപറയുന്ന പ്രവർത്തനങ്ങൾക്കായി ഉപയോഗിക്കുന്നത്

   എ) ശാഖയിൽ നിന്ന് വേരുകൾ ഉണ്ടാകാൻ

   ബി) ഫലങ്ങൾ പെട്ടെന്ന് പഴുക്കാൻ

   സി) ഇലയുടെ വാർദ്ധക്യം വൈകിപ്പിക്കാൻ

   ഡി) അക്ഷീയമുകുളങ്ങളുടെ പെട്ടെന്നുള്ള വളർച്ചയ്ക്ക്

   ഇ) റോസറ്റ് സസ്യങ്ങളിൽ അകാലദീർഘീകരണത്തിന്

   എഫ്) ഇലകളിലെ ആസ്യരന്ധ്രങ്ങൾ പെട്ടെന്ന് അടയ്ക്കാൻ

10. ഇലകൾ നീക്കം ചെയ്ത ഒരു സസ്യം പ്രകാശകാല ചക്രത്തോട് പ്രതികരിക്കുമോ? എന്തുകൊണ്ട്?

11. താഴെ പറയുന്ന അവസ്ഥയിൽ എന്തു സംഭവിക്കുമെന്നാണ് നിങ്ങൾ പ്രതീക്ഷിക്കുന്നത്

   എ) നെൽച്ചെടിയുടെ തൈകളിൽ GA_3 പ്രയോഗിച്ചാൽ

   ബി) വിഭജന കോശങ്ങൾ വൈവിധ്യവൽക്കരണം നിർത്തിയാൽ

   സി) അഴുകിയ ഫലം പഴുക്കാത്ത ഫലങ്ങളോടൊപ്പം വച്ചാൽ

   ഡി) കൾച്ചർ മാധ്യമത്തിൽ സൈറ്റോകൈനിൻ ചേർക്കാൻ നിങ്ങൾ മറന്നുപോയാൽ

യൂണിറ്റ് V
മനുഷ്യ ശരീരധർമശാസ്ത്രം
(HUMAN PHYSIOLOGY)

അധ്യായം 16
ദഹനവും ആഗിരണവും

അധ്യായം 17
ശ്വസനവും വാതകവിനിമയവും

അധ്യായം 18
ശരീരദ്രവങ്ങളും അവയുടെ പര്യയനവും

അധ്യായം 19
വിസർജ്യ വസ്തുക്കളും അവയുടെ നിർമാർജനവും

അധ്യായം 20
ചലനവും സഞ്ചാരവും

അധ്യായം 21
നാഡീയ നിയന്ത്രണവും ഏകോപനവും

അധ്യായം 22
രാസീയ ഏകോപനവും ഉദ്ഗ്രഥനവും

ജീവനെക്കുറിച്ചുള്ള ന്യൂനീകരണ ജീവശാസ്ത്ര സമീപനം വർധിച്ചു വരുന്ന ഭൗതിക-രസതന്ത്രങ്ങളുടെയും പ്രവർത്തന രീതികളുടെയും ഉപയോഗത്തിന് കാരണമായി. ഈ പഠനങ്ങളുടെ ഭൂരിഭാഗവും നിലനിൽക്കുന്ന ജീവനുള്ള കലകളിലോ കോശരഹിത വ്യവസ്ഥയിലോ ആണ്. വിജ്ഞാനത്തിന്റെ വിസ്ഫോടനം തന്മാത്രാജീവശാസ്ത്ര പഠനത്തിന് കാരണമായി. തന്മാത്രാശരീരധർമശാസ്ത്രം ജൈവ രസതന്ത്രത്തിനും ജൈവഭൗതിക ശാസ്ത്രത്തിനും സമാനമായി തീർന്നു. എന്നിരുന്നാലും വർധിച്ചു വരുന്ന യഥാർഥ ജീവീയ സമീപനം ജീവൻപ്രവർത്തനങ്ങളെയും അതുപോലെ ജീവൻ പ്രതിഭാസങ്ങളെയും കുറിച്ചുള്ള സത്യം വെളിപ്പെടുത്തുന്നതിന് ഉതകിയിരുന്നില്ല. ജീവൻ പ്രവർത്തന വ്യവസ്ഥകളിലെ ഘടകങ്ങൾ തമ്മിലുള്ള പരസ്പരബന്ധത്തിന്റെ ഫലമായി ഉയർന്നു വരുന്ന സവിശേഷതകളാണ് ജീവൻ പ്രതിഭാസങ്ങൾ. തന്മാത്രകളുടെ നിയന്ത്രണശൃംഖല, തന്മാത്രകൾ കൂടിച്ചേർന്നുണ്ടാകുന്ന വലിയ കൂട്ടങ്ങൾ, കോശങ്ങൾ, കലകൾ, ജീവികൾ ജീവിഗണം, സമൂഹം തുടങ്ങി എല്ലാ വിഭാഗത്തിന്റെയും സംഘടകങ്ങൾ മൂലമാണ് സവിശേഷതകൾ ഉരുത്തിരിയുന്നത്. ദഹനം, വാതകവിനിമയം, രക്തപര്യയനം, ചലനവും സഞ്ചാരവും തുടങ്ങിയ പ്രധാന ജീവധർമപ്രവർത്തനങ്ങൾ കോശതലത്തിലും തന്മാത്രാതലത്തിലും ഈ യൂണിറ്റിന്റെ വിവിധ അധ്യായങ്ങളിൽ പ്രതിപാദിക്കുന്നു. ജീവികളിലെ പ്രവർത്തനങ്ങളുടെ നിയന്ത്രണവും ഏകോപനവും അവസാനത്തെ രണ്ട് അധ്യായങ്ങളിൽ വിശദീകരിക്കുന്നു.

അൽഫോൺസോ കോർട്ടി
(1822 – 1888)

ഇറ്റാലിയൻ ആന്തരികശാസ്ത്ര വിദഗ്ദ്ധനായ അൽഫോൺസോ കോർട്ടി 1822 ൽ ജനിച്ചു. ഉരഗങ്ങളുടെ രക്തപര്യയന വ്യവസ്ഥാപഠനത്തിലൂടെ കോർട്ടി അദ്ദേഹത്തിന്റെ ശാസ്ത്രാന്വേഷണം ആരംഭിച്ചു. പിന്നീട് അദ്ദേഹം സസ്തനികളുടെ ശബ്ദ-ശ്രവണ വ്യവസ്ഥയിൽ ശ്രദ്ധ കേന്ദ്രീകരിച്ചു. 1851 ൽ അദ്ദേഹം പ്രസിദ്ധീകരിച്ച പ്രബന്ധത്തിൽ കോക്ലിയയുടെ ബേസിലാർ സ്തരത്തിൽ കാണപ്പെടുന്ന രോമ കോശങ്ങൾ ഉള്ള ഓർഗൻ ഓഫ് കോർട്ടി എന്ന ഭാഗമാണ് ശബ്ദ തരംഗങ്ങളെ നാഡീയ ആവേഗങ്ങളാക്കി മാറ്റുന്നത് എന്ന് വിശദീകരിച്ചു. 1888 അദ്ദേഹം ദിവംഗതനായി.

V8E1C9

അധ്യായം 16

ദഹനവും ആഗിരണവും
(Digestion and Absorption)

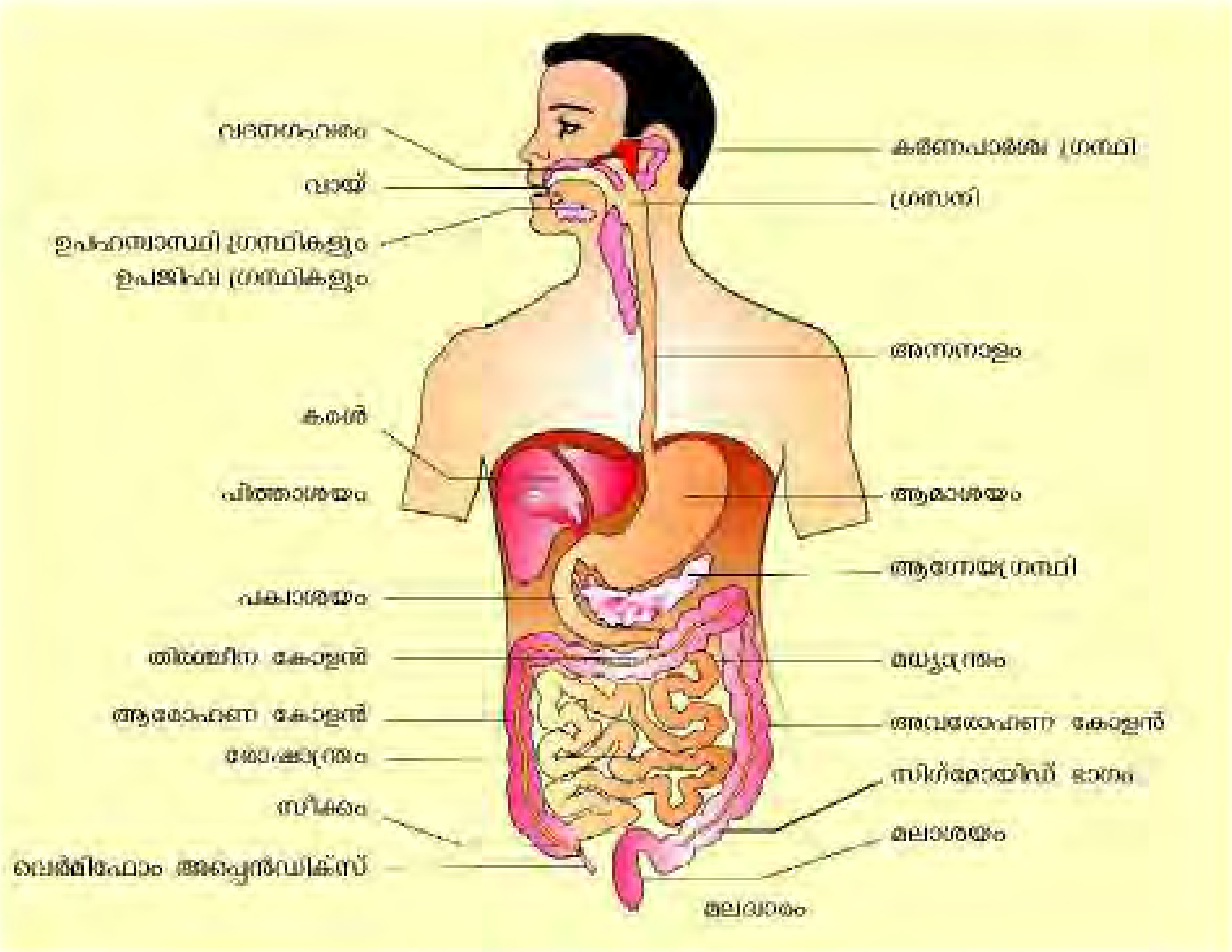
എല്ലാ ജീവികളുടെയും അടിസ്ഥാനപരമായ ആവശ്യകതകളിലൊന്നാണല്ലോ ഭക്ഷണം. ഭക്ഷണത്തിലെ പ്രധാന ഘടകങ്ങളാണ് ധാന്യകം (Carbohydrate), മാംസ്യം (Protein), കൊഴുപ്പ് (Fat) എന്നിവ. ജീവകങ്ങൾ (Vitamin), ധാതുലവണങ്ങൾ (Minerals) എന്നിവ കുറഞ്ഞ അളവിൽ ശരീരത്തിനാവശ്യമാണ്. ശരീരകലകളുടെ ശരിയായ പ്രവർത്തനത്തിനും വളർച്ചയ്ക്കും ആവശ്യമായ ഊർജവും ജൈവവസ്തുക്കളും നൽകുന്നത് ഭക്ഷണപദാർഥങ്ങളാണ്. നാം കുടിക്കുന്ന ജലം നമ്മുടെ ഉപാപചയപ്രവർത്തനങ്ങൾക്കും നിർജലീകരണം തടയുന്നതിനും സഹായിക്കുന്നു. ഭക്ഷണത്തിലെ ജൈവസ്ഥൂലതന്മാത്രകളെ (Biomacromolecules) അതേ രൂപത്തിൽ ഉപയോഗപ്പെടുത്താൻ ശരീരത്തിന് കഴിയില്ല. അവയെ ലഘു ഘടകങ്ങളാക്കി മാറ്റുന്നത് നമ്മുടെ ദഹനവ്യവസ്ഥയാണ്. ഭക്ഷണത്തിലെ സങ്കീർണഘടകങ്ങളെ ആഗിരണം ചെയ്യാനുതകുന്ന ലളിതമായ രൂപത്തിലേക്ക് മാറ്റുന്ന പ്രക്രിയയാണ് ദഹനം. ദഹനവ്യവസ്ഥയുടെ യാന്ത്രികവും ജൈവരാസികവുമായ പ്രവർത്തനങ്ങളിലൂടെയാണ് ഈ പ്രക്രിയ സാധ്യമാകുന്നത്. ദഹനവ്യവസ്ഥയുടെ പൊതുഘടനാരൂപീകരണം ചിത്രം 16.1 ൽ കാണിച്ചിരിക്കുന്നു.

16.1 ദഹന വ്യവസ്ഥ

മനുഷ്യന്റെ ദഹന വ്യവസ്ഥയിൽ അന്നപഥവും അനുബന്ധ ഗ്രന്ഥികളും ഉൾപ്പെടുന്നു.

16.1.1 അന്നപഥം

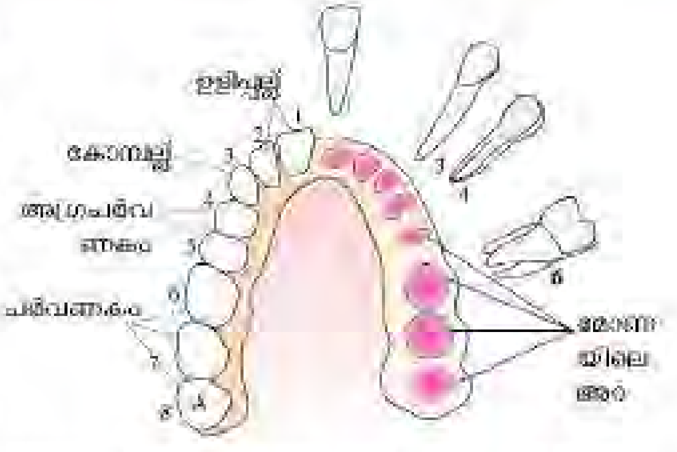
അന്നപഥത്തിന്റെ മുൻഭാഗം വായിൽ നിന്ന് ആരംഭിക്കുകയും പിൻഭാഗം മലദ്വാരത്തിൽ (Anus) അവസാനിക്കുകയും ചെയ്യുന്നു. വായ് വദനഗഹ്വരത്തിലേക്ക് (Buccal or oral cavity) തുറക്കുന്നു. വദനഗഹ്വരത്തിൽ അനേകം പല്ലുകളും പേശീനിർമിതമായ ഒരു നാക്കും കാണപ്പെടുന്നു. ഓരോ പല്ലും താടിയെല്ലിലെ കുഴി



ചിത്രം 16.1 മനുഷ്യന്റെ ദഹനേന്ദ്രിയവ്യവസ്ഥ

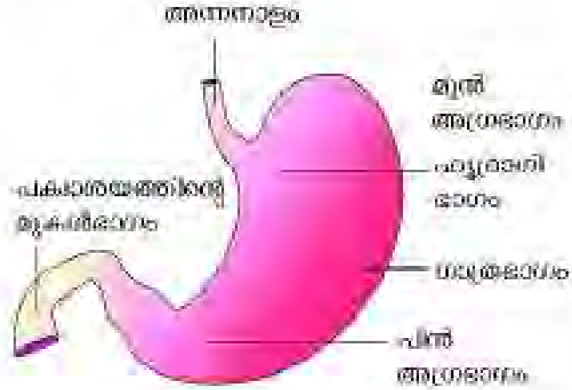
കളിലാണ് ഉറപ്പിച്ചിരിക്കുന്നത് (ചിത്രം 16.2). ഇപ്രകാരമുള്ള പല്ലുകളുടെ ക്രമീകരണത്തിന് **കോടരദന്തങ്ങൾ (Thecodont)** എന്നു പറയുന്നു. മനുഷ്യനുൾപ്പെടെയുള്ള ഭൂരിഭാഗം സസ്തനികളിലും അവയുടെ ജീവിതകാലഘട്ടത്തിൽ രണ്ടുപ്രാവശ്യം പല്ലുകൾ രൂപപ്പെടുന്നു. ആദ്യത്തേത് പാൽപ്പല്ലുകളും അഥവാ കൊഴിയുന്ന പല്ലുകളും (Deciduous teeth), തുടർന്ന് വരുന്നവ സ്ഥിരദന്തങ്ങളും. ഇത്തരത്തിലുള്ള ദന്തവിന്യാസത്തെ **ദ്വിജദന്തങ്ങൾ (Diphyodont)** എന്നു പറയുന്നു. പ്രായപൂർത്തിയായ ഒരു മനുഷ്യന് 32 സ്ഥിരദന്തങ്ങളാണുള്ളത്. അവ നാലു വ്യത്യസ്ത തരത്തിൽ (Heterodont) കാണപ്പെടുന്നു: ഉളിപ്പല്ലുകൾ (Incisors), കോമ്പല്ലുകൾ (Canines), അഗ്രചർവണകങ്ങൾ (Premolars), ചർവണകങ്ങൾ (Molars) എന്നിവ. മുകളിലത്തെയും താഴത്തെയും മോണയുടെ ഓരോ പകുതിയിലും I, C, PM, M എന്ന ക്രമത്തിൽ പല്ലുകൾ അടുക്കിയിരിക്കുന്നതിനെ ദന്തസൂത്രം (Dental formula) ഉപയോഗിച്ച് സൂചിപ്പിക്കാം. ഇത് മനുഷ്യനിൽ $\frac{2123}{2123}$ എന്നാണ്. ചവയ്ക്കാൻ സഹായിക്കുന്ന പല്ലിന്റെ കട്ടിയുള്ള ഭാഗം ഇനാമൽ കൊണ്ട് നിർമി

ച്ചിരിക്കുന്നു. സ്വതന്ത്രമായി ചലിക്കാൻ കഴിവുള്ള ഒരു പേശീനിർമിത അവയവമാണ് നാക്ക്. ഇത് വദനഗഹ്വരത്തിനുള്ളിൽ താഴെയായി സ്ഥിതി ചെയ്യുകയും ഫ്രെനുലം (Frenulum) എന്ന സ്നായുക്കൾ കൊണ്ട് ബന്ധിപ്പിച്ചിരിക്കുകയും ചെയ്യുന്നു. നാക്കിന്റെ ഉപരിതലത്തിൽ ഉയർന്നു നിൽക്കുന്ന ഭാഗങ്ങളാണ് പാപ്പില. അവയിൽ ചിലതിൽ രുചിമുകുളങ്ങൾ (Taste buds) കാണപ്പെടുന്നു.

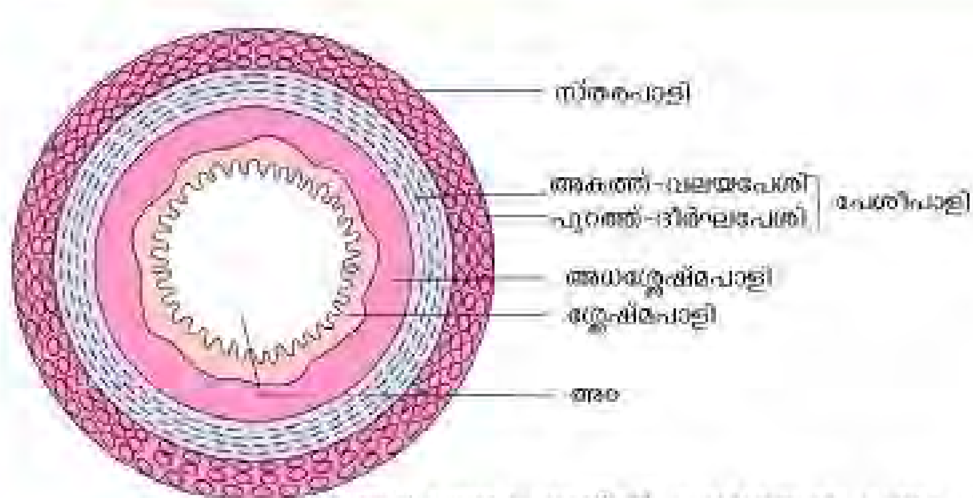


ചിത്രം 16.2 വ്യത്യസ്തതരം പല്ലുകളുടെ ക്രമീകരണം മോണയുടെ പകുതിഭാഗത്ത് പല്ലുകളുടെ ക്രമീകരണവും മറുഭാഗത്ത് അറകളുടെ ക്രമീകരണവും

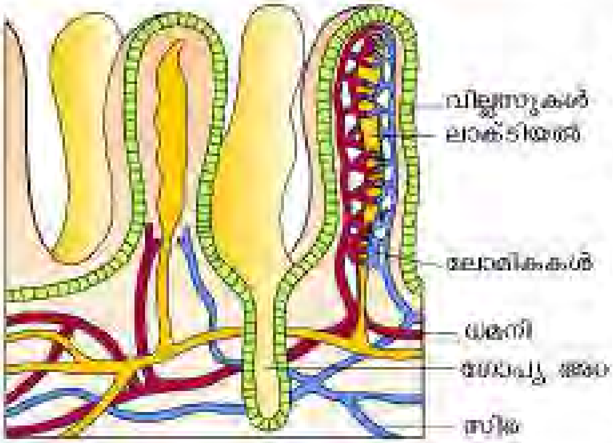
വദനഗഹ്വരം ഒരു ചെറിയ ഗ്രസനി (Pharynx) യിലേക്ക് തുറക്കുന്നു. ആഹാരവും വായുവും കടന്നു പോകുന്ന ഒരു പൊതുവഴിയാണ് ഗ്രസനി. അന്നനാളവും (Oesophagus) ശ്വാസനാളവും (Trachea) ഗ്രസനിയിലേക്ക് തുറക്കുന്നു. ശ്വാസനാളത്തിലേക്കുള്ള വിടവാണ് ഗ്ലോട്ടിസ് (Glottis). ക്ലോമപിധാനം (Epiglottis) എന്നറിയപ്പെടുന്ന തരുണാസ്ഥി നിർമിതമായ ഒരു അടപ്പ് ആഹാരപദാർഥങ്ങൾ വിഴുങ്ങുമ്പോൾ ക്ലോമത്തിലേക്ക് പ്രവേശിക്കാതെ തടയുന്നു. അന്നനാളം കനംകുറഞ്ഞ ഭിത്തിയോടു കൂടിയതും നീളമുള്ളതുമായ ഒരു കുഴലാണ്. ഇത് കഴുത്ത്, ഉരസ്സ് (Thorax), പ്രാചീരം (Diaphragm) എന്നിവയിലൂടെ കടന്ന് 'J' ആകൃതിയിലുള്ള ആമാശയസഞ്ചിയിൽ (Stomach) എത്തിച്ചേരുന്നു. അന്നനാളം ആമാശയത്തിലേക്ക് തുറക്കുന്ന ഭാഗത്ത് ആമാശയ-അന്നനാള പിധായക സ്നായു (Gastro-oesophageal sphincter) എന്ന ഒരു നിയന്ത്രണപേശി കാണപ്പെടുന്നു. ഉദരാശയത്തിൽ മുകളിൽ ഇടതുഭാഗത്താണ് ആമാശയത്തിന്റെ സ്ഥാനം. ഇതിന് നാല് ഭാഗങ്ങളുണ്ട്-അന്നനാളം വന്നു ചേരുന്ന **ഹൃദ്ഭാഗി (Cardiac)** ഭാഗം, **മുൻ അഗ്ര (Fundic)** ഭാഗം, മധ്യഭാഗത്തെ പ്രധാനപ്പെട്ട **ഗാത്ര (Body)** ഭാഗം, ചെറുകുടലിലേക്ക് തുറക്കുന്ന **പിൻ അഗ്ര (Pyloric)** ഭാഗം (ചിത്രം 16.3). ചെറുകുടലിനും മൂന്ന് വ്യക്തമായ ഭാഗങ്ങളുണ്ട്. ആദ്യത്തെ 'C' ആകൃതിയിലുള്ള ഭാഗത്തെ പക്വാശയം (Duodenum) എന്നും മധ്യഭാഗത്ത് കാണുന്ന നീണ്ട ചുരുളുകൾ ഉള്ള ഭാഗത്തെ മധ്യാന്ത്രം (Jejunum) എന്നും തുടർന്ന് കാണുന്ന കൂടുതൽ ചുരുളുകളുള്ള ഭാഗത്തെ ശേഷാന്ത്രം (Ileum) എന്നും പറയുന്നു. ആമാശയം പക്വാശയത്തിലേക്ക് തുറക്കുന്നത് പിൻ അഗ്രപിധായക സ്നായു (Pyloric sphincter) എന്ന പേശി കൊണ്ട് നിയന്ത്രിച്ചിരിക്കുന്നു. ശേഷാന്ത്രം വൻകുടലിലേക്ക് തുറക്കുന്നു. വൻ കുടലിന് **സീക്കം (Caecum), കോളൻ (Colon), മലാശയം (Rectum)** എന്നീ മൂന്ന് ഭാഗങ്ങളുണ്ട്. സീക്കം ഒരു ചെറു സഞ്ചിയാണ്. ഇതിനുള്ളിൽ ചില സൂക്ഷ്മ സഹജീവികൾ വസിക്കുന്നു. ഇവ നമുക്ക് ഉപകാരികളാണ്. സീക്കത്തിൽ



ചിത്രം 16.3 മനുഷ്യ ആമാശയത്തിന്റെ ആന്തരഘടന



ചിത്രം 16.4 അന്നപഥത്തിന്റെ കുറുകെയുള്ള ഛേദം കാണിക്കുന്ന രേഖാചിത്രം



ചിത്രം 16.5 വില്ലസുകൾ കാണപ്പെടുന്ന ചെറുകുടലിന്റെ ശ്ലേഷ്മപാളിയുടെ ഛേദം

നിന്ന് വിരൽ പോലെ തള്ളി നിൽക്കുന്ന അവയവമാണ് വെർമിഫോം അപ്പെൻഡിക്സ് (Vermiform appendix). ഇത് ഒരു ലോപിത (Vestigeal) അവയവമാണ്. അണ്ഡുകം കോളണിലേക്ക് തുറക്കുന്നു. സ്ഥാനത്തെ അടിസ്ഥാനമാക്കി കോളൻ നാല് ഭാഗങ്ങളായി തിരിച്ചിരിക്കുന്നു. മുകളിലേക്കുള്ള ആരോഹണ (Ascending) ഭാഗം, കുറുകെയുള്ള തിരശ്ചീന (Transverse) ഭാഗം, താഴേക്കുള്ള അവരോഹണ (Descending) ഭാഗം, പിന്നെ സിഗ്മോയിഡ് ഭാഗം. അവരോഹണ ഭാഗത്തെ തുടർന്ന് മലാശയം കാണുന്നു. മലാശയം മലദ്വാരം വഴി പുറത്തേക്ക് തുറക്കുന്നു.

അന്നപഥത്തിന്റെ ഭിത്തി നാല് പാളികൾകൊണ്ട് നിർമ്മിച്ചിരിക്കുന്നു (ചിത്രം 16.4). ഇത് സീറസ്പാളി (Serosa), പേശീപാളി (Muscularis), അധശ്ലേഷ്മപാളി (Sub mucosa), ശ്ലേഷ്മപാളി (Mucosa) എന്നീ പേരുകളിൽ അറിയപ്പെടുന്നു. ഏറ്റവും പുറമെയുള്ള പാളിയായ സീറസ്പാളി ആന്തരാവയവങ്ങളുടെ കനം കുറഞ്ഞ ആവരണകല (Mesothelium) കളും യോജകകലകളും കൊണ്ട് നിർമ്മിച്ചിരിക്കുന്നു. പേശീപാളികൾ രണ്ട് പാളി മിനുസപേശികളാൽ നിർമ്മിച്ചിരിക്കുന്നു- അകത്തെപാളി വലയപേശികൾ (Circular) കൊണ്ടും പുറത്തെ പാളി ദീർഘ പേശികൾ (Longitudinal) കൊണ്ടും. ചില ഭാഗങ്ങളിൽ ചരിവുള്ള (Oblique) പേശീപാളികളുമുണ്ട്. അധശ്ലേഷ്മപാളി അയഞ്ഞ യോജകകലകൾ കൊണ്ട് നിർമ്മിച്ചിരിക്കുന്നു. നാഡികൾ, രക്തക്കുഴലുകൾ, ലിംഫ് നാളികൾ തുടങ്ങിയവ ഇവിടെ കാണുന്നു. പക്വാശയത്തിന്റെ അധശ്ലേഷ്മപാളിയിൽ ചില ഗ്രന്ഥികളും കാണപ്പെടുന്നു. അന്നപഥത്തിന്റെ ഏറ്റവും അകത്തെ പാളിയാണ് ശ്ലേഷ്മപാളി. ആമാശയഭാഗത്ത് ഈ പാളിയിൽ ക്രമരഹിതമായി കാണുന്ന മടക്കുകളാണ്, റൂഗേ (Rugae). ചെറു കുടലിന്റെ ശ്ലേഷ്മപാളിയിൽ കാണുന്ന വിരലുകൾ പോലെയുള്ള ഭാഗങ്ങളാണ് വില്ലസുകൾ (Villus) (ചിത്രം 16.5). വില്ലസിൽ സൂക്ഷ്മങ്ങളായ സൂക്ഷ്മ വില്ലസുകൾ (Microvilli) ഉണ്ട്. ഇത്

രോമങ്ങൾ പോലെ കാണുകയും ചെറുകുടലിന്റെ ഉൾഭാഗത്തെ ഉപരിതല വിസ്തീർണം കൂട്ടാൻ സഹായിക്കുകയും ചെയ്യുന്നു.

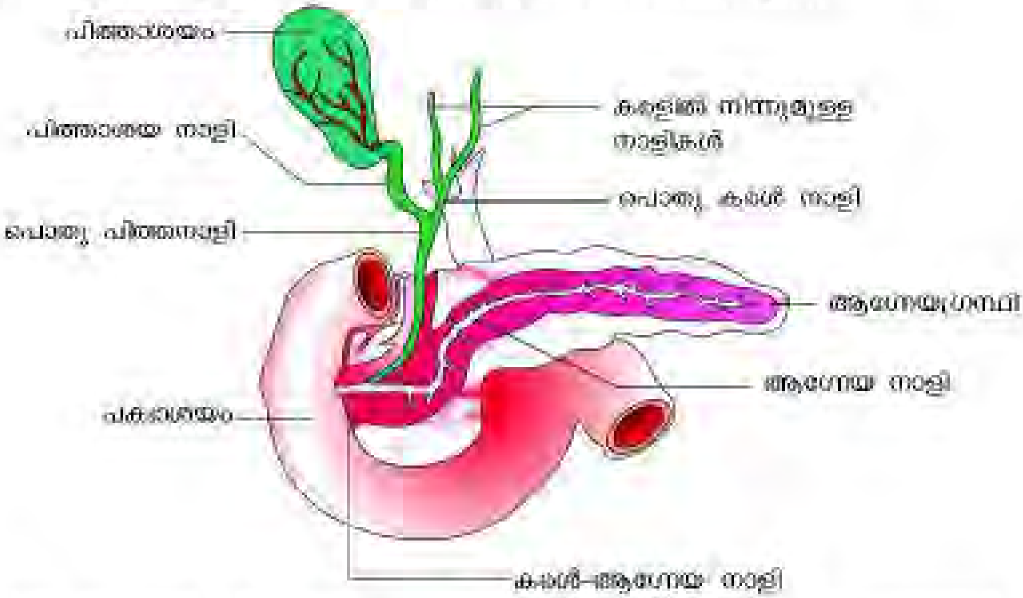
വില്ലസിൽ ധാരാളം രക്തലോമികകളും ലാക്ടിയൽ (Lacteal) എന്ന ഒരു വലിയ ലസികാ നാളിയും (Lymph vessel) കാണപ്പെടുന്നു. ശ്ലേഷ്മപാളിയുടെ ആവരണകലയിലെ ഗോബ്ലെറ്റ് കോശങ്ങൾ (Goblet cells) ശ്ലേഷ്മം ഉത്പാദിപ്പിക്കുന്നു. ഇവ അന്നപഥം വഴുവഴുപ്പുള്ളതാകാൻ സഹായിക്കുന്നു. ആമാശയത്തിന്റെ ഭാഗത്തെ ശ്ലേഷ്മപാളിയിൽ ആമാശയ ഗ്രന്ഥികളും (Gastric glands) ചെറുകുടലിൽ വില്ലസുകളുടെ ചുവട്ടിൽ ലെയ്ബർകുന്റെ ഗോപ്യ അറകൾ (Crypts of Lieberkuhn) എന്ന ഗ്രന്ഥികളുമുണ്ട്. അതായത് അന്നപഥത്തിന്റെ വിവിധ ഭാഗങ്ങളുടെ ധർമം അനുസരിച്ച് നാലുപാളികളിലും രൂപവ്യത്യാസങ്ങൾ കാണപ്പെടുന്നു.

16.1.2 ദഹനഗ്രന്ഥികൾ (Digestive glands)

അന്നപഥവുമായി ബന്ധപ്പെട്ടിരിക്കുന്ന ദഹനഗ്രന്ഥികളാണ് ഉമിനീർ ഗ്രന്ഥികൾ, കരൾ, ആഗ്നേയഗ്രന്ഥി (Pancreas) എന്നിവ.

ഉമിനീർ ഗ്രന്ഥികൾ മൂന്നു ജോഡികളുണ്ട്-കവിൾ ഭാഗത്ത് കാണുന്ന കർണ പാർശ്വഗ്രന്ഥികൾ (Parotids), കീഴ്ത്താടിയിൽ കാണുന്ന ഉപഹന്വസ്ഥിഗ്രന്ഥികൾ (Sub maxillary/Sub mandibular), നാവിന്റെ അടിഭാഗത്തു കാണുന്ന ഉപജിഹ്വ ഗ്രന്ഥികൾ (Sub linguals) എന്നിവ. ഇവ വദനഗഹ്വരത്തിന് പുറമെ കാണപ്പെടുകയും വദനഗഹ്വരത്തിലേക്ക് ഉമിനീർ സ്രവിപ്പിക്കുകയും ചെയ്യുന്നു.

ശരീരത്തിലെ ഏറ്റവും വലിയ ഗ്രന്ഥിയാണ് കരൾ. പൂർണ വളർച്ചയുള്ള ഒരു വ്യക്തിയിൽ ഇതിന് 1.2 മുതൽ 1.5 കിലോഗ്രാം വരെ തൂക്കമുണ്ട്. ഇത് ഉദരാശയത്തിൽ പ്രാചീരത്തിന് (Diaphragm) താഴെയായി രണ്ടു ഇതളുകളായി കാണുന്നു. കരളിന്റെ ഘടനാപരവും ധർമപരവുമായ യൂണിറ്റുകളാണ് കരൾ ഇതളുകൾ (Hepatic lobules). ഇവ ചരടുപോലെ ക്രമീകരിച്ചിരിക്കുന്ന കരൾ കോശങ്ങളാൽ



ചിത്രം 16.6 കരൾ, പിത്താശയം, ആഗ്നേയഗ്രന്ഥി എന്നിവയിലെ നാളീവ്യവസ്ഥകൾ

നിർമ്മിതമാണ്. ഓരോ കരൾ ഇതളും ഗ്ലിസൻസ് ക്യാപ്സ്യൂൾ എന്ന ഒരു ആവരണം കൊണ്ട് പൊതിഞ്ഞിരിക്കുന്നു. കരൾ കോശങ്ങൾ പിത്തരസം (Bile) ഉൽപ്പാദിപ്പിക്കുന്നു. ഇത് കരൾ നാളികളിലൂടെ (Hepatic ducts) കടന്ന് പേശീനിർമ്മിതമായ പിത്താശയത്തിൽ (Gall bladder) സംഭരിക്കുന്നു. പിത്താശയത്തിൽ നിന്ന് ഉത്ഭവിക്കുന്ന സിസ്റ്റിക് നാളി, കരൾ നാളിയുമായി ചേർന്ന് പൊതു പിത്തനാളി (Common bile duct) ആയിത്തീരുന്നു (ചിത്രം 16.6).

പൊതുപിത്തനാളിയും ആഗ്നേയ നാളിയും ഒന്നുചേർന്ന് പൊതു കരൾ-ആഗ്നേയ നാളിയായി (Common hepato-pancreatic duct) പക്വാശയത്തിലേക്ക് തുറക്കുന്നു. ഈ ഭാഗം സ്ഫിങ്ക്ടർ ഓഫ് ഓഡി (Sphincter of Oddi) എന്ന പേശി വഴി നിയന്ത്രിച്ചിരിക്കുന്നു.

ആഗ്നേയഗ്രന്ഥി, ബഹിർസ്രാവി (Exocrine) ഗ്രന്ഥികളും, അന്തഃസ്രാവി (Endocrine) ഗ്രന്ഥികളും ചേർന്ന ഒരു സംയുക്ത ഗ്രന്ഥിയാണ്. ഇത് 'C' ആകൃതിയിലുള്ള പക്വാശയത്തിന്റെ മധ്യഭാഗത്ത് സ്ഥിതി ചെയ്യുന്നു. ബഹിർസ്രാവി ഗ്രന്ഥികൾ രാസാഗ്നികൾ അടങ്ങിയിട്ടുള്ള ആഗ്നേയരസം ഉൽപ്പാദിപ്പിക്കുന്നു. ഇതിന് ക്ഷാര ഗുണമാണുള്ളത്. അന്തഃസ്രാവി ഗ്രന്ഥികൾ ഇൻസുലിൻ, ഗ്ലൂക്കഗോൺ എന്നീ ഹോർമോണുകൾ ഉൽപ്പാദിപ്പിക്കുന്നു.

16.2 ഭക്ഷണത്തിന്റെ ദഹനം

ദഹനം യാന്ത്രികവും രാസികവുമായ ഒരു പ്രക്രിയയാണെന്ന് നമുക്കറിയാം. വദനഗഹ്വരത്തിന് രണ്ട് പ്രധാന ധർമ്മങ്ങളാണുള്ളത് . ആഹാരം ചവച്ചരയ്ക്കുകയും വിഴുങ്ങാൻ സഹായിക്കുകയും ചെയ്യുന്നത് ഈ ഭാഗമാണ്. പല്ലിന്റെയും നാക്കിന്റെയും സഹായത്തോടെ ആഹാരം ചവച്ചരച്ച് ഉമിനീരുമായി കൂടി കലർന്ന് ഒരു കുഴമ്പ് രൂപത്തിലാകുന്നു. ഇതിനെ **ഉരുളകൾ (Bolus)** എന്നു പറയുന്നു. ഈ ഉരുളകൾ ഗ്രസനി വഴി അന്നനാളത്തിലെത്തുന്ന പ്രക്രിയയെ **വിഴുങ്ങൽ (Deglutition)** എന്നു പറയുന്നു. അന്നനാളത്തിലെ പേശികളുടെ തുടർച്ചയായ തരംഗരൂപത്തിലുള്ള സങ്കോചവികാസങ്ങൾ കൊണ്ട് ഉരുളകൾ ആമാശയത്തിലെത്തുന്നു. തരംഗരൂപത്തിലുള്ള ഈ ചലനത്തെ പെരിസ്റ്റാൾസിസ് (Peristalsis) എന്നു പറയുന്നു. അന്നനാളത്തിൽ നിന്ന് ആമാശയത്തിലേക്ക് ഭക്ഷണപദാർത്ഥങ്ങൾ കടക്കുന്നതിനെ അന്നനാള-പിധായക സ്നായു നിയന്ത്രിക്കുന്നു. ഉമിനീരിൽ Na^+, K^+, Cl^-, HCO_3^- എന്നീ ഇലക്ട്രോലൈറ്റുകളും സലൈവറി അമിലേസ്, ലൈസോസൈം എന്നീ രാസാഗ്നികളും അടങ്ങിയിരിക്കുന്നു. ദഹനപ്രക്രിയയുടെ രാസവിഘടനം ആരംഭിക്കുന്നത് വദനഗഹ്വരത്തിലെ ഉമിനീരിലടങ്ങിയിരിക്കുന്ന സലൈവറി അമിലേസ് എന്ന രാസാഗ്നിയുടെ ജലവിശ്ലേഷണ പ്രവർത്തനം (Hydrolytic action) മൂലമാണ്. ഈ രാസാഗ്നി 30% അന്നജത്തെ (Starch) ജലവിശ്ലേഷണ പ്രവർത്തനത്തിലൂടെ വിഘടിപ്പിച്ച് മാൾട്ടോസ് എന്ന ഡൈസാക്കറൈഡാക്കി മാറ്റുന്നു. സലൈവറി അമിലേസിന് പ്രവർത്തിക്കാനാവശ്യമായ അനുകൂല pH 6.8 ആണ്. ഉമിനീരിലുള്ള ലൈസോസൈം ബാക്ടീരിയകളെ നശിപ്പിക്കുന്നതു വഴി രോഗബാധ തടയുന്നു.

$$\text{അന്നജം} \xrightarrow[\text{pH 6.8}]{\text{സലൈവറി അമിലേസ്}} \text{മാൾട്ടോസ്}$$

ആമാശയത്തിലെ ശ്ലേഷ്മപാളിയിലാണ് ആമാശയ ഗ്രന്ഥികൾ ഉള്ളത്. ഈ ഗ്രന്ഥിയിൽ മൂന്നുതരം കോശങ്ങൾ കാണുന്നു.

(i) ശ്ലേഷ്മകോശങ്ങൾ (Mucus neck cells)

(ii) പെപ്സിനോജൻ എന്ന നിഷ്ക്രിയ രാസാഗ്നി (Proenzyme) സ്രവിപ്പിക്കുന്ന പെപ്റ്റിക് കോശങ്ങൾ

(iii) ഹൈഡ്രോക്ലോറിക് ആസിഡ് ഉത്പാദിപ്പിക്കുന്ന ഭിത്തികോശങ്ങൾ (Parietal or Oxyntic cell) എന്നിവ. ഭിത്തികോശങ്ങൾ കോശങ്ങളിലെ ആന്തരിക (ഇൻട്രിൻസിക്) ഘടകങ്ങൾ വൈറ്റമിൻ B12 ആഗിരണം ചെയ്യാനും അത്യന്താപേക്ഷിതമാണ്.

ആഹാരപദാർത്ഥങ്ങൾ ഏകദേശം 4 - 5 മണിക്കൂർ ആമാശയത്തിൽ സംഭരിക്കുന്നു. ഈ സമയം ആഹാരം ആമാശയത്തിലെ പേശികളുടെ പ്രവർത്തനഫലമായി അമ്ലഗുണമുള്ള ആമാശയരസവുമായി (Gastric Juice) കൂടിക്കലരുന്നു. ഇങ്ങനെ കൂടിക്കലർന്ന കുഴമ്പു രൂപത്തിലുള്ള ആഹാരപദാർത്ഥത്തെ കൈം (Chyme) എന്നു പറയുന്നു. ആമാശയത്തിൽ പെപ്സിനോജൻ എന്ന നിഷ്ക്രിയ രാസാഗ്നി HCl ന്റെ പ്രവർത്തന ഫലമായി സക്രിയ രാസാഗ്നിയായ പെപ്സിൻ ആയിത്തീരുന്നു. ആമാശയത്തിൽ വച്ച് പെപ്സിൻ മാംസ്യങ്ങളെ വിഘടിപ്പിച്ച് പെപ്റ്റൈഡുകളായ പ്രോട്ടിയോസുകളും, പെപ്റ്റോണുകളും ആക്കി മാറ്റുന്നു. ആമാശയരസത്തിലടങ്ങിയിരിക്കുന്ന ശ്ലേഷ്മവും ബൈകാർബണേറ്റുകളും ആമാശയത്തിന്റെ ഉൾഭിത്തിയെ വഴുവഴുപ്പുള്ളതാക്കുകയും അതീവ ഗാഢതയുള്ള ഹൈഡ്രോക്ലോറിക് ആസിഡിന്റെ പ്രവർത്തനത്തിൽ നിന്ന് സംരക്ഷിക്കുകയും ചെയ്യുന്നു. പെപ്സിന്റെ പ്രവർത്തനത്തിനാവശ്യമായ അമ്ലീയ pH (pH 1.8) പ്രദാനം ചെയ്യുന്നതും HCl ആണ്. പാലിലെ മാംസ്യങ്ങളെ വിഘടിപ്പിക്കാനാവശ്യമായ റെനിൻ (Rennin) എന്ന രാസാഗ്നി കുഞ്ഞുങ്ങളുടെ ആമാശയരസത്തിൽ കാണുന്നു. ആമാശയഗ്രന്ഥികൾ വളരെക്കുറഞ്ഞ അളവിൽ ലിപ്പേസുകളും സ്രവിപ്പിക്കുന്നു.

ചെറുകുടലിന്റെ പേശീപാളിയിൽ വിവിധ തരം പേശി ചലനങ്ങൾ ഉണ്ടാകുന്നു. ഈ ചലനങ്ങൾ ആഹാരത്തെ വിവിധതരം സ്രവങ്ങളുമായി സംയോജിപ്പിക്കുന്നതിനും ദഹനത്തെ ത്വരിതപ്പെടുത്തുന്നതിനും സഹായിക്കുന്നു. ചെറുകുടലിൽ കാണുന്ന സ്രവങ്ങളാണ് പിത്തരസം (Bile), ആഗ്നേയരസം (Pancreatic juice), ആന്ത്രരസം (Intestinal juice) എന്നിവ. ഇവയിൽ ആഗ്നേയരസവും പിത്തരസവും കരൾ-ആഗ്നേയ നാളി വഴി ചെറുകുടലിൽ എത്തിച്ചേരുന്നു. ആഗ്നേയരസത്തിലെ നിഷ്ക്രിയ രാസാഗ്നികളാണ് ട്രിപ്സിനോജൻ, കൈമോട്രിപ്സിനോജൻ, പ്രോകാർബോക്സി പെപ്റ്റിഡേസുകൾ, അമിലേസുകൾ, ലിപേസുകൾ, ന്യൂക്ലിയേസുകൾ എന്നിവ. ട്രിപ്സിനോജനെ ഉത്തേജിപ്പിച്ച് ട്രിപ്സിനാക്കുന്നത് ചെറുകുടലിലെ ശ്ലേഷ്മപാളിയിൽ നിന്ന് സ്രവിക്കുന്ന എന്ററോകൈനേസ് എന്ന രാസാഗ്നിയാണ്. ട്രിപ്സിൻ ആഗ്നേയരസത്തിലെ മറ്റെല്ലാ രാസാഗ്നികളെയും ഉത്തേജിപ്പിക്കുന്നു. പക്വാശയത്തിലേക്ക് എത്തുന്ന പിത്തരസത്തിൽ ബിലിറുബിൻ, ബിലിവെർഡിൻ എന്നീ വർണവസ്തുക്കളും പിത്തലവണങ്ങൾ, കൊളസ്ട്രോൾ, ഫോസ്ഫോലിപ്പിഡുകൾ തുടങ്ങിയവയും അടങ്ങിയിരിക്കുന്നു. ഇതിൽ രാസാഗ്നികൾ ഒന്നും തന്നെയില്ല. പിത്തരസം ആഹാരപദാർത്ഥങ്ങളിലെ

കൊഴുപ്പിനെ വിഘടിപ്പിച്ച് ചെറു കണികകളാക്കി (Emulsification) മാറ്റുന്നു. കൂടാതെ പിത്തരസം ലിപ്പേസുകളെയും ഉത്തേജിപ്പിക്കുന്നു.

ചെറുകുടലിലെ ശ്ലേഷ്മപാളിയുടെ ആവരണകലയിൽ ധാരാളം **ഗോബ്‌ലെറ്റ് കോശങ്ങൾ** കാണപ്പെടുന്നു. ഇവ ധാരാളം ശ്ലേഷ്മം ഉൽപ്പാദിപ്പിക്കുന്നു. ശ്ലേഷ്മപാളിയുടെ സൂക്ഷ്മവില്ലസുകളും ഗോബ്‌ലെറ്റ് കോശങ്ങളും ഉൽപ്പാദിപ്പിക്കുന്ന സ്രവങ്ങളെ ആന്ത്രരസം (Intestinal juice) അഥവാ **സക്കസ് എന്ററികസ്** (Succus entericus) എന്നു പറയുന്നു. ഇതിൽ രാസാഗ്നികളായ ഡൈസാക്കറിഡേസുകൾ (ഉദാ: മാൾട്ടേസ്), ഡൈപെപ്റ്റിഡേസുകൾ, ലിപ്പേസുകൾ, ന്യൂക്ലിയോസിഡേസുകൾ എന്നിവ അടങ്ങിയിരിക്കുന്നു. ശ്ലേഷ്മവും ആഗ്നേയഗ്രന്ഥിയിൽ നിന്നുള്ള ബൈകാർബണേറ്റുകളും ചെറുകുടലിന്റെ ശ്ലേഷ്മപാളിയെ ആസിഡിൽ നിന്ന് സംരക്ഷിക്കുകയും രാസാഗ്നികൾക്ക് പ്രവർത്തിക്കാനാവശ്യമായ ഒരു ക്ഷാരമാധ്യമം (pH 7.8) പ്രദാനം ചെയ്യുകയും ചെയ്യുന്നു. അധശ്ലേഷ്മപാളി ഗ്രന്ഥികളും (Brunner's glands) ഇതിന് സഹായിക്കുന്നു.

ചെറുകുടലിൽ എത്തുന്ന കൈമിലെ ഭാഗികമായി ദഹനം സംഭവിച്ച മാംസ്യങ്ങൾ, പ്രോട്ടിയോസുകൾ, പെപ്റ്റോണുകൾ എന്നിവയിൽ ആഗ്നേയരസത്തിലെ മാംസ്യവിഘടന രാസാഗ്നികൾ താഴെ പറയുന്ന രീതിയിൽ പ്രവർത്തിക്കുന്നു.

പ്രോട്ടീനുകൾ പെപ്റ്റോണുകൾ പ്രോട്ടിയോസുകൾ	ട്രിപ്സിൻ/കൈമോട്രിപ്സിൻ → കാർബോക്സിപെപ്റ്റിഡേസ്	ഡൈപെപ്റ്റൈഡുകൾ

കൈമിലെ കാർബോഹൈഡ്രേറ്റുകളെ ആഗ്നേയരസത്തിലെ അമിലേസ് ജലവിശ്ലേഷണത്തിലൂടെ ഡൈസാക്കറൈഡുകളാക്കി മാറ്റുന്നു.

പോളിസാക്കറൈഡുകൾ (അന്നജം) —അമിലേസ്→ ഡൈസാക്കറൈഡുകൾ

പിത്തരസത്തിന്റെ സഹായത്താൽ ലിപേസുകൾ ലിപ്പിഡുകളെ (ട്രൈഗ്ലിസറൈഡുകൾ) വിഘടിപ്പിച്ച് ഡൈഗ്ലിസറൈഡുകളും മോണോഗ്ലിസറൈഡുകളുമാക്കി മാറ്റുന്നു.

ലിപ്പിഡുകൾ —ലിപേസുകൾ→ ഡൈഗ്ലിസറൈഡുകൾ ⟶ മോണോഗ്ലിസറൈഡുകൾ (കൊഴുപ്പ്)

ആഗ്നേയരസത്തിലെ ന്യൂക്ലിയേസുകൾ ന്യൂക്ലിക് ആസിഡുകളിൽ പ്രവർത്തിച്ച് ന്യൂക്ലിയോടൈഡുകളും, ന്യൂക്ലിയോസൈഡുകളുമാക്കി മാറ്റുന്നു.

ന്യൂക്ലിക് ആസിഡുകൾ —ന്യൂക്ലിയേസുകൾ→ ന്യൂക്ലിയോടൈഡുകൾ ⟶ ന്യൂക്ലിയോസൈഡുകൾ

മുകളിൽ കാണിച്ചിരിക്കുന്ന രാസപ്രവർത്തനങ്ങളുടെ ഫലമായി ലഭിക്കുന്ന ഉൽപ്പന്നങ്ങളിൽ സക്കസ് എന്ററിക്കസിലെ രാസാഗ്നികൾ പ്രവർത്തിച്ച് അവയെ ആഗിരണം ചെയ്യാനുതകുന്ന രൂപത്തിലുള്ള ലളിതമായ തന്മാത്രകളാക്കി മാറ്റുന്നു. ദഹനപ്രക്രിയയുടെ ഈ അവസാന ഘട്ടങ്ങൾ ചെറുകുടലിലെ ശ്ലേഷ്മപാളിയുടെ ആവരണകലയോട് വളരെ ചേർന്നാണ് നടക്കുന്നത്

ഡൈപെപ്റ്റൈഡുകൾ $\xrightarrow{\text{ഡൈപെപ്റ്റിഡേസുകൾ}}$ അമിനോ ആസിഡുകൾ

മാൾട്ടോസ് $\xrightarrow{\text{മാൾട്ടേസ്}}$ ഗ്ലൂക്കോസ് + ഗ്ലൂക്കോസ്

ലാക്ടോസ് $\xrightarrow{\text{ലാക്ടേസ്}}$ ഗ്ലൂക്കോസ് + ഗാലക്ടോസ്

സുക്രോസ് $\xrightarrow{\text{സുക്രേസ്}}$ ഗ്ലൂക്കോസ് + ഫ്രക്ടോസ്

ന്യൂക്ലിയോടൈഡുകൾ $\xrightarrow{\text{ന്യൂക്ലിയോടൈഡേസുകൾ}}$ ന്യൂക്ലിയോസൈഡുകൾ $\xrightarrow{\text{ന്യൂക്ലിയോസൈഡേസുകൾ}}$ പഞ്ചസാരകൾ+ബേസുകൾ

ഡൈ/മോണോഗ്ലിസറൈഡുകൾ $\xrightarrow{\text{ലിപേസുകൾ}}$ ഫാറ്റി ആസിഡുകൾ + ഗ്ലിസറോൾ

മുകളിൽ പറഞ്ഞിരിക്കുന്ന എല്ലാ ജൈവരാസപ്രവർത്തനങ്ങളുടെ വിഘടനങ്ങളും ചെറുകുടലിന്റെ പക്വാശയത്തിലാണ് നടക്കുന്നത്. ഇങ്ങനെ ലഭിക്കുന്ന ലളിതമായ പദാർഥങ്ങൾ ചെറുകുടലിന്റെ മറ്റു ഭാഗങ്ങളായ മധ്യാന്ത്രം, ശേഷാന്ത്രം എന്നീ ഭാഗങ്ങളിൽ വച്ച് ആഗിരണം ചെയ്യപ്പെടുന്നു. ദഹിക്കാത്തതും ആഗിരണം ചെയ്യപ്പെടാത്തതുമായ പദാർഥങ്ങൾ വൻകുടലിലേക്ക് മാറ്റപ്പെടുന്നു.

വൻകുടലിൽ പ്രാധാന്യമുള്ള ദഹനപ്രക്രിയകൾ ഒന്നും തന്നെ നടക്കുന്നില്ല. വൻകുടലിന്റെ പ്രധാന ധർമങ്ങൾ താഴെ പറയുന്നവയാണ്:

i) ജലം, ധാതുക്കൾ, ചില ഔഷധങ്ങൾ എന്നിവയുടെ ആഗിരണം.
ii) ശ്ലേഷ്മം സ്രവിപ്പിച്ച് ദഹിക്കാത്ത പദാർഥങ്ങളെ തമ്മിൽ യോജിപ്പിച്ച് വഴുവഴുപ്പുള്ളതാക്കുകയും എളുപ്പത്തിൽ പുറന്തള്ളാൻ സഹായിക്കുകയും ചെയ്യുക.

ദഹിക്കാത്തതും ആഗിരണം ചെയ്യപ്പെടാത്തതുമായ പദാർഥങ്ങൾ മലം (Faeces) എന്ന് അറിയപ്പെടുന്നു. ഇത് ശേഷാന്ത്ര-സീക്കൽ വാൽവു വഴി വൻകുടലിലെ സീക്കം എന്ന ഭാഗത്തേക്ക് പ്രവേശിക്കുന്നു. ശേഷാന്ത്ര-സീക്കൽ വാൽവ് വിസർജ്യ വസ്തുക്കളുടെ തിരിച്ച് പോക്ക് തടയുന്നു. വിസർജ്യവസ്തുക്കൾ പുറന്തള്ളപ്പെടുന്നതുവരെ (Defaecation) താൽക്കാലികമായി മലാശയത്തിൽ സംഭരിച്ചു വയ്ക്കുന്നു.

ദഹനവ്യവസ്ഥയിലെ ആമാശയ-കുടൽ നാളിയിൽ (Gastro-intestinal tract) നടക്കുന്ന എല്ലാ പ്രവർത്തനങ്ങളും നാഡീവ്യവസ്ഥയുടെയും അന്തഃസ്രാവി വ്യവസ്ഥയുടെയും നിയന്ത്രണത്തിലും ഏകോപനത്തിലുമാണ്. ഭക്ഷണപദാർഥങ്ങൾ കാണുക, മണക്കുക, രുചിക്കുക, വായിൽ അവയുടെ സാന്നിധ്യം എന്നിവ ഉമിനീർ ഗ്രന്ഥികളെ ഉത്തേജിപ്പിച്ച് ഉമിനീർ പുറപ്പെടുവിക്കുന്നു. ഇതുപോലെ നാഡീയ ആവേഗങ്ങൾ ആമാശയത്തിലെയും കുടലിലെയും സ്രവങ്ങൾ ഉത്പാദിപ്പിക്കാൻ പ്രചോദിപ്പിക്കുന്നു. അന്നപഥത്തിന്റെ പേശീചലനങ്ങൾ കേന്ദ്രനാഡീവ്യവസ്ഥ വഴിയും പരിധീയനാഡീ പ്രവർത്തനം വഴിയും നിയന്ത്രിക്കപ്പെടുന്നുണ്ട്. ആമാശയത്തിന്റെയും ചെറുകുടലിന്റെയും ശ്ലേഷ്മപാളി ഉത്പാദിപ്പിക്കുന്ന ഹോർമോണുകൾ ദഹനരസങ്ങളുടെ ഉത്പാദനം നിയന്ത്രിക്കുന്നു.

മാംസ്യം, ധാന്യകം, കൊഴുപ്പ് എന്നിവയുടെ കലോറിക മൂല്യം

(ബോക്സിലെ വസ്തുത മൂല്യനിർണയത്തിന് വിധേയമാക്കേണ്ടതില്ല)

എല്ലാത്തരം ഊർജത്തിന്റെയും അന്തിമരൂപം താപമാണ്. അതിനാൽ ജന്തുക്കളുടെ ഊർജാവശ്യങ്ങളും ഭക്ഷണത്തിൽ അടങ്ങിയിട്ടുള്ള ഊർജവും താപോർജത്തിന്റെ തോതിലാണ് കണക്കാക്കുന്നത്. കലോറി (cal) അല്ലെങ്കിൽ ജൂളിലാണ് (J) ഇത് സൂചിപ്പിക്കുന്നത്. 1 g ജലത്തിന്റെ താപം $1^{0}C$ ലേക്ക് ഉയർത്താൻ ആവശ്യമായ താപോർജത്തിന്റെ അളവാണിത്. ഇത് ഊർജത്തിന്റെ തീരെക്കുറഞ്ഞ അളവായതിനാൽ ശാസ്ത്രജ്ഞർ സാധാരണയായി കിലോകലോറി (kcal) അല്ലെങ്കിൽ കിലോജൂൾ (kJ) എന്ന അളവാണ് ഉപയോഗിക്കാറുള്ളത്. 1 kg ജലത്തിന്റെ താപം $1^{0}C$ ലേക്ക് ഉയർത്താൻ ആവശ്യമായ ഊർജത്തിന്റെ അളവാണ് ഒരു കിലോ കലോറി എന്നത്. പോഷകാഹാര വിദഗ്ധർ kcal - യെ Calorie അല്ലെങ്കിൽ Joule (എപ്പോഴും ഇംഗ്ലീഷ് വലിയ അക്ഷരത്തിൽ) എന്ന രീതിയിലാണ് സാമ്പ്രദായികമായി ഉപയോഗിച്ചുവരുന്നത്. ഒരു ഗ്രാം ഭക്ഷണം ഒരു ബോംബ് കലോറിമീറ്ററിൽ (O_2 നിറച്ച ഒരു അടഞ്ഞ ലോഹ അറ) പൂർണ ജ്വലനത്തിന് വിധേയമാകുമ്പോൾ സ്വതന്ത്രമാക്കപ്പെടുന്ന താപത്തിന്റെ അളവാണ് അതിന്റെ ആകെ കലോറിക (Gross calorific) അല്ലെങ്കിൽ ആകെ ഊർജമൂല്യം (Gross energy value). ഒരു ഗ്രാം ഭക്ഷണത്തിന്റെ ഊർജ ജ്വലനത്തിന്റെ യഥാർഥ അളവാണ് അതിന്റെ ജീവധർമപരമായ മൂല്യം (Physiologic value). ധാന്യകങ്ങൾ, മാംസ്യങ്ങൾ, കൊഴുപ്പ് എന്നിവയുടെ ആകെ കലോറിക മൂല്യം (Gross Calorific Value) യഥാക്രമം 4.1 kcal/g, 5.65 kcal/g, 9.45 kcal/g എന്നിങ്ങനെയാണ്. എന്നാൽ അവയുടെ ജീവധർമപരമായ മൂല്യം യഥാക്രമം 4.0 kcal/g, 4.0 kcal/g, 9.0 kcal/g എന്നിങ്ങനെയാണ്.

16.3 ദഹിച്ച പദാർഥങ്ങളുടെ ആഗിരണം

ദഹനത്തിന്റെ ഫലമായുണ്ടാകുന്ന ഉൽപ്പന്നങ്ങൾ ചെറുകുടലിലെ ശ്ലേഷ്മ പാളിയിലൂടെ രക്തത്തിലേക്കോ ലിംഫിലേക്കോ ആഗിരണം ചെയ്യുന്നു. നിഷ്ക്രിയ സംവഹനം (Passive transport), സക്രിയ സംവഹനം (Active transport), സുഗമമാക്കപ്പെട്ട സംവഹനം (Facilitated transport) എന്നീ മാർഗങ്ങളിലൂടെയാണ് സംവഹനം സാധ്യമാകുന്നത്. കുറഞ്ഞ അളവിൽ ഗ്ലൂക്കോസും അമിനോ ആസിഡും ഇലക്ട്രോലൈറ്റുകളായ ക്ലോറൈഡ് അയോണുകളും ആഗിരണം ചെയ്യപ്പെടുന്നത് ലളിതവ്യാപനം (Simple Diffusion) വഴിയാണ്. ഈ പദാർഥങ്ങളുടെ സംവഹനം നടക്കുന്നത് രക്തത്തിലെ ഇവയുടെ ഗാഢത അടിസ്ഥാനമാക്കിയാണ്. എന്നാൽ ഫ്രക്ടോസ്, അമിനോ ആസിഡുകൾ തുടങ്ങിയ പദാർഥങ്ങൾ ആഗിരണം ചെയ്യപ്പെടുന്നത്, സോഡിയം അയോണുകൾ പോലെയുള്ള വാഹകരുടെ സഹായത്തോടെയാണ്. ഇതിനെയാണ് സുഗമമാക്കപ്പെട്ട സംവഹനം എന്നു പറയുന്നത്.

ജലത്തിന്റെ സംവഹനം നടക്കുന്നത് വൃതിവ്യാപന വ്യതിയാനത്തെ (Osmotic gradience) അടിസ്ഥാനമാക്കിയാണ്. സക്രിയ ആഗിരണം നടക്കുന്നത് ഗാഢതാ

വ്യതിയാനത്തിന് എതിരെ ആയതിനാൽ ഇതിന് ഊർജം ആവശ്യമാണ്. അമിനോ ആസിഡുകൾ പോലെയുള്ള വിവിധങ്ങളായ പോഷകങ്ങൾ, ഗ്ലൂക്കോസ് പോലെയുള്ള മോണോസാക്കറൈഡുകൾ, Na^+ പോലെയുള്ള ഇലക്ട്രോലൈറ്റുകൾ, എന്നിവ സക്രിയ സംവഹനത്തിലൂടെയാണ് രക്തത്തിലേക്ക് ആഗിരണം ചെയ്യപ്പെടുന്നത്.

ഫാറ്റി ആസിഡുകൾ, ഗ്ലിസറോൾ എന്നിവ ജലത്തിൽ ലയിക്കുന്നവയല്ല. അതിനാൽ അവ നേരിട്ട് രക്തത്തിലേക്ക് ആഗിരണം ചെയ്യപ്പെടുന്നില്ല. ഇവ സംയോജിച്ച് ആദ്യം മിസെല്ലുകൾ (Micelles) എന്ന ചെറുകണികകളായി ചെറുകുടലിന്റെ ശ്ലേഷ്മപാളിയിലേക്ക് നീങ്ങുന്നു. ഈ കണികകൾ പിന്നീട് മാംസ്യം കൊണ്ട് ആവരണം ചെയ്യപ്പെട്ട് കൊഴുപ്പ് കണികകളായ (Fat globules) കൈലോമൈക്രോണുകൾ ആകുന്നു. കൈലോമൈക്രോണുകളെ വില്ലസുകളുടെ ലിംഫ് നാളിയായ ലാക്ടിയലിലൂടെ സംവഹനം ചെയ്ത് ആത്യന്തികമായി രക്തത്തിൽ സ്വതന്ത്രമാക്കുന്നു.

പദാർഥങ്ങളുടെ ആഗിരണം അന്നപഥത്തിന്റെ വിവിധ ഭാഗങ്ങളായ വദനഗഹ്വരം, ആമാശയം, ചെറുകുടൽ, വൻകുടൽ എന്നി ഭാഗങ്ങളിൽ വച്ച് നടക്കുന്നു. എന്നിരുന്നാലും ചെറുകുടലിൽ വച്ചാണ് പരമാവധി ആഗിരണം നടക്കുന്നത്. ആഗിരണത്തിന്റെ ചുരുക്കപ്പട്ടിക (ആഗിരണ സ്ഥലങ്ങളും ആഗിരണം ചെയ്യപ്പെടുന്ന പദാർഥങ്ങളും) താഴെ നൽകിയിരിക്കുന്നു (പട്ടിക 16.1).

പട്ടിക 16.1 ദഹനവ്യവസ്ഥയിലെ വിവിധ ഭാഗങ്ങളിൽ നടക്കുന്ന ആഗിരണത്തിന്റെ സംക്ഷിപ്തം

വദനഗഹ്വരം	ആമാശയം	ചെറുകുടൽ	വൻകുടൽ
ചില ഔഷധങ്ങൾ വദനഗഹ്വരത്തിലും നാക്കിനടിയിലുമുള്ള ശ്ലേഷ്മപാളിയിലെ രക്തലോമികകളിലേക്ക് ആഗിരണം ചെയ്യപ്പെടുന്നു.	ജലം, ലളിതമായ പഞ്ചസാര, ആൽക്കഹോൾ എന്നിവ ആഗിരണം ചെയ്യപ്പെടുന്നു	പോഷകങ്ങളെ ആഗിരണം ചെയ്യുന്ന പ്രധാന ഭാഗം. ദഹനം പൂർണമാവുകയും അതിന്റെ അവസാന ഉത്പന്നങ്ങളായ ഗ്ലൂക്കോസ്, ഫ്രക്ടോസ്, ഫാറ്റി ആസിഡുകൾ, ഗ്ലിസറോൾ, അമിനോ ആസിഡുകൾ എന്നിവ ശ്ലേഷ്മപാളിയിലൂടെ രക്തത്തിലേക്കും ലിംഫിലേക്കും ആഗിരണം ചെയ്യപ്പെടുന്നു.	ജലം, ചില ധാതുക്കൾ, ഔഷധങ്ങൾ എന്നിവ ആഗിരണം ചെയ്യപ്പെടുന്നു.

ഇങ്ങനെ ആഗിരണം ചെയ്യപ്പെട്ട പദാർഥങ്ങൾ കലകളിലെത്തുകയും ജീവൽ പ്രവർത്തനങ്ങൾക്കു വേണ്ടി അവയെ ഉപയോഗിക്കുകയും ചെയ്യുന്നു. ഈ പ്രക്രിയയെ സ്വാംശീകരണം (Assimilation) എന്നു പറയുന്നു.

ദഹനപ്രക്രിയയുടെ ഫലമായുണ്ടാകുന്ന ദഹിക്കാത്ത അവശിഷ്ടങ്ങൾ മലാശയത്തിലെത്തുകയും അത് മൂലമുണ്ടാകുന്ന നാഡീഉദ്ദീപനങ്ങൾ അതിനെ പുറന്തള്ളാനുള്ള ഒരു തര ശരീരത്തിൽ സൃഷ്ടിക്കുകയും ചെയ്യുന്നു. ഇങ്ങനെ അവശിഷ്ടങ്ങൾ മലദ്വാരത്തിലൂടെ പുറന്തള്ളുന്നതിനെ മലശോധനം (Defaecation) എന്നുപറയുന്നു. അന്നപഥത്തിൽ വലിയ അളവിൽ ഉണ്ടാകുന്ന പെരിസ്റ്റാൾട്ടിക് ചലനങ്ങളുടെ ഫലമായുള്ള ഐച്ഛിക (Voluntary) പ്രവർത്തനമാണിത്.

16.4 ദഹനവ്യവസ്ഥയിലെ താളപ്പിഴകൾ

ചെറുകുടലിൽ സാധാരണ ഉണ്ടാകുന്ന വീക്കം (Inflammation) ബാക്ടീരിയ, വൈറസ് തുടങ്ങിയവയുടെ ആക്രമണം കൊണ്ടാണ് ഉണ്ടാകുന്നത്. കുടലിലെ പരാദങ്ങളായ നാടവിര (Tape worm), ഉരുണ്ടവിര (Round worm), നൂൽവിര (Thread worm), കൊക്കപ്പുഴു (Hook worm), കൃമി (Pin worm) എന്നിവയുടെ ആക്രമണം കൊണ്ടും രോഗങ്ങൾ ഉണ്ടാകാം.

മഞ്ഞപ്പിത്തം (Jaundice) : കരളിനെ ബാധിക്കുന്നു. ത്വക്ക്, കണ്ണ്, തുടങ്ങിയവ പിത്തരസത്തിലെ വർണ്ണ വസ്തുക്കൾ അടിഞ്ഞുകൂടുന്നതിന്റെ ഫലമായി മഞ്ഞനിറമാകുന്നു.

ഛർദ്ദി (Vomiting) : ആമാശയത്തിനുള്ളിലെ പദാർഥങ്ങൾ വായിലൂടെ പുറന്തള്ളപ്പെടുന്നു. ഇത് ഒരു റിഫ്ളക്സ് പ്രവർത്തനമാണ്. മെഡുല്ലയിലെ ഉദ്ദീപനകേന്ദ്രമാണ് ഛർദ്ദി നിയന്ത്രിക്കുന്നത്. ഛർദ്ദിക്കു മുമ്പായി മനംപിരട്ടൽ (Nausea) അനുഭവപ്പെടാറുണ്ട്.

വയറിളക്കം (Diarrhoea) : അസാധാരണവും തുടർച്ചയായും ഉണ്ടാകുന്ന ഉദര ചലനങ്ങളും (Bowel movements) മലത്തിൽ ജലാംശം കൂടുന്നതുമാണ് വയറിളക്കം എന്ന രോഗം. ഇത് ആഹാര പദാർഥങ്ങളുടെ ആഗിരണം കുറയ്ക്കുന്നു.

മലബന്ധം (Constipation) : മലം മലാശയത്തിൽ കെട്ടിനിൽക്കുന്നു. ക്രമരഹിതമായ ഉദരചലനങ്ങൾ മൂലമാണ് ഇത് സംഭവിക്കുന്നത്.

ദഹനക്കേട് (Indigestion) : ആഹാരം ദഹിക്കാതിരിക്കുകയും വയറുനിറഞ്ഞിരിക്കുന്നതു പോലെ തോന്നുകയും ചെയ്യുന്നു. ആവശ്യമായ അളവിൽ രസങ്ങൾ സ്രവിക്കാതിരിക്കുക, ഉത്കണ്ഠ, ഭക്ഷ്യവിഷബാധ, അമിതാഹാരം, എരിവ് കൂടിയ ഭക്ഷണം എന്നിവ ദഹനക്കേട് ഉണ്ടാകാൻ കാരണമായിത്തീരുന്നു.

സംഗ്രഹം

മനുഷ്യന്റെ ദഹന വ്യവസ്ഥ അന്നപഥവും അതിനോടനുബന്ധിച്ചുള്ള ദഹനഗ്രന്ഥികളും ഉൾപ്പെടുന്നതാണ്. അന്നപഥത്തിൽ വായ്, വദനഗഹ്വരം, ഗ്രസനി, അന്നനാളം, ആമാശയം, ചെറുകുടൽ, വൻകുടൽ, മലാശയം, മലദ്വാരം എന്നീ ഭാഗങ്ങളുണ്ട്. ഉമിനീർ ഗ്രന്ഥികൾ, കരൾ (പിത്താശയം ഉൾപ്പെടെ), ആഗ്നേയഗ്രന്ഥി തുടങ്ങിയവയാണ് ദഹനഗ്രന്ഥികൾ. വായ്ക്കുള്ളിൽ വച്ച് പല്ലുകൾ ഭക്ഷണ പദാർഥത്തെ ചവച്ചരയ്ക്കുന്നു. ആഹാരപദാർഥങ്ങളെ ഉമിനീരുമായി കലർത്തി നല്ലവണ്ണം ചവച്ചരയ്ക്കുന്നതിനും ഉരുളകളാക്കുന്നതിനും നാക്ക് സഹായിക്കുന്നു. അന്നജത്തെ ദഹിപ്പിക്കുന്ന സാലൈവറി അമിലേസ് ഉമിനീരിൽ അടങ്ങിയിരിക്കുന്നു. ഇത് അന്നജത്തെ ഡൈസാക്കറൈഡുകളായ മാൾട്ടോസ് ആക്കി മാറ്റുന്നു. അതിനുശേഷം ഭക്ഷണപദാർഥം ഗ്രസനിയിലേക്കും അതുവഴി അന്നനാളത്തിലേക്കും ഉരുള രൂപത്തിൽ എത്തുന്നു. അന്നനാളത്തിലെ പേശികളുടെ തരംഗരൂപത്തിലുള്ള പെരിസ്റ്റാൾസിസ് ചലനംമൂലം ആഹാരം ആമാശയത്തിലെത്തുന്നു. മാംസ്യങ്ങളുടെ ദഹനമാണ് പ്രധാനമായും ആമാശയത്തിനുള്ളിൽ നടക്കുന്നത്. പഞ്ചസാര, ആൽക്കഹോൾ, ഔഷധങ്ങൾ ഇവ ആമാശയത്തിൽ വച്ച് ആഗിരണം ചെയ്യപ്പെടുന്നു.

ആമാശയത്തിൽ നിന്ന് കൈം എന്നറിയപ്പെടുന്ന ഭക്ഷണപദാർഥത്തെ ചെറുകുടലിന്റെ പക്വാശയം എന്ന ഭാഗത്ത് എത്തിക്കുന്നു. ആഗ്നേയഗ്രന്ഥിയിലെ രാസാഗ്നികൾ, പിത്തരസം, സക്കസ് എന്ററിക്കസിലെ രാസാഗ്നികൾ എന്നിവ പക്വാശയത്തിൽ വച്ച് അന്നജം, മാംസ്യം, കൊഴുപ്പ്, ന്യൂക്ലിക് ആസിഡുകൾ തുടങ്ങിയവയെ പൂർണമായി ദഹിപ്പിക്കുന്നു. തുടർന്ന് ഭക്ഷണ പദാർഥങ്ങൾ ചെറുകുടലിന്റെ മധ്യാന്ത്രം, ശേഷാന്ത്രം എന്നീ ഭാഗങ്ങളിൽ എത്തുന്നു. ധാന്യകങ്ങളെ മോണോസാക്കറൈഡുകളായ ഗ്ലൂക്കോസാക്കി മാറ്റുന്നു. മാംസ്യത്തെ അമിനോ ആസിഡുകളാക്കി വിഘടിപ്പിക്കുന്നു. കൊഴുപ്പിനെ ഫാറ്റി ആസിഡും ഗ്ലിസറോളുമാക്കി മാറ്റുന്നു. ദഹിച്ച ആഹാരപദാർഥങ്ങൾ ചെറുകുടലിലെ വില്ലസിന്റെ ആവരണ കലയിലേക്ക് ആഗിരണം ചെയ്യപ്പെടുന്നു. ദഹിക്കാത്ത അവശിഷ്ടങ്ങൾ (മലം) വൻകുടലിലെ സീക്കത്തിലേക്ക് ശേഷാന്ത്ര-സീക്കൽ നിയന്ത്രണപേശിയിലൂടെ കടക്കുന്നു.

മലത്തിന്റെ നിറച്ച് ഫോക്കിനെ ഈ പേശി തഴുന്നു. വൻകുടലിൽ വച്ച് ജലത്തിന്റെ ഭൂരിഭാഗവും ആഗിരണം ചെയ്യപ്പെടുന്നു. ദഹിക്കാത്ത ആഹാര അവശിഷ്ടങ്ങൾ ഖരരൂപമായ മലാവസ്ഥയിലാണ് ഇത് മലാശയത്തിൽ കടന്ന് മലദ്വാരം വഴി പുറന്തള്ളപ്പെടുന്നു.

പരിശീലന പ്രവർത്തനങ്ങൾ

1. താഴെ തന്നിരിക്കുന്നവയിൽ നിന്ന് ശരിയായ ഉത്തരം തിരഞ്ഞെടുത്തെഴുതുക
   എ) ആമാശയരസത്തിൽ അടങ്ങിയിരിക്കുന്ന രാസാഗ്നികളാണ്
      (i) പെപ്സിൻ, ലിപേസ്, റെനിൻ എന്നിവ (ii) ട്രിപ്സിൻ, ലിപേസ്, റെനിൻ എന്നിവ
      (iii) ട്രിപ്സിൻ, പെപ്സിൻ ,ലിപേസ് എന്നിവ (iv) ട്രിപ്സിൻ, പെപ്സിൻ, റെനിൻ എന്നിവ
   ബി) സക്കസ് എന്ററിക്കസ് എന്നത്
      (i) ചെറുകുടലും വൻകുടലും ചേരുന്ന ഭാഗം (ii) ആന്ത്രരസം
      (iii) അന്നപഥത്തിന്റെ ഭിത്തി (iv) അപ്പെന്റിക്സ്
2. ചേരുംപടി ചേർക്കുക

കോളം എ	കോളം ബി
(A) ബിലിറുബിനും ബിലിവെർഡിനും	(i) പരോട്ടിഡ്
(B) അന്നജത്തിന്റെ ജലവിശ്ലേഷണം	(ii) പിത്തരസം
(C) കൊഴുപ്പിന്റെ ദഹനം	(iii) ലിപേസ്
(D) ഉമിനീർ ഗ്രന്ഥി	(iv) അമിലേസ്

3. ചുരുക്കി ഉത്തരമെഴുതുക
   (A) എന്തുകൊണ്ടാണ് ചെറുകുടലിൽ വില്ലസ് കാണപ്പെടുന്നതും ആമാശയത്തിൽ കാണപ്പെടാത്തതും?
   (B) എങ്ങനെയാണ് പെപ്സിനോജൻ ഉത്തേജിപ്പിക്കപ്പെടുന്നത്?
   (C) അന്നപഥത്തിന്റെ ഭിത്തിയിലെ പാളികൾ ഏതെല്ലാം?
   (D) കൊഴുപ്പിന്റെ ദഹനത്തെ പിത്തരസം എങ്ങനെ സഹായിക്കുന്നു?
4. മാംസ്യത്തിന്റെ ദഹനത്തിൽ ആഗ്നേയരസത്തിനുള്ള പങ്ക് എന്താണ്?
5. ആമാശയത്തിലെ മാംസ്യത്തിന്റെ ദഹനം വിവരിക്കുക
6. മനുഷ്യന്റെ ദന്തസൂത്രം എന്ത്?
7. പിത്തരസത്തിൽ ദഹനത്തെ സഹായിക്കുന്ന ഒരു രാസാഗ്നിയുമില്ല. പക്ഷെ ഇത് ദഹനപ്രക്രിയയിൽ വളരെ പ്രാധാന്യമർഹിക്കുന്നു, എങ്ങനെ?
8. കൈമോട്രിപ്സിന് ദഹനത്തിലുള്ള പങ്ക് എന്ത്? ഇത് ഉത്പാദിപ്പിക്കുന്ന ഗ്രന്ഥിയിൽ നിന്ന് ഇതേ ധർമ്മം നിർവഹിക്കുന്ന മറ്റു രണ്ടു രാസാഗ്നികളുടെ പേരെഴുതുക
9. പോളിസാക്കറൈഡുകളും ഡൈസാക്കറൈഡുകളും ദഹിക്കുന്നതെങ്ങനെ?
10. HCL ആമാശയത്തിൽ സ്രവിപ്പിച്ചില്ലെങ്കിൽ എന്തു സംഭവിക്കും?
11. ഭക്ഷണത്തിലെ വെണ്ണ, നെയ്യ് എന്നിവ ദഹിക്കുന്നതും ആഗിരണം ചെയ്യപ്പെടുന്നതും എങ്ങനെ?
12. അന്നപഥത്തിലെ വ്യത്യസ്ത ഭാഗങ്ങളിൽ വച്ച് നടക്കുന്ന മാംസ്യത്തിന്റെ ദഹനം വിശദമാക്കുക?
13. കോടദന്തങ്ങൾ, ദ്വിജദന്തങ്ങൾ എന്നാൽ എന്ത്?
14. മുതിർന്ന ഒരാളിന്റെ വിവിധ തരം പല്ലുകളും എണ്ണവും വിശദമാക്കുക
15. കരളിന്റെ ധർമ്മങ്ങൾ എന്തെല്ലാം?

അധ്യായം 17

ശ്വസനവും വാതകവിനിമയവും

(Breathing and Exchange of Gases)

17.1 ശ്വസനാവയവങ്ങൾ

17.2 ശ്വാസോച്ഛ്വാസ പ്രക്രിയ

17.3 വാതക വിനിമയം

17.4 വാതകങ്ങളുടെ സംവഹനം

17.5 ശ്വസനപ്രക്രിയയുടെ നിയന്ത്രണം

17.6 ശ്വസനവ്യൂഹത്തിലെ തകരാറുകൾ

ജീവികൾ ഓക്സിജൻ ഉപയോഗപ്പെടുത്തി ഗ്ലൂക്കോസ്, അമിനോ ആസിഡുകൾ, ഫാറ്റി ആസിഡുകൾ തുടങ്ങിയ ലഘുപദാർഥങ്ങളെ പരോക്ഷമായി വിഘടിപ്പിച്ച് വ്യത്യസ്ത പ്രവർത്തനങ്ങൾക്കുവേണ്ടി ഊർജം ഉൽപ്പാദിപ്പിക്കുന്നുവെന്ന് നിങ്ങൾക്കറിയാം. മേൽപ്പറഞ്ഞ വിഘടനപ്രവർത്തന ഫലമായുണ്ടാകുന്ന കാർബൺ ഡൈഓക്സൈഡ് ശരീരത്തിന് ഹാനികരമാണ്. അതിനാൽ, കോശങ്ങൾക്ക് O_2 നിരന്തരം നൽകുകയും കോശങ്ങളിൽ ഉണ്ടാകുന്ന CO_2 നെ പുറന്തള്ളുകയും ചെയ്യേണ്ടത് അനിവാര്യമാണ്. ഇങ്ങനെ അന്തരീക്ഷവായുവിലെ ഓക്സിജനെ സ്വീകരിച്ചുകൊണ്ട് കോശത്തിലെ CO_2 നെ പുറന്തള്ളുന്ന പ്രക്രിയയാണ് ശ്വാസോച്ഛ്വാസം **(Breathing)**. ഇത് സാധാരണയായി ശ്വസനം **(Respiration)** എന്നും അറിയപ്പെടുന്നു. നിങ്ങളുടെ കൈകൾ ഉരസ്സിൽ വയ്ക്കുമ്പോൾ ഉരസ്സ് മുകളിലേക്കും താഴേക്കും ചലിക്കുന്നതായി അനുഭവപ്പെടുന്നില്ലേ? ശ്വാസോച്ഛ്വാസം മൂലമാണ് ഇങ്ങനെ സംഭവിക്കുന്നത്. എങ്ങനെയാണ് നാം ശ്വസിക്കുന്നത്? ശ്വസനാവയവങ്ങൾ, ശ്വസനപ്രക്രിയ എന്നിവയെക്കുറിച്ച് ഈ അധ്യായത്തിൽ വിവരിക്കുന്നു.

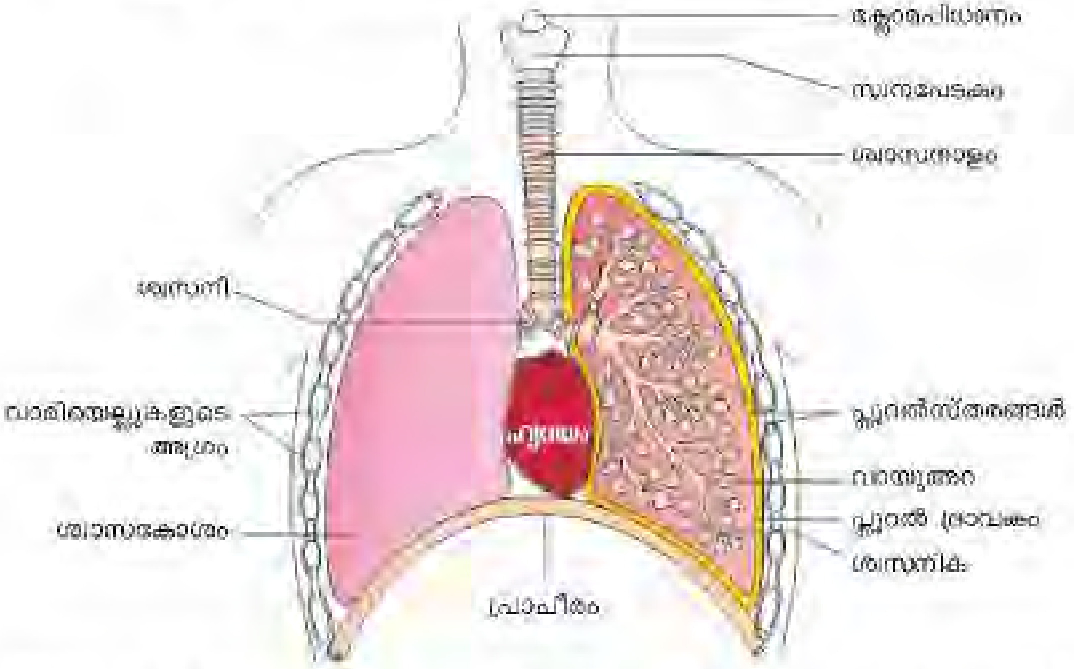
17.1 ശ്വസനാവയവങ്ങൾ

ജീവികളുടെ ആവാസവ്യവസ്ഥയും ഘടനാതലവുമനുസരിച്ച് വിവിധ വിഭാഗം ജീവികളിൽ വ്യത്യസ്ത തരത്തിലുള്ള ശ്വസനപ്രക്രിയകളാണ് കാണപ്പെടുന്നത്. താഴ്ന്ന തലത്തിലുള്ള അകശേരുകികളായ സ്പോഞ്ചുകൾ, സീലന്ററേറ്റുകൾ, നാടവിരകൾ തുടങ്ങിയവ ശരീരോപരിതലത്തിലൂടെ ലളിതമായ വ്യാപനം (Simple diffusion) വഴിയാണ് ഓക്സിജന്റെയും CO_2 ന്റെയും വിനിമയം സാധ്യമാക്കുന്നത്. മണ്ണിരയിൽ ക്യൂട്ടിക്കിൾ കൊണ്ട് പൊതിഞ്ഞ ഈർപ്പമുള്ള ശരീരാവരണത്തിലൂടെയും ഷഡ്പദങ്ങളിൽ നാളികാശൃംഖലകളായ ട്രക്കിയൽ കുഴലുകളിലൂടെയും അന്തരീക്ഷവാതകങ്ങളുടെ വിനിമയം നടക്കുന്നു. ജലത്തിൽക്കാണുന്ന

ആർത്രോപോഡുകളിലും മൊളസ്കകളിലും രക്തലോമികകൾ ധാരാളമുള്ള **ചെകിളപ്പൂക്കളും (Gills)**. കരജീവികളിൽ രക്തലോമികകളാൽ ചുറ്റപ്പെട്ട സഞ്ചികൾ പോലുള്ള ശ്വാസകോശങ്ങളും വാതകവിനിമയത്തിന് സഹായിക്കുന്നു. ഇവയെ യഥാക്രമം ബ്രാങ്കിയൽ ശ്വസനമെന്നും (Branchial respiration) ശ്വാസകോശ ശ്വസനമെന്നും (Pulmonary respiration) പറയുന്നു. കശേരുകികളായ മത്സ്യങ്ങൾ ചെകിളപ്പൂക്കളിലൂടെ ശ്വസിക്കുമ്പോൾ ഉഭയജീവികൾ, ഉരഗങ്ങൾ, പക്ഷികൾ, സസ്തനികൾ തുടങ്ങിയവ ശ്വാസകോശത്തിലൂടെ ശ്വസനം നടത്തുന്നു. ഉഭയജീവികളായ തവളകൾക്ക് ഈർപ്പമുള്ള ത്വക്ക് വഴിയും ശ്വസിക്കാൻ കഴിയും (Cutaneous respiration).

17.1.1 മനുഷ്യരിലെ ശ്വസനവ്യവസ്ഥ

നമ്മുടെ മേൽച്ചുണ്ടിന് മുകളിലായി ഒരു ജോഡി നാസാരന്ധ്രങ്ങൾ (Nostrils) കാണപ്പെടുന്നു. ഇത് നാസാഗഹ്വരത്തിലേക്ക് (Nasal chamber) തുറക്കുന്നു. നാസാഗഹ്വരം ആഹാരവും വായുവും പൊതുവായി എത്തിച്ചേരുന്ന **ഗ്രസനിയുടെ (Pharynx)** ഭാഗമായ നാസാഗ്രസനിയിലേക്ക് തുറക്കുന്നു. നാസാഗ്രസനി, ഗ്രസനിയുടെ മുന്നറ്റത്തുള്ള ക്ലോമത്തിലൂടെ (Glottis) കടന്ന് **സ്വനപേടകം (Larynx)** എന്ന ഭാഗത്തു കൂടി **ശ്വാസനാളത്തിലേക്ക് (Trachea)** തുറക്കുന്നു. സ്വനപേടകം തരുണാസ്ഥി നിർമിതമായ ഒരു അവയവം ആണ്. ഇത് ശബ്ദം പുറപ്പെടുവിക്കാൻ സഹായിക്കും. ആഹാരം വിഴുങ്ങുമ്പോൾ തരുണാസ്ഥി നിർമിതമായ ഒരു അടപ്പ് ക്ലോമത്തെ പൊതിയുന്നു. ഈ അടപ്പാണ് ക്ലോമപിധാനം (Epiglottis). ഇത് സ്വനപേടകത്തിലേക്കുള്ള ഭക്ഷണ പദാർഥങ്ങളുടെ പ്രവേശനത്തെ തടയുന്നു.



ചിത്രം 17.1 മനുഷ്യന്റെ ശ്വസനവ്യവസ്ഥയുടെ ചിത്രീകരണം (ഇടതെ ശ്വാസകോശത്തിന്റെ ഛേദവും കാണാം)

ശ്വാസനാളം ഔരസാശയത്തിന്റെ മധ്യഭാഗം വരെ നീണ്ടുകാണപ്പെടുന്ന ഒരു കുഴലാണ്. ഇത് ഔരസാശയഭാഗത്തെ നട്ടെല്ലിന്റെ അഞ്ചാമത്തെ കശേരുവിന്റെ (തൊറാസിക് കശേരു) ഭാഗത്ത് വച്ച് രണ്ടായി വേർപിരിയുന്നു. ഇതിനെ ഇടത് വലത് പ്രാഥമിക ശ്വസനികൾ **(Primary bronchi)** എന്നു പറയുന്നു. ഓരോ ശ്വസനിയും (Bronchus) വിഭജിച്ച് അനേകം ശ്വസനികൾ ഉണ്ടാകുന്നു. അവ ദ്വിതീയശ്വസനികളും തൃതീയശ്വസനികളുമാണ്. ശ്വസനികൾ വീണ്ടും വിഭജിച്ച് **ശ്വസനികകൾ (Bronchioles)** ഉണ്ടാകുന്നു. ശ്വസനനാളം, പ്രാഥമികശ്വസനികൾ, ദ്വിതീയശ്വസനികൾ, തൃതീയശ്വസനികൾ, ശ്വസനികകൾ എന്നിവയെ 'C' ആകൃതിയുള്ള തരുണാസ്ഥി നിർമിത വലയത്താൽ ബലപ്പെടുത്തിയിരിക്കുന്നു. ഓരോ ശ്വസനികയും കട്ടികുറഞ്ഞതും ക്രമരഹിതവുമായ ഭിത്തിയോടുകൂടിയ ചുറ്റപ്പെട്ട വായു അറകളിലേക്ക് തുറക്കുന്നു. ഇവയെ **ആൽവിയോളുകൾ (Alveoli)** എന്നു പറയുന്നു. ശ്വസനികൾ, ശ്വസനികകൾ, വായു അറകൾ എന്നിവയുടെ ശൃംഖലയാണ് ശ്വാസകോശങ്ങൾ (ചിത്രം 17.1). നമുക്ക് രണ്ട് ശ്വാസകോശങ്ങളാണുള്ളത്. ഇവയെ പൊതിഞ്ഞ് കാണപ്പെടുന്ന ഇരട്ട സ്തരമാണ് പ്ലൂറ. രണ്ട് സ്തരങ്ങൾക്കിടയിൽ പ്ലൂറൽദ്രാവകം നിറഞ്ഞിരിക്കുന്നു. ഇത് ശ്വാസകോശ ഉപരിതലത്തിലെ ഘർഷണം കുറയ്ക്കുന്നു. പുറമെയുള്ള പ്ലൂറാസ്തരം ഔരസാശയഭിത്തിയുമായി ചേർന്നിരിക്കുന്നു. എന്നാൽ അകമെ പ്ലൂറാസ്തരം ശ്വാസകോശത്തിന്റെ ഉപരിതലത്തിൽ സ്പർശിച്ചിരിക്കുന്നു. ബാഹ്യനാസാരന്ധ്രങ്ങളിൽ തുടങ്ങി ശ്വസനികകൾ വരെയുള്ള ഭാഗത്തിനെ വാതകസംവഹനഭാഗം (Conducting part) എന്നും വായു അറകളും അതിനോടനുബന്ധിച്ചുള്ള നളികകളും ചേർന്ന ഭാഗത്തെ വാതകവിനിമയഭാഗം (Exchange part) അല്ലെങ്കിൽ ശ്വസനഭാഗം (Respiratory part) എന്നും പറയുന്നു. സംവഹനഭാഗം അന്തരീക്ഷവായുവിനെ വായു അറകളിൽ എത്തിക്കുന്നു. വായുവിലെ അന്യ പദാർഥങ്ങളെ നീക്കം ചെയ്യുകയും, ആർദ്രതയിൽ വ്യതിയാനം വരുത്തി അന്തരീക്ഷ വായുവിന്റെ താപനില ശരീര താപനിലയ്ക്ക് തുല്യമാക്കുകയും ചെയ്യുന്നു. വാതക വിനിമയ ഭാഗത്ത് വച്ചാണ് രക്തവും അന്തരീക്ഷ വായുവും തമ്മിലുള്ള ഓക്സിജന്റെയും കാർബൺ ഡൈഓക്സൈഡിന്റെയും വിനിമയം സാധ്യമാകുന്നത്.

ശ്വാസകോശം സ്ഥിതി ചെയ്യുന്നത് വായു കടക്കാത്ത ഔരസാശയത്തിനുള്ളിലാണ്. ഔരസാശയത്തിന്റെ പിൻഭാഗത്ത് നട്ടെല്ലും മുൻഭാഗത്ത് മാറെല്ലും (Sternum) വശങ്ങളിൽ വാരിയെല്ലും (Ribs) താഴ്ഭാഗത്ത് കമാന ആകൃതിയിൽ പ്രാചീരവും (Diaphragm) കാണപ്പെടുന്നു. ഔരസാശയത്തിന്റെ വ്യാപ്തിയിലുണ്ടാകുന്ന ഏതൊരു മാറ്റവും ശ്വാസകോശ അറകളിൽ പ്രതിഫലിപ്പിക്കാൻ കഴിയും വിധമാണ് ഔരസാശയത്തിനുള്ളിൽ ശ്വാസകോശങ്ങളെ ഘടനാപരമായി സജ്ജീകരിച്ചിരിക്കുന്നത്. ശ്വാസകോശങ്ങളുടെ വ്യാപ്തി നമുക്ക് നേരിട്ട് വ്യത്യാസപ്പെടുത്താൻ കഴിയാത്തതിനാൽ, ഇത്തരം ക്രമീകരണം ശ്വസനത്തിന് അത്യന്താപേക്ഷിതമാണ്. ശ്വസനപ്രക്രിയയിലെ ഘട്ടങ്ങൾ താഴെ പറയും വിധമാണ്:

(i) ശ്വാസോച്ഛ്വാസം (Breathing or Pulmonary ventilation) വഴി അന്തരീക്ഷ വായുവിനെ ഉള്ളിലേക്ക് എടുക്കുകയും CO_2 കൂടുതലുള്ള വായു അറയിലെ വായുവിനെ പുറന്തള്ളുകയും ചെയ്യുക.

(ii) വായുഅറയുടെ സ്തരത്തിലൂടെയുള്ള O_2 ന്റെയും CO_2 ന്റെയും വ്യാപനം.

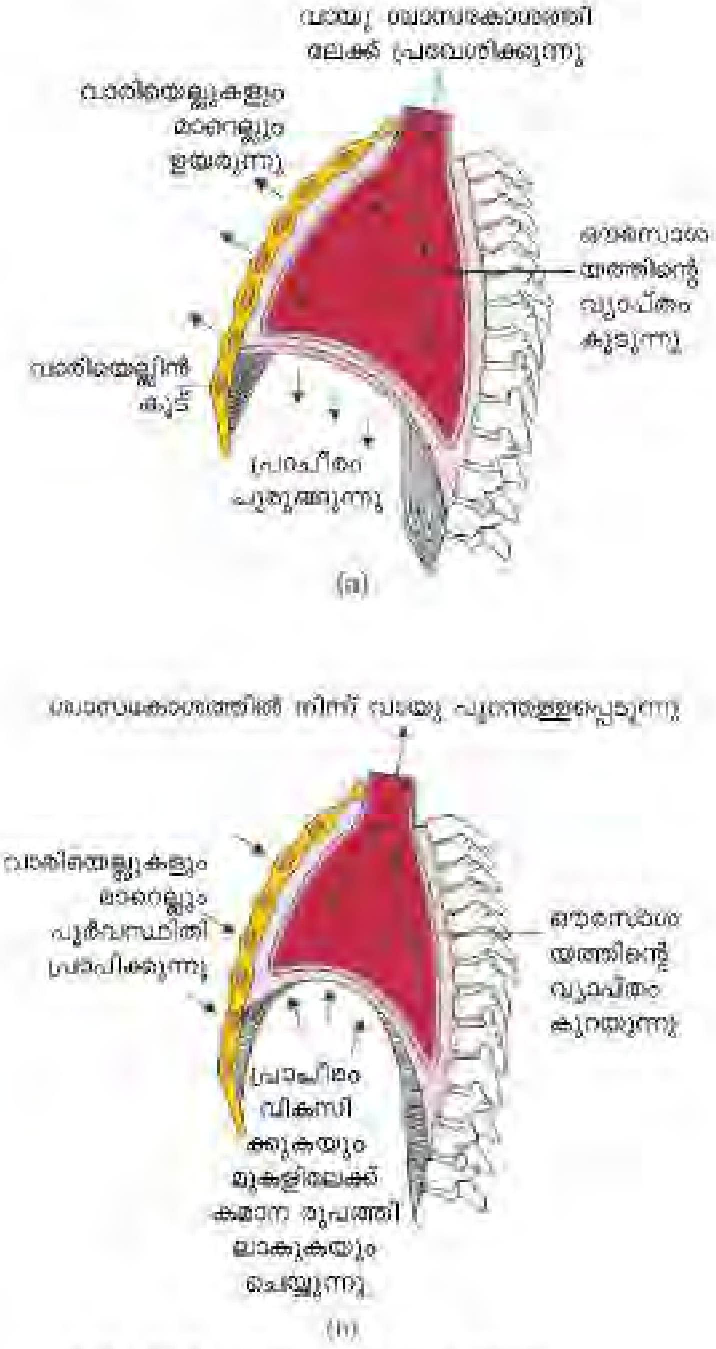
(iii) രക്തത്തിലൂടെയുള്ള വാതകങ്ങളുടെ സംവഹനം.

(iv) രക്തവും കലകളും തമ്മിലുള്ള O_2 ന്റെയും CO_2 ന്റെയും വ്യാപനം.

(v) കോശങ്ങളുടെ അപചയപ്രവർത്തനങ്ങൾക്കായി ഓക്സിജൻ ഉപയോഗപ്പെടുത്തുകയും തൽഫലമായുണ്ടാകുന്ന CO_2 നെ പുറന്തള്ളുകയും ചെയ്യുന്നു (കോശശ്വസനം- ഇതിനെ കുറിച്ച് അധ്യായം 14 ൽ വിശദീകരിച്ചിട്ടുണ്ട്.

17.2 ശ്വാസോച്ഛ്വാസ പ്രക്രിയ

ശ്വാസോച്ഛ്വാസത്തിൽ രണ്ടു ഘട്ടങ്ങളുണ്ട് : ഉച്ഛ്വാസവും നിശ്വാസവും. അന്തരീക്ഷ വായുവിനെ ഉള്ളിലേക്കെടുക്കുന്ന പ്രക്രിയയാണ് **ഉച്ഛ്വാസം (Inspiration)**. വായുഅറയിലെ വായുവിനെ പുറന്തള്ളുന്ന പ്രക്രിയയാണ് **നിശ്വാസം (Expiration)**. ശ്വാസകോശങ്ങൾക്കും അന്തരീക്ഷത്തിനും ഇടയിൽ രൂപപ്പെടുന്ന മർദവ്യത്യാസമാണ് ശ്വാസകോശങ്ങൾക്കുള്ളിലേക്കും പുറത്തേക്കുമുള്ള വായു സഞ്ചാരം സാധ്യമാക്കുന്നത്. അന്തരീക്ഷ മർദത്തെക്കാൾ ശ്വാസകോശത്തിലെ വായുമർദം കുറവാണെങ്കിൽ ഉച്ഛ്വാസം നടക്കുന്നു. അതായത്, അന്തരീക്ഷ മർദവുമായി താരതമ്യം ചെയ്യുമ്പോൾ ശ്വാസകോശത്തിൽ കുറഞ്ഞ മർദമായിരിക്കും. അതുപോലെ അന്തരീക്ഷ മർദം കുറവും ശ്വാസകോശത്തിലെ വായുമർദം കൂടുതലും ആണെങ്കിൽ നിശ്വാസം നടക്കുന്നു. പ്രാചീരവും വാരിയെല്ലുകൾക്കിടയിലുള്ള ഇന്റർകോസ്റ്റൽ പേശികളും ഈ മർദവ്യത്യാസം ഉണ്ടാക്കാൻ സഹായിക്കുന്നു. ഉച്ഛ്വാസം ആരംഭിക്കുന്നത് പ്രാചീരം ചുരുങ്ങുകയും ഔരസാശയ അറയുടെ വ്യാപ്തം മുകളിൽ നിന്ന് താഴേക്ക് (Antero-posterior axis) കൂടുകയും ചെയ്യുമ്പോഴാണ്. ബാഹ്യഇന്റർകോസ്റ്റൽ പേശികൾ ചുരുങ്ങുന്നതുമൂലം വാരിയെല്ലുകൾ, മാറെല്ല് എന്നിവ മുകളിലേക്കും മുൻപിലേക്കും ഉയരുകയും ഔരസാശയഅറയുടെ വ്യാപ്തം മുതുക് ഭാഗത്തു നിന്ന് അധോ



ചിത്രം 17.2 ശ്വസന പ്രവർത്തനങ്ങൾ (a) ഉച്ഛ്വാസം (b) നിശ്വാസം

ഭാഗത്തേക്ക് (Dorso-ventral axis) വർധിക്കുകയും ചെയ്യുന്നു. ഇങ്ങനെ ഔരസാശയത്തിന്റെ വ്യാപ്തം കൂടുന്നതു വഴി ശ്വാസകോശത്തിന്റെ വ്യാപ്തവും വർധിക്കുന്നു. തന്മൂലം ശ്വാസകോശത്തിനുള്ളിലെ വായുമർദം അന്തരീക്ഷമർദത്തെക്കാൾ കുറയുകയും അങ്ങനെ അന്തരീക്ഷവായു ശ്വാസകോശത്തിലേക്ക് പ്രവേശിക്കുകയും ചെയ്യുന്നു; ഇതാണ് **ഉച്ഛ്വാസം** (ചിത്രം 17.2a). പ്രാചീരവും ഇന്റർകോസ്റ്റൽ പേശികളും പൂർവസ്ഥിതി പ്രാപിക്കുമ്പോൾ ഔരസാശയത്തിന്റെ വ്യാപ്തം കുറയുന്നു. തന്മൂലം ശ്വാസകോശത്തിന്റെ വ്യാപ്തവും കുറയുന്നു. തൽഫലമായി ശ്വാസകോശങ്ങൾക്കുള്ളിലെ മർദം അന്തരീക്ഷമർദത്തെക്കാൾ വർധിക്കുകയും ശ്വാസകോശങ്ങൾക്കുള്ളിലെ വായു പുറന്തള്ളപ്പെടുകയും ചെയ്യുന്നു. ഇതാണ് **നിശ്വാസം** (ചിത്രം 17.2b). ഉദരാശയഭിത്തിയിലെ പേശികളുടെ സങ്കോചവികാസങ്ങളിലൂടെ ശ്വാസോച്ഛ്വാസത്തിന്റെ ശക്തി വർധിപ്പിക്കാൻ നമുക്ക് കഴിയും. ആരോഗ്യവാനായ ഒരു മനുഷ്യൻ ഒരു മിനിറ്റിൽ ശരാശരി 12-16 തവണ വരെ ശ്വാസോച്ഛ്വാസം ചെയ്യാറുണ്ട്. സ്പൈറോമീറ്റർ ഉപയോഗിച്ച് ശ്വാസോച്ഛ്വാസ പ്രക്രിയയിൽ ഉൾപ്പെടുന്ന വായുവിന്റെ അളവ് തിട്ടപ്പെടുത്തുന്നത് ശ്വാസകോശ പ്രവർത്തനങ്ങളെ വിലയിരുത്തിയുള്ള ചികിത്സാനിർണയത്തിന് സഹായിക്കുന്നു.

17.2.1 ശ്വസനവ്യാപ്തങ്ങളും ശേഷികളും (Respiratory Volumes and Capacities)

ശ്വസനവ്യാപ്തം (Tidal Volume, TV): സാധാരണ ഗതിയിലുള്ള ഉച്ഛ്വാസ നിശ്വാസ പ്രക്രിയയിൽ ഉപയോഗിക്കുന്ന വായുവിന്റെ അളവ്. ആരോഗ്യവാനായ ഒരു വ്യക്തിയിൽ ഇത് ഏകദേശം 500 mL ആണ്. അതായത് മിനിറ്റിൽ ഏകദേശം 6000 - 8000 mL വായു ഉച്ഛ്വസിക്കാനോ നിശ്വസിക്കാനോ കഴിയും.

ഉച്ഛ്വാസ സംരക്ഷണവ്യാപ്തം (Inspiratory Reserve Volume, IRV): ദീർഘമായ ഉച്ഛ്വാസത്തിലൂടെ ഒരു വ്യക്തി ഉള്ളിലേക്കെടുക്കുന്ന അധിക വായുവിന്റെ അളവ്. ഇത് ശരാശരി 2500 - 3000 mL ആണ്.

നിശ്വാസ സംരക്ഷണവ്യാപ്തം (Expiratory Reserve Volume, ERV): ശക്തമായ നിശ്വാസത്തിലൂടെ ഒരു വ്യക്തിക്ക് പുറന്തള്ളാൻ കഴിയുന്ന അധിക വായുവിന്റെ അളവ്. ഇത് ശരാശരി 1000 - 1100 mL ആണ്.

ശിഷ്ടവ്യാപ്തം (Residual Volume, RV): ശക്തമായ ഒരു നിശ്വാസത്തിനു ശേഷവും ശ്വാസകോശത്തിൽ തങ്ങി നിൽക്കുന്ന വായുവിന്റെ അളവ്. ഇത് ശരാശരി 1100-1200 mL ആണ്.

മുകളിൽ കൊടുത്തിരിക്കുന്ന ചില ശ്വസന വ്യാപ്തങ്ങളുടെ സങ്കലനത്തിലൂടെ ശ്വാസകോശത്തിന്റെ വിവിധ ശേഷികൾ കണക്കാക്കി ശ്വാസകോശസംബന്ധമായ തകരാറുകൾ നിർണയിക്കാൻ സാധിക്കും.

ഉച്ഛ്വാസ ശേഷി (Inspiratory Capacity, IC): ഒരു വ്യക്തി സാധാരണ നിശ്വാസത്തിന് ശേഷം ഉള്ളിലേക്കെടുക്കുന്ന വായുവിന്റെ അളവ്. ശ്വസനവ്യാപ്തത്തിന്റെയും ഉച്ഛ്വാസ സംരക്ഷണ വ്യാപ്തത്തിന്റെയും ആകെ തുകയാണിത് (TV + IRV).

നിശ്വാസ ശേഷി (Expiratory Capacity): ഒരു വ്യക്തി സാധാരണ ഉച്ഛ്വാസത്തിനുശേഷം പുറത്തു വിടുന്ന വായുവിന്റെ അളവ്. ശ്വസന വ്യാപ്തത്തിന്റെയും നിശ്വാസ സംഭരണ വ്യാപ്തത്തിന്റെയും ആകെ തുകയാണിത് (TV + ERV).

ജീവധർമ ശിഷ്ടവ്യാപ്തം (Functional Residual Volume): ഒരു സാധാരണ നിശ്വാസത്തിനുശേഷം ശ്വാസകോശത്തിൽ അവശേഷിക്കുന്ന വായുവിന്റെ അളവ്. ഇതിൽ നിശ്വാസ സംഭരണ വ്യാപ്തവും ശിഷ്ട വ്യാപ്തവും ഉൾപ്പെടുന്നു (ERV+RV).

വൈറ്റൽ കപ്പാസിറ്റി (Vital Capacity, VC): ഒരു വ്യക്തിക്ക് ശക്തമായ നിശ്വാസത്തിനുശേഷം ഉള്ളിലേക്ക് വലിച്ചെടുക്കാൻ കഴിയുന്ന പരമാവധി വായുവിന്റെ അളവ്. ഇതിൽ ERV, TV, IRV എന്നിവ ഉൾപ്പെടുന്നു. മറ്റൊരുതരത്തിൽ പറഞ്ഞാൽ ഒരു വ്യക്തി ശക്തമായ ഉച്ഛ്വാസത്തിന് ശേഷം പുറന്തള്ളുന്ന പരമാവധി വായുവിന്റെ അളവാണ് ഇത്.

ശ്വാസകോശത്തിന്റെ സമഗ്രശേഷി (Total Lung Capacity) – ശക്തമായ ഒരു ഉച്ഛ്വാസത്തിന്റെ അവസാനത്തിൽ ശ്വാസകോശം ഉൾക്കൊള്ളുന്ന പരമാവധി വായുവിന്റെ അളവ്. ഇതിൽ RV, ERV, TV, IRV എന്നിവ ഉൾപ്പെടുന്നു; അല്ലെങ്കിൽ വൈറ്റൽ കപ്പാസിറ്റി + ശിഷ്ട വ്യാപ്തം.

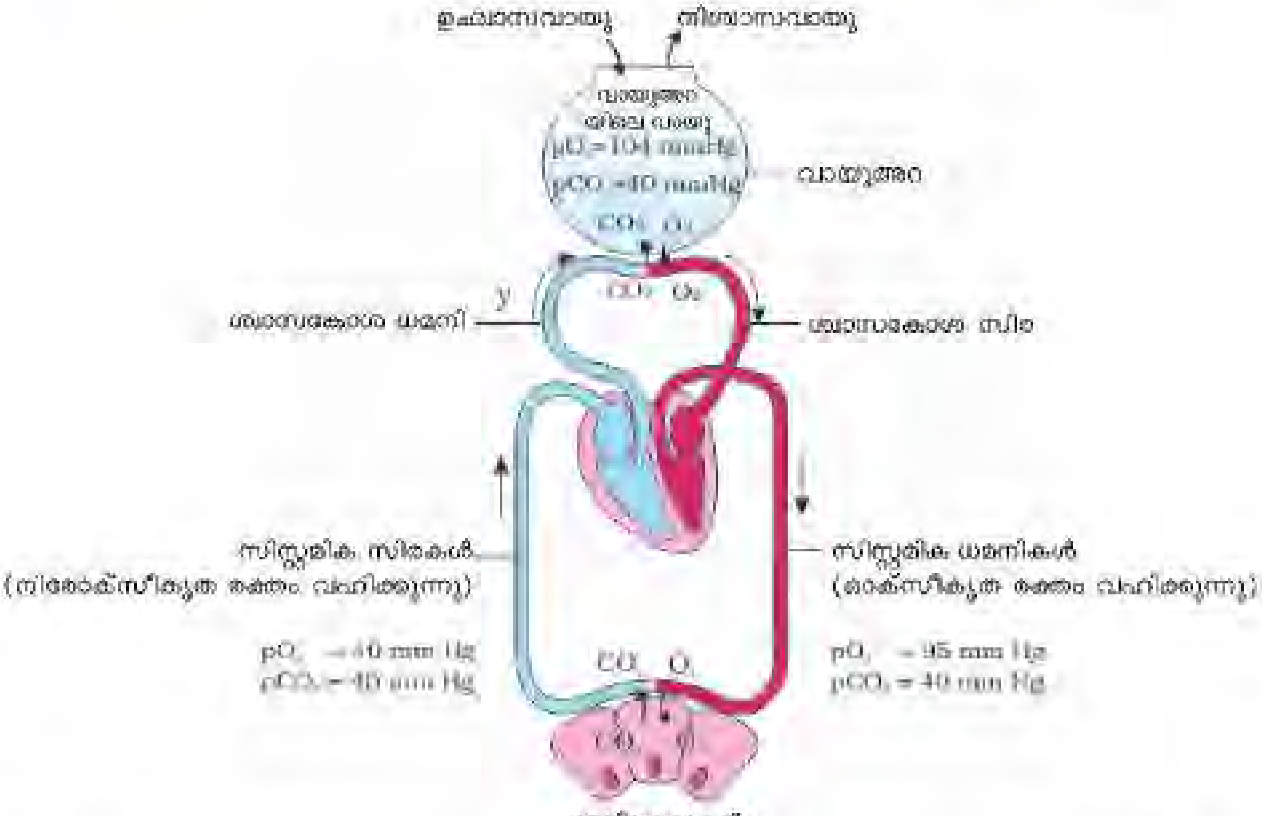
17.3 വാതക വിനിമയം

വാതകവിനിമയത്തിന്റെ പ്രാഥമിക സ്ഥാനം വായു അറകളാണ്. കൂടാതെ രക്തവും കലകളും തമ്മിലും വാതകവിനിമയം നടക്കുന്നു. ഈ പ്രതലങ്ങളിൽ O_2 ന്റെയും CO_2 യും വിനിമയം സാധ്യമാകുന്നത് മർദത്തിന്റെയോ ഗാഢതയുടെയോ വ്യതിയാനത്തെ അടിസ്ഥാനമാക്കി നടക്കുന്ന ലളിതമായ വ്യാപനത്തിലൂടെയാണ്. വാതകങ്ങളുടെ ലയനശേഷി, വിനിമയ സ്തരങ്ങളുടെ കനം എന്നിവ വ്യാപനത്തിന്റെ തോതിനെ സ്വാധീനിക്കുന്ന ചില ഘടകങ്ങളാണ്.

വാതകമിശ്രിതത്തിൽ ഒരു വാതകം മാത്രം പുലർത്തുന്ന മർദത്തെ അതിന്റെ ആംശികമർദം (Partial pressure) എന്ന് വിളിക്കുന്നു. ഓക്സിജന്റെ ആംശിക മർദം pO_2 എന്നും കാർബൺ ഡൈഓക്സൈഡിന്റെ ആംശികമർദം pCO_2 എന്നും പ്രതിനിധീകരിക്കാം. ഈ രണ്ടു വാതകങ്ങളുടെ അന്തരീക്ഷവായുവിലെയും വായു അറകളിലെയും ശരീരകലകളിലെയും രക്തത്തിലെയും ആംശികമർദങ്ങൾ താഴെ പട്ടികയിലും (പട്ടിക 17.1) ചിത്രം 17.3 ലും പ്രതിപാദിച്ചിരിക്കുന്നു.

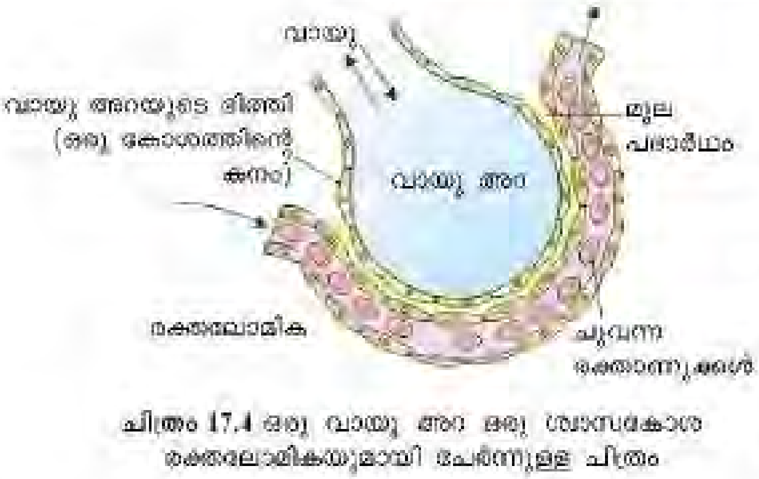
പട്ടിക 17.1 വ്യത്യസ്ത തലങ്ങളിലെ ഓക്സിജന്റെയും കാർബൺ ഡൈഓക്സൈഡിന്റെയും ആംശികമർദം താരതമ്യം ചെയ്തിരിക്കുന്നത് കാണുക (ഇത് mm Hg) യിലാണ്.

ശ്വസന വാതകം	അന്തരീക്ഷ വായു	വായു അറകൾ	നിരോക്സീകൃത രക്തം (Deoxygenated blood)	ഓക്സീകൃത രക്തം (Oxygenated blood)	കലകൾ
O_2	159	104	40	95	40
CO_2	0.3	40	45	40	45



ചിത്രം 17.3 വായു അറയിലും ശരീരകലകളിലും രക്തവുമായുള്ള വാതകവിനിമയവും ഓക്സിജന്റെയും കാർബൺ ഡൈഓക്സൈഡിന്റെയും സംവഹനവും കാണിക്കുന്ന ചിത്രീകരണം.

പട്ടിക 17.1 ലും ചിത്രം 17.3 ലും വായു അറകളിൽ നിന്ന് രക്തത്തിലേക്കും രക്തത്തിൽ നിന്ന് കലകളിലേക്കും O_2 ന് ഗാഢതാവ്യതിയാനം ഉണ്ടെന്ന് കാണാവുന്നതാണ്. ഇതുപോലെ CO_2 നും വിപരീതദിശയിൽ, അതായത് കലകളിൽ നിന്ന് രക്തത്തിലേക്കും രക്തത്തിൽ നിന്ന് വായു അറകളിലേയ്ക്കും ഈ ഗാഢതാവ്യതിയാനം കാണാൻ സാധിക്കും.



ചിത്രം 17.4 ഒരു വായു അറ ഒരു ശ്വാസകോശ രക്തലോമികയുമായി ചേർന്നുള്ള ചിത്രം

കാർബൺ ഡൈഓക്സൈഡിന്റെ ലയനശേഷി ഓക്സിജന്റെ ലയനശേഷിയെക്കാൾ 20-25 മടങ്ങ് കൂടുതലാണ്. ആയതിനാൽ അംശികമർദത്തിനു ആനുപാതികമായി വ്യാപനസ്തരത്തിലൂടെയുള്ള CO_2 ന്റെ വ്യാപനം O_2 ന്റേതുമായി താരതമ്യം ചെയ്യുമ്പോൾ കൂടുതലാണെന്ന് കാണാം. വ്യാപനസ്തരത്തിൽ മൂന്ന് പ്രധാന പാളികളാണുള്ളത് (ചിത്രം 17.4). വായു അറകളുടെ കട്ടികുറഞ്ഞ സ്ക്വാമസ് ആവരണകല, വായു അറകളെ പൊതിഞ്ഞിരിക്കുന്ന രക്തലോമികകളുടെ

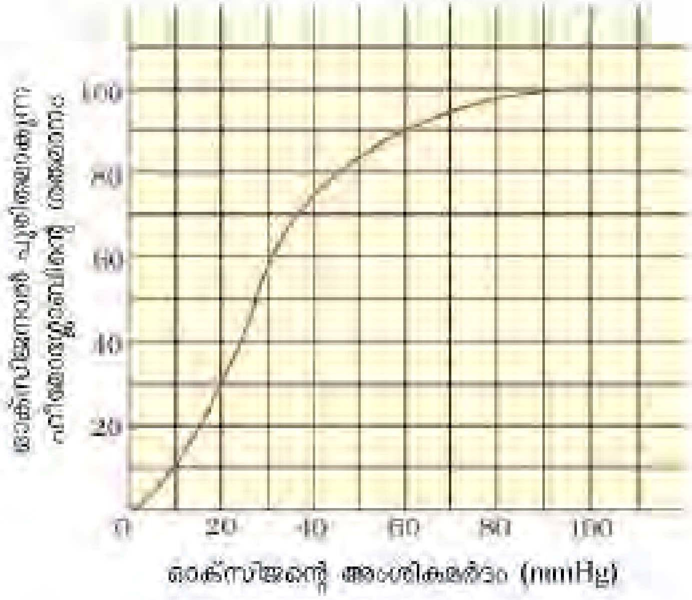
ആന്തര ആവരണകല (Endothelium). ഇവ രണ്ടിന്റെയും മധ്യത്തായി കാണുന്ന മൂല പദാർഥം എന്നിവയാണ് ഈ പാളികൾ. എന്നിരുന്നാലും ഇതിന്റെ ആകെ കനം ഒരു മില്ലിമീറ്ററിൽ താഴെയാണ്. അങ്ങനെ വായുഅറകളിൽ നിന്നും കലകളിലേയ്ക്കുള്ള O_2 ന്റെ വ്യാപനവും കലകളിൽനിന്നും വായുഅറകളിലേയ്ക്കുള്ള CO_2 ന്റെ വ്യാപനവും സാധ്യമാകുന്നതരത്തിൽ ശരീരത്തിലെ എല്ലാ ഘടകങ്ങളും അനുകൂലമാണ് എന്ന് മനസ്സിലാക്കാം.

17.4 വാതകങ്ങളുടെ സംവഹനം

O_2 ന്റെയും CO_2 ന്റെയും സംവഹനം നടക്കുന്ന മാധ്യമം രക്തമാണ്. ഏകദേശം 97% ഓക്സിജൻ സംവഹനം ചെയ്യപ്പെടുന്നത് രക്തത്തിലെ ചുവന്ന രക്താണുക്കൾ വഴിയാണ്. ബാക്കിയുള്ള 3% ഓക്സിജൻ രക്തത്തിലെ പ്ലാസ്മയിൽ ലയിച്ച് സംവഹനം ചെയ്യപ്പെടുന്നു. ഏകദേശം 20-25% CO_2 രക്തത്തിലെ ചുവന്ന രക്താണുക്കൾ മുഖേനയും 70% CO_2 ബൈകാർബണേറ്റുകളായും ഏകദേശം 7% CO_2 രക്തത്തിലെ പ്ലാസ്മയിൽ ലയിച്ചും സംവഹനം ചെയ്യപ്പെടുന്നു.

17.4.1 ഓക്സിജന്റെ സംവഹനം

രക്തത്തിലെ ചുവന്ന രക്താണുക്കളിൽ കാണപ്പെടുന്ന ഹീമോഗ്ലോബിൻ ഇരുമ്പ് അടങ്ങിയിട്ടുള്ള ഒരു വർണവസ്തുവാണ്. ഓക്സിജൻ ഹീമോഗ്ലോബിനുമായി സംയോജിച്ച് **ഓക്സിഹീമോഗ്ലോബിൻ** എന്ന അസ്ഥിരസംയുക്തം ഉണ്ടാകുന്നു. ഓരോ ഹീമോഗ്ലോബിൻ തന്മാത്രയ്ക്കും പരമാവധി നാല് ഓക്സിജൻ തന്മാത്രകൾ വഹിക്കാൻ കഴിയും. ഓക്സിജനും ഹീമോഗ്ലോബിനും തമ്മിലുള്ള സംയോജനം പ്രാഥമികമായി ഓക്സിജന്റെ അംശികമർദവുമായി ബന്ധപ്പെട്ടിരിക്കുന്നു. കാർബൺഡൈഓക്സൈഡിന്റെ അംശികമർദം, H^+ അയോണിന്റെ ഗാഢത, ഊഷ്മാവ് എന്നിവ ഈ സംയോജനത്തെ തടസ്സപ്പെടുത്തുന്ന ഘടകങ്ങളാണ്. ഓക്സിജനാൽ പൂരിതമാകുന്ന ഹീമോഗ്ലോബിന്റെ ശതമാനവും ഓക്സിജന്റെ അംശികമർദവും ഉപയോഗിച്ച് ഒരു ഗ്രാഫ് ചിത്രീകരിച്ചാൽ നമുക്ക് 'S' ആകൃതിയിലുള്ള വക്രത (Sigmoid curve) ലഭ്യമാകും. ഇങ്ങനെ കിട്ടുന്ന വക്രതയെ O_2 - Hb വിശ്ലേഷണ വക്രം (O_2 - Hb dissociation curve) എന്നു പറയുന്നു (ചിത്രം 17.5). ഓക്സിജനും ഹീമോഗ്ലോബിനും തമ്മിലുള്ള സംയോജനത്തെ സ്വാധീനിക്കുന്ന മറ്റു ഘടകങ്ങളായ pCO_2, H^+ അയോണുകളുടെ ഗാഢത, ഊഷ്മാവ് തുടങ്ങിയവ മനസ്സിലാക്കുന്നതിന് O_2-Hb വിശ്ലേഷണ വക്രം ഉപയോഗിക്കാം. വായു അറകളിലെ ഉയർന്ന pO_2, കുറഞ്ഞ pCO_2, കുറഞ്ഞ H



ചിത്രം 17.5 ഓക്സിജന്റെ വിശ്ലേഷണ വക്രം

ഗാഢത, കുറഞ്ഞ ഊഷ്മാവ് എന്നിവ ഓക്സിഹീമോഗ്ലോബിന്റെ ഉൽപ്പാദനത്തെ സഹായിക്കുന്ന ഘടകങ്ങളാണ്. എന്നാൽ കലകളിലെ കുറഞ്ഞ pO_2, ഉയർന്ന pCO_2, ഉയർന്ന H^+ അയോണിന്റെ ഗാഢത, ഉയർന്ന ഊഷ്മാവ് എന്നിവ ഓക്സീഹീമോഗ്ലോബിനിൽ നിന്ന് ഓക്സിജനെ സ്വതന്ത്രമാക്കാൻ സഹായിക്കുന്ന ഘടകങ്ങളാണ്. വായുഅറകളിൽ വച്ച് ഓക്സിജൻ ഹീമോഗ്ലോബിനുമായി സംയോജിക്കുന്നു എന്നും കലകളിൽ വച്ച് ഓക്സിജൻ സ്വതന്ത്രമാക്കപ്പെടുന്നു എന്നും ഇത് സൂചിപ്പിക്കുന്നു. ആരോഗ്യവാനായ ഒരു വ്യക്തിയിൽ ഓരോ 100 ml ഓക്സീകൃത രക്തവും 5 ml ഓക്സിജൻ കലകളിലേക്ക് എത്തിക്കുന്നു.

17.4.2 കാർബൺ ഡൈഓക്സൈഡിന്റെ വിനിമയം

ഏകദേശം 20-25% CO_2 നെ ഹീമോഗ്ലോബിൻ വഹിക്കുന്നത് **കാർബമിനോ – ഹീമോഗ്ലോബിൻ (Carbamino - haemoglobin)** എന്ന അവസ്ഥയിലാണ്. ഇത് CO_2 ന്റെ ആംശിക മർദവുമായി ബന്ധപ്പെട്ടിരിക്കുന്നു. ഈ സംയോജനത്തെ സ്വാധീനിക്കുന്ന മറ്റൊരു പ്രധാന ഘടകമാണ് pO_2. കലകളിലെ ഉയർന്ന pCO_2 ഉം താഴ്ന്ന pO_2 ഉം ഈ സംയോജനത്തെ ത്വരിതപ്പെടുത്തുന്നു. എന്നാൽ വായു അറകളിൽ pO_2 കൂടുതലും pCO_2 കുറവും ആയതിനാൽ കാർബമിനോ ഹീമോഗ്ലോബിന് വിശ്ലേഷണം സംഭവിച്ച് CO_2 സ്വതന്ത്രമാക്കപ്പെടുന്നു. അതായത്, കലകളിൽ വച്ച് ഹീമോഗ്ലോബിനുമായി സംയോജിക്കുന്ന CO_2 വായു അറകളിൽ സ്വതന്ത്രമാകുന്നു. ചുവന്ന രക്താണുക്കളിൽ ഉയർന്ന അളവിൽ കാണപ്പെടുന്ന രാസാഗ്നിയാണ് കാർബോണിക് അൻഹൈഡ്രേസ്. ഇത് കുറഞ്ഞ അളവിൽ പ്ലാസ്മയിലും കാണുന്നു. ഈ രാസാഗ്നി താഴെപ്പറയുന്ന പ്രവർത്തനത്തെ രണ്ടു ദിശയിലും ത്വരിതപ്പെടുത്തുന്നു.

$$CO_2 + H_2O \underset{}{\overset{\text{കാർബോണിക് അൻഹൈഡ്രേസ്}}{\rightleftharpoons}} H_2CO_3 \overset{\text{കാർബോണിക് അൻഹൈഡ്രേസ്}}{\rightleftharpoons} HCO_3^- + H^+$$

അപചയപ്രവർത്തനങ്ങളുടെ ഫലമായി കലകളിൽ CO_2 ന്റെ ആംശികമർദം കൂടുന്നു. തന്മൂലം CO_2 രക്തത്തിലേക്ക് (RBC കളിലേക്കും പ്ലാസ്മയിലേക്കും) വ്യാപിച്ച് H^+ അയോണുകളും ബൈകാർബണേറ്റ് അയോണുകളും ഉണ്ടാകുന്നു. താഴ്ന്ന pCO_2 ഉള്ള വായുഅറകളിൽ ഈ പ്രവർത്തനം വിപരീത ദിശയിൽ പുരോഗമിച്ച് CO_2 ഉം ജലവും ഉണ്ടാകുന്നു. അങ്ങനെ ബൈകാർബണേറ്റിന്റെ രൂപത്തിൽ കലകളിൽ അകപ്പെടുന്ന CO_2 നെ വായുഅറകളിലേക്ക് സംവഹനം ചെയ്ത് CO_2 ആയി പുറന്തള്ളുന്നു (ചിത്രം 17.4). ആരോഗ്യവാനായ ഒരു വ്യക്തിയിൽ ഓരോ 100 ml നിരോക്സീകൃത രക്തവും ഏകദേശം 4 ml CO_2 നെ വായുഅറകളിൽ എത്തിക്കുന്നു.

17.5 ശ്വസനപ്രക്രിയയുടെ നിയന്ത്രണം

മനുഷ്യർക്ക് ശരീരകലകളുടെ ആവശ്യാനുസരണം ശ്വസനപ്രക്രിയയുടെ താളാത്മകത നിലനിർത്തുന്നതിനും നിയന്ത്രിക്കുന്നതിനും കഴിവുണ്ട്. ഇത് നിർവഹിക്കുന്നത് നാഡീവ്യവസ്ഥയാണ്. ഈ നിയന്ത്രണം സാധ്യമാക്കുന്നത് തലച്ചോറിന്റെ

മെഡുല്ല ഭാഗത്ത് കാണപ്പെടുന്ന ഒരു പ്രത്യേക കേന്ദ്രമായ ശ്വസന താളക്രമ കേന്ദ്രമാണ് (Respiratory rhythm centre). തലച്ചോറിന്റെ പോൺസ് (Pons) ഭാഗത്ത് കാണുന്ന മറ്റൊരു കേന്ദ്രമായ ശ്വസനനിയന്ത്രണ കേന്ദ്രത്തിന് (Pneumotaxic centre) ശ്വസന താളക്രമകേന്ദ്രത്തിന്റെ പ്രവർത്തനങ്ങൾ മിതപ്പെടുത്താൻ സാധിക്കും. ഈ കേന്ദ്രത്തിൽ ഉത്ഭവിക്കുന്ന നാഡീയ ആവേഗങ്ങൾ ഉച്ഛ്വാസത്തിന്റെ ദൈർഘ്യം കുറയ്ക്കുകയും അങ്ങനെ ശ്വസനത്തിന്റെ തോത് വ്യത്യാസപ്പെടുത്തുകയും ചെയ്യുന്നു. ശ്വസന താളക്രമ കേന്ദ്രത്തിനടുത്തായി CO_2 ന്റെ ഗാഢത, H^+ അയോണിന്റെ ഗാഢത എന്നിവ തിരിച്ചറിയുന്ന ഒരു രാസസംവേദന ക്ഷമതാകേന്ദ്രം (Chemo sensitive area) സ്ഥിതിചെയ്യുന്നു. മേൽപ്പറഞ്ഞ പദാർഥങ്ങളുടെ അളവിലുണ്ടാകുന്ന വർധനവ് ഈ കേന്ദ്രത്തെ ഉത്തേജിപ്പിക്കുകയും ആവശ്യമായ സന്ദേശങ്ങൾ ശ്വസന താളക്രമ കേന്ദ്രത്തിലേക്ക് അയയ്ക്കുകയും ശ്വസനപ്രക്രിയയുടെ വേഗതയിൽ മാറ്റം വരുത്തി അധികമുള്ള ഈ പദാർഥങ്ങളെ പുറന്തള്ളുകയും ചെയ്യുന്നു. മഹാധമനിയുടെ ആദ്യ ഭാഗത്തും (Aortic arch) കരോട്ടിഡ് ധമനിയിലും കാണപ്പെടുന്ന ചില ഗ്രാഹികൾ CO_2 ന്റെയും H^+ ന്റെയും ഗാഢതാവ്യത്യാസം മനസ്സിലാക്കുകയും ഇത് പരിഹരിക്കുന്നതിനാവശ്യമായ സന്ദേശങ്ങൾ ശ്വസന താളക്രമകേന്ദ്രത്തിലേക്ക് അയയ്ക്കുകയും ചെയ്യുന്നു. ശ്വസനതാളക്രമം നിയന്ത്രിക്കുന്നതിൽ ഓക്സിജന് ഗണ്യമായ പ്രാധാന്യമില്ല.

17.6 ശ്വസന വ്യൂഹത്തിലെ തകരാറുകൾ

ആസ്ത്മ (Asthma):- ശ്വസനിയിലും ശ്വസനികകളിലും ഉണ്ടാകുന്ന നീർക്കെട്ടിന്റെ ഫലമായി അനുഭവപ്പെടുന്ന ശ്വസന തടസ്സം.

എംഫിസീമ (Emphysema):- മാരകമായ ഒരു ശ്വാസകോശ രോഗമാണിത്. വായു അറകളുടെ ഭിത്തി നശിക്കുകയും ശ്വസനപ്രതലത്തിന്റെ വിസ്തീർണം കുറയുകയും ചെയ്യുന്നു. ഇതിന്റെ ഒരു പ്രധാന കാരണം പുകവലിയാണ്.

തൊഴിൽപരമായുണ്ടാകുന്ന ശ്വസനത്തകരാറുകൾ:- പാറപൊട്ടിക്കൽ, പൊടിക്കൽ തുടങ്ങിയ പ്രവർത്തനങ്ങൾ നടക്കുന്ന സ്ഥലങ്ങളിൽ ജോലി ചെയ്യുന്നവർക്ക് അമിതമായി പൊടിപടലങ്ങൾ ശ്വസിക്കാൻ ഇടവരുകയും തന്മൂലം അവരുടെ പ്രതിരോധശക്തി കുറയുകയും ചെയ്യുന്നു. ഇതിന് ദീർഘകാലം വിധേയമായാൽ ശ്വാസകോശത്തിൽ നീർക്കെട്ട് (Inflammation), വായുഅറകളിൽ മാംസ്യനാരുകളുടെ രൂപീകരണം (Fibrosis) തുടങ്ങിയവയിലൂടെ ശ്വാസകോശം നശിക്കുന്നു. ഇത്തരം തൊഴിലിൽ ഏർപ്പെടുന്നവർ പൊടിപടലങ്ങളിൽ നിന്നുള്ള സുരക്ഷയ്ക്കായി മുഖാവരണം ധരിക്കേണ്ടതാണ്.

സംഗ്രഹം

കോശങ്ങൾ അവയുടെ ഉപാപചയപ്രവർത്തനങ്ങൾക്ക് വേണ്ടി O_2 ഉപയോഗിച്ച് ഊർജം ഉൽപാദിപ്പിക്കുന്നു. ഈ പ്രക്രിയയിലുണ്ടാകുന്ന ഉപോൽപന്നമായ CO_2 ശരീരത്തിന് ഹാനികരമാണ്. ജീവികളിൽ O_2 സംവഹനം ചെയ്യുന്നതിനും CO_2 പുറന്തള്ളുന്നതിനും പല മാർഗങ്ങളും ഉണ്ട്. ഈ ധർമം നിർവഹിക്കുന്നതിന് നമുക്ക് ഒരു ജോഡി ശ്വാസകോശങ്ങളും അതിനോടനുബന്ധിച്ച് വായുപാതകളുമുള്ള വളരെ വികാസം പ്രാപിച്ച ഒരു ശ്വസനവ്യവസ്ഥയുണ്ട്.

ശ്വസനത്തിലെ ആദ്യപടി ശ്വാസോച്ഛ്വാസം ആണ്. അന്തരീക്ഷവായു ഉള്ളിലേക്ക് എടുക്കുകയും (ഉച്ഛ്വാസം) CO_2 കലർന്ന വായുഅറകളിലെ വായു പുറന്തള്ളുകയും (നിശ്വാസം) ചെയ്യുന്നതാണ് ഇത്. വായുഅറകളും നിരോക്സീകൃത രക്തവും തമ്മിൽ O_2 ഉം CO_2 ഉം വിനിമയം ചെയ്യുക, രക്തത്തിലൂടെ ശരീരത്തിന്റെ എല്ലാ ഭാഗത്തേക്കും ഈ വാതകങ്ങൾ വഹിച്ചു കൊണ്ടുപോവുക, ഓക്സീകൃത രക്തവും കലകളും തമ്മിൽ O_2 ഉം CO_2 ഉം വിനിമയം ചെയ്യുക, ഓക്സിജൻ ഉപയോഗിച്ച് കോശശ്വസനം നടത്തുക എന്നിവയാണ് ശ്വസനത്തിലെ മറ്റു പ്രക്രിയകൾ.

ശ്വാസോച്ഛ്വാസം നടക്കുന്നത് അന്തരീക്ഷവായുവും വായുഅറകളിലെ വായുവും തമ്മിലുള്ള മർദവ്യത്യാസം അടിസ്ഥാനപ്പെടുത്തിയാണ്. ഇതിന് വാരിയെല്ലുകൾക്കിടയിലുള്ള പേശികളും പ്രാചീരവും സഹായിക്കുന്നു. ഈ പ്രവർത്തനങ്ങളിൽ പങ്കെടുക്കുന്ന വായുവിന്റെ വ്യാപ്തം സ്പൈറോമീറ്റർ എന്ന ഉപകരണം കൊണ്ട് അളക്കാവുന്നതാണ്. ഈ അളവുകൾ രോഗനിർണയത്തിലും പ്രാധാന്യമർഹിക്കുന്നു.

വായുഅറകളിലും കലകളിലും O_2 ഉം CO_2 ഉം വിനിമയം ചെയ്യുന്നത് വ്യാപനത്തിലൂടെയാണ്. സംവഹനത്തിന്റെ തോത് O_2 ന്റെയും CO_2 ന്റെയും ആംശിക മർദവ്യത്യാസം, അവയുടെ ലയനശേഷി, വ്യാപന പ്രതലത്തിന്റെ കനം എന്നിവയെ അടിസ്ഥാനമാക്കിയിരിക്കുന്നു. ഈ ഘടകങ്ങൾ വായുഅറകളിൽ നിന്ന് നിരോക്സീകൃത രക്തത്തിലേക്കും ഓക്സീകൃത രക്തത്തിൽ നിന്ന് കലകളിലേക്കുമുള്ള ഓക്സിജന്റെ വ്യാപനത്തെ സ്വാധീനിക്കുന്നു. അതുപോലെ ഇവ CO_2 ന്റെ എതിർ ദിശയിലുള്ള, അതായത് കലകളിൽ നിന്ന് വായുഅറകളിലേക്കുള്ള വ്യാപനത്തെയും സ്വാധീനിക്കുന്നു.

ഓക്സിഹീമോഗ്ലോബിൻ എന്ന രൂപത്തിലാണ് O_2 സംവഹിക്കപ്പെടുന്നത്. വായുഅറകളിൽ pO_2 കൂടുതലും pCO_2 കുറവുമാണ്. തന്മൂലം O_2 ഹീമോഗ്ലോബിനുമായി സംയോജിക്കുന്നു. എന്നാൽ കലകളിൽ pO_2 കുറവും pCO_2 ഉം H^+ ഉം കൂടുതലുമായതിനാൽ O_2 നെ എളുപ്പത്തിൽ കലകളിലേക്ക് സ്വതന്ത്രമാക്കുന്നു. ഏകദേശം 70% CO_2 സംവഹനം നടക്കുന്നത് ബൈകാർബണേറ്റുകളുടെ രൂപത്തിലാണ്. ഇതിന് കാർബോണിക് അൻഹൈഡ്രേസ് എന്ന രാസാഗ്നി സഹായിക്കുന്നു. 20-25% വരെ CO_2 കാർബമിനോ ഹീമോഗ്ലോബിൻ എന്ന രൂപത്തിൽ സംവഹനം നടത്തുന്നു. കലകളിൽ pCO_2 കൂടുതലാണ്. അതിനാൽ CO_2 ഹീമോഗ്ലോബിനുമായി യോജിക്കുന്നു. പക്ഷെ വായുഅറകളിൽ pCO_2 കുറവും pO_2 കൂടുതലുമാണ്. തന്മൂലം CO_2 രക്തത്തിൽ നിന്ന് പുറന്തള്ളപ്പെടുന്നു.

ശ്വസനപ്രക്രിയയുടെ താളാത്മകതയെ നിയന്ത്രിക്കുന്നത് തലച്ചോറിലെ മെഡുല്ലയിലെ ശ്വസന താളക്രമ കേന്ദ്രമാണ്. പോൺസ് ഭാഗത്ത് കാണുന്ന ശ്വസനസംവേദ കേന്ദ്രവും രാസസംവേദനക്ഷമത കേന്ദ്രവും ശ്വസനപ്രക്രിയയിൽ സ്വാധീനം ചെലുത്തുകയും ആവശ്യമായ മാറ്റങ്ങൾ വരുത്തുകയും ചെയ്യുന്നു.

പരിശീലന പ്രവർത്തനങ്ങൾ

1. വൈറ്റൽ കപ്പാസിറ്റി എന്നാൽ എന്ത്? എന്താണ് അതിന്റെ പ്രാധാന്യം?
2. ഒരു സാധാരണ ശ്വാസോച്ഛ്വാസത്തിനു ശേഷം ശ്വാസകോശത്തിൽ അവശേഷിക്കുന്ന വായുവിന്റെ അളവ് വ്യക്തമാക്കുക.
3. ശ്വസനവാതകങ്ങളുടെ വ്യാപനം ആൽവിയോളുകളിൽ മാത്രം നടക്കുന്നു. എന്തുകൊണ്ട്?
4. CO_2 ന്റെ പ്രധാന സംവഹനരീതികൾ വിവരിക്കുക?
5. വായുഅറകളിലെ വായുവുമായി താരതമ്യം ചെയ്യുമ്പോൾ അന്തരീക്ഷവായുവിലെ pO_2 ഉം pCO_2 ഉം താഴെക്കൊടുത്തവയിൽ ഏതാണ്?
   - (i) pO_2 കുറവ് pCO_2 കൂടുതൽ
   - (ii) pO_2 കൂടുതൽ pCO_2 കുറവ്
   - (iii) pO_2 കൂടുതൽ pCO_2 കൂടുതൽ
   - (iv) pO_2 കുറവ് pCO_2 കുറവ്
6. സാധാരണ അവസ്ഥയിലുള്ള ഉച്ഛ്വാസത്തിന്റെ പ്രവർത്തനം വിവരിക്കുക.
7. എങ്ങനെയാണ് ശ്വസനപ്രക്രിയ നിയന്ത്രിക്കപ്പെടുന്നത്?
8. ഓക്സിജൻ സംവഹനത്തിൽ pCO_2 ന്റെ സ്വാധീനം എന്ത്?
9. കുന്നിൻ മുകളിലേക്ക് പോകുന്ന ഒരു മനുഷ്യന്റെ ശ്വസനപ്രക്രിയയ്ക്ക് എന്ത് സംഭവിക്കും?
10. ഷഡ്പദങ്ങളിലെ വാതകവിനിമയസ്ഥാനം ഏത്?
11. ഓക്സിജന്റെ വിശ്ലേഷണ വക്രം (O_2 dissociation curve) നിർവചിക്കുക. വാതക വിനിമയത്തിൽ സിഗ്മോയിഡ് വക്രം വരുന്നതിനുള്ള കാരണം എന്ത്?
12. നിങ്ങൾ ഹൈപോക്സിയയെക്കുറിച്ച് കേട്ടിട്ടുണ്ടോ? ഇതിനെ കുറിച്ചുള്ള വിവരങ്ങൾ ശേഖരിച്ച് സഹപാഠികളുമായി ചർച്ച ചെയ്യുക.
13. വ്യത്യാസം എഴുതുക
   - (a) IRV, ERV
   - (ii) ഉച്ഛ്വാസശേഷി, നിശ്വാസശേഷി
   - (iii) വൈറ്റൽ കപ്പാസിറ്റി, ശ്വാസകോശത്തിന്റെ സമഗ്രശേഷി
14. എന്താണ് ടൈഡൽവ്യാപ്തം? ആരോഗ്യവാനായ ഒരു വ്യക്തിയുടെ ഒരു മണിക്കൂറിൽ ഉള്ള ടൈഡൽ വ്യാപ്തം കണക്കാക്കുക?

Z9T2A3

അധ്യായം 18

ശരീരദ്രവങ്ങളും അവയുടെ പര്യയനവും

(Body Fluids and Circulation)

എല്ലാ ജീവകോശങ്ങൾക്കും പോഷകങ്ങൾ, ഓക്സിജൻ, മറ്റ് അത്യന്താപേക്ഷിത പദാർഥങ്ങൾ എന്നിവ ലഭിക്കേണ്ടതുണ്ടെന്ന് നിങ്ങൾ പഠിച്ചിട്ടുണ്ടല്ലോ? കൂടാതെ കലകളുടെ ആരോഗ്യകരമായ പ്രവർത്തനത്തിന് മാലിന്യങ്ങളും മറ്റ് ദോഷകരമായ പദാർഥങ്ങളും നിരന്തരം പുറന്തള്ളേണ്ടതായിട്ടുമുണ്ട്. ആയതിനാൽ, കോശങ്ങളിലേക്കും കോശങ്ങളിൽ നിന്ന് പുറത്തേക്കുമുള്ള ഈ പദാർഥങ്ങളുടെ സഞ്ചാരം കാര്യക്ഷമമായി ക്രമീകരിക്കേണ്ടത് അനിവാര്യമാണ്. ഈ സംവഹന പ്രവർത്തനങ്ങൾക്കായി വിവിധയിനം ജന്തുക്കളിൽ വിവിധതരം സംവഹനരീതികൾ പരിണമിച്ച് ഉണ്ടായിരിക്കുന്നു. ലഘുഘടനയുള്ള ജീവികളായ സ്പോഞ്ചുകളും സീലന്ററേറ്റുകളും കോശങ്ങളിലേക്കുള്ള പദാർഥസംവഹനം സാധ്യമാക്കുന്നതിന് അവയ്ക്ക് ചുറ്റുപാടുമുള്ള ജലം ശരീര അറകളിലേക്ക് പ്രവഹിപ്പിക്കുന്നു. എന്നാൽ വളരെ സങ്കീർണഘടനയുള്ള ജീവികൾ അവയുടെ ശരീരത്തിനുള്ളിലുള്ള പ്രത്യേക ശരീരദ്രവങ്ങൾ ഉപയോഗിച്ച് പദാർഥ സംവഹനം സാധ്യമാക്കുന്നു. മനുഷ്യൻ ഉൾപ്പെടുന്ന ഉയർന്ന തലത്തിലുള്ള ജീവികളിൽ **രക്തമാണ്** ഈ സംവഹനത്തിന് സഹായിക്കുന്നത്. കൂടാതെ, മറ്റൊരു ശരീരദ്രവമായ **ലസികാദ്രവവും (Lymph)** ചില പദാർഥങ്ങളുടെ സംവഹനത്തിന് സഹായിക്കുന്നുണ്ട്. രക്തത്തിന്റെയും ലസികാദ്രവത്തിന്റെയും (കോശാന്തരദ്രവം) ഘടനയും സവിശേഷതകളും കൂടാതെ ഇവയുടെ സംവഹനരീതികളെക്കുറിച്ചും ഈ അധ്യായത്തിൽ വിശദമായി പ്രതിപാദിക്കുന്നു.

18.1 രക്തം

ദ്രവ മാട്രിക്സായ പ്ലാസ്മ, രക്തകോശങ്ങൾ എന്നീ ഘടകങ്ങൾ അടങ്ങിയ ഒരു പ്രത്യേക യോജകകലയാണ് രക്തം.

18.1.1 പ്ലാസ്മ (Plasma)

രക്തത്തിന്റെ അൻപത്തഞ്ച് ശതമാനം പ്ലാസ്മാദ്രവം ആണ്. ഇത് ഇളം മഞ്ഞ നിറത്തിലുള്ള സാന്ദ്രത കൂടിയ ദ്രവമാണ്. പ്ലാസ്മയിൽ 90 മുതൽ 92 ശതമാനം വരെ ജലവും 6 മുതൽ 8 ശതമാനം വരെ മാംസ്യവും അടങ്ങിയിരിക്കുന്നു. ഫൈബ്രിനോജൻ, ഗ്ലോബുലിൻ, ആൽബുമിൻ എന്നിവയാണ് പ്ലാസ്മയിലെ പ്രധാന മാംസ്യങ്ങൾ. ഫൈബ്രിനോജനുകൾ രക്തം കട്ടപിടിക്കാൻ അത്യന്താപേക്ഷിതമാണ്. ഗ്ലോബുലിനുകൾ പ്രധാനമായും ശരീരത്തിന്റെ രോഗപ്രതിരോധ {] h Á¯ \ § ¶ re p¡ B Á_]eñ¡ pI Á h (X¶ yn¡ \ (Osmotic) സന്തുലനാവസ്ഥ നിലനിർത്തുന്നതിനും സഹായിക്കുന്നു. പ്ലാസ്മയിൽ കുറഞ്ഞ അളവിൽ കാണപ്പെടുന്ന ധാതുക്കളായ Na^{+}, Ca^{++}, Mg^{++}, HCO_3^{-}, Cl^{-} എന്നിവയെ കൂടാതെ ഗ്ലൂക്കോസ്, അമിനോആസിഡുകൾ, കൊഴുപ്പുകൾ എന്നിവയും കാണപ്പെടുന്നു. ഇവയുടെ ശരീരത്തിലെ സഞ്ചാര മാർഗവും പ്ലാസ്മയാണ്. രക്തം കട്ടപിടിക്കാൻ വേണ്ട ഘടകങ്ങളും നിഷ്ക്രിയാവസ്ഥയിൽ പ്ലാസ്മയിൽ കാണപ്പെടുന്നു. രക്തം കട്ടപിടിക്കാൻ സഹായിക്കുന്ന ഘടകങ്ങൾ ഒഴിവാക്കിയുള്ള പ്ലാസ്മയെ സീറം (Serum) എന്ന് വിളിക്കുന്നു.

18.1.2 രക്താണുക്കൾ/രക്തകോശങ്ങൾ (Formed elements)

അരുണരക്തകോശങ്ങൾ (Erythrocytes), ശ്വേതരക്തകോശങ്ങൾ (Leucocytes), പ്ലേറ്റ്ലെറ്റുകൾ (Platelets) എന്നിവയെ മൊത്തമായി വിളിക്കുന്ന പേരാണ് രക്താണുക്കൾ (Formed elements) (ചിത്രം 18.1). രക്തത്തിന്റെ 45 ശതമാനവും രക്താണുക്കളാണ്.

അരുണരക്തകോശങ്ങൾ

രക്തത്തിൽ ഏറ്റവും കൂടുതൽ കാണപ്പെടുന്ന രക്തകോശങ്ങളാണ് അരുണരക്തകോശങ്ങൾ അഥവാ ചുവന്ന രക്തകോശങ്ങൾ (RBC). പ്രായപൂർത്തിയായ ആരോഗ്യവാനായ ഒരു മനുഷ്യനിൽ ഒരു ഘന മില്ലി മീറ്റർ രക്തത്തിൽ ശരാശരി 5 ദശലക്ഷം മുതൽ 5.5 ദശലക്ഷം വരെ അരുണ രക്തകോശങ്ങൾ ഉണ്ടായിരിക്കും. പ്രായപൂർത്തിയായവരിൽ അരുണരക്താണുക്കൾ ഉണ്ടാകുന്നത് ചുവന്ന അസ്ഥിമജ്ജയിലാണ്. ഭൂരിഭാഗം സസ്തനികളിലും പൂർണ വളർച്ചയെത്തിയ അരുണരക്താണുക്കളിൽ മർമം അഥവാ ന്യൂക്ലിയസ് ഉണ്ടായിരിക്കുകയില്ല. അരുണരക്താണുക്കളുടെ ഇരുഭാഗവും അവതലരൂപത്തിൽ അഥവാ ഉള്ളിലേക്ക് കുഴിഞ്ഞ രൂപത്തിൽ (Biconcave shape) ആയിരിക്കും. ചുവന്ന നിറത്തോട് കൂടിയതും ഇരുമ്പ് അടങ്ങിയിട്ടുള്ളതുമായ ഹീമോഗ്ലോബിൻ എന്ന സങ്കീർണ മാംസ്യം ഇവയിലുള്ളതു കൊണ്ടാണ് ഇവയ്ക്ക് ചുവന്ന നിറമുള്ളതും ഈ പേര് ലഭിച്ചതും. ആരോഗ്യമുള്ള ഒരു വ്യക്തിയിൽ 100 മില്ലി ലിറ്റർ രക്തത്തിൽ 12 മുതൽ 16 ഗ്രാം വരെ ഹീമോഗ്ലോബിൻ ഉണ്ടായിരിക്കും. ഈ തന്മാത്രകൾ ശ്വസനവാതകങ്ങളുടെ സംവഹനത്തിൽ വളരെ പ്രധാനപ്പെട്ട പങ്ക് വഹിക്കുന്നു. അരുണരക്താണുക്കളുടെ ശരാശരി ആയുസ്സ് 120 ദിവസമാണ്. അതിനുശേഷം ഇവ പ്ലീഹ (Spleen - RBC കളുടെ ശ്മശാനം) യിൽ വച്ച് നശിപ്പിക്കപ്പെടുന്നു.

ശ്വേതരക്തകോശങ്ങൾ

ശ്വേതരക്തകോശങ്ങളിൽ (വെളുത്ത രക്തകോശങ്ങൾ - WBC) ഹീമോഗ്ലോബിൻ ഇല്ലാത്തതിനാൽ അവ നിറമില്ലാത്തവയാണ്. ഇവ മർമം (Nucleus) ഉള്ളവയും ആപേക്ഷികമായി വളരെ കുറച്ചെണ്ണം മാത്രമുള്ളവയും ആണ്. അതായത് ഒരു ഘന മില്ലി മീറ്റർ രക്തത്തിൽ ശരാശരി 6000-8000 വരെ എണ്ണം കാണപ്പെടുന്നവയാണ്. പൊതുവേ ശ്വേതരക്താണുക്കൾ ആയുഷ്ക്കാലം കുറഞ്ഞവയാണ്. നമുക്ക് പ്രധാനമായും രണ്ട് തരത്തിലുള്ള ശ്വേതരക്തകോശങ്ങൾ ഉണ്ട്. കോശദ്രവ്യത്തിൽ തരികൾ ഉള്ളവയും (Granulocytes) തരികളില്ലാത്തവയും (Agranulocytes). തരികൾ ഉള്ളവയിൽ ന്യൂട്രോഫിൽ (Neutrophil), ഇസ്നോഫിൽ (Eosinophil), ബേസോഫിൽ (Basophil) എന്നീ വിവിധ തരം കോശങ്ങൾ ഉണ്ട്. ലിംഫോസൈറ്റുകളും (Lymphocytes) മോണോസൈറ്റുകളും (Monocytes) തരികളില്ലാത്തവയിൽ പെടുന്നവയാണ്. ശ്വേതരക്തകോശങ്ങളിൽ ഭൂരിഭാഗവും ന്യൂട്രോഫില്ലുകളാണ് (ഏകദേശം 60 -65%). ഇവയിൽ ഏറ്റവും കുറവുള്ളത് ബേസോഫില്ലുകളാണ് (ഏകദേശം 0.5 -1%). ന്യൂട്രോഫില്ലുകളും മോണോസൈറ്റുകളും (6-8%) ഭക്ഷകകോശങ്ങളാണ് (Phagocytes). ഇവ ശരീരത്തിൽ എത്തിച്ചേരുന്ന അന്യജീവികളെ നശിപ്പിക്കുന്നു. ബേസോഫില്ലുകളാണ് ഹിസ്റ്റമിൻ, സെറോട്ടോണിൻ, ഹെപാരിൻ മുതലായവ സ്രവിപ്പിച്ച് പ്രാഥമിക പ്രതിരോധമായ വീങ്ങൽ പ്രക്രിയയിൽ ഏർപ്പെടുന്നത്. അണുബാധ തടയുന്ന ഇസ്നോഫില്ലുകൾ (ഏകദേശം 2-3%) അലർജിയുമായി ബന്ധപ്പെട്ട പ്രവർത്തനങ്ങളിലും ഇടപെടുന്നു. ലിംഫോസൈറ്റുകൾ (20-25%) രണ്ട് പ്രധാന തരത്തിൽ കാണപ്പെടുന്നു. B യും T യും. ഇവ രണ്ടും ശരീരത്തിന്റെ രോഗപ്രതിരോധ പ്രതികരണങ്ങളിൽ ഏർപ്പെട്ടിരിക്കുന്നു.

ചിത്രം 18.1 രക്തത്തിലെ വിവിധരക്താണുക്കളുടെ രേഖാചിത്രം

പ്ലേറ്റ്ലെറ്റുകളെ **ത്രോംബോസൈറ്റുകൾ** എന്നും വിളിക്കുന്നു. ഇവ കോശാംശങ്ങളാണ്. അസ്ഥിമജ്ജയിലെ പ്രത്യേകതരം കോശങ്ങളായ മഹാ മർമ്മ കോശങ്ങളിൽ (Megakaryocytes) നിന്നാണ് ഇവ ഉണ്ടാകുന്നത്. ഒരു ഘനമില്ലി മീറ്റർ രക്തത്തിൽ സാധാരണ 1,500,00 മുതൽ 3,500,00 വരെ പ്ലേറ്റ്ലെറ്റുകൾ കാണപ്പെടുന്നു. പ്ലേറ്റ്ലെറ്റുകൾ പുറത്തുവിടുന്ന വിവിധ പദാർഥങ്ങളിൽ ഭൂരിഭാഗവും രക്തം കട്ടപിടിക്കുന്നതിന് സഹായിക്കുന്നവയാണ്. ഇവയുടെ എണ്ണത്തിലുണ്ടാകുന്ന കുറവ് രക്തം കട്ടപിടിക്കൽ പ്രക്രിയയെ തകരാറിലാക്കുകയും തുടർന്ന് ശരീരത്തിൽ നിന്നും ധാരാളം രക്തം നഷ്ടമാവുകയും ചെയ്യും.

18.1.3 രക്ത ഗ്രൂപ്പുകൾ

മനുഷ്യരുടെ രക്തം കാഴ്ചയിൽ ഒരുപോലെയാണെങ്കിലും ചില കാര്യങ്ങളിൽ വ്യത്യസ്തതയുണ്ട് എന്ന കാര്യം നിങ്ങൾക്ക് അറിവുള്ളതാണല്ലോ? രക്തം ഗ്രൂപ്പുകളാക്കുന്നതിന് വിവിധ രീതികൾ നിലവിലുണ്ട്. അത്തരത്തിലുള്ള രണ്ട് രീതികൾ ആണ് ABO യും Rh ഉം. ഈ രണ്ടു രീതികളും ലോകത്തെമ്പാടും ഉപയോഗിച്ചുവരുന്നു.

18.1.3.1 ABO രക്തഗ്രൂപ്പ് നിർണയം

അരുണരക്താണുക്കളുടെ ഉപരിതലത്തിൽ A, B എന്നീ ആന്റിജനുകൾ ഉള്ളതും ഇല്ലാത്തതും അടിസ്ഥാനപ്പെടുത്തിയാണ് ABO രക്തഗ്രൂപ്പ് നിർണയിക്കുന്നത്. (ആന്റിജനുകൾ രോഗപ്രതിരോധ പ്രതികരണങ്ങളെ പ്രചോദിപ്പിക്കുന്ന രാസവസ്തുക്കളാണ്). അതുപോലെ, രക്തത്തിലെ പ്ലാസ്മയിൽ രണ്ട് തരത്തിലുള്ള പ്രകൃതിദത്തമായ ആന്റിബോഡികളും കാണപ്പെടുന്നു (ആന്റിജനുകളുടെ പ്രവർത്തനത്തിനെതിരെ പ്രതികരിക്കുന്നതിന് നിർമിക്കപ്പെടുന്ന മാംസ്യങ്ങളാണ് ആന്റിബോഡികൾ). പട്ടിക 18.1 ൽ **A, B, AB, O** എന്നീ നാല് രക്തഗ്രൂപ്പുകളിലെയും ആന്റിജൻ, ആന്റിബോഡികൾ എന്നിവ കാണിച്ചിരിക്കുന്നു. രക്തനിവേശനം നടത്തുമ്പോൾ ഒരാൾക്ക് ഏതെങ്കിലും രക്ത ഗ്രൂപ്പ് സ്വീകരിക്കാനാവില്ല എന്നത് നിങ്ങൾക്ക് അറിവുള്ളതാണല്ലോ. ദാതാവിന്റെ രക്തഗ്രൂപ്പും സ്വീകർത്താവിന്റെ രക്തഗ്രൂപ്പും യോജിക്കുന്നതാണെങ്കിൽ മാത്രമേ രക്തനിവേശനം നടത്താൻ സാധിക്കുകയുള്ളൂ. അല്ലാത്തപക്ഷം അരുണരക്തകോശങ്ങൾ നശിക്കുകയും രക്തം കട്ടപിടിക്കുകയും ചെയ്യും. പട്ടിക 18.1 ൽ ദാതാവിന്റെ പൊരുത്തവും കാണിച്ചിരിക്കുന്നു.

പട്ടിക 18.1 രക്തഗ്രൂപ്പുകളും ദാതാക്കളുടെ പൊരുത്തവും

രക്തഗ്രൂപ്പ്	അരുണരക്തകോശങ്ങളിലെ ആന്റിജനുകൾ	പ്ലാസ്മയിലുള്ള ആന്റിബോഡികൾ	ദാതാവിന്റെ രക്തഗ്രൂപ്പ്
A	A	ആന്റിബോഡി-B	A, O
B	B	ആന്റിബോഡി-A	B, O
AB	A, B	ഉണ്ടാകില്ല	AB, A, B, O
O	ഉണ്ടാകില്ല	ആന്റിബോഡി-A, B	O

മുകളിൽ കാണിച്ചിരിക്കുന്ന പട്ടികയിൽ നിന്ന് നിങ്ങൾക്ക് മനസ്സിലാക്കാൻ സാധിക്കുന്ന കാര്യങ്ങൾ:

(i). 'O' ഗ്രൂപ്പ് രക്തം ഏത് രക്ത ഗ്രൂപ്പുള്ളവർക്കും സ്വീകരിക്കാവുന്നതാണ്. അതുകൊണ്ട് 'O' രക്തഗ്രൂപ്പുള്ളവരെ 'സാർവത്രിക ദാതാക്കൾ' (Universal donors) എന്ന് വിളിക്കുന്നു.

(ii). AB രക്ത ഗ്രൂപ്പുള്ളവർക്ക് ഏത് തരത്തിലുള്ള രക്തഗ്രൂപ്പുള്ളവരിൽ നിന്നും രക്തം സ്വീകരിക്കാൻ കഴിയും. അതു കൊണ്ട് AB രക്തഗ്രൂപ്പ് ഉള്ളവരെ 'സാർവത്രിക സ്വീകർത്താവ്' (Universal recipients) എന്ന് വിളിക്കുന്നു.

18.1.3.2 Rh രക്തഗ്രൂപ്പ് നിർണയം

റീസസ് കുരങ്ങുകളിൽ കാണപ്പെടുന്ന Rh ആന്റിജനുകൾക്ക് സമാനമായ ഒരു ആന്റിജൻ എൺപത് ശതമാനത്തോളം മനുഷ്യരുടെ അരുണ രക്താണുക്കളുടെ ഉപരിതലത്തിലും കാണപ്പെടുന്നു. Rh ആന്റിജൻ ഉള്ള വ്യക്തികളെ **Rh പോസിറ്റീവ്** (Rh^{+ve}) എന്നും അതില്ലാത്തവരെ **Rh നെഗറ്റീവ്** (Rh^{-ve}) എന്നും വിളിക്കുന്നു. Rh നെഗറ്റീവായ ഒരാളുടെ രക്തത്തിൽ Rh പോസിറ്റീവ് രക്തം ചേർന്നാൽ പ്രത്യേക ആന്റിബോഡികൾ ഈ Rh ആന്റിജനെതിരായി ഉണ്ടാകുന്നു. അതുകൊണ്ട് രക്തനിവേശനത്തിന് മുന്നോടിയായി Rh ഗ്രൂപ്പുകളുടെ പൊരുത്തവും നോക്കേണ്ടതുണ്ട്. Rh നെഗറ്റീവായ ഗർഭിണിയിൽ ഗർഭസ്ഥശിശു Rh പോസിറ്റീവായിരിക്കുന്നത് Rh പൊരുത്തക്കേടിന്റെ (വിരുദ്ധത) ഒരു പ്രത്യേക സാഹചര്യമാണ്. Rh^{+ve} ആയ ഗർഭസ്ഥശിശുവിന്റെ Rh ആന്റിജനുകൾ Rh -ve ആയ അമ്മയുടെ രക്തവുമായി ആദ്യഗർഭത്തിൽ കൂടിച്ചേരുന്നില്ല. കാരണം, രണ്ട് രക്തങ്ങളും തമ്മിൽ പ്ലാസന്റ കൊണ്ട് വേർതിരിച്ചിരിക്കുന്നു. എന്നാൽ, ആദ്യപ്രസവം നടക്കുമ്പോൾ കുഞ്ഞിന്റെ Rh^{+ve} രക്തം കുറഞ്ഞ തോതിലെങ്കിലും Rh^{-ve} ആയ അമ്മയുടെ രക്തവുമായി കലരാൻ സാധ്യതയുണ്ട്. അങ്ങനെയുള്ള അവസരങ്ങളിൽ അമ്മയുടെ രക്തം Rh ആന്റിജനെതിരെയുള്ള ആന്റിബോഡികൾ ഉത്പാദിപ്പിക്കാൻ തുടങ്ങുന്നു. തുടർന്നുള്ള ഗർഭധാരണങ്ങളിൽ Rh^{-ve} ആയ അമ്മയുടെ രക്തത്തിലുള്ള Rh ആന്റിബോഡികൾ, Rh^{+ve} ആയ ഗർഭസ്ഥശിശുവിന്റെ രക്തത്തിൽ കലരാനും അതുവഴി കുഞ്ഞിന്റെ അരുണരക്താണുക്കൾ നശിക്കുവാനും ഇടയാകുന്നു. ഗർഭസ്ഥശിശുവിന് കഠിനമായ വിളർച്ചയും മഞ്ഞപ്പിത്തവും ഉണ്ടാവുകയോ മരണപ്പെടുകയോ ചെയ്യും. ഈ അവസ്ഥയെ **അരുണരക്താണു നാശക ഭ്രൂണമരണം (Erythroblastosis foetalis)** എന്ന് വിളിക്കുന്നു. ഇത് ഒഴിവാക്കാൻ ആദ്യപ്രസവത്തിനുശേഷം അടിയന്തിരമായി ആന്റി Rh ആന്റിബോഡികൾ അമ്മയ്ക്ക് നൽകേണ്ടത് ആവശ്യമാണ്.

18.1.4 രക്തം കട്ടപിടിക്കൽ (Coagulation of Blood)

നിങ്ങളുടെ കൈവിരലുകൾ എപ്പോഴെങ്കിലും മുറിഞ്ഞിട്ടുണ്ടോ? അങ്ങനെ മുറിവുണ്ടായാൽ വളരെക്കൂടുതൽ നേരം മുറിവിൽ നിന്ന് രക്തം ഒഴുകാറുണ്ടോ? കുറച്ചുനേരം രക്തമൊഴുകിയതിനുശേഷം നിലയ്ക്കുന്നു. എന്തുകൊണ്ടാണ് ഇങ്ങനെ സംഭവിക്കുന്നത്? ഒരു മുറിവ് ഉണ്ടാകുമ്പോൾ രക്തം കട്ടപിടിക്കുക എന്ന പ്രത്യേകത രക്തത്തിനുണ്ട്. ശരീരത്തിൽ നിന്ന് വളരെക്കൂടുതൽ രക്തം നഷ്ടപ്പെടാതിരിക്കാനുള്ള ഒരു പ്രക്രിയയാണ് രക്തം കട്ടപിടിക്കൽ. ഒരു മുറിവുണ്ടായാൽ നിശ്ചിത സമയപരിധിക്കു ശേഷം മുറിവിന്റെ മേൽഭാഗത്ത് ഇരുണ്ട ചുവപ്പുകലർന്ന തവിട്ടുനിറത്തിലുള്ള പാട രൂപപ്പെടുന്നത് നിങ്ങളുടെ ശ്രദ്ധയിൽപ്പെട്ടിട്ടുണ്ടോ? ഇതാണ് കട്ടപിടിച്ച രക്തം (Clot or coagulam). ഇത് രൂപപ്പെടുന്നത് പ്രധാനമായും ഫൈബ്രിൻ എന്ന നാരുകൾ വലക്കണ്ണികൾ തീർത്ത് അവയിൽ നിർജീവവും ക്ഷതം സംഭവിച്ചതുമായ രക്താണുക്കളെ അകപ്പെടുത്തിയാണ്. പ്ലാസ്മയിലുള്ള നിഷ്ക്രിയ ഫൈബ്രിനോജനുകളിൽ ത്രോംബിൻ എന്ന രാസാഗ്നി പ്രവർത്തിച്ചാണ് ഈ ഫൈബ്രിനുകൾ ഉണ്ടാകുന്നത്. പ്ലാസ്മയിലെ മറ്റൊരു

നിഷ്ക്രിയ പദാർഥമായ പ്രോത്രോംബിനിൽനിന്നുമാണ് ത്രോംബിൻ ഉണ്ടാകുന്നത്. ത്രോംബോകൈനേസ് എന്ന സങ്കീർണ രാസാഗ്നി ഈ പ്രവർത്തനത്തിന് ആവശ്യമാണ്. ഈ സങ്കീർണ രാസാഗ്നി രൂപപ്പെടുന്നത് പരമ്പരയായി നടക്കുന്ന അനവധി രാസാഗ്നിപ്രവർത്തനങ്ങളുടെ ശ്രേണിയിലൂടെയാണ് (Cascade process പ്രവർത്തനം). ഇതിൽ പ്ലാസ്മയിൽ നിഷ്ക്രിയ അവസ്ഥയിൽ കാണുന്ന അനേകം ഘടകങ്ങൾ ഉൾപ്പെടുന്നു. ഒരു മുറിവ് ഉണ്ടായാൽ പ്ലേറ്റ്ലെറ്റുകൾ പ്രചോദിപ്പിക്കപ്പെടുകയും രക്തം കട്ടപിടിക്കുന്ന പ്രവർത്തനത്തെ ത്വരിതപ്പെടുത്തുന്ന ചില ഘടകങ്ങൾ അവ പുറപ്പെടുവിക്കുകയും ചെയ്യുന്നു. മുറിവുണ്ടായ സ്ഥലത്തെ കലകളും ചില പ്രത്യേക ഘടകങ്ങൾ പുറപ്പെടുവിക്കുന്നുണ്ട്. ഇതും രക്തം കട്ടപിടിക്കുന്നതിന് സഹായകമാണ്. കാത്സ്യം അയോണുകളും രക്തം കട്ടപിടിക്കുന്നതിൽ വളരെ പ്രധാനപ്പെട്ട പങ്ക് വഹിക്കുന്നുണ്ട്.

18.2 ലസികാദ്രവം (Lymph/Tissue fluid)

രക്തം കലകളിലെ രക്തലോമികകളിലൂടെ സഞ്ചരിക്കുമ്പോൾ കുറച്ച് ജലവും, ജലത്തിൽ ലയിക്കുന്ന പല പദാർഥങ്ങളും കലയിലെ കോശങ്ങൾക്കിടയിലുള്ള സ്ഥലങ്ങളിലേക്ക് ഒഴുകുകയും വളരെയധികം രക്താണുക്കളും വലിയ മാംസ്യ തന്മാത്രകളും രക്തക്കുഴലുകളിൽ അവശേഷിക്കുകയും ചെയ്യുന്നു. ഇങ്ങനെ രക്തലോമികകളിൽ നിന്ന് പുറന്തള്ളപ്പെട്ട ദ്രവത്തെ കോശാന്തരദ്രവം അല്ലെങ്കിൽ കലകളിലെ ദ്രവം (**Interstitial fluid or Tissue fluid**) എന്ന് വിളിക്കുന്നു. ഈ ദ്രവത്തിലെ ധാതുക്കളുടെ വിതരണം പ്ലാസ്മയിലുള്ളതുപോലെതന്നെയാണ്. രക്തവും കോശങ്ങളും തമ്മിലുള്ള പോഷക-വാതകവിനിമയം നടക്കുന്നത് ഈ ദ്രവത്തിലൂടെയാണ്. ലസികാവ്യൂഹം (Lymphatic system) എന്ന് വിളിക്കപ്പെടുന്ന കുഴലുകളുടെ ഒരു വിശാലശൃംഖല ഈ ദ്രവം ശേഖരിച്ച് പ്രധാനസിരകളിൽ തിരികെ എത്തിക്കുന്നു. ലസികാവ്യൂഹത്തിലെ ദ്രാവകത്തെ ലിംഫ് അല്ലെങ്കിൽ ലസികാദ്രവം എന്ന് വിളിക്കുന്നു. ലസികാദ്രവം നിറമില്ലാത്തതും ശരീരത്തിലെ രോഗപ്രതിരോധശേഷിക്ക് നിദാനമായ സവിശേഷ കോശങ്ങളായ ലിംഫോസൈറ്റുകൾ അടങ്ങിയിട്ടുള്ളതുമാണ്. കൂടാതെ, ഇവ പോഷകങ്ങളും ഹോർമോണുകളും വഹിച്ചുകൊണ്ട് പോകുന്നു. ചെറുകുടലിന്റെ വില്ലസ്സുകളിൽ കാണപ്പെടുന്ന ലസികാനാളിയായ ലാക്ടിയലുകളിലെ ലസികാദ്രവത്തിലൂടെയാണ് കൊഴുപ്പ് ആഗിരണം ചെയ്യപ്പെടുന്നത്.

18.3 രക്തപര്യയന മാർഗങ്ങൾ

രക്തപര്യയന മാർഗങ്ങൾ രണ്ട് തരത്തിൽ കാണപ്പെടുന്നു-തുറന്ന രക്തപര്യയന വ്യവസ്ഥയും അടഞ്ഞ രക്തപര്യയന വ്യവസ്ഥയും. **തുറന്ന രക്തപര്യയന വ്യവസ്ഥ** കാണപ്പെടുന്നത് ആർത്രോപോഡുകളിലും മൊളസ്കുകളിലുമാണ്. ഈ പര്യയന വ്യവസ്ഥയിൽ ഹൃദയത്തിൽ നിന്ന് പമ്പ് ചെയ്യപ്പെടുന്ന രക്തം വലിയ കുഴലുകളിലൂടെ സഞ്ചരിച്ച് സൈനസ് (Sinus) എന്ന് വിളിക്കുന്ന തുറന്ന സ്ഥലങ്ങളിലേക്ക് അഥവാ ശരീര അറകളിലേക്ക് എത്തുന്നു.

അനലിഡുകളിലും കോർഡേറ്റുകളിലും **അടഞ്ഞ പര്യയന വ്യവസ്ഥയാണ്** കാണപ്പെടുന്നത്. ഇവിടെ ഹൃദയത്തിൽ നിന്ന് പമ്പ് ചെയ്യപ്പെടുന്ന രക്തം എല്ലായ്പ്പോഴും രക്തക്കുഴലുകളിലൂടെ മാത്രമാണ് സഞ്ചരിക്കുന്നത്. ദ്രാവകങ്ങളുടെ ഒഴുക്ക് കൃത്യമായി നിയന്ത്രിക്കാവുന്നതിനാൽ ഈ രീതിയാണ് കൂടുതൽ മെച്ചപ്പെട്ടതായി കണക്കാക്കുന്നത്.

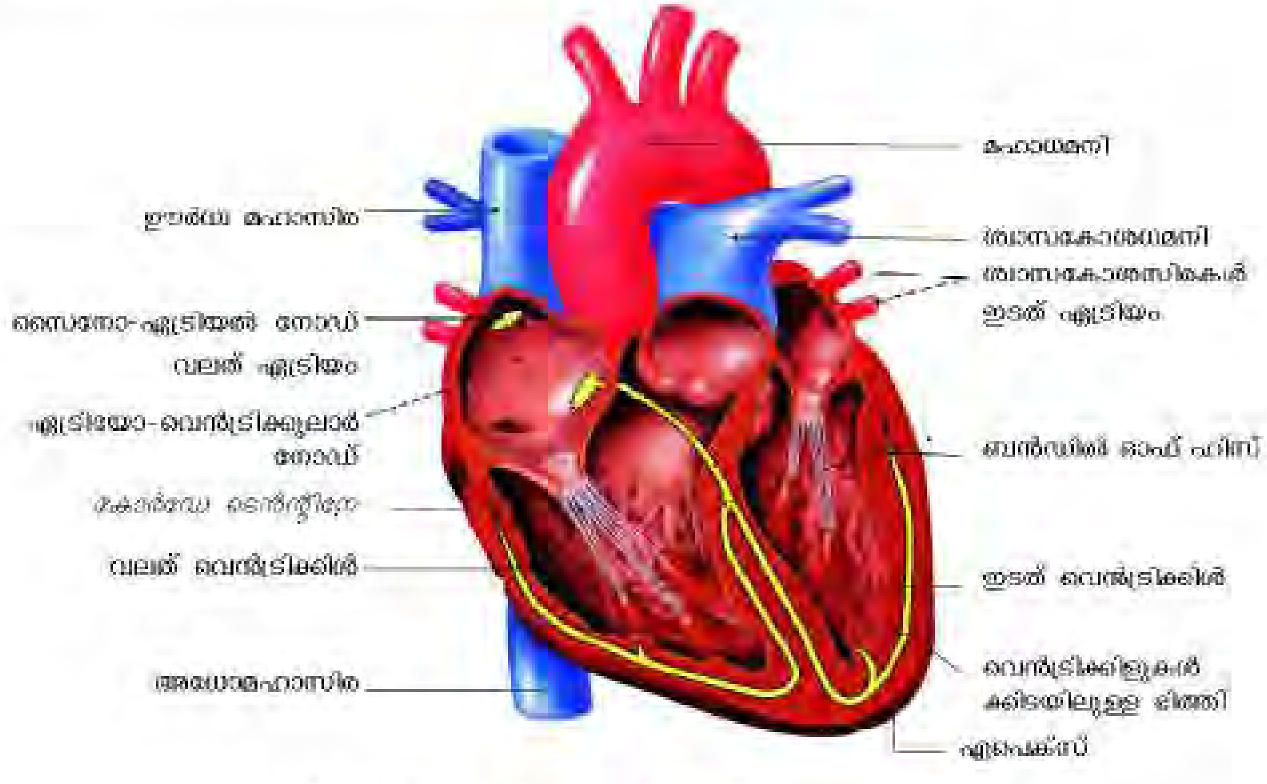
എല്ലാ കശേരുകികൾക്കും പേശീനിർമിതവും അറകളുള്ളതുമായ ഒരു ഹൃദയമാണുള്ളത്. മത്സ്യങ്ങൾക്ക് ഒരു ഏട്രിയം, ഒരു വെൻട്രിക്കിൾ എന്നിങ്ങനെ രണ്ട് അറകളോടുകൂടിയ ഹൃദയമാണുള്ളത്. ഉഭയജീവികൾക്കും മുതലകൾ ഒഴികെയുള്ള ഉരഗങ്ങൾക്കും മൂന്ന് അറകളുള്ള ഹൃദയമാണുള്ളത്-രണ്ട് ഏട്രിയങ്ങളും ഒരു വെൻട്രിക്കിളും. എന്നാൽ മുതലകൾ, പക്ഷികൾ, സസ്തനികൾ എന്നിവയ്ക്ക് 4 അറകളുള്ള ഹൃദയമാണുള്ളത് - രണ്ട് ഏട്രിയങ്ങളും രണ്ട് വെൻട്രിക്കിളുകളും. മത്സ്യങ്ങളിൽ, നിരോക്സീകൃത രക്തമാണ് (Deoxygenated blood) ഹൃദയം പമ്പ് ചെയ്യുന്നത്. ഇത് ശകുലങ്ങൾ അഥവാ ചെകിളകൾ ഓക്സീകൃതമാക്കുകയും (Oxygenated blood) ശരീരത്തിന്റെ വിവിധ ഭാഗങ്ങളിലേക്ക് സഞ്ചരിക്കുകയും തുടർന്ന് നിരോക്സീകൃത രക്തമായി ഹൃദയത്തിൽ തിരിച്ചെത്തുകയും ചെയ്യുന്നു. ഇതിനെ ഏക രക്തപര്യയനം എന്ന് വിളിക്കുന്നു. ഉഭയജീവികളിലും ഉരഗങ്ങളിലും ഇടത് ഏട്രിയം സ്വീകരിക്കുന്നത് ശകുലങ്ങൾ, ശ്വാസകോശം, ത്വക്ക് തുടങ്ങിയവയിൽ നിന്നും വരുന്ന ഓക്സീകൃത രക്തവും വലത് ഏട്രിയത്തിന് ലഭിക്കുന്നത് ശരീരത്തിന്റെ വിവിധ ഭാഗങ്ങളിൽ നിന്നുമുള്ള നിരോക്സീകൃത രക്തവുമാണ്. പക്ഷേ ഈ ജീവികൾക്ക് ഒരേ ഒരു വെൻട്രിക്കിൾ മാത്രമുള്ളതുകൊണ്ട് അവിടെ വച്ച് ഓക്സീകൃത രക്തവും നിരോക്സീകൃത രക്തവും കൂടികലരുകയും അത് പമ്പ് ചെയ്യപ്പെടുകയും ചെയ്യുന്നു. ഇത്തരം പര്യയനത്തെ അപൂർണമായ ഇരട്ട പര്യയനം എന്ന് വിളിക്കുന്നു. പക്ഷികളിലും സസ്തനികളിലും ഓക്സീകൃത രക്തവും നിരോക്സീകൃത രക്തവും സ്വീകരിക്കപ്പെടുന്നത് യഥാക്രമം ഇടത് ഏട്രിയത്തിലും വലത് ഏട്രിയത്തിലുമാണ്. ഏട്രിയങ്ങളിലെത്തുന്ന രക്തം അതാത് വശത്തെ വെൻട്രിക്കിളുകളിലേക്ക് മാറ്റപ്പെടുന്നു. വെൻട്രിക്കിളുകൾ രക്തത്തെ യാതൊരു വിധത്തിലുള്ള കൂടികലരലുമില്ലാതെ, രണ്ട് വ്യത്യസ്ത പര്യയന മാർഗങ്ങളിലൂടെ ശരീരത്തിന്റെ വിവിധ ഭാഗങ്ങളിലേക്ക് പമ്പ് ചെയ്യുന്നു. ഇതിനെയാണ് ഇരട്ടപര്യയനം എന്ന് വിളിക്കുന്നത്. ഇനി നമുക്ക് മനുഷ്യന്റെ രക്തപര്യയനവ്യവസ്ഥയെ കുറിച്ച് പഠിക്കാം.

18.3.1 മനുഷ്യന്റെ രക്തപര്യയന വ്യവസ്ഥ

മനുഷ്യന്റെ രക്തപര്യയനവ്യവസ്ഥയെ രക്തസംവഹന വ്യവസ്ഥ എന്നും വിളിക്കുന്നു. മനുഷ്യന്റെ രക്തപര്യയനവ്യവസ്ഥയിൽ പേശീനിർമിതവും അറകളോടുകൂടിയതുമായ ഒരു ഹൃദയം, അടഞ്ഞതും ശാഖകളുള്ളതുമായ രക്തക്കുഴലുകളുടെ സഞ്ചയം, പര്യയനം ചെയ്യപ്പെടുന്ന ദ്രാവകമായ രക്തം എന്നിവ കാണപ്പെടുന്നു.

ഹൃദയം, ഭ്രൂണത്തിന്റെ മധ്യപാളീകോശങ്ങളിൽ (Mesoderm) നിന്ന് രൂപംകൊണ്ടതും, ഔരസാശയത്തിൽ രണ്ടുശ്വാസകോശങ്ങൾക്ക് ഇടയിൽ അൽപ്പം ഇടത്തോട്ട് ചരിഞ്ഞ് കാണപ്പെടുന്നതുമായ അവയവമാണ്. ഹൃദയത്തിന് ഒരാളുടെ

മുഷ്ടിയുടെ വലുപ്പം ഉണ്ടായിരിക്കും. ഹൃദയത്തെ സംരക്ഷിക്കുന്നതിന് ഇരട്ട സ്തരത്താൽ നിർമിച്ച സഞ്ചിപോലുള്ള ആവരണം കാണപ്പെടുന്നു. ഇരട്ട സ്തരങ്ങളുള്ള **പെരികാർഡിയം** എന്ന സഞ്ചിയാൽ ഹൃദയം സംരക്ഷിക്കപ്പെട്ടിരിക്കുന്നു. ഇരട്ട സ്തരങ്ങൾക്കിടയിൽ കാണപ്പെടുന്ന ദ്രവത്തെ പെരികാർഡിയൽ ദ്രവം എന്ന് വിളിക്കുന്നു. നമ്മുടെ ഹൃദയത്തിന് നാല് അറകളുണ്ട്. താരതമ്യേന വലുപ്പം കുറഞ്ഞതും മുകളിൽ കാണപ്പെടുന്നതുമായ രണ്ട് അറകളായ **ഏട്രിയങ്ങളും** കൂടാതെ വലുപ്പം കൂടിയതും താഴെകാണപ്പെടുന്നതുമായ രണ്ട് അറകളായ **വെൻട്രിക്കിളുകളും** (ചിത്രം 18.2). ഒരു കനം കുറഞ്ഞ പേശീനിർമിത ഇടഭിത്തി കൊണ്ട് ഇടത് വലത് ഏട്രിയങ്ങൾ തമ്മിൽ വേർതിരിച്ചിരിക്കുന്നു. ഇതിനെ ഏട്രിയങ്ങളുടെ ഇടഭിത്തി (Inter-atrial septum) എന്ന് വിളിക്കുന്നു. എന്നാൽ, കനം കൂടിയ ഇന്റർവെൻട്രിക്കുലാർ ഇടഭിത്തി (Inter-ventricular septum) കൊണ്ടാണ് ഇടത് വലത് വെൻട്രിക്കിളുകൾ തമ്മിൽ വേർതിരിച്ചിരിക്കുന്നത്. ഓരോ വശത്തെയും ഏട്രിയവും വെൻട്രിക്കിളും തമ്മിൽ വേർതിരിച്ചിരിക്കുന്നത് കട്ടികൂടിയ നാരുകളാൽ നിർമിതമായ ഏട്രിയോ-വെൻട്രിക്കുലാർ ഇടഭിത്തി (Atrio - ventricular septum) കൊണ്ടാണ്. ഇവ വലത് ഏട്രിയോ-വെൻട്രിക്കുലാർ ഇടഭിത്തിയെന്നും ഇടത് ഏട്രിയോ-വെൻട്രിക്കുലാർ ഇടഭിത്തിയെന്നും അറിയപ്പെടുന്നു. ഈ രണ്ട് ഇടഭിത്തികളിലും ഓരോ സുഷിരങ്ങൾ കാണപ്പെടുന്നു. ഇത് വഴിയാണ് ഓരോ വശത്തെയും ഏട്രിയവും വെൻട്രിക്കിളും തമ്മിൽ ബന്ധിപ്പി



ചിത്രം 18.2 മനുഷ്യഹൃദയത്തിന്റെ നെടുകെയുള്ള ഛേദം

ച്ചിരിക്കുന്നത്. വലത്തെ ഏട്രിയത്തിനും വലത്തെ വെൻട്രിക്കിളിനും ഇടയിലുള്ള സുഷിരം അടയുകയും തുറക്കുകയും ചെയ്യുന്നത് ത്രിദളവാൽവിന്റെ (Tricuspid valve) സഹായത്തോടെയാണ്. ഇതിന് മൂന്ന് പേശീനിർമിത അടപ്പുകൾ കാണപ്പെടുന്നു. എന്നാൽ ഇടത്തെ ഏട്രിയത്തിനും ഇടത്തെ വെൻട്രിക്കിളിനും ഇടയിലുള്ള സുഷിരത്തെ സംരക്ഷിക്കുന്നതിന് രണ്ട് പേശീനിർമിത അടപ്പുകൾ കാണപ്പെടുന്നു. ഇതിനെ ദ്വിദളവാൽവ് (Bicuspid valve) അഥവാ മിട്രൽ വാൽവ് എന്ന് വിളിക്കുന്നു. വലത് വെൻട്രിക്കിളും ഇടത് വെൻട്രിക്കിളും യഥാക്രമം ശ്വാസകോശധമനിയിലേക്കും (Pulmonary artery) മഹാധമനിയിലേക്കും (Aorta) തുറക്കുന്ന സുഷിരങ്ങളിൽ കാണപ്പെടുന്ന വാൽവുകളെ അർധ ചന്ദ്രാകാര വാൽവുകൾ (Semilunar valves) എന്ന് വിളിക്കുന്നു. ഹൃദയത്തിന്റെ വാൽവുകൾ രക്തത്തിന്റെ ഒഴുക്ക് ഒരു ദിശയിലേക്ക് മാത്രം സാധ്യമാക്കുന്നു. അതായത് ഏട്രിയങ്ങളിൽ നിന്ന് വെൻട്രിക്കിളുകളിലേക്കും വെൻട്രിക്കിളുകളിൽനിന്നും ശ്വാസകോശ ധമനിയിലേക്കോ മഹാധമനിയിലേക്കോ രക്തത്തിന്റെ ഒഴുക്ക് അനുവദിക്കുന്നു. തിരിച്ചുള്ള രക്തത്തിന്റെ ഒഴുക്ക് വാൽവുകൾ തടയുന്നു.

ഹൃദയത്തിന്റെ എല്ലാ ഭാഗവും ഹൃദയപേശികൾ (Cardiac muscles) കൊണ്ട് നിർമിച്ചിരിക്കുന്നു. വെൻട്രിക്കിളുകളുടെ ഭിത്തികൾ ഏട്രിയങ്ങളുടെ ഭിത്തികളെക്കാൾ കട്ടി കൂടിയതാണ്. നോഡൽ കലകൾ എന്നറിയപ്പെടുന്ന ഒരു പ്രത്യേകതരം ഹൃദയപേശിയും ഹൃദയത്തിൽ വിന്യസിച്ചിട്ടുണ്ട് (ചിത്രം 16.2). വലത് ഏട്രിയത്തിന്റെ മുകളിലെ വലത്തെ മൂലയിലായി ഈ കലയുടെ ഒരു ശകലം കാണപ്പെടുന്നു. ഇതിനെ **സൈനോ–ഏട്രിയൽ നോഡ് (SAN)** എന്ന് വിളിക്കുന്നു. വലത് ഏട്രിയത്തിന്റെ താഴെ ഇടത് മൂലയിൽ ഏട്രിയോ-വെൻട്രിക്കുലാർ ഇടഭിത്തിക്ക് അടുത്തായി ഈ കലയുടെ മറ്റൊരു കൂട്ടം കാണപ്പെടുന്നു. ഇതിനെ **ഏട്രിയോ–വെൻട്രിക്കുലാർ നോഡ് (AVN)** എന്ന് വിളിക്കുന്നു. ഒരു കെട്ട് നോഡൽ തന്തുക്കൾ ഏട്രിയോ-വെൻട്രിക്കുലാർ നോഡിന്റെ തുടർച്ചയായി രൂപപ്പെടുന്നു. ഇതിനെ ഏട്രിയോ-വെൻട്രിക്കുലാർ ബൻഡിൽ (AV bundle) എന്നറിയപ്പെടുന്നു. ഇത് ഏട്രിയോ-വെൻട്രിക്കുലാർ ഇടഭിത്തിയിലൂടെ സഞ്ചരിച്ച് വെൻട്രിക്കിളുകളെ തമ്മിൽ വേർതിരിക്കുന്ന ഇന്റർവെൻട്രിക്കുലാർ ഇടഭിത്തിക്ക് മുകളിലായി എത്തിച്ചേരുന്നു. അവിടെവച്ച് രണ്ടായിപ്പിരിഞ്ഞ് വലത്കെട്ടും ഇടത്കെട്ടുമായി മാറുന്നു. ഈ ശാഖകൾ ചെറിയ നാരുകളായി ഇരുവെൻട്രിക്കിളുകളുടെയും വശങ്ങളിലേക്ക് വ്യാപിക്കുന്നു. ഇവയെ പർക്കിൻജെ (Purkinje) തന്തുക്കൾ എന്ന് വിളിക്കുന്നു. ഈ ചെറുതന്തുക്കളും അതിനോടൊപ്പം ഇടത് വലത് കെട്ടുകളും (AV bundle) ചേരുമ്പോഴാണ് ബൻഡിൽ ഓഫ് ഹിസ് (Bundle of His) ആയി അറിയപ്പെടുന്നത്. യാതൊരു ബാഹ്യപ്രേരണയുമില്ലാതെ പ്രവർത്തനശേഷി (Action potential) ഉത്പാദിപ്പിക്കാൻ കഴിയുന്ന സ്വതഃ ഉത്തേജിതമായ ഒരു കൂട്ടം പേശീനിർമിത ഭാഗമാണ് നോഡുകൾ. എന്നിരുന്നാലും ഒരുമിനിട്ടിൽ നോഡൽ വ്യവസ്ഥയുടെ വിവിധ ഭാഗങ്ങളിൽ ഉത്പാദിപ്പിക്കപ്പെടുന്ന പ്രവർത്തനശേഷിയുടെ എണ്ണം വ്യത്യസ്തമായിരിക്കും. SA നോഡുകൾക്കാണ് പരമാവധി പ്രവർത്തനശേഷി സൃഷ്ടിക്കാൻ കഴിയുന്നത്. അതായത് മിനിട്ടിൽ 70 മുതൽ 75 വരെ. ഇതാണ് ഹൃദയത്തിന്റെ താളാത്മകമായ സങ്കോചവികാസങ്ങൾക്ക് തുടക്കം കുറിക്കുന്നതും അതിനെ നിലനിർത്തിക്കൊണ്ടുപോകുന്നതും. അതുകൊണ്ട് ഇതിനെ

പേസ്മേക്കർ (Pacemaker) എന്ന് വിളിക്കുന്നു. നമ്മുടെ ഹൃദയം സാധാരണയായി ഒരു മിനിട്ടിൽ 70 മുതൽ 75 വരെ മിടിക്കാറുണ്ട് (ശരാശരി ഒരു മിനിട്ടിൽ 72 മിടിപ്പ്).

18.3.2 ഹൃദയ പരിവൃത്തി (Cardiac cycle)

ഹൃദയം എങ്ങനെയാണ് പ്രവർത്തിക്കുന്നതെന്ന് നമുക്ക് നോക്കാം. ഹൃദയത്തിന്റെ നാല് അറകളും സങ്കോചിക്കുകയും പൂർവസ്ഥിതി പ്രാപിക്കുകയും ചെയ്യുമെന്ന് നിങ്ങൾക്കറിയാമല്ലോ? നാല് അറകളും പൂർവസ്ഥിതി പ്രാപിക്കുന്നതിനെ സംയുക്ത വികാസം അഥവാ സംയുക്ത ഡയസ്റ്റോളി (Joint diastole) എന്ന് വിളിക്കുന്നു. പൂർവസ്ഥിതി പ്രാപിക്കൽ നടക്കുമ്പോൾ നാല് അറകളും വികസനാവസ്ഥയിൽ ആയിരിക്കും. ഈ അവസ്ഥയിൽ ത്രിദളവാൽവുകളും ദ്വിദള വാൽവുകളും തുറന്നിരിക്കുന്നതിനാൽ ശ്വാസകോശ സിരകളിലെയും മഹാസിരകളിലെയും (Vena cava) രക്തം ഇടത്, വലത് ഏട്രിയങ്ങളിലൂടെ യഥാക്രമം ഇടത്, വലത് വെൻട്രിക്കിളുകളിലേക്ക് ഒഴുകുന്നു. ഈ സമയം അർദ്ധചന്ദ്രാകാര വാൽവുകൾ അടഞ്ഞിരിക്കുകയായിരിക്കും. SAN ഒരു പ്രവർത്തനശേഷി ഉത്പാദിപ്പിക്കുന്നു. ഇത് രണ്ട് ഏട്രിയങ്ങളുടെയും ഒരുമിച്ചുള്ള സങ്കോചത്തിന് കാരണമാകുന്നു. ഇതിനെ ഏട്രിയൽ സങ്കോചം അഥവാ ഏട്രിയൽ സിസ്റ്റോളി (Atrial systole) എന്ന് വിളിക്കുന്നു. ഇത് വെൻട്രിക്കിളുകളിലേക്കുള്ള രക്തപ്രവാഹം 30 ശതമാനത്തോളം വർധിപ്പിക്കുന്നു. പ്രവർത്തനശേഷി AVN ലൂടെയും AV ബണ്ടിലിലൂടെയും സഞ്ചരിച്ച് വെൻട്രിക്കുലാർ ഭാഗത്തേക്കും എത്തിച്ചേരുന്നു. ബൻഡിൽ ഓഫ് ഹിസ് ഇതിനെ വെൻട്രിക്കിളിന്റെ എല്ലാഭാഗത്തുമുള്ള പേശികളിലേക്കും പ്രേഷണം ചെയ്യുന്നു. ഇതിന്റെ ഫലമായി വെൻട്രിക്കിളിന്റെ പേശികൾ സങ്കോചിക്കുന്നു. ഇതിനെ വെൻട്രിക്കുലാർ സങ്കോചം അഥവാ വെൻട്രിക്കുലാർ സിസ്റ്റോളി (Ventricular systole) എന്ന് വിളിക്കുന്നു. വെൻട്രിക്കുലാർ സങ്കോചം നടക്കുന്ന അവസരത്തിൽത്തന്നെ ഏട്രിയങ്ങൾ പൂർവസ്ഥിതി പ്രാപിക്കുന്നു (ഡയസ്റ്റോളി). വെൻട്രിക്കുലാർ സങ്കോചം നടക്കുമ്പോൾ വെൻട്രിക്കുലാർ മർദം വർധിക്കുകയും തുടർന്ന് ത്രിദള, ദ്വിദള വാൽവുകൾ അടയുകയും ചെയ്യുന്നു. തന്മൂലം വെൻട്രിക്കിളുകളിൽ നിന്ന് ഏട്രിയങ്ങളിലേക്കുള്ള രക്തത്തിന്റെ തിരിച്ചൊഴുക്ക് സാധ്യമാകില്ല. വെൻട്രിക്കുലാർ മർദം വീണ്ടും കൂടുമ്പോൾ മഹാധമനിയുടെയും (ഇടത് ഭാഗത്ത്) ശ്വാസകോശ ധമനിയുടെയും (വലത് ഭാഗത്ത്) സുഷിരങ്ങളെ നിയന്ത്രിക്കുന്ന അർദ്ധചന്ദ്രാകാര വാൽവുകൾ തുറക്കപ്പെടുന്നു. അങ്ങനെ വെൻട്രിക്കിളുകളിലുള്ള രക്തം മേൽപ്പറഞ്ഞ രക്തക്കുഴലുകളിലൂടെ രക്തപര്യയന മാർഗങ്ങളിലേക്ക് ഒഴുകുന്നു. ഈ സമയം വെൻട്രിക്കിളുകൾ പൂർവസ്ഥിതി പ്രാപിക്കുകയും (വെൻട്രിക്കുലാർ ഡയസ്റ്റോളി) വെൻട്രിക്കുലാർ മർദം കുറയുകയും ചെയ്യുന്നു. അങ്ങനെ അർദ്ധചന്ദ്രാകാര വാൽവുകൾ അടയുകയും വെൻട്രിക്കിളുകളിലേക്കുള്ള രക്തത്തിന്റെ തിരിച്ചൊഴുക്ക് തടസ്സപ്പെടുകയും ചെയ്യുന്നു. വെൻട്രിക്കുലാർ മർദം വീണ്ടും കുറയുകയും സിരകളിൽ നിന്നുമുള്ള രക്തത്തിന്റെ സമ്മർദം കൊണ്ട് ഏട്രിയങ്ങളുടെ മർദം കൂടുകയും അങ്ങനെ ത്രിദള, ദ്വിദള വാൽവുകൾ തുറക്കാനിടവരുകയും ചെയ്യുന്നു. അങ്ങനെ ഒരിക്കൽക്കൂടി രക്തം വെൻട്രിക്കിളുകളിലേക്ക് യാതൊരു തടസ്സവുമില്ലാതെ ഒഴുകുന്നു. ഇപ്പോൾ

ഏട്രിയങ്ങളും വെൻട്രിക്കിളുകളും തുടക്കത്തിലെന്നപോലെ ഒരുമിച്ച് പൂർവസ്ഥിതി പ്രാപിക്കുന്നു (സംയുക്ത വികാസം). തുടർന്ന് SAN ഒരു പുതിയ പ്രവർത്തനശേഷി സൃഷ്ടിക്കുകയും മുൻപ് പ്രതിപാദിച്ച പ്രവർത്തനങ്ങൾ അതേ ക്രമത്തിൽ പുനരാവർത്തിക്കുകയും അങ്ങനെ ഈ പ്രക്രിയ തുടരുകയും ചെയ്യും.

ഹൃദയത്തിൽ ക്രമമായും ചാക്രികമായും നടക്കുന്ന ഈ പ്രവർത്തനങ്ങളെ ഹൃദയപരിവൃത്തി എന്നു വിളിക്കുന്നു. ഇതിൽ ഹൃദയത്തിന്റെ ഇരു ഏട്രിയങ്ങളുടെയും ഇരുവെൻട്രിക്കിളുകളുടെയും സിസ്റ്റളിയും ഡയസ്റ്റളിയും (Systole and Diastole) അടങ്ങിയിരിക്കുന്നു. നേരത്തെ വിശദമാക്കിയിട്ടുള്ളതുപോലെ ഹൃദയം ഒരു മിനിട്ടിൽ 72 തവണ മിടിക്കുന്നു. അതായത് ഓരോ മിനിട്ടിലും നിരവധി ഹൃദയപരിവൃത്തികൾ നടക്കുന്നു. ഇതിൽ നിന്ന് ഒരു ഹൃദയപരിവൃത്തിക്കെടുക്കുന്ന സമയം 0.8 സെക്കന്റാണെന്ന് കണക്കാക്കാം (60/72). ഓരോ ഹൃദയപരിവൃത്തിയിലും ഏകദേശം 70 mL രക്തം വെൻട്രിക്കിളിൽ നിന്ന് പമ്പ് ചെയ്യപ്പെടുന്നുണ്ട്. ഇതാണ് സ്പന്ദനവ്യാപ്തം (Stroke volume) എന്നറിയപ്പെടുന്നത്. സ്പന്ദനവ്യാപ്തത്തെ ഹൃദയത്തിന്റെ പ്രവർത്തന നിരക്ക് (ഒരു മിനിട്ടിലെ ഹൃദയസ്പന്ദനത്തിന്റെ എണ്ണം) കൊണ്ട് ഗുണിച്ചാൽ ഒരു മിനിട്ടിൽ ഹൃദയം എത്രമാത്രം രക്തം പുറന്തള്ളുന്നുണ്ടെന്ന് മനസ്സിലാക്കാം. ഇതാണ് ഹൃദയ പ്രവർത്തനക്ഷമത (Cardiac output). അതായത് ഹൃദയ പ്രവർത്തനക്ഷമത എന്നത് ഓരോ വെൻട്രിക്കിളും ഒരു മിനിട്ടിൽ പുറന്തുവിടുന്ന രക്തത്തിന്റെ ശരാശരി വ്യാപ്തമാണ്. ഒരു ആരോഗ്യമുള്ള വ്യക്തിയിൽ ഇത് ശരാശരി 5000 മി.ലി അല്ലെങ്കിൽ 5 ലിറ്റർ ആയിരിക്കും. നമ്മുടെ ശരീരത്തിന് സ്പന്ദന വ്യാപ്തവും ഹൃദയസ്പന്ദന നിരക്കും വ്യത്യാസപ്പെടുത്തിക്കൊണ്ട് ഹൃദയ പ്രവർത്തനക്ഷമതയിൽ മാറ്റം വരുത്താനുള്ള കഴിവുണ്ട്. ഉദാഹരണത്തിന് ഒരു കായികതാരത്തിന്റെ ഹൃദയ പ്രവർത്തനക്ഷമത ഒരു സാധാരണ മനുഷ്യനെക്കാൾ എത്രയോ കൂടുതലായിരിക്കും.

ഓരോ ഹൃദയപരിവൃത്തി നടക്കുമ്പോഴും രണ്ട് സ്പഷ്ടമായ ശബ്ദങ്ങളുണ്ടാകുന്നത് സ്റ്റെതസ്കോപ്പിന്റെ സഹായത്താൽ കേൾക്കാൻ സാധിക്കുന്നതാണ്. ആദ്യ ശബ്ദമായ 'ലബ്ബ്' ത്രിദള, ദ്വിദള വാൽവുകൾ അടയുന്നതുമായി ബന്ധപ്പെട്ടും രണ്ടാമത്തെ ശബ്ദമായ 'ഡബ്ബ്' അർധചന്ദ്രാകാര വാൽവുകൾ അടയുന്നതുമായി ബന്ധപ്പെട്ടുമുള്ളതാണ്. ഈ ശബ്ദങ്ങൾ രോഗനിർണയത്തിന് വളരെ പ്രധാനമാണ്.

18.3.3 ഇലക്ട്രോകാർഡിയോഗ്രാഫ് (ECG)

ഒരു രോഗിയെ വോൾട്ടേജ് കാണിക്കുന്ന ഒരു മോണിറ്ററിംഗ് സംവിധാനത്തിലേക്ക് ബന്ധിപ്പിച്ചിരിക്കുന്നതും അവരുടെ ഹൃദയപ്രവർത്തനങ്ങളുടെ ഗ്രാഫ് മോണിറ്ററിൽ തെളിയുന്നതും നിങ്ങൾ പലപ്പോഴും സിനിമകളിലും മറ്റും കണ്ടിട്ടുണ്ടാവുമല്ലോ? പീപ്..... പീപ്..... പീപ്...... എന്ന ശബ്ദം ഹൃദയം പ്രവർത്തിക്കുന്ന സമയത്തും പീ........... എന്ന നീണ്ട ശബ്ദം ഹൃദയസ്തംഭനം മൂലം രോഗി മരിക്കുന്ന സമയത്തും നിങ്ങൾ കേട്ടിട്ടുണ്ടാകാം.

ഈ യന്ത്രസംവിധാനത്തിലൂടെ ലഭ്യമാകുന്നത് ഒരു ഇലക്ട്രോകാർഡിയോഗ്രാം (ഇ.സി.ജി.) ആണ്. യന്ത്രത്തെ ഇലക്ട്രോകാർഡിയോഗ്രാഫ് എന്ന് വിളിക്കുന്നു.

ഹൃദയപരിവൃത്തി നടക്കുമ്പോൾ ഉണ്ടാകുന്ന വൈദ്യുത തരംഗങ്ങളുടെ ഗ്രാഫിലൂള്ള രേഖപ്പെടുത്തലാണ് ഇ.സി.ജി. ചിത്രത്തിൽ (18.3) കാണിച്ചിരിക്കുന്നതു പോലുള്ള മാതൃകാപരമായിട്ടുള്ള ഒരു ഇ.സി.ജി. ലഭ്യമാകണമെങ്കിൽ, രോഗിയെ മൂന്ന് വൈദ്യുത ചാലകങ്ങൾ കൊണ്ട് ഇലക്ട്രോകാർഡിയോഗ്രാഫ് എന്ന യന്ത്രത്തിൽ ബന്ധിപ്പിച്ചിരിക്കണം. വൈദ്യുത ചാലകങ്ങളിൽ രണ്ടെണ്ണം രോഗിയുടെ രണ്ടു കൈത്തണ്ടയിലും മറ്റേത് ഇടത് കണങ്കാലിലുമാണ് ബന്ധിപ്പിക്കേണ്ടത്. ഈ സജ്ജീകരണം ഹൃദയത്തിന്റെ പ്രവർത്തനത്തെ തുടർച്ചയായി നിരീക്ഷിക്കുകയും രേഖപ്പെടുത്തുകയും ചെയ്യുന്നു. ഹൃദയത്തിന്റെ പ്രവർത്തനം വിശദമായി വിലയിരുത്തുന്നതിന് ഒന്നിലധികം ചാലകങ്ങൾ നെഞ്ചുമായി ബന്ധിപ്പിക്കാറുണ്ട്. ഇവിടെ ഒരു മാതൃകാ ഇ.സി.ജിയെ കുറിച്ച് മാത്രമാണ് പ്രതിപാദിക്കുന്നത്.

ചിത്രം 18.3 ഒരു മാതൃകാ ഇ.സി.ജി. യുടെ രേഖാചിത്രം

ഇ.സി.ജി. യിലെ ഓരോ ഉച്ചസ്ഥാനവും (Peak) P എന്ന അക്ഷരം മുതൽ T എന്ന അക്ഷരം വരെ ഉപയോഗിച്ച് രേഖപ്പെടുത്തുകയും അവ ഓരോന്നും ഹൃദയത്തിന്റെ ഒരു പ്രത്യേക വൈദ്യുത പ്രവർത്തനം സൂചിപ്പിക്കുകയും ചെയ്യുന്നു.

P – തരംഗം **ഏട്രിയത്തിലെ വൈദ്യുത ഉത്തേജനത്തെ (Electrical excitation)** അഥവാ വൈദ്യുത ചാർജുകളുടെ **വിധ്രുവീകരണത്തെയാണ് (Depolarisation)** സൂചിപ്പിക്കുന്നത്. വൈദ്യുതചാർജുകളുടെ ഈ വിധ്രുവീകരണമാണ് രണ്ട് ഏട്രിയങ്ങളുടെയും സങ്കോചത്തിലേക്ക് നയിക്കുന്നത്. QRS കോംപ്ലക്സ് സൂചിപ്പിക്കുന്നത് **വെൻട്രിക്കിളുകളിലെ വൈദ്യുത ചാർജുകളുടെ വിധ്രുവീകരണ**ത്തെയാണ്. ഇത് വെൻട്രിക്കിളുകളുടെ സങ്കോചത്തിന് തുടക്കം കുറിക്കുന്നു. Q ന് ശേഷമാണ് സങ്കോചം തുടങ്ങുന്നത്. ഇത് സങ്കോചത്തിന്റെ (സിസ്റ്റളിയുടെ) തുടക്കമായി കണക്കാക്കാവുന്നതാണ്.

T – തരംഗം സൂചിപ്പിക്കുന്നത് വെൻട്രിക്കിളുകൾ ഉത്തേജിത അവസ്ഥയിൽ നിന്നും സാധാരണ നിലയിലേയ്ക്ക് തിരിച്ചെത്തുന്നു എന്നാണ്. അതായത് **പുനധ്രുവീകരണം (Repolarisation)** നടക്കുന്നു. T തരംഗത്തിന്റെ അവസാനം സങ്കോചത്തിന്റെ (സിസ്റ്റളിയുടെ) അവസാനത്തെ സൂചിപ്പിക്കുന്നു.

സംക്ഷേപമായി പറഞ്ഞാൽ, ഒരു നിശ്ചിത സമയപരിധിയിൽ നടക്കുന്ന QRS കോംപ്ലക്സുകളുടെ എണ്ണം കണക്കാക്കിക്കൊണ്ട് ഒരു വ്യക്തിയുടെ ഹൃദയസ്പന്ദനനിരക്ക് നിർണയിക്കാൻ സാധിക്കും. ഒരേ രീതിയിൽ വിന്യസിച്ചിട്ടുള്ള വൈദ്യുത ചാലകങ്ങൾ ഉപയോഗിക്കുമ്പോൾ വ്യത്യസ്ത വ്യക്തികളിൽ നിന്നും കിട്ടുന്ന ഇ.സി.ജി. രൂപങ്ങൾ ഏകദേശം സാമ്യമുള്ളവയായിരിക്കും. രൂപത്തിൽ വ്യതിയാനം കാണപ്പെടുന്നുവെങ്കിൽ അത് ഏതെങ്കിലും രോഗാവസ്ഥയെയോ വൈകല്യത്തെയോ സൂചിപ്പിക്കുന്നു. അതുകൊണ്ട് ഇ.സി.ജി. ക്ക് ചികിത്സയിൽ വളരെ വലിയ പ്രാധാന്യമുണ്ട്.

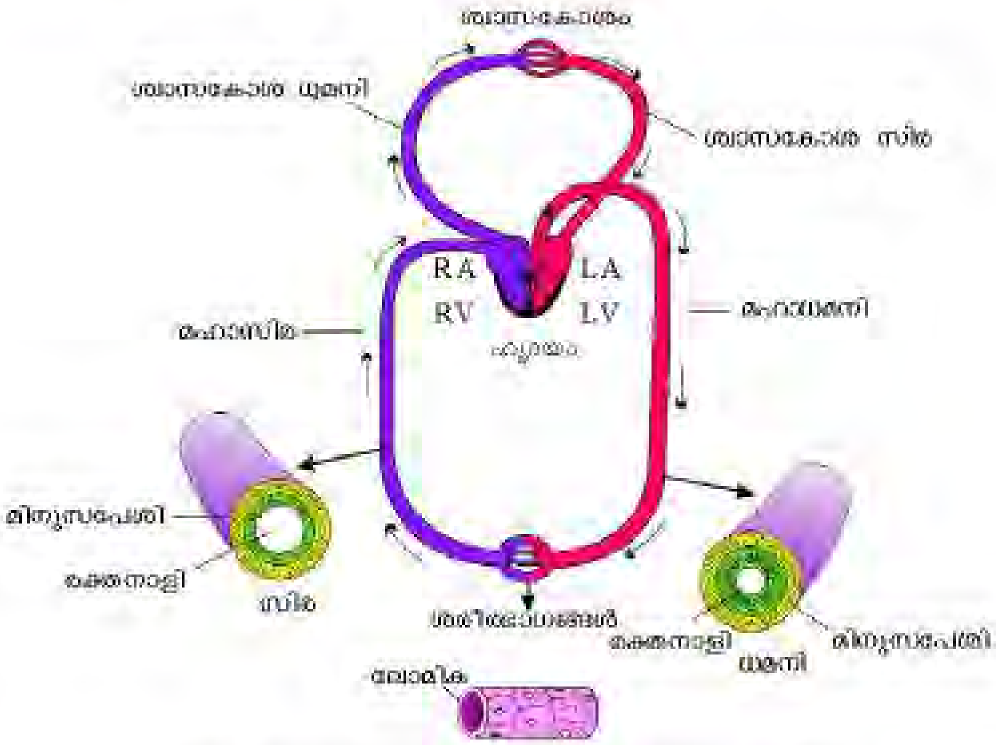
18.4 ഇരട്ട പര്യയനം (Double circulation)

രക്തക്കുഴലുകളായ ധമനികൾ, സിരകൾ എന്നിവയിലൂടെ ഒരു നിശ്ചിത പാതയിൽ മാത്രമേ രക്തം ഒഴുകുകയുള്ളൂ. അടിസ്ഥാനപരമായി ഓരോ ധമനിയിലും സിരയിലും മൂന്ന് പാളികളുണ്ട്: **ട്യൂണിക്ക ഇന്റിമ** എന്ന സ്ക്വാമസ് ആവരണകലകൊണ്ടുള്ള ആന്തരിക പാളി, മിനുസപേശികളും ഇലാസ്റ്റിക തന്തുക്കളും കൊണ്ട് നിർമിതമായ **ട്യൂണിക്ക മീഡിയ** എന്ന മധ്യപാളി, കൊളാജൻ തന്തുകളടങ്ങിയ യോജകകല കൊണ്ട് നിർമിതമായ **ട്യൂണിക്ക എക്സ്റ്റേർണ** എന്ന ബാഹ്യപാളി. സിരകളിലെ ട്യൂണിക്ക മീഡിയ താരതമ്യേന കനം കുറഞ്ഞവയാണ് (ചിത്രം 18.4).

നേരത്തെ സൂചിപ്പിച്ചതുപോലെ വലത് വെൻട്രിക്കിൾ പമ്പ് ചെയ്യുന്ന രക്തം ശ്വാസകോശ ധമനിയിലേക്കും ഇടത് വെൻട്രിക്കിൾ പമ്പ് ചെയ്യുന്ന രക്തം മഹാധമനിയിലേക്കുമാണ് എത്തിച്ചേരുന്നത്. ശ്വാസകോശ ധമനിയിലേക്ക് പമ്പ് ചെയ്യപ്പെട്ട നിരോക്സീകൃത രക്തം ശ്വാസകോശത്തിൽ എത്തിച്ചേരുന്നു. അവിടെ നിന്നും ഓക്സീകൃത രക്തം ഇടത് ഏട്രിയത്തിൽ എത്തിച്ചേരുന്നത് ശ്വാസകോശ സിരകൾ വഴിയാണ്. ഈ രക്ത പര്യയനത്തെ ശ്വാസകോശ രക്തപര്യയനം **(Pulmonary circulation)** എന്ന് വിളിക്കുന്നു. മഹാധമനിയിൽ എത്തിച്ചേരുന്ന ഓക്സീകൃത രക്തം ധമനികളുടെ ശൃംഖലകൾ, ചെറു ധമനികൾ, ലോമികാജാലങ്ങൾ എന്നിവയിലൂടെ സഞ്ചരിച്ച് വിവിധ കലകളിൽ എത്തിച്ചേരുന്നു. ഇവിടെ നിന്ന് ചെറുസിരകൾ, സിരകൾ, മഹാസിരകൾ എന്നിവ ഓക്സീകൃത രക്തത്തെ ശേഖരിച്ച് വലത് ഏട്രിയത്തിൽ എത്തിക്കുന്നു. ഇതിനെ സിസ്റ്റമിക രക്തപര്യയനം എന്ന് വിളിക്കുന്നു (ചിത്രം 18.4).

സിസ്റ്റമിക രക്തപര്യയനം പോഷകങ്ങൾ, ഓക്സിജൻ, മറ്റ് അവശ്യപദാർഥങ്ങൾ എന്നിവയെ കലകളിലേക്ക് വിനിമയം ചെയ്യുകയും അതോടൊപ്പം കാർബൺ ഡൈഓക്സൈഡ്, മറ്റ് ദോഷകരമായ വസ്തുക്കൾ എന്നിവയെ കലകളിൽ നിന്ന് സ്വീകരിച്ച് അവയെ പുറന്തള്ളുന്നതിന് വേണ്ടി കൊണ്ട് പോവുകയും ചെയ്യുന്നു. അന്നപഥവും കരളും തമ്മിൽ അതുല്യമായ ഒരു സംവഹനബന്ധം കാണപ്പെടുന്നു. ഇതിനെ കരൾ വാഹിക വ്യവസ്ഥ (Hepatic portal system) എന്നാണ് അറിയപ്പെടുന്നത്. കരൾ വാഹിക സിരയാണ് (Hepatic portal vein) കുടലിൽ നിന്നുമുള്ള രക്തത്തെ കരളിലേക്ക് എത്തിക്കുവാൻ സഹായിക്കുന്നത്. അതിനുശേഷമാണ് ആ രക്തം സിസ്റ്റമിക രക്തപര്യയനത്തിലേക്ക് മാറ്റപ്പെടുന്നത്.

ഹൃദയപേശികളിലേക്ക് രക്തം പര്യയനം നടത്തുന്നതിന് ഒരു പ്രത്യേക കൊറോണറി സംവിധാനം കാണപ്പെടുന്നു. ഹൃദയപേശികളിലേക്ക് രക്തം കൊണ്ട് പോകുന്നത് കൊറോണറി ധമനികളും തിരിച്ച് കൊണ്ടു വരുന്നത് കൊറോണറി സിരകളുമാണ്.



ചിത്രം 18.4 മനുഷ്യന്റെ രക്തപര്യയനത്തിന്റെ രൂപരേഖ

18.5 ഹൃദയ പ്രവർത്തനത്തിന്റെ നിയന്ത്രണം

ആന്തരികമായാണ് ഹൃദയത്തിന്റെ സാധാരണ പ്രവർത്തനങ്ങൾ നിയന്ത്രിക്കപ്പെടുന്നത്. അതായത്, പ്രത്യേക പേശികളാൽ (നോഡൽ കല) സ്വയം നിയന്ത്രിതമാണ്. അതുകൊണ്ട് ഹൃദയം പേശീനിയന്ത്രിതം (Myogenic) ആണ് എന്ന് പറയുന്നു. മെഡുല്ല ഒബ്ലോംഗേറ്റയിൽ കാണപ്പെടുന്ന ഒരു പ്രത്യേക നാഡീകേന്ദ്രത്തിന് സ്വതന്ത്ര നാഡീവ്യവസ്ഥയിലൂടെ (ANS) ഹൃദയത്തിന്റെ പ്രവർത്തനങ്ങൾ നിയന്ത്രിക്കാൻ കഴിയും. സിംപതറ്റിക് നാഡികളിലൂടെ (ANS - ന്റെ ഭാഗം) കടന്നുപോകുന്ന നാഡീസന്ദേശങ്ങൾക്ക് ഹൃദയസ്പന്ദനത്തോത് വർധിപ്പിക്കാനും, വെൻട്രിക്കുലാർ സങ്കോചത്തിന്റെ ശക്തി കൂട്ടാനും അതുവഴി ഹൃദയ പ്രവർത്തനക്ഷമത കൂട്ടാനും സാധിക്കും. അതേസമയം പാരാസിംപതറ്റിക് നാഡീസന്ദേശങ്ങൾക്ക് (ANS ന്റെ മറ്റൊരു ഭാഗം) ഹൃദയസ്പന്ദന തോത് കുറയ്ക്കുന്നതിനും, പ്രവർത്തനശേഷി കടന്നുപോകുന്നതിന്റെ വേഗത കുറയ്ക്കുന്നതിനും അതുവഴി ഹൃദയ പ്രവർത്തനക്ഷമത കുറയ്ക്കുന്നതിനും സാധിക്കും. സിംപതറ്റിക്, പാരാ സിംപതറ്റിക് നാഡികൾ സ്വതന്ത്രനാഡീ വ്യവസ്ഥയുടെ രണ്ട് ഭാഗങ്ങളാണ്. ഹൃദയ പ്രവർത്തനക്ഷമത വർധിപ്പിക്കാൻ സഹായിക്കുന്ന മറ്റൊരു ഗ്രന്ഥിയാണ് അഡ്രിനൽഗ്രന്ഥി (Adrenal gland). ഇതിൽ നിന്നുണ്ടാകുന്ന മെഡുല്ലറി ഹോർമോണുകളാണ് ഇതിന് നിദാനമായത്.

18.6 രക്തപര്യയന വ്യവസ്ഥയിലെ തകരാറുകൾ

രക്താതിസമ്മർദം (Hypertension)

സാധാരണ നിലയിലുള്ള രക്തമർദത്തെക്കാൾ കൂടിയ രക്തമർദ്ദത്തെയാണ് രക്താതിസമ്മർദം എന്ന് വിളിക്കുന്നത്. സാധാരണ മർദ്ദം 120/80 ആണ്. ഇതിൽ 120 mmHg എന്നത് സങ്കോച (Systolic) മർദം അഥവാ പമ്പ് ചെയ്യുമ്പോഴുള്ള മർദവും, 80 mmHg എന്നത് വികാസ (Diastolic) മർദം അഥവാ വിശ്രമാവസ്ഥയിലുള്ള മർദവുമാണ്. തുടർച്ചയായുള്ള പരിശോധനയിൽ രക്തമർദം 140/90 അല്ലെങ്കിൽ അതിൽ കൂടുതലോ ആണെങ്കിൽ അതിനെ രക്താതിസമ്മർദം എന്ന് വിളിക്കാം. ഇത് ഹൃദയ സംബന്ധമായ അസുഖങ്ങൾക്ക് കാരണമാവുകയും പ്രധാന അവയവങ്ങളായ തലച്ചോർ, വൃക്ക എന്നിവയുടെ പ്രവർത്തനങ്ങളെ ബാധിക്കുകയും ചെയ്യുന്നു.

കൊറോണറി ധമനി രോഗം (Coronary Artery Disease, CAD)

ഇതിന്റെ മറ്റൊരു പേരാണ് ധമനീ കാഠിന്യം (അതിറോസ്ക്ലീറോസിസ്). ഹൃദയ പേശികളിലേക്ക് രക്തം എത്തിക്കുന്ന കുഴലുകളിൽ കാൽസ്യം, കൊഴുപ്പ്, കൊളസ്ട്രോൾ, നാരുകളടങ്ങിയ കലകൾ എന്നിവ അടിഞ്ഞുകൂടുന്നതിന്റെ ഫലമായി ധമനികളുടെ ഉള്ള് കുറഞ്ഞു പോകുന്ന അവസ്ഥയാണിത്.

ഹൃദ്രോഗസമയത്തുള്ള നെഞ്ചുവേദന (Angina)

ഇതിനെ 'ആൻജിന പെക്ടോറിസ്' എന്ന് വിളിക്കുന്നു. ഹൃദയപേശികൾക്ക് ആവശ്യമായ ഓക്സിജൻ ലഭ്യമല്ലാത്ത അവസ്ഥയിൽ ഉണ്ടാകുന്ന കഠിനമായ നെഞ്ചുവേദനയാണ് ഇതിന്റെ ലക്ഷണം. ആൻജിന ഏത് പ്രായത്തിലുള്ള സ്ത്രീകൾക്കും പുരുഷൻമാർക്കും വരാമെങ്കിലും മധ്യവയസ്കരിലും മുതിർന്നവരിലുമാണ് സാധാരണയായി കാണപ്പെടുന്നത്. രക്തത്തിന്റെ ഒഴുക്കിനെ ബാധിക്കുന്ന വിവിധ അവസ്ഥകളാണ് ഈ അസുഖത്തിന് നിദാനം.

ഹൃദയസ്തംഭനം (Heart failure)

ഹൃദയം ശരീരാവശ്യങ്ങൾക്കനുസരിച്ച് ഫലപ്രദമായി രക്തം പമ്പ് ചെയ്യാതിരിക്കുന്ന അവസ്ഥയാണിത്. ശ്വാസകോശത്തിന്റെ സങ്കോചം ആണ് ഇതിന് ആധാരമാകുന്നത് എന്നതിനാൽ ഇതിനെ സങ്കോചാധിഷ്ഠിത ഹൃദയസ്തംഭനം (Congesive heart failure) എന്നു പറയുന്നു. ഇത് ഹൃദയമിടിപ്പ് നിലയ്ക്കുന്നതുമൂലം ഉണ്ടാകുന്ന ഹൃദയസ്തംഭനത്തിൽ നിന്നും ഹൃദയത്തിനു ലഭിക്കുന്ന രക്തത്തിന്റെ അപര്യാപ്തത മൂലമുണ്ടാകുന്ന ഹൃദയാഘാതത്തിൽ നിന്നും വ്യത്യസ്തമാണ്.

സംഗ്രഹം

കശേരുകികളിൽ കോശങ്ങൾക്ക് വളരെ അത്യാവശ്യമായ പദാർഥങ്ങളുടെ സംവഹനത്തിനും അവിടെയുണ്ടാകുന്ന വിസർജ്യവസ്തുക്കൾ നീക്കം ചെയ്യുന്നതിനും ആവശ്യമായ മാധ്യമമാണ് രക്തം. ഇത് ഒരു ദ്രവ സംയോജക കലയാണ്. ചില പദാർഥങ്ങളുടെ സംവഹനത്തിന് ഉപയോഗിക്കുന്ന മറ്റൊരു ദ്രാവകമാണ് ലസികാദ്രവം **(Lymph)**

രക്തത്തിൽ ദ്രവമാധ്യമമായ പ്ലാസ്മ, രക്താണുക്കൾ എന്നിവ കാണപ്പെടുന്നു. ചുവന്ന രക്തകോശങ്ങൾ (**RBC**, അരുണ രക്തകോശങ്ങൾ), വെളുത്ത രക്തകോശങ്ങൾ (**WBC**, ശ്വേത രക്ത കോശങ്ങൾ), പ്ലേറ്റ്ലെറ്റുകൾ **(Thrombocytes)** എന്നിവയാണ് രക്താണുക്കൾ. **RBC** യുടെ ഉപരിതലത്തിൽ കാണപ്പെടുന്ന **A, B** എന്നീ ആന്റിജനുകളുടെ സാന്നിധ്യവും അസാന്നിധ്യവും അടിസ്ഥാനമാക്കി മനുഷ്യന്റെ രക്തത്തെ **A, B, AB, O** എന്നീ രക്തഗ്രൂപ്പുകളായി തിരിച്ചിരിക്കുന്നു. **RBC** യുടെ ഉപരിതലത്തിൽ കാണപ്പെടുന്ന മറ്റൊരു ആന്റിജനായ **Rh** ആന്റിജന്റെ (റീസസ് ഘടകം) സാന്നിധ്യവും അസാന്നിധ്യവും അടിസ്ഥാനമാക്കി മറ്റൊരു രക്തഗ്രൂപ്പിങ്ങും ഉണ്ട്. കലകളിലെ കോശങ്ങൾക്കിടയിലുള്ള സ്ഥലത്ത് (കോശാന്തര സ്ഥലം) കാണപ്പെടുന്ന ദ്രവകത്തിന്റെ ഉറവിടം രക്തമാണ്. ഇതിനെ ലസികാ ദ്രവം എന്ന് വിളിക്കുന്നു. ഇത് രക്തത്തോട് വളരെയേറെ സാമ്യമുള്ള ദ്രവകമാണ്. എന്നാൽ ഇതിൽ മാംസ്യവും രക്താണുക്കളും അടങ്ങിയിട്ടില്ല.

എല്ലാ കശേരുകികളിലും ചില അകശേരുകികളിലും അടഞ്ഞ പര്യയന വ്യവസ്ഥയാണ് ഉള്ളത്. നമ്മുടെ പര്യയന വ്യവസ്ഥയിൽ പമ്പിംഗിനായുള്ള പേശിനിർമിത ഹൃദയം, രക്തക്കുഴലുകളുടെ ഒരു സഞ്ചയം, ദ്രവമാധ്യമമായ രക്തം എന്നിവ അടങ്ങിയിരിക്കുന്നു. ഹൃദയത്തിന് രണ്ട് ഏട്രിയങ്ങളും രണ്ട് വെൻട്രിക്കിളുകളുമുണ്ട്. ഹൃദയപേശികൾ സ്വയം ഉത്തേജിതമാകുന്നവയാണ്. **SAN** അഥവാ സൈനോ-ഏട്രിയൽ നോഡിൽ നിന്ന് പരമാവധി എണ്ണം പ്രവർത്തനശേഷി (ഒരു മിനിട്ടിൽ 70 മുതൽ 75 വരെ) സൃഷ്ടിക്കുന്നുണ്ട്. അതുകൊണ്ട് **SAN** ആണ് ഹൃദയത്തിന്റെ പ്രവർത്തനങ്ങളുടെ ഗതി നിർണയിക്കുന്നത്. അതിനാൽ ഇതിനെ പേസ്മേക്കർ എന്ന് വിളിക്കുന്നു. പ്രവർത്തനശേഷിയാണ് ആദ്യം ഏട്രിയത്തിന്റെയും പിന്നീട് വെൻട്രിക്കിളിന്റെയും സങ്കോചവും **(Systole)** അതിനുശേഷം പൂർവസ്ഥിതി പ്രാപിക്കലും **(Diastole)** സാധ്യമാക്കുന്നത്. സങ്കോചമാണ് രക്തത്തെ ഏട്രിയങ്ങളിൽ നിന്ന് വെൻട്രിക്കിളുകളിലേക്കും ശ്വാസകോശ ധമനി, മഹാധമനി എന്നിവയിലേക്കും രക്തത്തെ ബഹിർഗമിപ്പിക്കുന്നത്. ഹൃദയത്തിലുണ്ടാകുന്ന ചാക്രികമായ തുടർപ്രവർത്തനങ്ങളെയാണ് ഹൃദയ പരിവൃത്തി **(Cardiac cycle)** എന്ന് വിളിക്കുന്നത്. ഒരു ആരോഗ്യമുള്ള വ്യക്തി ഒരു മിനിട്ടിൽ 72 പ്രാവശ്യം ചാക്രികത നടത്തുന്നുണ്ട്. ഒരു ഹൃദയപരിവൃത്തി നടക്കുമ്പോൾ ഏകദേശം 70 മില്ലി ലിറ്റർ രക്തം ഓരോ വെൻട്രിക്കിളും പമ്പ് ചെയ്യുന്നുണ്ട്. ഇതിനെയാണ് സ്പന്ദന വ്യാപ്തം എന്ന് വിളിക്കുന്നത്. ഒരു മിനിട്ടിൽ ഹൃദയത്തിലെ ഓരോ വെൻട്രിക്കിളും പമ്പ് ചെയ്യുന്ന രക്തത്തിന്റെ വ്യാപ്തത്തെയാണ് ഹൃദയ പ്രവർത്തന ക്ഷമത എന്ന് വിളിക്കുന്നത്. ഇത് സ്പന്ദനവ്യാപ്തത്തെ ഹൃദയ സ്പന്ദനങ്ങളുടെ എണ്ണം കൊണ്ട് ഗുണിക്കുന്നതിന് തുല്യമായിരിക്കും. ഇത് ഏകദേശം 5 ലിറ്റർ ആകാം. ഹൃദയത്തിന്റെ വൈദ്യുത പ്രവർത്തനങ്ങൾ രേഖപ്പെടുത്തുന്നതിന് ഇലക്ട്രോകാർഡിയോഗ്രാഫ് ഉപയോഗിക്കുന്നു. ഇതിന്റെ രേഖപ്പെടുത്തലിനെ ഇലക്ട്രോകാർഡിയോഗ്രാം (ഇ സി ജി) എന്ന് വിളിക്കുന്നു. ഇവയ്ക്ക് ചികിത്സാപരമായി വളരെയധികം പ്രാധാന്യമുണ്ട്.

നമുക്ക് ഒരു പൂർണമായ ഇരട്ട പര്യയനമാണുള്ളത്. അതായത്, ശ്വാസകോശ രക്തപര്യയനവും സിസ്റ്റമിക് രക്തപര്യയനവും. നിരോക്സീകൃത രക്തം വലത് വെൻട്രിക്കിളിൽ നിന്ന് ശ്വാസകോശത്തിലെത്തി അവിടെ വച്ച് ഓക്സീകൃതമാക്കി തിരികെ ഇടത് ഏട്രിയത്തിലെത്തുന്ന സഞ്ചാരമാർഗത്തെയാണ് ശ്വാസകോശ രക്തപര്യയനം **(Pulmonary circulation)** എന്ന് വിളിക്കുന്നത്. ഓക്സീകൃത രക്തം ഇടത് വെൻട്രിക്കിളിൽ നിന്ന് മഹാധമനിയിൽ കൂടി ശരീരത്തിന്റെ വിവിധ ഭാഗങ്ങളിലെ കലകളിൽ എത്തിച്ചേർന്നതിന് ശേഷം നിരോക്സീകൃത രക്തമായി മാറുകയും അത് സിരകൾ വഴി തിരിച്ച് വലത് ഏട്രിയത്തിൽ എത്തിച്ചേരുകയും ചെയ്യുന്ന സഞ്ചാര മാർഗത്തെയാണ് സിസ്റ്റമിക രക്തപര്യയനം എന്ന് വിളിക്കുന്നത്. ഹൃദയം ഒരു സ്വയം ഉത്തേജിത അവയവമാണെങ്കിലും ഇതിന്റെ പ്രവർത്തനങ്ങൾ നാഡീയവും ഹോർമോണൽ സംവിധാനങ്ങളും ഉപയോഗപ്പെടുത്തിക്കൊണ്ട് നിയന്ത്രിക്കപ്പെടുന്നു.

പരിശീലന പ്രശ്നങ്ങൾ

1. രക്തത്തിലെ വിവിധ രക്താണുക്കളുടെ പേരെഴുതുക, ഓരോന്നിന്റെയും ഓരോ ധർമം എഴുതുക.
2. പ്ലാസ്മയിലെ മാംസ്യങ്ങളുടെ പ്രാധാന്യമെന്ത്?
3. കോളം I നെ, കോളം II മായി ചേരുംപടി ചേർക്കുക

കോളം I	കോളം II
(a) ഇസ്നോഫിൽ	(i) രക്തം കട്ടപിടിക്കുക
(b) അരുണ രക്തകോശങ്ങൾ	(ii) സാർവത്രിക സ്വീകർത്താവ്
(c) AB ഗ്രൂപ്പ്	(iii) അണുബാധയെ പ്രതിരോധിക്കുന്നു
(d) പ്ലേറ്റ്ലെറ്റുകൾ	(iv) ഹൃദയത്തിന്റെ സങ്കോചം
(e) സിസ്റ്റോളി	(v) വാതകവിനിമയം

4. രക്തത്തെ ഒരു യോജക കലയായി നമ്മൾ അംഗീകരിക്കുന്നത് എന്ത് കൊണ്ട്?
5. ലസികാദ്രവവും രക്തവും തമ്മിലുള്ള വ്യത്യാസമെന്ത്?
6. ഇരട്ട രക്തപര്യയനം എന്നത് കൊണ്ട് വിവക്ഷിക്കുന്നത് എന്ത്? ഇതിന്റെ പ്രാധാന്യമെന്ത്?
7. തമ്മിലുള്ള വ്യത്യാസങ്ങൾ എഴുതുക

   (a) രക്തവും ലസികാദ്രവവും

   (b) തുറന്നതും അടഞ്ഞതുമായ പര്യയന വ്യവസ്ഥ

   (c) സങ്കോചവും പൂർവസ്ഥിതി പ്രാപിക്കലും

   (d) P - തരംഗം, T - തരംഗം

8. കശേരുകികൾക്കിടയിൽ പരിണാമവുമായി ബന്ധപ്പെട്ട് ഹൃദയത്തിന്റെ മാതൃകകളിലുണ്ടായ വ്യത്യാസങ്ങൾ വിശദമാക്കുക.

9. ഹൃദയം 'പേശീനിർമിതം' എന്ന് വിളിക്കുന്നത് എന്ത് കൊണ്ട്?

10. സൈനോ-ഏട്രിയൽ നോഡിനെ നമ്മുടെ ഹൃദയത്തിന്റെ പേസ്മേക്കർ എന്ന് വിശേഷിപ്പിക്കുന്നത് എന്തുകൊണ്ട്?

11. ഹൃദയത്തിന്റെ പ്രവർത്തനങ്ങളിൽ AV നോഡിനും AV ബണ്ടിലിനുമുള്ള പ്രാധാന്യമെന്ത്?

12. ഹൃദയപരിവൃത്തിയും ഹൃദയപ്രവർത്തനക്ഷമതയും നിർവചിക്കുക.

13. ഹൃദയത്തിന്റെ ശബ്ദങ്ങൾ വിശദീകരിക്കുക.

14. ഒരു മാതൃക ഇ.സി.ജി വരച്ച് അതിന്റെ വിവിധ ഭാഗങ്ങൾ വിശദീകരിക്കുക.

QR code: F7N6J4

അധ്യായം 19

വിസർജ്യവസ്തുക്കളും അവയുടെ നിർമാർജനവും

(Excretory Products and their Elimination)

19.1 വിസർജനവ്യവസ്ഥ – മനുഷ്യരിൽ
19.2 മൂത്രം ഉൽപാദിപ്പിക്കൽ
19.3 നളികകളുടെ ധർമ്മം
19.4 അരിപ്പിച്ചെടുത്തതിന്റെ ഗാഢത കൂട്ടുന്ന സംവിധാനം
19.5 വൃക്കാ പ്രവർത്തനത്തിന്റെ നിയന്ത്രണം
19.6 മൂത്രവിസർജനം
19.7 വിസർജനത്തിൽ മറ്റ് അവയവങ്ങളുടെ പങ്ക്
19.8 വിസർജനവ്യവസ്ഥയിലെ തകരാറുകൾ

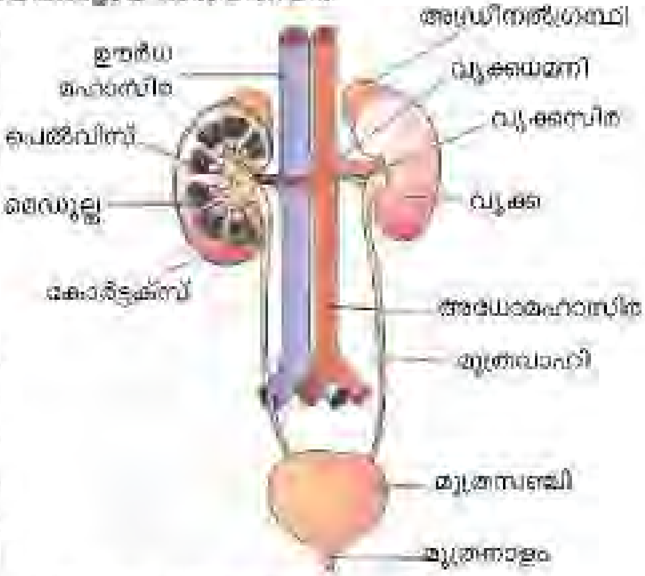
ഉപാപചയപ്രവർത്തനങ്ങളുടെ ഫലമായും അമിത ഭക്ഷണംഫലമായും ജന്തുക്കളിൽ ധാരാളം വിസർജ്യവസ്തുക്കൾ അടിഞ്ഞുകൂടുന്നതായി നിങ്ങൾക്കറിയാം. ഇവ പ്രധാനമായും അമോണിയ, യൂറിയ, യൂറിക് ആസിഡ്, കാർബൺ ഡൈഓക്സൈഡ്, ജലം, Na^+, K^+, Cl^-, ഫോസ്ഫേറ്റ്, സൾഫേറ്റ് എന്നിവയാണ്. ഇവ നിശ്ചിത അളവിൽ കൂടുതലാകുന്നത് ശരീരത്തിന് ഹാനികരമാണ്. ഈ പദാർഥങ്ങൾ ഭാഗികമായോ പൂർണമായോ പുറന്തള്ളപ്പെടേണ്ടതുണ്ട്. പ്രധാന നൈട്രോജനിക മാലിന്യങ്ങളായ അമോണിയ, യൂറിയ, യൂറിക് ആസിഡ് തുടങ്ങിയവയെ പുറന്തള്ളുന്ന പ്രക്രിയകളെക്കുറിച്ച് നമുക്ക് ഈ അധ്യായത്തിൽ പഠിക്കാം. ഇതിൽ ഏറ്റവും വിഷാംശം കൂടിയ അമോണിയയുടെ വിസർജനത്തിനായി ധാരാളം ജലം ആവശ്യമായിവരുന്നു. എന്നാൽ താരതമ്യേന വിഷാംശം കുറഞ്ഞ യൂറിക് ആസിഡിന്റെ വിസർജനത്തിന് വളരെക്കുറച്ച് ജലം മാത്രമേ ശരീരത്തിൽ നിന്ന് നഷ്ടപ്പെടുന്നുള്ളൂ.

അമോണിയ വിസർജിക്കുന്ന പ്രക്രിയയാണ് അമോണോടെലിസം. ധാരാളം അസ്ഥിമത്സ്യങ്ങളും ജല ഉഭയജീവികളും ജല ഷഡ്പദങ്ങളും **അമോണോടെലിക്കു (Ammonotelic)** കളാണ്. ജലത്തിൽ അതിവേഗം ലയിക്കുന്ന അമോണിയ, വ്യാപനത്തിലൂടെ അമോണിയം അയോണുകളായി ശരീരോപരിതലത്തിൽ കൂടിയോ, ചെകിളപ്പൂക്കൾ വഴിയോ (മത്സ്യങ്ങളിൽ) പുറന്തള്ളപ്പെടുന്നു. ഈ പ്രക്രിയയിൽ വൃക്കകൾ പ്രത്യേക പങ്ക് വഹിക്കുന്നില്ല. ജലസംരക്ഷണം ഉറപ്പുവരുത്തുന്നതിനായി നൈട്രോജനികമാലിന്യങ്ങളെ വിഷാംശം കുറഞ്ഞ യൂറിയ, യൂറിക് ആസിഡ് മുതലായവയുടെ രൂപത്തിൽ പുറന്തള്ളുന്നതിനുള്ള അനുകൂലനമുള്ളവയാണ് കരജീവികൾ. യൂറിയ വിസർജിക്കുന്ന ജന്തുക്കളെ **യൂറിയോടെലിക (Ureotelic)** ജന്തുക്കൾ എന്ന് പറയുന്നു. സസ്തനികൾ, കരയിലെ നിരവധി

ഉഭയജീവികൾ, കടൽമത്സ്യങ്ങൾ ഇവയെല്ലാം യൂറിയോടെലിക ജന്തുക്കൾക്ക് ഉദാഹരണങ്ങളാണ്. ഈ ജീവികളിൽ ഉപാപചയ പ്രവർത്തനങ്ങളുടെ ഫലമായുണ്ടാകുന്ന അമോണിയ കരളിൽവച്ച് യൂറിയയായിമാറുന്നു. ഈ യൂറിയ രക്തത്തിലേക്ക് വ്യാപിക്കുകയും വൃക്കകൾ അതിനെ അരിച്ചുമാറ്റി പുറന്തള്ളുകയും ചെയ്യുന്നു. ചിലയിനം ജീവികളിൽ നിശ്ചിത വൃതിവ്യാപനത (Osmolarity) നിലനിർത്തുന്നതിനായി വൃക്കാമാട്രിക്സിൽ നേരിയ അളവിൽ യൂറിയ നിലനിർത്തപ്പെടുന്നു. ഉരഗങ്ങൾ, പക്ഷികൾ, കരയിലെ ഒച്ചുകൾ, ഷഡ്പദങ്ങൾ തുടങ്ങിയ ജീവികളിൽ നൈട്രജനിക വിസർജ്യവസ്തുക്കൾ പരൽ രൂപത്തിലോ കുഴമ്പുരൂപത്തിലോ ഉള്ള യൂറിക് ആസിഡായി വിസർജിക്കുന്നതിനാൽ വളരെ കുറഞ്ഞ അളവിൽ മാത്രമേ ജലനഷ്ടം സംഭവിക്കുന്നുള്ളു. ഇത്തരം ജീവികളെ **യൂറിക്കോടെലിക** (Uricotelic) ജീവികൾ എന്നുവിളിക്കുന്നു.

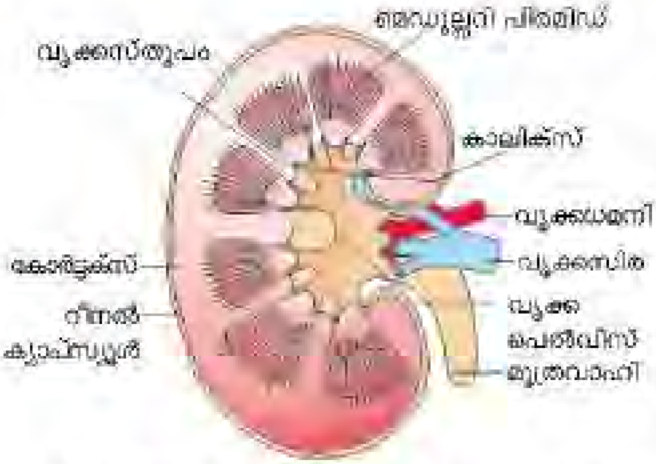
ജന്തുലോകത്തിൽ വ്യത്യസ്തതരം വിസർജനാവയവങ്ങൾ നിരീക്ഷിക്കാനാകും. അനേകം അകശേരുകികളിൽ ലഘു ഘടനയോടു കൂടിയ നളികകളായും (Simple tubular) കശേരുകികളിൽ സങ്കീർണമായ നളിക (Complex tubular) കളോടു കൂടിയ വൃക്കയുടെ രൂപത്തിലും ഇവ കാണപ്പെടുന്നു. ഇവയിൽ ചിലത് ഇവിടെ പ്രതിപാദിക്കുന്നു. പരന്ന വിരകൾ (Flatworms, e.g. *Planaria*), റോട്ടിഫറുകൾ, ചില അനലിഡുകൾ, ആംഫിയോക്സസ് (Amphioxus) പോലെയുള്ള ശിരോകശേരുകികൾ എന്നിവയിലെ വിസർജനാവയവങ്ങൾ ജ്വാലാകോശങ്ങൾ (Flame cells) അഥവാ പ്രോട്ടോനെഫ്രീഡിയകളാണ്. അയോണുകളുടെയും ശരീരദ്രവങ്ങളുടെയും അളവ് നിയന്ത്രിക്കുക, അതായത് വൃതിവ്യാപന നിയന്ത്രണം (Osmoregulation) ആണ് പ്രോട്ടോനെഫ്രീഡിയകളുടെ പ്രാഥമിക കർത്തവ്യം. മണ്ണിരകളുടെയും മറ്റ് അനലിഡുകളുടെയും വിസർജനാവയവം നെഫ്രീഡിയയാണ്. നൈട്രജനിക മാലിന്യങ്ങൾ നീക്കം ചെയ്യുന്നതിനും ദ്രാവക അയോണിക സന്തുലനാവസ്ഥ പരിപാലിക്കുന്നതിനും നെഫ്രീഡിയ സഹായിക്കുന്നു. പാറ്റ ഉൾപ്പെടെയുള്ള ഷഡ്പദങ്ങളിൽ വിസർജനാവയവങ്ങളായ മാൽപീജിയൻ നളികകൾ നൈട്രജനിക മാലിന്യങ്ങൾ നീക്കം ചെയ്യുന്നതിനും വൃതിവ്യാപന നിയന്ത്രണത്തിനും സഹായിക്കുന്നു. കൊഞ്ചുകൾ ഉൾപ്പെടുന്ന ക്രസ്റ്റേഷ്യനുകളിലെ വിസർജനാവയവങ്ങളാണ് ആന്റിനൽ ഗ്രന്ഥികൾ അഥവാ ഹരിതഗ്രന്ഥികൾ (Antennal or Green glands).

19.1 വിസർജനവ്യവസ്ഥ - മനുഷ്യനിൽ



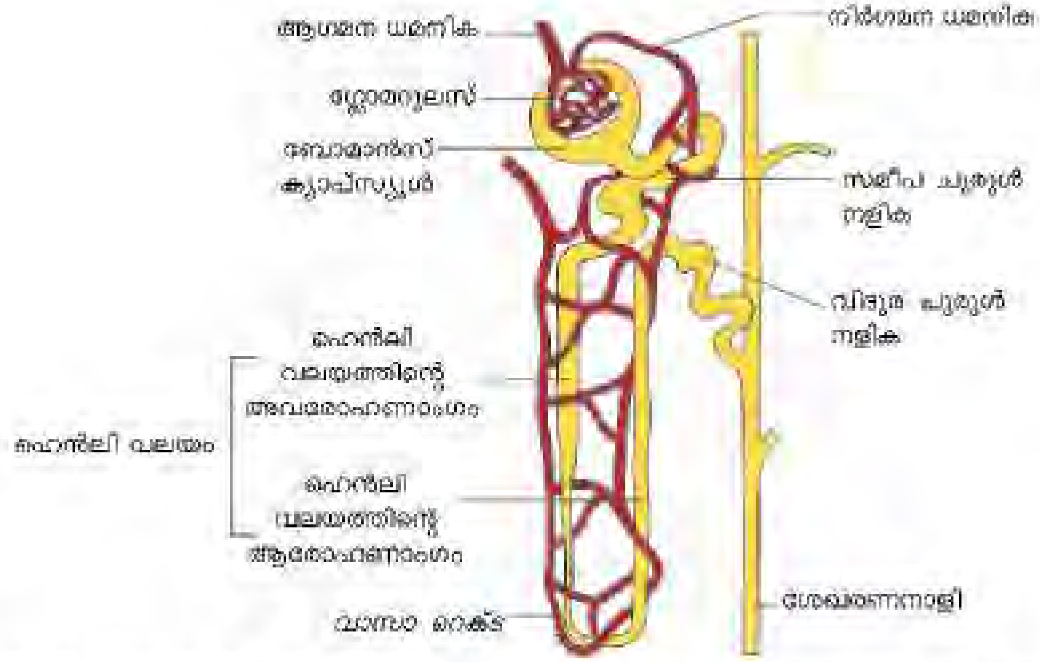
ചിത്രം 19.1 മനുഷ്യനിലെ വിസർജന വ്യവസ്ഥ

ഒരുജോഡിവൃക്കകൾ, ഒരുജോഡി മൂത്രവാഹികൾ, മൂത്രസഞ്ചി, മൂത്രനാളം എന്നിവ ഉൾപ്പെട്ടതാണ് മനുഷ്യ വിസർജനവ്യവസ്ഥ (ചിത്രം 19.1). ചുവന്ന തവിട്ട് നിറത്തിൽ പയർമണിയുടെ ആകൃതിയിലുള്ള വൃക്കകൾ അവസാനത്തെ തൊറാസിക് കശേരുവിനും മൂന്നാമത്തെ ലംബാർ കശേരുവിനും ഇടയിലായി ഉദരാശയത്തിൽ പുറംഭാഗത്ത് അകഭിത്തി



ചിത്രം 19.2 വൃക്കയുടെ നെടുകെയുള്ള ഛേദം

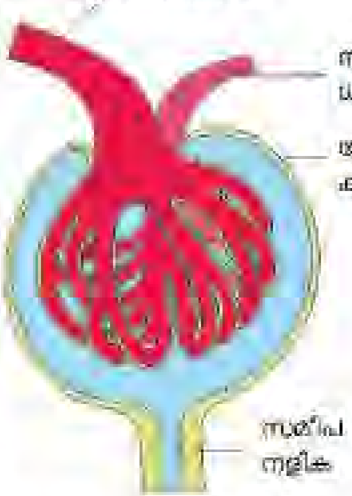
യോടു ചേർന്ന് സ്ഥിതി ചെയ്യുന്നു. പ്രായപൂർത്തിയായ ഒരാളുടെ വൃക്കയ്ക്ക് ഏകദേശം 120–170 ഗ്രാം ഭാരവും, 10–12 സെന്റീമീറ്റർ നീളവും, 5–7 സെന്റീമീറ്റർ വീതിയും, 2–3 സെന്റീമീറ്റർ കനവുമാണ് ഉള്ളത്. വൃക്കയുടെ അവതല (Concave) രൂപത്തിലുള്ള അകവശത്തിന്റെ മധ്യഭാഗത്തുള്ള ഇടുക്കിനെ ഹൈലം എന്ന് വിളിക്കുന്നു. മൂത്രവാഹി, രക്തക്കുഴലുകൾ, നാഡികൾ എന്നിവ വൃക്കയ്ക്ക് ഉള്ളിലേക്ക് പ്രവേശിക്കുന്നത് ഇതിലൂടെയാണ്. ഹൈലത്തിന് ഉള്ളിലായി ചോർപ്പിന്റെ ആകൃതിയിൽ വീതി കൂടിയ ഭാഗത്തെ റീനൽ പെൽവിസ് എന്നു വിളിക്കുന്നു. റീനൽ പെൽവിസിൽ നിന്നു മുഴച്ച് നിൽക്കുന്ന ഭാഗങ്ങളെ കാലിക്സുകൾ എന്നറിയപ്പെടുന്നു. ഓരോ വൃക്കയും ദൃഢതയുള്ള ഒരാവരണത്താൽ പൊതിഞ്ഞിരിക്കുന്നു. വൃക്കയുടെ ഉൾവശം രണ്ടു മേഖലകളായി തിരിച്ചിരിക്കുന്നു. ബാഹ്യഭാഗത്തെ കോർട്ടക്സ് എന്നും ആന്തരഭാഗത്തെ മെഡുല്ല എന്നും വിളിക്കുന്നു. കാലിക്സിലേക്ക് ഉന്തി നിൽക്കുന്ന കോൺ ആകൃതിയിലുള്ള ഭാഗങ്ങളെ മെഡുല്ലറി പിരമിഡുകൾ (Medullary pyramids) എന്നു വിളിക്കുന്നു. ഇത്തരം മെഡുല്ലറി



ചിത്രം 19.3 രക്തക്കുഴലുകൾ, നാളി, നളിക എന്നിവ കാണിക്കുന്ന നെഫ്രോണിന്റെ ചിത്രീകരണം

പിരമിഡുകളുടെ ഇടയിലേക്ക് സ്തംഭാകൃതിയിൽ വ്യാപിച്ചിരിക്കുന്ന കോർട്ടക്സിന്റെ ഘടനയെ വൃക്കാസ്തംഭങ്ങൾ അഥവാ **ബർട്ടിനിയുടെ സ്തംഭങ്ങൾ (Columns of Bertini)** എന്ന് വിളിക്കുന്നു (ചിത്രം 19.2).

ഓരോ വൃക്കയിലും ഏകദേശം പത്ത് ലക്ഷത്തോളം സങ്കീർണഘടനയുള്ള നളികകളായ **നെഫ്രോണുകൾ** (ചിത്രം 19.3) കാണപ്പെടുന്നു. ഇവയാണ് വൃക്കകളുടെ ധർമപരമായ അടിസ്ഥാനഘടകങ്ങൾ. ഓരോ നെഫ്രോണിനും ഗ്ലോമറുലസ്, വൃക്കനളിക (Renal tubule) എന്നീ രണ്ട് ഭാഗങ്ങൾ ഉണ്ട്. റീനൽ ധമനി (Renal artery) യുടെ സൂക്ഷ്മ ശാഖയായ ആഗമനധമനിക (Afferent arteriole) യിൽ നിന്ന് രൂപം കൊണ്ട ഒരു കൂട്ടം അതിസൂക്ഷ്മ ലോമികകളാണ് ഗ്ലോമറുലസ്. ഗ്ലോമറുലസിൽ നിന്നുള്ള രക്തം ദൂരേക്ക് വഹിച്ചു കൊണ്ടു പോകുന്നവയാണ് നിർഗമനധമനിക (Efferent arteriole).



ചിത്രം 19.4
മാൽപീജിയൻ ബോഡി (വൃക്കാകണം)

ഇരട്ടഭിത്തിയുള്ള കപ്പ് പോലുള്ള ഘടനയോടു കൂടിയ **ബോമാൻസ് ക്യാപ്സ്യൂള്‍ ആണ്** വൃക്കനളികയുടെ ആരംഭ ഭാഗം. ബോമാൻസ് ക്യാപ്സ്യൂളിനുള്ളിൽ ഗ്ലോമറുലസ് കാണപ്പെടുന്നു. ബോമാൻസ് ക്യാപ്സ്യൂളും ഗ്ലോമറുലസും കൂടി ഉൾപ്പെട്ടതാണ് മാൽപീജിയൻ ബോഡി (Malpighian body) അഥവാ വൃക്കാകണം (Renal corpuscle) (ചിത്രം 19.4). ഈ വൃക്കനളിക ഏറെ ചുരുണ്ട നളികാജാലമായി തുടരുന്നു. ഇതിനെ **സമീപ ചുരുൾ നളിക (Proximal Convoluted Tubule, PCT)** എന്ന് വിളിക്കുന്നു. ഹെയർപ്പിന്നിന്റെ ആകൃതിയിലുള്ള **ഹെൻലി വലയം (Henle's loop)** ആണ് വൃക്കനളികയുടെ അടുത്തഭാഗം. ഇതിന് ഒരു അവരോഹണാംഗവും (Discending limb) ഒരു ആരോഹണാംഗവും (Ascending limb) ഉണ്ട്. ഹെൻലി വലയത്തിലെ ആരോഹണാംഗത്തെ തുടർന്ന് വളരെയധികം ചുരുണ്ട വൃക്കനളികയുടെ അടുത്ത ഭാഗമായ **വിദൂര ചുരുൾനളിക (Distal Convoluted Tubule / DCT)** കാണപ്പെടുന്നു. അനേകം നെഫ്രോണുകളുടെ വിദൂര ചുരുൾനളികകൾ വന്ന് ചേരുന്ന നീണ്ടു നിവർന്ന കുഴലാണ് **ശേഖരണനാളി (Collecting duct).** ധാരാളം ശേഖരണനാളികൾ കൂടിച്ചേർന്ന് കാലിക്സിലുള്ള മെഡുല്ലറി പിരമിഡിലൂടെ റീനൽ പെൽവിസിലേക്ക് തുറക്കുന്നു.

നെഫ്രോണിന്റെ മാൽപീജിയൻ കോർപസൽ, PCT, DCT എന്നിവ വൃക്കയുടെ ബാഹ്യ കോർട്ടിക്കൽ ഭാഗത്ത് സ്ഥിതി ചെയ്യുന്നു. എന്നാൽ ഹെൻലി വലയം മെഡുല്ലയിൽ നിമഗ്നമായിരിക്കുന്നു. ഭൂരിഭാഗം നെഫ്രോണുകളിലും ഹെൻലി വലയം വളരെ നീളം കുറഞ്ഞതും മെഡുല്ലയിലേക്ക് വളരെക്കുറച്ച് മാത്രം വ്യാപിച്ചിരിക്കുന്നതുമായ രീതിയിൽ കാണപ്പെടുന്നു. ഇത്തരം നെഫ്രോണുകളാണ് കോർട്ടിക്കൽ നെഫ്രോണുകൾ. എന്നാൽ ചില നെഫ്രോണുകളിൽ ഹെൻലി വലയം വളരെ നീളമുള്ളതും മെഡുല്ലയിലേക്ക് ആഴ്ന്നിറങ്ങി കാണപ്പെടുകയും ചെയ്യുന്നു. ഇവയാണ് ജക്സ്റ്റാ മെഡുല്ലറി നെഫ്രോണുകൾ.

ഗ്ലോമറുലസ്സിൽ നിന്നും പുറപ്പെടുന്ന നിർഗമനധമനിക വൃക്കനളികയ്ക്ക് ചുറ്റും

അതിസൂക്ഷ്മ ലോമികജാലമായി രൂപപ്പെടുന്നു. ഇവയാണ് ബാഹ്യനളികാലോമികകൾ (Peritubular capillaries). ഈ ലോമികജാലത്തിലെ വളരെ നേർത്ത ഒരു രക്തക്കുഴൽ ഹെൻലി വലയത്തിന് സമാന്തരമായി നീങ്ങി, 'U' ആകൃതിയിലുള്ള വാസാ റെക്ട *(Vasa recta)* ആയി മാറുന്നു. കോർട്ടിക്കൽ നെഫ്രോണുകളിൽ വാസാ റെക്ടാ കാണപ്പെടാതിരിക്കുകയോ വളരെ ചുരുങ്ങിയതായി കാണപ്പെടുകയോ ചെയ്യുന്നു.

19.2 മൂത്രം ഉത്പാദിപ്പിക്കൽ

നെഫ്രോണിന്റെ വ്യത്യസ്ത ഭാഗങ്ങളിൽ മൂന്ന് ഘട്ടങ്ങളായി നടക്കുന്ന സങ്കീർണമായ പ്രക്രിയയിലൂടെയാണ് മൂത്രം ഉണ്ടാകുന്നത്. ഗ്ലോമറുലസിലൂടെയുള്ള അരിക്കൽ (Glomerular filtration), പുനരാഗിരണം (Reabsorption), സ്രവണം (Secretion) എന്നിവയാണ് ഈ പ്രക്രിയകൾ.

രക്തത്തിന്റെ സൂക്ഷ്മ അരിക്കൽ എന്ന പ്രക്രിയയാണ് മൂത്രം ഉണ്ടാകുന്നതിന്റെ ആദ്യഘട്ടം. ഇത് ഗ്ലോമറുലസ്സിൽവച്ച് നിർവഹിക്കപ്പെടുന്നതിനാൽ ഇതിനെ **ഗ്ലോമറുലസിലൂടെയുള്ള അരിക്കൽ (Glomerular filtration)** എന്നറിയപ്പെടുന്നു. ഒരു മിനിറ്റിൽ ശരാശരി 1100–1200 മില്ലിലിറ്റർ രക്തം വൃക്കകൾ അരിച്ചു മാറ്റുന്നു. ഇത് ഹൃദയത്തിന്റെ ഓരോ വെൻട്രിക്കിളും ഒരു മിനിറ്റിൽ പമ്പ് ചെയ്യുന്ന രക്തത്തിന്റെ ഏകദേശം അഞ്ചിലൊന്ന് ($\frac{1}{5}$) ഭാഗമാണ്. ഗ്ലോമറുലസ്സിലെ രക്തലോമികകളിലെ രക്തമർദം മൂലം രക്തത്തിന്റെ അരിക്കൽ പ്രക്രിയ സാധ്യമാകുന്നു. ഗ്ലോമറുലാർ രക്തക്കുഴലുകളുടെ ആന്തരപാളി (Endothelium of glomerular bloodvessels), ബോമാൻസ് ക്യാപ്സ്യൂളിന്റെ ആവരണകല, ഇവയ്ക്ക് രണ്ടിനും ഇടയിലുള്ള അടിസ്ഥാനസ്തരം (Basement membrane) എന്നീ മൂന്ന് പാളികളിലൂടെയാണ് രക്തത്തിന്റെ അരിക്കൽ പ്രക്രിയ നടക്കുന്നത്. ബോമാൻസ് ക്യാപ്സ്യൂളിലെ ആവരണകലാകോശങ്ങളായ പോഡോസൈറ്റുകൾ സങ്കീർണമായ രീതിയിൽ ക്രമീകരിച്ചിരിക്കുന്നു. തത്ഫലമായി ചില അതിസൂക്ഷ്മസ്ഥലങ്ങൾ, അരിക്കൽ വിടവുകൾ (Filtration slits) അഥവാ കുഴികൾ (Slit pores) അവശേഷിക്കുന്നു. ഈ സ്ഥലങ്ങളിലൂടെ രക്തം അതിസൂക്ഷ്മമായി അരിക്കപ്പെട്ട്, ബോമാൻസ് ക്യാപ്സ്യൂളിന്റെ ഇരട്ടഭിത്തികൾക്കിടയിലുള്ള പൊള്ളയായ സ്ഥലത്ത് എത്തിച്ചേരുന്നു. പ്ലാസ്മാപ്രോട്ടീൻ ഒഴികെ പ്ലാസ്മയിൽ കാണുന്ന ഏതാണ്ട് എല്ലാ ഘടകങ്ങളും ഗ്ലോമറുലാർഫിൽട്രേറ്റിൽ കാണപ്പെടുന്നതിനാൽ ഈ പ്രക്രിയ **അതിസൂക്ഷ്മ അരിക്കൽ (Ultra filtration)** എന്നറിയപ്പെടുന്നു.

ഒരു മിനിറ്റിൽ വൃക്ക അരിച്ചു മാറ്റുന്ന അവക്ഷിപ്തത്തിന്റെ (Filtrate) അളവിനെ **ഗ്ലോമറുലസിലൂടെയുള്ള അരിക്കൽ തോത് (Glomerular filtration rate / GFR)** എന്ന് വിളിക്കുന്നു. പൂർണ ആരോഗ്യവാനായ ഒരു വ്യക്തിയുടെ ജി.എഫ്.ആർ. ഏകദേശം 125 മില്ലിലിറ്റർ/മിനിറ്റ്, അതായത് ഒരു ദിവസം 180 ലിറ്റർ ആണ്.

ഗ്ലോമറുലസിലൂടെയുള്ള അരിക്കലിന്റെ തോത് നിയന്ത്രിക്കുന്നതിന് വൃക്കകളിൽ തന്നെ സംവിധാനങ്ങൾ കാണപ്പെടുന്നു. അങ്ങനെയുള്ള ഫലപ്രദമായ ഒരു സംവിധാനമാണ് ജക്സ്റ്റാഗ്ലോമറുലാർ അപ്പാരറ്റസ് (JGA). ദൂരസ്ഥ ചുരുൾ നളികയും ആഗമന ധമനികയും പരസ്പരം സമ്പർക്കത്തിൽ വരുന്ന സ്ഥാനത്ത് കോശ

ങ്ങൾക്ക് രൂപാന്തരണം സംഭവിച്ചുണ്ടാകുന്ന ഒരു പ്രത്യേക ഭാഗമാണ് JGA. GFR ൽ ഉണ്ടാകുന്ന കുറവ് JG കോശങ്ങളെ സജീവമാക്കുകയും അവ റെനിൻ (**Renin**) എന്ന രാസാഗ്നി ഉൽപ്പാദിപ്പിക്കുകയും ചെയ്യുന്നു. ഇത് ഗ്ലോമറുലസിലേക്കുള്ള രക്തയൊഴുക്കിനെ ഉത്തേജിപ്പിക്കുകയും അങ്ങനെ GFR സാധാരണ നിലയിലാവുകയും ചെയ്യുന്നു.

ഒരു ദിവസം രൂപപ്പെടുന്ന ഗ്ലോമറുലാർ അവക്ഷിപ്തത്തിന്റെ അളവും (ഒരു ദിവസം 180 ലിറ്റർ) വിസർജിക്കുന്ന മൂത്രത്തിന്റെ അളവും (1.5 ലിറ്റർ) താരതമ്യം ചെയ്താൽ ഗ്ലോമറുലസിലൂടെയുള്ള അവക്ഷിപ്തത്തിന്റെ ഏതാണ്ട് 99 ശതമാനവും വൃക്കാനളികകളിൽ പുനരാഗിരണം ചെയ്യപ്പെടുന്നു എന്ന് വ്യക്തമാകുന്നു. ഈ പ്രക്രിയയാണ് **പുനരാഗിരണം (Reabsorption)**. നെഫ്രോണിന്റെ വിവിധഭാഗങ്ങളിൽ കാണപ്പെടുന്ന നളികാ ആവരണ കോശങ്ങൾ (Tubular epithelial cells) സക്രിയ അല്ലെങ്കിൽ നിഷ്ക്രിയ സംവിധാനങ്ങൾ വഴിയാണ് ഈ പ്രക്രിയ നിർവഹിക്കുന്നത്. ഉദാഹരണമായി അവക്ഷിപ്തത്തിൽ അടങ്ങിയിട്ടുള്ള ഗ്ലൂക്കോസ്, അമിനോ ആസിഡുകൾ, സോഡിയം അയോൺ മുതലായ പദാർഥങ്ങൾ സക്രിയ സംവഹനം (Active transport) വഴി പുനരാഗിരണം ചെയ്യപ്പെടുകയും നൈട്രജനിക മാലിന്യങ്ങൾ നിഷ്ക്രിയ സംവഹനം (Passive transport) വഴി ആഗിരണം ചെയ്യപ്പെടുകയും ചെയ്യുന്നു. നെഫ്രോണിന്റെ പ്രാരംഭ ഭാഗങ്ങളിൽ ജലത്തിന്റെ പുനരാഗിരണവും നിഷ്ക്രിയമായി നടക്കുന്നു (ചിത്രം 19.5).

മൂത്രം രൂപപ്പെടുമ്പോൾ വൃക്കാനളികാകോശങ്ങൾ H^+, K^+, അമോണിയ എന്നീ പദാർഥങ്ങളെ അവക്ഷിപ്തത്തിലേക്ക് സ്രവിക്കുന്നു. മൂത്രം രൂപപ്പെടുന്നതിന്റെ ഒരു സുപ്രധാന ഘട്ടമായ നളികാസ്രവണത്തിലൂടെ ശരീരദ്രവങ്ങളുടെ അയോണിക, അമ്ല-ക്ഷാര സന്തുലിതാവസ്ഥ പരിപാലിക്കപ്പെടുന്നു.

19.3 നളികകളുടെ ധർമങ്ങൾ

സമീപ ചുരുൾ നളിക (PCT) : PCT യുടെ അകത്തെ പാളിയിൽ കാണപ്പെടുന്ന ലളിതമായ ക്യൂബോയിഡൽ ബ്രഷ് ബോർഡർ ആവരണകല ഉപരിതലവിസ്തീർണം വർധിപ്പിക്കുകയും അങ്ങനെ പുനരാഗിരണത്തിന്റെ തോത് കൂട്ടുകയും ചെയ്യുന്നു. ഏകദേശം എല്ലാ അത്യാവശ്യ പോഷകഘടകങ്ങളും, 70–80 ശതമാനം ഇലക്ട്രോലൈറ്റുകൾ, ജലം എന്നിവ ഈ ഭാഗം പുനരാഗിരണം ചെയ്യുന്നു. ഹൈഡ്രജൻ അയോണുകൾ, അമോണിയ, പൊട്ടാസ്യം അയോണുകൾ എന്നിവയെ മാത്രം അവക്ഷിപ്തത്തിലേക്ക് സ്രവിപ്പിക്കുക വഴിയും HCO_3^- നെ അവക്ഷിപ്തത്തിൽ നിന്ന് ആഗിരണം ചെയ്യുക വഴിയും PCT ശരീരദ്രവങ്ങളുടെ pH ഉം അയോണിക സന്തുലിതാവസ്ഥയും പരിപാലിക്കുന്നതിന് സഹായിക്കുന്നു.

ഹെൻലി വലയം : ഇതിന്റെ ആരോഹണഭാഗത്തിൽ പുനരാഗിരണം വളരെ കുറവാണ്. എന്നിരുന്നാലും മെഡുല്ലറി ഇന്റർസ്റ്റീഷ്യൽ ദ്രവത്തിന്റെ (Medullary interstitial fluid) ഉയർന്ന വൃതിവ്യാപനതാ നിലനിർത്തുന്നതിൽ ഈ ഭാഗം ഒരു സുപ്രധാന പങ്ക് വഹിക്കുന്നു. ഹെൻലി വലയത്തിന്റെ അവരോഹണഭാഗം ജലത്തെ യഥേഷ്ടം കടത്തിവിടുകയും ഇലക്ട്രോലൈറ്റുകളെ കടത്തിവിടാതി

ചിത്രം 19.5 നെഫ്രോണിന്റെ വിവിധഭാഗങ്ങളിൽ പ്രധാന പദാർഥങ്ങളുടെ പുനരാഗിരണവും സ്രവണവും കാണിക്കുന്ന ചിത്രം (അമ്പ് അടയാളം പദാർഥങ്ങളുടെ ചലനദിശ സൂചിപ്പിക്കുന്നു)

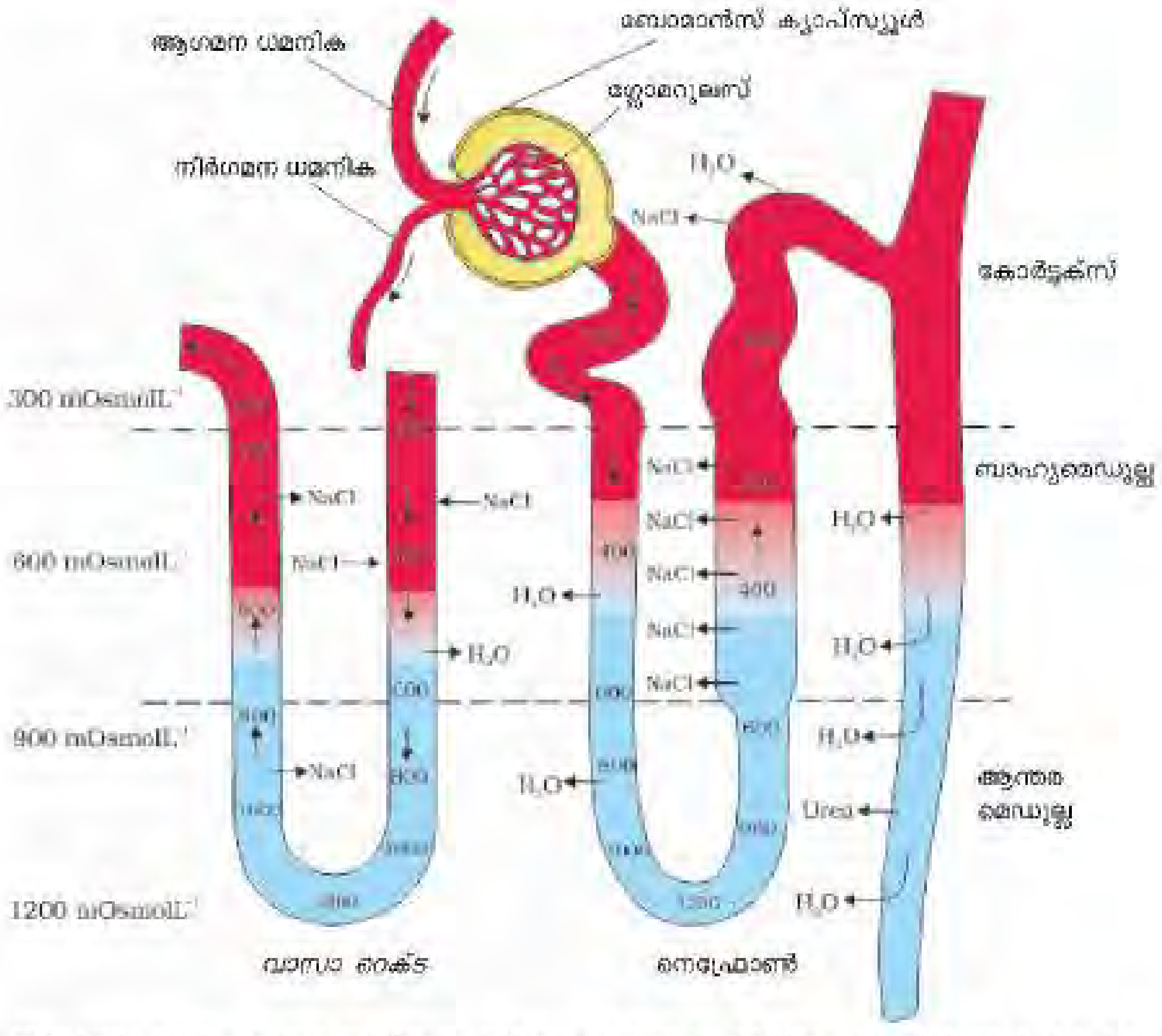
രിക്കുകയും ചെയ്യുന്നു. ഇത് അവശിഷ്ടം താഴേക്ക് ഒഴുകി വരുമ്പോൾ അതിന്റെ ഗാഢത കൂട്ടുന്നതിന് സഹായിക്കുന്നു. എന്നാൽ ഹെൻലി വലയത്തിലെ ആരോഹണാംഗം ജലത്തിനെ കടത്തിവിടാതിരിക്കുകയും ഇലക്ട്രോലൈറ്റുകളെ സ്ക്രിയമായും നിഷ്ക്രിയമായും കടത്തിവിടുകയും ചെയ്യുന്നു. ആയതിനാൽ, ഗാഢത കൂടിയ അവശിഷ്ടം ആരോഹണാംഗത്തിലൂടെ മുകളിലേക്ക് നീങ്ങുമ്പോൾ ഇലക്ട്രോലൈറ്റുകൾ മെഡുല്ലറി ദ്രവത്തിലേക്ക് കടക്കുന്നതിന്റെ ഫലമായി അവശിഷ്ടത്തിന്റെ ഗാഢത കുറഞ്ഞ് നേർത്തതായി മാറുന്നു.

വിദൂര ചുരുൾ നളിക (DCT) : Na^+, ജലം എന്നിവയുടെ സോപാധികമായ പുനരാഗിരണം ഈ ഭാഗത്ത് നടക്കുന്നു. രക്തത്തിലെ സോഡിയം-പൊട്ടാസ്യം സന്തുലനാവസ്ഥ, pH എന്നിവ പരിപാലിക്കുന്നതിൽ DCT സുപ്രധാന പങ്ക് വഹിക്കുന്നു. HCO_3^- നെ പുനരാഗിരണം ചെയ്യുക വഴിയും ഹൈഡ്രജൻ, പൊട്ടാസ്യം അയോണുകൾ, അമോണിയ എന്നിവയെ മാത്രം സ്രവിക്കുന്നതു വഴിയുമാണ് DCT ഇത് സാധ്യമാക്കുന്നത്.

ശേഖരണനാളി : വൃക്കയുടെ ബാഹ്യകോർട്ടക്സ് മുതൽ ആന്തരിക മെഡുല്ലയുടെ ഉൾഭാഗം വരെ ഈ നീണ്ട നാളി വ്യാപിച്ചു കിടക്കുന്നു. ഗാഢത കൂടിയ മൂത്രം ഉത്പ്പാദിപ്പിക്കാനായി ഈ ഭാഗത്ത് വളരെ ഉയർന്ന തോതിൽ ജലം പുനരാഗിരണം ചെയ്യപ്പെടുന്നു. മെഡുല്ലറി ഇന്റർസ്റ്റീഷ്യത്തിലേക്ക് ചെറിയതോതിൽ യൂറിയ കടത്തി വിട്ട് ഈ ഭാഗം വൃതിവ്യാപനത കാത്തുസൂക്ഷിക്കുന്നു. H^+, K^+ അയോണുകളെ മാത്രം തിരഞ്ഞെടുത്ത് സ്രവിക്കുന്നതിലൂടെ രക്തത്തിലെ pH ഉം അയോണുകളുടെ തുലനാവസ്ഥയും പാലിക്കുന്നതിൽ ഇത് ഒരു സുപ്രധാന പങ്ക് വഹിക്കുന്നു (ചിത്രം 19.5).

19.4 അവക്ഷിപ്തത്തിന്റെ ഗാഢത കൂട്ടുന്ന സംവിധാനം

സസ്തനികൾക്ക് ഗാഢത കൂടിയ മൂത്രം ഉത്പ്പാദിപ്പിക്കാനുള്ള കഴിവുണ്ട്. ഹെൻലി വലയവും വാസാ റെക്ടയുമാണ് ഇതിൽ സുപ്രധാന പങ്ക് വഹിക്കുന്നത്. ഹെൻലി



ചിത്രം 19.6 നെഫ്രോണും വാസാ റെക്ടയും വിരുദ്ധ പ്രവാഹ സംവിധാനം കാണിക്കുന്ന രേഖാചിത്രം

വലയത്തിന്റെ രണ്ട് അംഗങ്ങളിലൂടെയുമുള്ള അവക്ഷിപ്തത്തിന്റെ പ്രവാഹം വിപരീത ദിശയിലായതിനാൽ ഇത് ഒരു വിരുദ്ധ പ്രവാഹം (Counter current) സൃഷ്ടിക്കുന്നു. അതുപോലെ വാസാ റെക്ടയുടെ രണ്ട് ഭാഗങ്ങളിലൂടെയുള്ള രക്തത്തിന്റെ ഒഴുക്കും വിരുദ്ധപ്രവാഹരീതിയിലാണ്. ഹെൻലി വലയവും വാസാ റെക്ടയും തമ്മിലുള്ള സാമീപ്യവും അവയിലെ വിരുദ്ധപ്രവാഹവും ആന്തരിക മെഡുല്ലറി ഇന്റർസ്റ്റീഷ്യത്തിൽ ഉയർന്ന വൃതിവ്യാപനത പരിപാലിക്കാൻ സഹായിക്കുന്നു. അതായത് കോർട്ടക്സിലെ 300mOSmoL^{-1} ൽ നിന്നും ആന്തരമെഡുല്ലയിലെ 1200mOSmoL^{-1} വരെ. NaCl ഉം യൂറിയയുമാണ് ഈ അളവിലെ വ്യത്യാസത്തിന് കാരണം. ഹെൻലി വലയത്തിലെ ആരോഹണാംഗത്തിലൂടെ കടന്നുപോകുന്ന NaCl, വാസാ റെക്ടയിലെ അവരോഹണഭാഗവുമായി കൈമാറ്റം ചെയ്യപ്പെടുന്നു. വാസാ റെക്ടയുടെ ആരോഹണാംഗം വഴി NaCl ഇന്റർസ്റ്റീഷ്യത്തിലേക്ക് തിരിച്ചു വരുന്നു. അതുപോലെ ഹെൻലി വലയത്തിലെ ആരോഹണാംഗത്തിലെ കനംകുറഞ്ഞ ഭാഗത്തേക്ക് യൂറിയ ചെറിയ തോതിൽ പ്രവേശിക്കുകയും ശേഖരണ നാളിവഴി അവ ഇന്റർസ്റ്റീഷ്യത്തിലേക്ക് തിരികെ എത്തിച്ചേരുകയും ചെയ്യുന്നു. ഹെൻലി വലയത്തിന്റെയും വാസാ റെക്ടയുടെയും പ്രത്യേക ക്രമീകരണം വഴി സാധ്യമാകുന്ന പദാർഥങ്ങളുടെ മേൽപറഞ്ഞ രീതിയിലുള്ള സഞ്ചാരത്തെ **വിരുദ്ധപ്രവാഹസംവിധാനം (Counter current mechanism)** എന്ന് വിളിക്കുന്നു (ചിത്രം 19.6). ഈ സംവിധാനം മെഡുല്ലറി ഇന്റർസ്റ്റീഷ്യത്തിലെ ഗാഢതാവ്യത്യാസം പരിപാലിക്കുന്നതിന് സഹായിക്കുന്നു. ഇന്റർസ്റ്റീഷ്യത്തിലെ ഈ വ്യത്യാസം ശേഖരണനാളിയിൽ നിന്ന് ജലത്തിന്റെ എളുപ്പത്തിലുള്ള ഒഴുക്കിനെ സഹായിക്കുന്നു. തന്മൂലം അവക്ഷിപ്തത്തിന്റെ (മൂത്രം) ഗാഢത വർധിക്കുന്നു. പ്രാരംഭത്തിലുണ്ടായ അവക്ഷിപ്തത്തെക്കാൾ ഏതാണ്ട് നാല് മടങ്ങ് ഗാഢത കൂടിയ മൂത്രം ഉത്പാദിപ്പിക്കുന്നതിന് മനുഷ്യവൃക്കകൾക്ക് സാധിക്കും.

19.5 വൃക്കാപ്രവർത്തനത്തിന്റെ നിയന്ത്രണം

ഹൈപ്പോതലാമസ്, JGA, ഒരു പരിധിവരെ ഹൃദയം എന്നീ അവയവങ്ങൾ ഉൾപ്പെട്ട ഹോർമോണൽ പ്രതികരണ സംവിധാനങ്ങളാണ് വൃക്കയുടെ പ്രവർത്തനങ്ങൾ കാര്യക്ഷമമായി നിരീക്ഷിക്കുകയും നിയന്ത്രിക്കുകയും ചെയ്യുന്നത്.

ശരീരദ്രവത്തിന്റെ അളവ്, രക്തത്തിന്റെ അളവ്, അയോണുകളുടെ ഗാഢത തുടങ്ങിയവയിലുള്ള വ്യത്യാസങ്ങൾ ശരീരത്തിലെ വൃതിവ്യാപനഗ്രാഹികളെ (Osmoreceptors) ഉത്തേജിപ്പിക്കുന്നു. ശരീരത്തിൽ നിന്ന് അമിതമായ ദ്രവനഷ്ടം ഉണ്ടാകുമ്പോൾ ഈ ഗ്രാഹികൾ സജീവമായി ഹൈപ്പോതലാമസിനെ ഉത്തേജിപ്പിക്കുന്നു. തന്മൂലം ന്യൂറോ ഹൈപ്പോഫൈസിസിൽ നിന്ന് ആന്റി ഡൈയൂറെറ്റിക് ഹോർമോൺ (ADH) അഥവാ വാസോപ്രസിൻ സ്രവിക്കുന്നു. വൃക്കാനളികയുടെ അന്തിമഭാഗങ്ങളിൽനിന്നുള്ള ജലത്തിന്റെ പുനരാഗിരണം ADH സുഗമമാക്കുകയും അങ്ങനെ മൂത്രവർധനം (Diuresis) തടയുകയും ചെയ്യുന്നു. ശരീരദ്രവത്തിന്റെ അളവിലുണ്ടാകുന്ന വർധനവ് വൃതിവ്യാപനഗ്രാഹികളുടെ പ്രവർത്തനത്തെ നിർത്തലാക്കി ADH നെ സ്രവിക്കുന്നത് ശമിപ്പിച്ചു കൊണ്ട് പ്രതികരണ സംവിധാനം പൂർണമാക്കുന്നു. രക്തക്കുഴലുകളെ സങ്കോചിപ്പിക്കാനുള്ള ADHന്റെ കഴിവും വൃക്കാപ്രവർത്തനങ്ങളെ സ്വാധീനിക്കാറുണ്ട്. ഇത് രക്തമർദം കൂടുന്ന

തിന് കാരണമാകുന്നു. രക്തമർദത്തിലുണ്ടാകുന്ന വർധനവ് ഗ്ലോമറുലസിലെ രക്തപ്രവാഹം വർധിപ്പിക്കുകയും അങ്ങനെ GFR കൂടുകയും ചെയ്യുന്നു.

വളരെ സങ്കീർണമായ നിയന്ത്രണ ചുമതലയാണ് JGA വഹിക്കുന്നത്. ഗ്ലോമറുലസിലെ രക്തപ്രവാഹം/ഗ്ലോമറുലസിലെ രക്തമർദം/GFR/ ഇവയിൽ ഏതിലെങ്കിലും ഉള്ള കുറവ് JG കോശങ്ങളെ ഉത്തേജിപ്പിക്കുകയും റെനിൻ പുറപ്പെടുവിക്കുകയും ചെയ്യുന്നു. ഇത് രക്തത്തിലെ ആൻജിയോടെൻസിനോജനെ ആൻജിയോ ടെൻസിൻ I ഉം പിന്നീട് അതിനെ ആൻജിയോടെൻസിൻ II ഉം ആക്കി മാറ്റുന്നു. ആൻജിയോടെൻസിൻ II വളരെ ശക്തിയേറിയ ഒരു കുഴൽസങ്കോചിനി (Vasoconstrictor) ആയതിനാൽ, അത് ഗ്ലോമറുലസിലെ രക്തമർദം കൂട്ടുകയും അങ്ങനെ GFR കൂടുകയും ചെയ്യുന്നു. കൂടാതെ ആൻജിയോടെൻസിൻ II, അഡ്രിനൽ കോർട്ടക്സിനെ ഉത്തേജിപ്പിച്ച് ആൽഡോസ്റ്റിറോൺ പുറപ്പെടുവിക്കുന്നു. ആൽഡോസ്റ്റിറോൺ, നളികയുടെ വിദൂരഭാഗത്തു നിന്നുമുള്ള Na^+, ജലം എന്നിവയുടെ പുനരാഗിരണത്തിന് കാരണമാകുന്നു. ഇത് രക്തമർദം കൂട്ടുന്നതിനും അങ്ങനെ GFR വർധിക്കുന്നതിലേക്കും നയിക്കുന്നു. ഈ സങ്കീർണ സംവിധാനം പൊതുവായി **റെനിൻ-ആൻജിയോടെൻസിൻ** സംവിധാനം എന്ന് അറിയപ്പെടുന്നു.

ഹൃദയത്തിലെ ഏട്രിയത്തിലേക്കുള്ള രക്തപ്രവാഹം കൂടുമ്പോൾ, ഹൃദയം ഏട്രിയൽ നാട്രിയുററ്റിക് ഘടകം (Atrial Natriuretic Factor -ANF) പുറപ്പെടുവിക്കുന്നു. ANF രക്തക്കുഴൽ വികാസത്തിന് (Vasodilation) കാരണമാകുന്നു, തത്ഫലമായി രക്തമർദം കുറയുന്നു. അതിനാൽ ANF സംവിധാനം, റെനിൻ-ആൻജിയോടെൻസിൻ സംവിധാനത്തിന്റെ പരിശോധനാസംവിധാനമായി വർത്തിക്കുന്നു.

19.6 മൂത്രവിസർജനം (Micturition)

നെഫ്രോണുകളിൽ രൂപം കൊള്ളുന്ന മൂത്രം അവസാനം മൂത്രസഞ്ചിയിൽ എത്തിച്ചേരുന്നു. കേന്ദ്ര നാഡീവ്യവസ്ഥയിൽ നിന്ന് ഇച്ഛാനുസൃതമായിട്ടുള്ള സന്ദേശം കിട്ടുന്നതുവരെ മൂത്രം, മൂത്രസഞ്ചിയിൽ സംഭരിക്കപ്പെടുന്നു. മൂത്രം നിറയുന്നതു മൂലം മൂത്രസഞ്ചിയിലുണ്ടാകുന്ന വലിവ് ഈ നാഡീയ സന്ദേശത്തിന്റെ ആരംഭത്തിന് കാരണമാകുന്നു. ഇതിനു പ്രതികരണമായി മൂത്രസഞ്ചിയുടെ (Urinary bladder) ഭിത്തിയിലുള്ള വലിയുന്ന ഗ്രാഹികൾ (Stretch receptors) കേന്ദ്രനാഡീവ്യവസ്ഥയിലേക്ക് (CNS) ആവേഗങ്ങൾ അയയ്ക്കുന്നു. CNS അയക്കുന്ന പ്രേരകസന്ദേശങ്ങൾ മൂത്രസഞ്ചിയിലുള്ള മൃദുപേശികളുടെ സങ്കോചത്തിനു തുടക്കം കുറിക്കുന്നു. തത്സമയം മൂത്രനാളിയിലെ അടപ്പുപേശികൾ (Urethral sphincter) അയയുകയും മൂത്രത്തിന്റെ വിസർജനം സാധ്യമാവുകയും ചെയ്യുന്നു. ഈ പ്രക്രിയയെ മൂത്ര വിസർജനം (Micturition) എന്നു പറയുന്നു. ഇതിന് കാരണമാകുന്ന നാഡീയ സംവിധാനങ്ങൾ മൂത്രവിസർജന റിഫ്ളക്സ് (Micturition reflex) എന്നും അറിയപ്പെടുന്നു. പ്രായപൂർത്തിയായ ഒരു മനുഷ്യൻ ശരാശരി 1-1.5 ലിറ്റർ മൂത്രം ഒരു ദിവസം വിസർജിക്കുന്നു. നേരിയ അമ്ലതയും (pH-6.0) പ്രത്യേകതരം ഗന്ധവും ഉള്ള ഇളംമഞ്ഞനിറത്തിലുള്ള ദ്രാവകമാണ് മൂത്രം. ശരാശരി 25-30 ഗ്രാം യൂറിയ മനുഷ്യൻ ഒരു ദിവസം വിസർജിക്കുന്നു. മൂത്രത്തിന്റെ സവിശേഷതകളെ ബാധിക്കുന്ന വിവിധ അവസ്ഥകൾ ഉണ്ട്. നിരവധി ഉപാപചയത്തകരാറുകൾ, വൃക്കക

ളുടെ ക്രമരഹിത പ്രവർത്തനം എന്നിവ കണ്ടെത്തുന്നതിന് മൂത്രത്തിന്റെ പരിശോധന സഹായിക്കുന്നു. ഉദാഹരണമായി മൂത്രത്തിൽ ഗ്ലൂക്കോസിന്റെയും (Glycosuria) കീറ്റോൺ വസ്തുക്കളുടെയും (Ketonuria) സാന്നിധ്യം പ്രമേഹത്തെ (Diabetes mellitus) സൂചിപ്പിക്കുന്നു.

19.7 വിസർജനത്തിൽ മറ്റ് അവയവങ്ങളുടെ പങ്ക്

വൃക്കകളെ കൂടാതെ ശ്വാസകോശം, കരൾ, ത്വക്ക് മുതലായ അവയവങ്ങളും വിസർജ്യങ്ങളെ പുറന്തള്ളുന്നതിന് സഹായിക്കുന്നു.

ദിവസവും വളരെ ഉയർന്ന തോതിൽ CO_2 ഉം (ഏകദേശം 200 മില്ലി ലിറ്റർ/മിനിറ്റ്) ഗണ്യമായ അളവിൽ ജലവും നമ്മുടെ ശ്വാസകോശം പുറന്തള്ളുന്നു. നമ്മുടെ ശരീരത്തിലെ ഏറ്റവും വലിയ ഗ്രന്ഥിയായ കരൾ, പിത്തരസം അടങ്ങിയ പദാർഥങ്ങളായ ബിലിറുബിൻ, ബിലിവെർഡിൻ, കൊളസ്ട്രോൾ, ശോഷണം സംഭവിച്ച സ്റ്റീറോയ്ഡ് ഹോർമോണുകൾ, വിറ്റാമിനുകൾ, മരുന്നുകൾ തുടങ്ങിയവ സ്രവിക്കുന്നു. ഇതിലെ ഒട്ടുമിക്ക പദാർഥങ്ങളും ദഹനാവശിഷ്ടങ്ങൾക്കൊപ്പം അന്തിമമായി പുറന്തള്ളപ്പെടുന്നു.

ത്വക്കിലുള്ള വിയർപ്പുഗ്രന്ഥിയും സ്നേഹഗ്രന്ഥിയും ചില പദാർഥങ്ങളെ അവയുടെ സ്രവങ്ങളിലൂടെ പുറന്തള്ളുന്നു. വിയർപ്പു ഗ്രന്ഥി ഉത്പാദിപ്പിക്കുന്ന വിയർപ്പ് NaCl, കുറഞ്ഞ അളവിൽ യൂറിയ, ലാക്ടിക് ആസിഡ് എന്നിവ അടങ്ങിയ ദ്രാവകമാണ്. വിയർപ്പിന്റെ പ്രാഥമികധർമം ശരീരോപരിതലം തണുപ്പിക്കുക എന്നതാണെങ്കിലും മുകളിൽ പരാമർശിച്ചിട്ടുള്ള ചിലയിനം മാലിന്യങ്ങളുടെ വിസർജനത്തിന് വിയർപ്പ് സഹായിക്കുന്നു. സ്നേഹഗ്രന്ഥി ഉത്പാദിപ്പിക്കുന്ന സ്നേഹകം (Sebum) ചിലയിനം പദാർഥങ്ങളായ സ്റ്റിറോളുകൾ, ഹൈഡ്രോകാർബണുകൾ, മെഴുകുകൾ എന്നിവ ശരീരത്തിൽ നിന്ന് പുറന്തള്ളുന്നതിന് സഹായിക്കുന്നു. സ്നേഹകം ത്വക്കിന് എണ്ണമയമുള്ള സംരക്ഷണം പ്രദാനം ചെയ്യുന്നു. ഉമിനീരിലൂടെയും ചെറിയതോതിൽ നൈട്രജനിക മാലിന്യങ്ങൾ പുറന്തള്ളപ്പെടുന്നുവെന്ന് നിങ്ങൾക്കറിയാമോ?

19.8 വിസർജനവ്യവസ്ഥയുടെ തകരാറുകൾ

വൃക്കകളുടെ ക്രമരഹിതപ്രവർത്തനംമൂലം യൂറിയ രക്തത്തിൽ അടിഞ്ഞുകൂടുന്ന അവസ്ഥയുണ്ടാകുന്നു. ഇതാണ് യൂറീമിയ. ഇത് വളരെ ഹാനികരവും വൃക്കകൾ പ്രവർത്തനരഹിതമാകുന്നതിലേക്ക് നയിക്കുന്നതുമാണ്. ഇങ്ങനെയുള്ള രോഗികളിൽ **ഹീമോഡയാലിസിസ്** എന്ന പ്രക്രിയ വഴി യൂറിയ നീക്കം ചെയ്യാം. രക്തം **കൃത്രിമവൃക്ക**യിലൂടെ കടത്തിവിട്ട് ശുദ്ധീകരിക്കുന്ന സാങ്കേതിക വിദ്യയാണ് ഹീമോഡയാലിസിസ്. ധമനിയിലൂടെ ഒഴുകുന്ന രക്തത്തെ, കട്ടപിടിക്കൽ തടയുന്ന രാസവസ്തുവായ (Anticoagulant) ഹെപാരിൻ ചേർത്തതിന് ശേഷം ഡയാലിസിസിന് ഉപയോഗിക്കുന്ന പ്രത്യേക യന്ത്രസംവിധാനത്തിലേക്ക് (Dialysing unit) കടത്തി വിടുന്നു. ഡയാലിസിസ് യൂണിറ്റിൽ ചുരുണ്ടിരിക്കുന്ന സെല്ലോഫെയിൻ കുഴലിന് ചുറ്റും ഡയാലിസിസിന് ഉപയോഗിക്കുന്ന ദ്രാവകം കാണപ്പെടുന്നു. നൈട്രജനിക മാലിന്യങ്ങളില്ലാത്ത പ്ലാസ്മയുടെ അതേ നിർമാണഘടക

ങ്ങളുള്ള ദ്രാവകമാണ് ഡയാലിസിസ് ദ്രാവകം. സെല്ലോഫെയിൻ കുഴലിലെ സുഷിരങ്ങളുള്ള സെല്ലോഫെയ്ൻ സ്തരം ഗാഢതാ വ്യത്യാസത്തിനനുസരിച്ച് തന്മാത്രകളെ കടത്തി വിടുന്നു. ഡയാലിസിസ് ദ്രാവകത്തിൽ നൈട്രജനിക മാലിന്യങ്ങൾ ഇല്ലാത്തതിനാൽ ഈ പദാർഥങ്ങൾ വളരെ സ്വതന്ത്രമായി പുറത്തേക്ക് സഞ്ചരിക്കുകയും, അതുവഴി രക്തം ശുദ്ധീകരിക്കപ്പെടുകയും ചെയ്യുന്നു. ശുദ്ധീകരിക്കപ്പെട്ട രക്തത്തിൽ ആന്റി-ഹെപാരിൻ ചേർത്തതിനുശേഷം സിരകളിലൂടെ ശരീരത്തിലേക്ക് തിരികെ കടത്തിവിടുന്നു. ലോകത്തിലെമ്പാടുമുള്ള ആയിരക്കണക്കിന് യുറീമിയ രോഗികൾക്ക് ഈ മാർഗം ഒരു അനുഗ്രഹമാണ്.

രണ്ടു വൃക്കകളും പൂർണമായി തകരാറിലാവുമ്പോൾ **വൃക്കമാറ്റിവയ്ക്കൽ** മാത്രമാണ് പരിഹാരമാർഗം. ആതിഥേയന്റെ രോഗപ്രതിരോധ സംവിധാനം, മാറ്റിവയ്ക്കപ്പെട്ട വൃക്കയെ തിരസ്കരിക്കാനുള്ള സാധ്യത ഉണ്ട്. ഈ സാധ്യത കുറയ്ക്കുന്നതിനായി പ്രവർത്തനനിരതമായ വൃക്കയുടെ ദാതാവ് ഏറ്റവും അടുത്ത ബന്ധു തന്നെയാകുന്നതാണ് ഉത്തമം. ആധുനിക വൈദ്യശാസ്ത്ര നടപടികൾ ഇത്തരം സങ്കീർണമായ സാങ്കേതികവിദ്യകളുടെ വിജയനിരക്ക് വർധിപ്പിക്കുന്നു.

വൃക്കയിലെ പരലുകൾ (Renal calculi)

വൃക്കയ്ക്കുള്ളിൽ രൂപം കൊള്ളുന്ന കല്ല് അല്ലെങ്കിൽ പരൽ രൂപത്തിലുള്ള ലവണങ്ങളുടെ അലേയമായ കൂട്ടം (ഓക്സലേറ്റുകൾ മുതലായവ) ആണ്.

ഗ്ലോമറുലോനെഫ്രൈറ്റിസ്

വൃക്കയുടെ ഗ്ലോമറുലസുകളിൽ ഉണ്ടാകുന്ന നീർവീക്കം.

സംഗ്രഹം

ശരീരത്തിൽ അടിഞ്ഞു കൂടുന്ന നൈട്രജൻ അടങ്ങിയ പദാർഥങ്ങൾ, അയോണുകൾ, CO_2, ജലം എന്നിവയെ പുറന്തള്ളേണ്ടതുണ്ട്. വിവിധതരം ജീവികളിൽ രൂപം കൊള്ളുന്ന നൈട്രോജനിക മാലിന്യങ്ങളുടെ സ്വഭാവവും അവയുടെ വിസർജനവും വ്യത്യസ്തതരത്തിലാണ്. ഇത് പ്രധാനമായും അവ ജീവിക്കുന്ന ചുറ്റുപാടിനെ (ജലത്തിന്റെ ലഭ്യതയെ) ആശ്രയിച്ചിരിക്കുന്നു. അമോണിയ, യൂറിയ, യൂറിക് ആസിഡ് എന്നിവയാണ് പ്രധാന നൈട്രോജനിക മാലിന്യങ്ങൾ.

പ്രോട്ടോനെഫ്രീഡിയ, നെഫ്രീഡിയ, മാൽപീജിയൻ നളികകൾ, ഗ്രീൻ ഗ്രന്ഥികൾ, വൃക്കകൾ എന്നിവയാണ് ജന്തുക്കളിലെ സാധാരണ വിസർജനാവയവങ്ങൾ. ഇവ നൈട്രോജനിക മാലിന്യങ്ങൾ പുറന്തള്ളുന്നതിനോടൊപ്പം ശരീരദ്രവത്തിന്റെ അയോണിക, ആസിഡ്- ബേസ് സന്തുലനാവസ്ഥ പരിപാലിക്കുന്നതിനും സഹായിക്കുന്നു.

ഒരു ജോടി വൃക്കകൾ, ഒരു ജോടി മൂത്രവാഹികൾ, മൂത്രസഞ്ചി, മൂത്രനാളം എന്നിവ ഉൾപ്പെട്ടതാണ് മനുഷ്യനിലെ വിസർജനവ്യവസ്ഥ. ഓരോ വൃക്കയുടെയും ഉൾവശത്ത് ഏതാണ്ട് പത്ത് ലക്ഷത്തോളം നളികാ ഘടനയോടുകൂടിയ നെഫ്രോണുകൾ കാണപ്പെടുന്നു, നെഫ്രോണുകളാണ് വൃക്കകളുടെ ഘടനാപരമായ അടിസ്ഥാന ഘടകം. ഓരോ നെഫ്രോണിനും രണ്ട് ഭാഗങ്ങൾ ഉണ്ട് - ഗ്ലോമറുലസ്, വൃക്കനാളിക എന്നിവ. ഗ്ലോമ

ധമനിയുടെ സൂക്ഷ്മരാഖയായ ആഗാമയാമികകളിൽ നിന്ന് രൂപംകൊണ്ട ഒരു കൂട്ടം ലോമികകളാണ് ഗ്ലോമറുലസ്. ഇരട്ടഭിത്തിയുള്ള കപ്പ് പോലുള്ള ബോമാൻസ് ക്യാപ്സ്യൂളാണ് വൃക്കാനളികയുടെ ആരംഭഭാഗം. അത് പിന്നീട് സമീപ ചുരുളൻനളിക (PCT), ഹെൻലിവലയം (HL), വിദൂര ചുരുളൻ നളിക (DCT) എന്നിങ്ങനെ വേർതിരിയുന്നു. ധാരാളം നെഫ്രോണുകളുടെ DCT കൾ വന്ന് ചേരുന്നത് പൊതുവായ ഒരു ശേഖരണനാളിയിലാണ്. ധാരാളം ശേഖരണനാളികകൾ ഒത്തുചേർന്ന് മെഡുല്ലറി പിരമിഡ് വഴി റീനൽ പെൽവിസിലേക്ക് തുറക്കുന്നു. ഗ്ലോമറുലസും അതിനെ വഹിക്കുന്ന ബോമാൻസ് ക്യാപ്സ്യൂളും കൂടി ഉൾപ്പെട്ടതാണ് വൃക്കാകണം (Malpighian body or renal corpuscle).

മൂന്ന് പ്രധാന പ്രക്രിയകളിലൂടെയാണ് മൂത്രം രൂപപ്പെടുന്നത്. അവ അരിക്കൽ (Filtration), പുനരാഗിരണം (Reabsorption), സ്രവിക്കൽ (Secretion) എന്നിവയാണ്. പ്രത്യേക തിരഞ്ഞെടുപ്പില്ലാതെ ഗ്ലോമറുലാർ രക്തലോമികകളിലെ രക്തമർദത്തിന്റെ സഹായത്താൽ ഗ്ലോമറുലസിൽ നടക്കുന്ന പ്രക്രിയയാണ് അരിക്കൽ. ഒരു മിനിട്ടിൽ 125 മില്ലി.ലി. അവക്ഷിപ്തം (GFR) ബോമാൻസ് ക്യാപ്സ്യൂളിൽ രൂപം കൊള്ളുന്നതിന് ഏകദേശം 1200 മില്ലി.ലി. രക്തം ഗ്ലോമറുലസിൽ വച്ച് അരിക്കപ്പെടുന്നു. നെഫ്രോണുകളുടെ സവിശേഷ ഭാഗമായ JGA, GFR നെ നിയന്ത്രിക്കുന്നതിൽ സുപ്രധാന പങ്ക് വഹിക്കുന്നു. ഫിൽട്രേറ്റിന്റെ ഏകദേശം 99 ശതമാനം പുനരാഗിരണവും നെഫ്രോണുകളുടെ വിവിധഭാഗങ്ങളിൽ വച്ച് നടക്കുന്നു. പുനരാഗിരണത്തിന്റെയും തിരഞ്ഞെടുക്കപ്പെട്ടവയുടെ സ്രവിക്കലിന്റെയും പ്രധാന സ്ഥലമാണ് PCT. വൃക്കയ്ക്കുള്ളിലെ ഓസ്മോളാർ വ്യത്യാസം ($300\ mOsmolL^{-1}$ - $1200\ mOsmolL^{-1}$) പരിപാലിക്കാൻ പ്രധാനമായി ഹെൻലി വലയം സഹായിക്കുന്നു. DCT യും ശേഖരണനാളിയും ജലത്തിന്റെയും പ്രത്യേകതരം ഇലക്ട്രോലൈറ്റുകളുടെയും പുനരാഗിരണത്താൽ കൂടുതലാക്കാൻ സഹായിക്കുന്നു. ഇത് വ്യതിവ്യാപന നിയന്ത്രണത്തിന് സഹായിക്കുന്നു. H^+, K^+, NH_3 ഇവയെ നളികകൾ ഫിൽട്രേറ്റിലേക്ക് സ്രവിക്കുകയും അങ്ങനെ അയോണിക സന്തുലനാവസ്ഥയും ശരീരദ്രവത്തിന്റ pH ഉം പരിപാലിക്കപ്പെടുകയും ചെയ്യുന്നു.

ഹെൻലി വലയത്തിന്റെ രണ്ട് അംഗങ്ങൾക്കും *വാസാ റെക്ടയുടെ* (ഹെൻലി വലയത്തിന് സമാന്തരമായ രക്തലോമിക) രണ്ട് അംഗങ്ങൾക്കും ഇടയിൽ ഒരു വിരുദ്ധപ്രവാഹ സംവിധാനം വർത്തിക്കുന്നു. അവരോഹണാംഗത്തിലൂടെ താഴേക്ക് ഒഴുകുമ്പോൾ അവക്ഷിപ്തത്തിന്റെ ഗാഢത കൂടുകയും ഇതിനെ ആരോഹണാംഗം നേർപ്പിക്കുകയും ചെയ്യുന്നു. ഇലക്ട്രോലൈറ്റുകളും യൂറിയയും ഈ ക്രമീകരണം മൂലം ഇന്റർസ്റ്റീഷ്യത്തിൽ തങ്ങി നിൽക്കുന്നു. ഫിൽട്രേറ്റിനെ ഏകദേശം 4 മടങ്ങ് (അതായത് $300\ mOsmolL^{-1}$ to $1200\ mOsmolL^{-1}$) ഗാഢത ഉള്ളതാക്കാൻ DCT യും ശേഖരണനാളിയും സഹായിക്കുന്നു. ഇത് ശരീരത്തിലെ ജലത്തിന്റെ അളവ് പരിരക്ഷിക്കുവാനുള്ള ഏറ്റവും നല്ല ഉപാധിയാണ്. മൂത്രം മൂത്രനാളിയിലൂടെ പുറന്തള്ളുന്നതിനുള്ള ഐച്ഛികസൂചന കേന്ദ്രനാഡീ വ്യവസ്ഥയിൽ നിന്ന് ലഭിക്കുന്നതുവരെ മൂത്രം മൂത്രസഞ്ചിയിൽ ശേഖരിച്ചു വയ്ക്കുന്നു. മൂത്രനാളിയിലൂടെയുള്ള പുറന്തള്ളലാണ് മൂത്രവിസർജനം (Micturition). ത്വക്ക്, ശ്വാസകോശം, കരൾ എന്നിവയും വിസർജനത്തിന് സഹായിക്കുന്നു.

പരിശീലന പ്രവർത്തനങ്ങൾ

1. ഗ്ലോമറുലസിലൂടെയുള്ള അരിക്കൽ തോത് (GFR) നിർവചിക്കുക.
2. GFR ന്റെ സ്വയം നിയന്ത്രണസംവിധാനം വിശദീകരിക്കുക.
3. താഴെ തന്നിട്ടുള്ള പ്രസ്താവന ശരിയോ തെറ്റോ എന്ന് സൂചിപ്പിക്കുക.
   - എ) മൂത്രവിസർജനം റിഫ്ലക്സിനാൽ നിർവഹിക്കപ്പെടുന്നു.
   - ബി) ജലം പുറന്തള്ളി, മൂത്രത്തിന്റെ അതിസാന്ദ്രത കുറയ്ക്കാൻ (Hypotonic) ADH സഹായിക്കുന്നു.

(ബി) രക്തത്തിലെ പ്ലാസ്മയിൽ നിന്ന് മാംസ്യമൊഴികെയുള്ള ദ്രവരൂപത്തിനെ ബോമാൻസ് ക്യാപ്സ്യൂളിലേക്ക് അരിച്ചു മാറ്റുന്നു.

(സി) മൂത്രത്തിന്റെ ഗാഢത വർധിപ്പിക്കുന്നതിൽ ഹെൻലി വലയം സുപ്രധാന പങ്ക് വഹിക്കുന്നു.

(ഡി) സമീപ ചുരുൾ നളികകൾ ഗ്ലൂക്കോസിനെ സജീവമായി പുനരാഗിരണം ചെയ്യുന്നു.

4. വിരുദ്ധപ്രവാഹസംവിധാനത്തെക്കുറിച്ച് ഒരു സംക്ഷിപ്ത വിവരണം നൽകുക.

5. വിസർജനത്തിൽ കരൾ, ശ്വാസകോശം, ത്വക്ക് ഇവയുടെ പങ്ക് വിശദീകരിക്കുക.

6. മൂത്രവിസർജനം വിശദീകരിക്കുക

7. കോളം 1 ഉം കോളം 2 ഉം ചേരുംപടി ചേർക്കുക.

കോളം –1	കോളം – 2
a) അമോണോടെലിസം	i) പക്ഷികൾ
b) ബോമാൻസ് ക്യാപ്സ്യൂൾ	ii) ജലത്തിന്റെ പുനരാഗിരണം
c) മൂത്രവിസർജനം	iii) അസ്ഥി മത്സ്യം
d) യൂറിക്കോടെലിസം	iv) മൂത്രസഞ്ചി
e) ADH	v) വൃക്കാനളിക

8. വൃതിവ്യാപന നിയന്ത്രണം എന്ന പദം എന്താണ് അർഥമാക്കുന്നത്?

9. കരയിലെ ജീവികൾ പൊതുവായി യൂറിയോടെലിക് അല്ലെങ്കിൽ യൂറിക്കോടെലിക് ആണ്, എന്നാൽ അമോണോടെലിക് അല്ല. കാരണം എന്ത്?

10. വൃക്കയുടെ ധർമം നിർവഹിക്കുന്നതിൽ ജക്സ്റ്റാ ഗ്ലോമറുലാർ അപ്പാരറ്റസിനുള്ള (JGA) പ്രാധാന്യം എന്ത്?

11. താഴെ പറയുന്നവയുടെ പേര് പറയുക

(എ) ജ്വാലാകോശങ്ങൾ വിസർജനാവയവമായ ഒരു കശേരുകി

(ബി) മനുഷ്യവൃക്കയിൽ മെഡുല്ലറി പിരമിഡുകളുടെ ഇടയിലേക്ക് തള്ളിനിൽക്കുന്ന കോർട്ടിക്കൽ ഭാഗം

(സി) ഹെൻലി വലയത്തിന് സമാന്തരമായി കടന്നുപോകുന്ന ലോമികകളുടെ കെട്ട്

12. പൂരിപ്പിക്കുക.

(എ) ഹെൻലി വലയത്തിന്റെ ആരോഹണാംഗം ജലത്തിന് ---------- എന്നാൽ അവരോഹണാംഗം ജലത്തിന് ---- (താര്യം/അതാര്യം)

(ബി) നളികയുടെ വിദൂര ഭാഗത്ത് ജലത്തിന്റെ പുനരാഗിരണത്തിന് സഹായിക്കുന്ന ഹോർമോണാണ് ----------

(സി) ---------- ഒഴികെ പ്ലാസ്മയിലുള്ള എല്ലാ ഘടകങ്ങളും ഡയാലിസിസിനുള്ള ദ്രാവകത്തിൽ കാണപ്പെടുന്നു.

(ഡി) പ്രായപൂർത്തിയായ ആരോഗ്യമുള്ള ഒരു മനുഷ്യൻ വിസർജിക്കുന്ന യൂറിയ (ശരാശരി ---------- ഗ്രാം യൂറിയ/ദിവസം.

S6D3M6

അധ്യായം 20

ചലനവും സഞ്ചാരവും

(Locomotion and Movement)

ജീവജാലങ്ങളുടെ സുപ്രധാനമായ സവിശേഷതയാണ് ചലനം. സസ്യങ്ങളും ജന്തുക്കളും വ്യത്യസ്ത തരത്തിലുള്ള ചലനങ്ങൾ പ്രകടിപ്പിക്കുന്നു. അമീബ പോലുള്ള ഏകകോശജീവികളിലെ ജീവദ്രവ്യപ്രവാഹം (Streaming of Protoplasm) ഒരു ലളിതമായ ചലനരീതിയാണ്. വിവിധതരം ജീവജാലങ്ങളിൽ സീലിയ, ഫ്ളജല്ല, ടെൻടക്കിളുകൾ എന്നിവയും ചലിപ്പിക്കുന്നു. മനുഷ്യർക്ക് ചലിപ്പിക്കാൻ കഴിയുന്ന ഭാഗങ്ങളാണ് കൈകാലുകൾ, താടിയെല്ലുകൾ, കൺപോളകൾ, നാക്ക് മുതലായവ. ചില ചലനങ്ങൾ ജീവികളുടെ സ്ഥാനം മാറുന്നതിന് കാരണമാകുന്നു. അത്തരം ഇച്ഛാനുസരണമുള്ള ചലനങ്ങൾ **സഞ്ചാരം (Locomotion)** എന്നറിയപ്പെടുന്നു. നടത്തം, ഓട്ടം, കയറ്റം, പറക്കൽ, നീന്തൽ മുതലായവ വിവിധതരത്തിലുള്ള സഞ്ചാരചലനങ്ങളാണ്. മറ്റ് ചലനങ്ങൾ സാധ്യമാക്കുന്ന അവയവങ്ങളിൽ നിന്ന് സഞ്ചാര അവയവങ്ങൾക്ക് ഘടനാപരമായി മാറ്റം ഉണ്ടാകണമെന്നില്ല. ഉദാഹരണത്തിന് പാരമീസിയത്തിൽ കോശഗ്രസനിയിലൂടെ (Cytopharynx) ആഹാരപദാർഥങ്ങളെ കടത്തിവിടാൻ സഹായിക്കുന്നതുപോലെതന്നെ പാരമീസിയത്തിന്റെ സഞ്ചാരത്തിനും സീലിയ സഹായിക്കുന്നു. ഹൈഡ്രയിൽ ടെൻടക്കിളുകളാണ് ഇരപിടിക്കാനും സഞ്ചാരത്തിനും സഹായിക്കുന്നത്. സഞ്ചരിക്കുന്നതിനും ശരീരനിലയിൽ മാറ്റങ്ങൾ വരുത്തുന്നതിനും നമ്മൾ കൈകാലുകൾ ഉപയോഗിക്കുന്നു. മുകളിൽ പറഞ്ഞിരിക്കുന്ന നിരീക്ഷണങ്ങളിൽ നിന്ന് ചലനവും സഞ്ചാരവും വേർതിരിച്ച് പഠിക്കേണ്ടതില്ലെന്ന് മനസ്സിലായല്ലോ. എല്ലാ സഞ്ചാരങ്ങളും ചലനങ്ങളാണ് എന്നാൽ എല്ലാ ചലനങ്ങളും സഞ്ചാരങ്ങളല്ല എന്ന പ്രസ്താവനയിലൂടെ ചലനവും സഞ്ചാരവും തമ്മിൽ ബന്ധിപ്പിക്കാം.

ആവാസവ്യവസ്ഥയ്ക്കും സാഹചര്യത്തിനുമനുസരിച്ച് ജന്തുക്കളുടെ സഞ്ചാരരീതികൾ വ്യത്യാസപ്പെട്ടിരിക്കുന്നു. എന്നിരുന്നാലും ആഹാരം, അഭയം, ഇണ,

ഇണയെ കണ്ടെത്താനുള്ള ഇടം, അനുകൂലമായ കാലാവസ്ഥ എന്നിവ കണ്ടെത്തുന്നതിനും ശത്രുക്കൾ/ഇരപിടിയന്മാർ എന്നിവരിൽ നിന്ന് രക്ഷനേടുന്നതിനുമാണ് സാധാരണയായി ജീവികൾ സഞ്ചരിക്കുന്നത്.

20.1 വിവിധതരം ചലനങ്ങൾ

മനുഷ്യശരീരത്തിലെ കോശങ്ങൾ മൂന്ന് പ്രധാന ചലനങ്ങൾ പ്രദർശിപ്പിക്കുന്നു. അമീബിക, സീലിയറി, പേശീചലനങ്ങൾ എന്നിവ.

നമ്മുടെ ശരീരത്തിലെ ചില പ്രത്യേകതരം കോശങ്ങളായ ബൃഹത്ഭക്ഷകകോശങ്ങൾ (Macrophages), രക്തത്തിലെ ശ്വേതരക്താണുക്കൾ (Leucocytes) എന്നിവ അമീബിക ചലനരീതി (Amoeboid movement) പ്രകടിപ്പിക്കുന്നു. അമീബയിൽ സംഭവിക്കുന്നതുപോലെ ജീവദ്രവ്യപ്രവാഹം മൂലം രൂപംകൊള്ളുന്ന കപടപാദങ്ങൾ (Pseudopodia) വഴിയാണ് ഇത് സാധ്യമാകുന്നത്. സൂക്ഷ്മതന്തുക്കൾ (Microfilaments) പോലെയുള്ള കോശാസ്ഥി ഘടകങ്ങളും (Cytoskeletal elements) അമീബിക ചലനത്തിന് സഹായകമാകുന്നു.

സീലിയകളോടുകൂടിയ ആവരണകലയാൽ പൊതിഞ്ഞിരിക്കുന്ന നമ്മുടെ ആന്തരിക നളികാവയവങ്ങളിൽ (Internal tubular organs) സീലിയറി ചലനങ്ങൾ പ്രകടമാകുന്നു. ശ്വാസനാളിയിലുള്ള സീലിയയുടെ ഏകോപിത ചലനങ്ങൾ അന്തരീക്ഷവായുവിനോടൊപ്പം ശ്വസിക്കുന്ന പൊടിപടലങ്ങളും അന്യവസ്തുക്കളും പുറന്തള്ളുന്നതിന് സഹായിക്കുന്നു. സ്ത്രീയുടെ പ്രത്യുൽപ്പാദന നാളിയിലൂടെയുള്ള അണ്ഡത്തിന്റെ സഞ്ചാരം സുഗമമാക്കുന്നത് സീലിയറി ചലനമാണ്.

നമ്മുടെ കൈകാലുകൾ, താടിയെല്ലുകൾ നാക്ക് തുടങ്ങിയവയുടെ ചലനത്തിന് പേശീചലനം ആവശ്യമാണ്. പേശികളുടെ സങ്കോചിക്കാനുള്ള കഴിവാണ് മനുഷ്യനുൾപ്പെടെയുള്ള അനവധി ബഹുകോശജീവികളിൽ സഞ്ചാരത്തിനും മറ്റ് ചലനങ്ങൾക്കും സഹായകമാകുന്നത്. പേശീവ്യവസ്ഥ, അസ്ഥിവ്യവസ്ഥ, നാഡീവ്യവസ്ഥ എന്നിവയുടെ ഏകോപിതമായ പ്രവർത്തനം മൂലമാണ് സഞ്ചാരം സാധ്യമാകുന്നത്. വിവിധതരം പേശികൾ, അവയുടെ ഘടന, സങ്കോചക സംവിധാനം, അസ്ഥിവ്യവസ്ഥയുടെ പ്രധാനപ്പെട്ട ഭാഗങ്ങൾ എന്നിവയെക്കുറിച്ച് ഈ അധ്യായത്തിൽ നമുക്ക് പഠിക്കാം.

20.2 പേശി

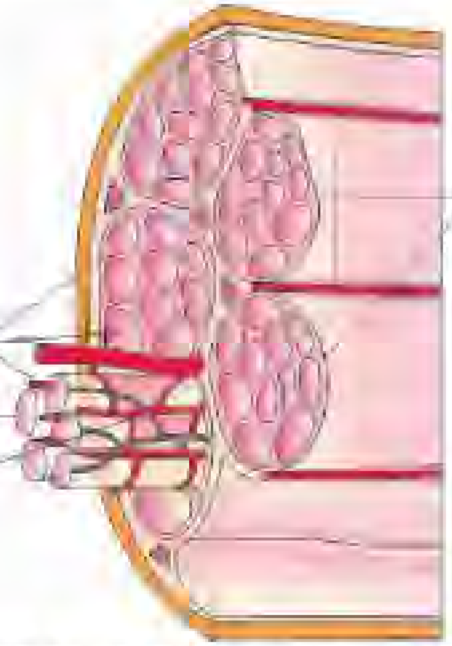
സീലിയ, ഫ്ളജല്ല എന്നിവ കോശസ്തരത്തിന്റെ വെളിയിലേക്കുള്ള വളർച്ചകളാണെന്ന് അധ്യായം – 8 ൽ നിങ്ങൾ പഠിച്ചല്ലോ. പുംബീജങ്ങളെ നീന്താൻ സഹായിക്കുന്നതും സ്പോഞ്ചുകളിലെ നീർച്ചാൽ വ്യവസ്ഥയിൽ ജലപ്രവാഹം നിലനിർത്തുന്നതും നീന്തുന്നതും യുഗ്ലീന പോലെയുള്ള പ്രോട്ടോസോവകൾ സഞ്ചരിക്കുന്നതും **ഫ്ളജല്ലകളുടെ ചലനം കൊണ്ടാണ് (Flagellar movement).**

ഭ്രൂണമധ്യപാളിയിൽ നിന്ന് ഉത്ഭവിക്കുന്ന സവിശേഷ കലയാണ് പേശി. പ്രായപൂർത്തിയായ ഒരു മനുഷ്യനിൽ ശരീരഭാരത്തിന്റെ 40-50% വും പേശികലകളാണ്. ഉത്തേജനം, സങ്കോചം, വികസനം, ഇലാസ്തികത മുതലായ പ്രത്യേക സവിശേഷതകൾ ഇവയ്ക്കുണ്ട്. പേശികലകളെ തരംതിരിച്ചിരിക്കുന്നത് അവയുടെ സ്ഥാനം, ആകൃതി, പ്രവർത്തനങ്ങളുടെ നിയന്ത്രണരീതി എന്നിവയെ മാനദണ്ഡമാക്കിയാണ്. സ്ഥാനമനുസരിച്ച് പേശികലകളെ മൂന്നായി തരംതിരിക്കാം: (i) അസ്ഥിപേശി (Skeletal), (ii) ആന്തരാവയവ പേശി (Visceral), (iii) ഹൃദയ പേശി (Cardiac).

ശരീരത്തിലെ അസ്ഥിവ്യവസ്ഥയുമായി ചേർന്നു കാണപ്പെടുന്ന പേശികളാണ് **അസ്ഥിപേശികൾ**. സൂക്ഷ്മദർശിനിയുടെ സഹായത്താൽ പരിശോധിക്കുമ്പോൾ ഈ പേശീകലയിൽ കുറുകെവരകൾ (രേഖാങ്കിതം) കാണപ്പെടുന്നതിനാൽ ഇവയെ **രേഖാങ്കിതപേശി (Straited muscle)** എന്നുപറയുന്നു. ഇവയുടെ പ്രവർത്തനങ്ങൾ നാഡീവ്യവസ്ഥയുടെ ഐച്ഛിക നിയന്ത്രണത്തിൻ കീഴിലായതിനാൽ, ഇവ ഐച്ഛികപേശികൾ (Voluntary muscles) എന്നും അറിയപ്പെടുന്നു. ഇവ ചലനമായും സഞ്ചാരത്തിനും ശരീരനിലയിൽ മാറ്റങ്ങൾ (Changes of body postures) വരുത്തുന്നതിനും സഹായിക്കുന്നു.

ശരീരത്തിലെ പൊള്ളയായ ആന്തരികാവയവങ്ങളായ അന്നപഥം, പ്രത്യുത്പാദനനാളി തുടങ്ങിയവയുടെ ആന്തരഭിത്തിയിൽ കാണപ്പെടുന്ന പേശികളാണ് **ആന്തരാവയവപേശികൾ**. സൂക്ഷ്മദർശിനിയിലൂടെ പരിശോധിച്ചാൽ ഇവയിൽ വരകൾ കാണപ്പെടാത്തതിനാലും ഇവ മിനുസമുള്ള ഉപരിതലത്തോട് കൂടിയവ ആയതിനാലും **മിനുസപേശികൾ (Smooth muscles)**, **രേഖാശൂന്യപേശികൾ (Nonstraited muscles)** എന്നും അറിയപ്പെടുന്നു. ഇവയുടെ പ്രവർത്തനങ്ങൾ നാഡീവ്യവസ്ഥയുടെ ഐച്ഛിക നിയന്ത്രണത്തിൻ കീഴിലല്ലാത്തതിനാൽ ഇവ അനൈച്ഛികപേശികൾ (Involuntary muscles) എന്നും അറിയപ്പെടുന്നു. ഉദാഹരണമായി, അന്നപഥത്തിലൂടെയുള്ള ആഹാരത്തിന്റെ സഞ്ചാരവും ജനനേന്ദ്രിയനാളിയിലൂടെയുള്ള ബീജകോശങ്ങളുടെ സഞ്ചാരവും ഇവയുടെ സഹായത്താലാണ് സാധ്യമാകുന്നത്.

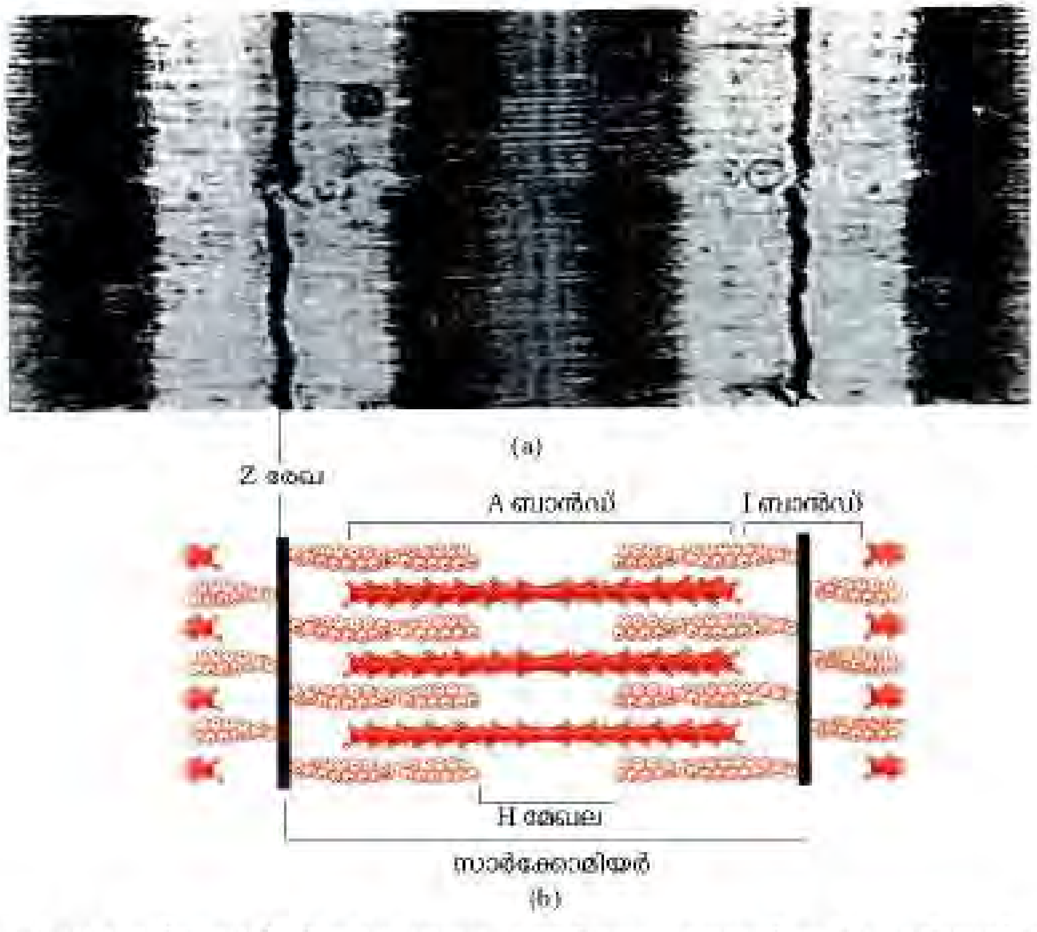
പേരു പോലെതന്നെ ഹൃദയഭിത്തിയിൽ കാണപ്പെടുന്ന പേശികളാണ് **ഹൃദയപേശികൾ**. ധാരാളം ഹൃദയപേശീകോശങ്ങൾ ചേർന്ന് ഹൃദയപേശി രൂപംകൊള്ളുന്നു. കാഴ്ചയിൽ ഹൃദയപേശികൾ രേഖാങ്കിതപേശികളാണ്. ഇവയുടെ പ്രവർത്തനങ്ങൾ നാഡീവ്യവസ്ഥ നേരിട്ടല്ല നിയന്ത്രിക്കുന്നത്. അതിനാൽ ഇവ അനൈച്ഛിക പേശികളാണ്.



ചിത്രം 20.1 പേശീവ്യൂഹത്തെയും പേശീതന്തുക്കളെയും കാണിക്കുന്ന പേശിയുടെ നെടുകെയുള്ള ഛേദം - രേഖാചിത്രം

അസ്ഥിപേശികളുടെ ഘടനയും സങ്കോചസംവിധാനവും മനസ്സിലാക്കുന്നതിന് അവ വിശദമായി പരിശോധിക്കാം. നമ്മുടെ ശരീരത്തിലെ ഓരോ അസ്ഥിപേശിയും ഉണ്ടാക്കിയിരിക്കുന്നത് അനേകം **പേശീവ്യൂഹങ്ങൾ (Muscle bundles)** അഥവാ **പേശീസഞ്ചയങ്ങൾ (Fascicles)** കൊണ്ടാണ്. ഇവ ഫാസിയ **(Fascia)** കൊണ്ട് ആവരണം ചെയ്യപ്പെട്ടിരിക്കുന്നു. ഫാസിയ കൊളാജൻതന്തുക്കളാൽ നിർമിതമായ സംയോജകകലയുടെ പാളിയാൽ ഒന്നിച്ചുചേർത്തിരിക്കുന്നു. ഓരോ പേശീവ്യൂഹത്തിലും അനേകം പേശീതന്തുക്കൾ (Muscle fibres) കാണപ്പെടുന്നു (ചിത്രം 20.1). ഓരോ പേശീതന്തുവും പ്ലാസ്മാസ്തരം കൊണ്ട് ആവരണം ചെയ്തിരിക്കുന്നു. ഇതിനെ പേശീകോശസ്തരം (Sarcolemma) എന്നറിയപ്പെടുന്നു. പേശീകോശസ്തരത്തിനുള്ളിൽ പേശീകോശദ്രവ്യം (Sarcoplasm) കാണപ്പെടുന്നു. പേശീകോശദ്രവ്യത്തിൽ ധാരാളം മർമങ്ങൾ ഉള്ളതിനാൽ പേശീകോശദ്രവ്യം ബഹുമർമത (Syncitium) സ്വഭാവം കാണിക്കുന്നു. പേശീതന്തുവിലെ അന്തർദ്രവ്യജാലികയെ പേശീദ്രവ്യജാലിക (Sarcoplasmic reticulum) എന്ന് വിളിക്കുന്നു. ഇത് കാൽസ്യം അയോണുകളുടെ സംഭരണകേന്ദ്രമാണ്. പേശീകോശദ്രവ്യത്തിൽ സമാന്തരമായി ക്രമീകരിച്ചിരിക്കുന്ന അനേകം തന്തുക്കൾ കാണപ്പെടുന്നു. ഇവയെ മയോഫിലമെന്റുകൾ അഥവാ **മയോഫൈബ്രിലുകൾ (Myofibrils)** എന്ന് വിളിക്കുന്നു. ഇത് പേശീകോശത്തിന്റെ ഒരു സവിശേഷ സ്വഭാവമാണ്. ഓരോ മയോഫൈബ്രിലിലും ഇടവിട്ടുള്ള രീതിയിൽ ഇരുണ്ടതും (Dark band) തെളിഞ്ഞതുമായ (Light band) ഭാഗങ്ങൾ കാണപ്പെടുന്നു. ഇവ ഇങ്ങനെ രേഖാങ്കിതമായി കാണപ്പെടുന്നത് **ആക്ടിൻ, മയോസിൻ** എന്ന രണ്ട് സുപ്രധാന മാംസ്യങ്ങളുടെ ക്രമീകരണ രീതിമൂലമാണ്. ഇളംനിറത്തിലുള്ള തെളിഞ്ഞവയിൽ ഒരുതരത്തിൽ

ആക്ടിൻ നാരുകൾ മാത്രം അടങ്ങിയിരിക്കുന്നതിനാൽ അവയെ I - ബാൻഡ് (Isotropic ബാൻഡ്) എന്നും ഇരുണ്ടനിറത്തിലുള്ള ബാൻഡിൽ ആക്ടിൻ തന്തുക്കൾക്ക് പുറമെ മയോസിൻ തന്തുക്കൾ അടങ്ങിയിരിക്കുന്നതിനാൽ അതിനെ A- ബാൻഡ് (Anisotropic band) എന്നും പറയുന്നു. ദണ്ഡ് ആകൃതിയിലുള്ള ഈ മാംസ്യനാരുകൾ അന്യോന്യവും മയോഫൈബ്രിലുകളുടെ നിരശ്ചീന അക്ഷത്തിനും സമാന്തരമായാണ് ക്രമീകരിച്ചിട്ടുള്ളത്. മയോസിൻ നാരുകളുമായി താരതമ്യപ്പെടുത്തുമ്പോൾ ആക്ടിൻ നാരുകൾ തീരെ കനംകുറഞ്ഞവയാണ്. അതുകൊണ്ട് ഇവയെ യഥാക്രമം കനംകൂടിയതും കനംകുറഞ്ഞതുമായ നാരുകളെന്ന് അറിയപ്പെടുന്നു. ഓരോ 'I' ബാൻഡിന്റെയും മധ്യത്തെ ഖണ്ഡിച്ചുകൊണ്ട് ഇലാസ്തിക സ്വഭാവമുള്ള 'Z' രേഖ കാണപ്പെടുന്നു. കനംകുറഞ്ഞ ആക്ടിൻ നാരുകളെ 'Z' രേഖയുമായി ദൃഢമായി ബന്ധിപ്പിച്ചിരിക്കുന്നു. 'A' ബാൻഡിലെ കനംകൂടിയ മയോസിൻ നാരുകളും ബാൻഡിന്റെ മധ്യത്തിൽ കാണപ്പെടുന്ന കനംകുറഞ്ഞ സ്തരമായ 'M' രേഖയിൽ ബന്ധിപ്പിച്ചിരിക്കുന്നു. മയോഫൈബ്രിലുകളിലുടനീളം 'A' ബാൻഡുകളും 'I' ബാൻഡുകളും ഒന്നിടവിട്ട രീതിയിൽ ക്രമീകരിച്ചിരിക്കുന്നു. തുടർച്ചയായുള്ള രണ്ട് 'Z' രേഖകളുടെ ഇടയിലുള്ള മയോ



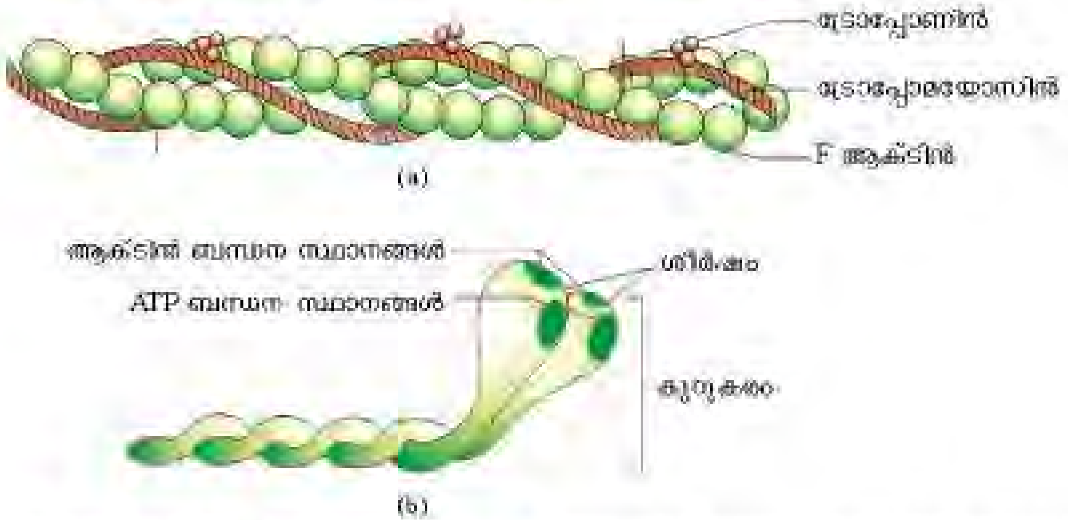
ചിത്രം 20.2 (a) പേശീതന്തുവിന്റെ ആന്തരഘടന കാണിക്കുന്ന രേഖാചിത്രം (b) സാർകോമിയർ

മൈഫ്രൈബ്രിലിന്റെ ഭാഗത്തെ അടിസ്ഥാന സങ്കോച യൂണിറ്റായ **സാർക്കോമിയർ** എന്ന് പറയുന്നു (ചിത്രം 20.2). വിശ്രമാവസ്ഥയിൽ പേശികളിലെ ഓരോ സാർക്കോമിയറിലും മയോസിൻ നാരുകളുടെ ഇരുവശങ്ങളിലും ആക്ടിൻ നാരുകളുടെ അരികുകൾ കടന്നുനിൽക്കുന്നു. ഇതിൽ മയോസിൻ നാരുകൾ മാത്രം കാണപ്പെടുന്ന മധ്യഭാഗത്തെ 'H' മേഖല എന്നറിയപ്പെടുന്നു.

20.2.1 സങ്കോചക പ്രോട്ടീനുകളുടെ ഘടന (Structure of Contractile Proteins)

ഓരോ ആക്ടിൻ നാരും ചുറ്റുഗോവണിപോലെ പരസ്പരം ചുറ്റിപ്പിണഞ്ഞുകിടക്കുന്ന രണ്ട് 'F' ആക്ടിൻ തന്തുകൾ (Filamentous actins) ചേർന്നാണ് നിർമിച്ചിട്ടുള്ളത്. ഓരോ 'F' ആക്ടിനും മോണോമെറുകളായ 'G' (Globular) ആക്ടിന്റെ പോളിമെറുകളാണ്. മറ്റൊരു മാംസ്യമായ ട്രോപ്പോമയോസിന്റെ രണ്ട് തന്തുക്കളും F ആക്ടിനോട് ചേർന്ന് ഉടനീളം കാണപ്പെടുന്നു. ട്രോപ്പോമയോസിനിൽ കൃത്യമായ ഇടവേളകളിൽ മറ്റൊരു സങ്കീർണ മാംസ്യമായ ട്രോപ്പോണിൻ വിന്യസിച്ചിരിക്കുന്നു. വിശ്രമാവസ്ഥയിൽ ട്രോപ്പോണിന്റെ ഒരു ഉപഘടകം ആക്ടിൻ നാരിൽ മയോസിൻ വന്ന് ബന്ധിക്കപ്പെടേണ്ട സക്രിയ സ്ഥാനത്തെ മറയ്ക്കുന്നു (ചിത്രം 20.3a).

ഓരോ മയോസിൻ നാരും പോളിമറുകളായ മാംസ്യമാണ്. അനവധി മോണോമെറിക് മാംസ്യങ്ങളായ മീറോമയോസിനുകൾ (ചിത്രം 20.3b) ചേർന്നതാണ് ഈ കനംകൂടിയ മയോസിൻ നാര്. ഓരോ മീറോമയോസിനും രണ്ട് പ്രധാന ഭാഗങ്ങൾ ഉണ്ട്. നീളംകുറഞ്ഞ കഴുത്തോടു കൂടിയ (Short arm) ഗോളാകൃതിയിലുള്ള ശീർഷവും തുടർന്ന് നീളം കൂടിയ ഒരു വാലും. ഇതിൽ ആദ്യത്തതിനെ ഹെവി മീറോമയോസിൻ (Heavy meromyosin /HMM) എന്നും ശേഷമുള്ളതിനെ ലൈറ്റ് മീറോമയോസിൻ (Light meromyosin /LMM) എന്നും വിളിക്കുന്നു. HMM ന്റെ ഭാഗമായ ശീർഷവും കുറിയ കഴുത്തും പരസ്പരം കൃത്യമായ അകലത്തിലും



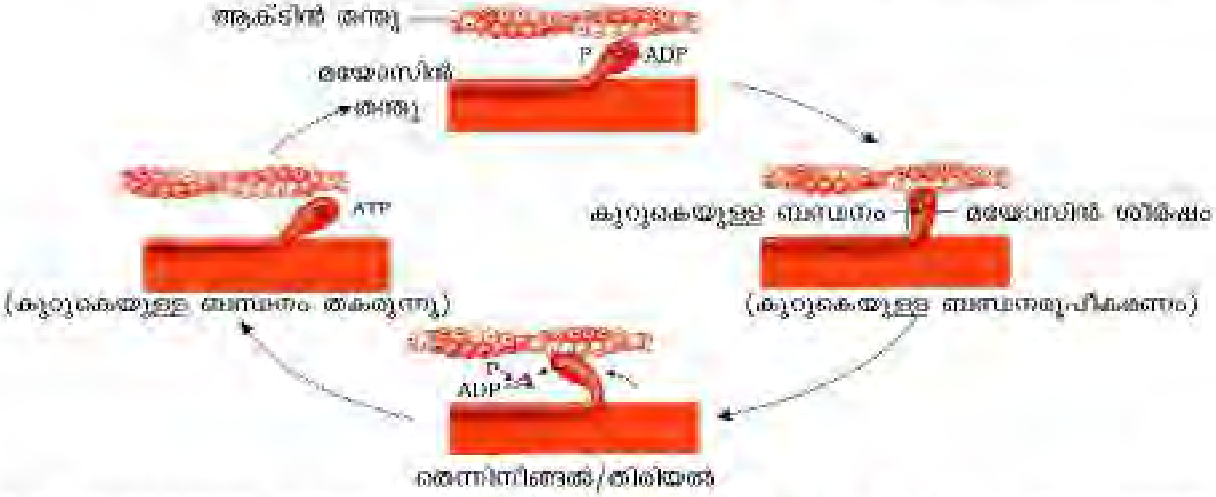
ചിത്രം 20.3 (a) ഒരു ആക്ടിൻ (കനംകുറഞ്ഞ) നാര് (b) മയോസിൻ മോണോമെർ (മീറോമയോസിൻ)

കോണളവിലും പോളിമെറൈസ്ഡ് മയോസിൻ നാരിന്റെ ഉപരിതലത്തിൽ നിന്ന് വിലങ്ങനെ പുറത്തേക്ക് ഉന്തിനിൽക്കുന്നു. അതുകൊണ്ട് ഇതിനെ കുറുകരം (Cross arm) എന്നുപറയുന്നു. ഈ ഗോളാകൃത ശീർഷം ഒരു സജീവ ATPase രാസാഗ്നിയായി പ്രവർത്തിക്കുന്നു. അതിൽ ATP യെ ബന്ധിപ്പിക്കാനുള്ള സ്ഥാനവും ആക്ടിൻ നാരിനെ ബന്ധിപ്പിക്കാനുള്ള സക്രിയ സ്ഥാനവും ഉണ്ട്.

20.2.2 പേശീസങ്കോചത്തിന്റെ പ്രവർത്തനസംവിധാനം

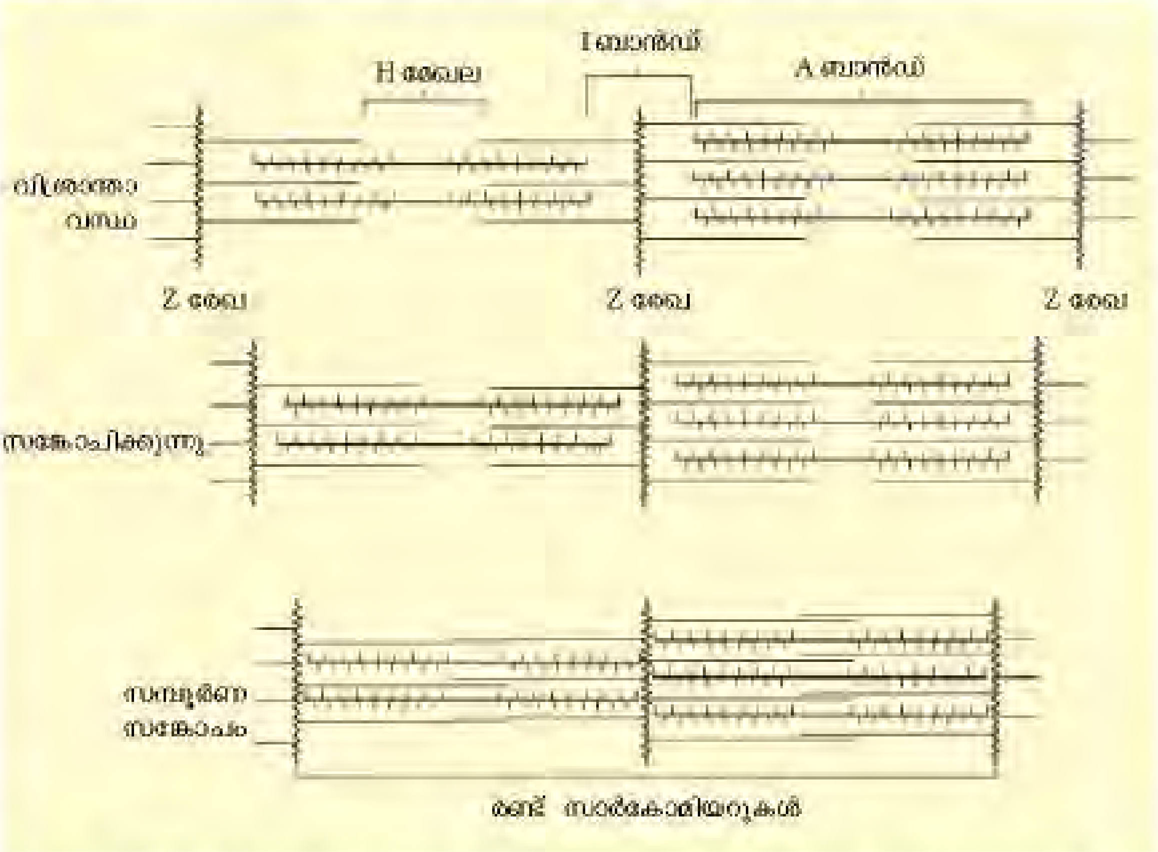
പേശീസങ്കോചത്തിന്റെ പ്രവർത്തന സംവിധാനം വളരെ ഭംഗിയായി വിശദമാക്കുന്ന സിദ്ധാന്തമാണ് തന്തു തെന്നിനീങ്ങൽ സിദ്ധാന്തം (Sliding filament theory). കനംകൂടിയ നാരിന് മുകളിലൂടെ കനംകുറഞ്ഞ നാരുകൾ തെന്നി നീങ്ങുമ്പോഴാണ് പേശീതന്തുവിന്റെ സങ്കോചം സാധ്യമാകുന്നത് എന്നതാണ് ഈ സിദ്ധാന്തം.

കേന്ദ്ര നാഡീവ്യവസ്ഥയിൽ (CNS) നിന്നുമുള്ള ആവേഗം പ്രേരകനാഡി (Motor neuron) വഴി പേശികളിൽ എത്തുമ്പോഴാണ് പേശീസങ്കോചം ആരംഭിക്കുന്നത്. ഒരു പ്രേരകനാഡിയും അതിനോടൊപ്പമുള്ള പേശീതന്തുക്കളും (Muscle fibres) ഉൾപ്പെടുന്നതാണ് ഒരു പ്രേരകഘടകം (Motor unit). ഒരു പ്രേരകനാഡിയും പേശീതന്തുവിന്റെ ആവരണമായ പേശീകോശസ്തരവും തമ്മിൽ സന്ധിക്കുന്ന സ്ഥാനത്തെ നാഡീപേശീസന്ധി (Neuromuscular junction or Motor-end plate) എന്നു പറയുന്നു. ഈ സന്ധിയിൽ എത്തിച്ചേരുന്ന ഒരു നാഡീയ ആവേഗം (Neural signal) നാഡീയപ്രേഷകമായ (Neurotransmitter) അസറ്റൈൽ കോളിൻ പുറപ്പെടുവിക്കുന്നു. തത്ഫലം പേശീകോശസ്തരത്തിൽ ഒരു പ്രവർത്തനശേഷി (Action potential) സംജാതമാകുന്നു. ഇത് പേശീതന്തുവിലൂടെ വ്യാപിക്കുകയും തത്ഫലമായി പേശീകോശദ്രവ്യത്തിൽനിന്ന് കാൽസ്യം അയോണുകൾ മോചിതമാവുകയും ചെയ്യുന്നു. അങ്ങനെ കാൽസ്യം അയോണിന്റെ തോതിലുണ്ടാകുന്ന വർധന ആക്ടിൻ നാരിലെ ട്രോപ്പോണിന്റെ ഒരു ഉപഘടകവുമായി



ചിത്രം 20.3 കുറുകെയുള്ള ബന്ധനരൂപീകരണം, മയോസിൻ ശീർഷത്തിന്റെ തിരിയലും കുറുകെയുള്ള ബന്ധനത്തിന്റെ തകർച്ചയും കാണിക്കുന്ന ഘട്ടങ്ങൾ

കാൽസ്യം ബന്ധിതമാകുന്നതിന് ഇടയാകുന്നു. ഇത് ആക്ടിൻ നാരിൽ, മയോസിൻ മാംസ്യം ബന്ധിപ്പിക്കപ്പെടേണ്ട സക്രിയ സ്ഥാനത്തെ മറ നീക്കം ചെയ്ത് സജീവമാക്കുന്നു. ATP യുടെ ജലവിശ്ലേഷണഫലമായുണ്ടാകുന്ന ഊർജം ഉപയോഗിച്ച് മയോസിൻ ശീർഷം ആക്ടിനിലെ വെളിവാക്കപ്പെട്ട സക്രിയസ്ഥാനത്ത് ബന്ധിക്കപ്പെടുന്നു. അങ്ങനെ കുറുകെയുള്ള ബന്ധനരൂപീകരണം (Cross bridge formation) സാധ്യമാകുന്നു (ചിത്രം 20.4). അങ്ങനെ ഇതിനോട് ചേർന്നിരിക്കുന്ന ആക്ടിൻ നാരുകൾ 'A' ബാൻഡിന്റെ മധ്യത്തിലേക്ക് വലിച്ചടുപ്പിക്കപ്പെടുന്നു. ഈ ആക്ടിനുകളോട് ബന്ധപ്പെട്ടിരിക്കുന്ന 'Z' രേഖകളും അകത്തേക്ക് വലിച്ചടുപ്പിക്കപ്പെടുകയും അങ്ങനെ സാർക്കോമിയർ ചുരുങ്ങുന്നതിന് ഇടയാവുകയും ചെയ്യുന്നു. ഇതാണ് പേശീസങ്കോചം. മുകളിൽ പറഞ്ഞിട്ടുള്ള ഘട്ടങ്ങളിൽ നിന്ന് നമുക്ക് വ്യക്തമാകുന്നത് എന്തെന്നാൽ പേശീകോശം ചുരുങ്ങുമ്പോൾ, അതായത് സങ്കോചിക്കുമ്പോൾ, I ബാൻഡുകളുടെ നീളം കുറയുകയും എന്നാൽ A ബാൻഡുകൾ അവയുടെ നീളം നിലനിർത്തുകയും ചെയ്യുന്നു (ചിത്രം 20.5). ഇപ്പോൾ ADP യും Pi യും (Inorganic phosphate) സ്വതന്ത്രമാവുകയും മയോസിൻ വിശ്രമാവസ്ഥയിലാവുകയും ചെയ്യുന്നു. ഒരു പുതിയ ATP ഉപയോഗപ്പെ



ചിത്രം 20.5 പേശീസങ്കോചത്തിന്റെ തന്തു തെന്നിനീങ്ങൽ സിദ്ധാന്തം (കനം കുറഞ്ഞ തന്തുക്കളുടെ ചലനവും I ബാൻഡിന്റെയും H മേഖലയുടെയും ആപേക്ഷിക വലുപ്പവും)

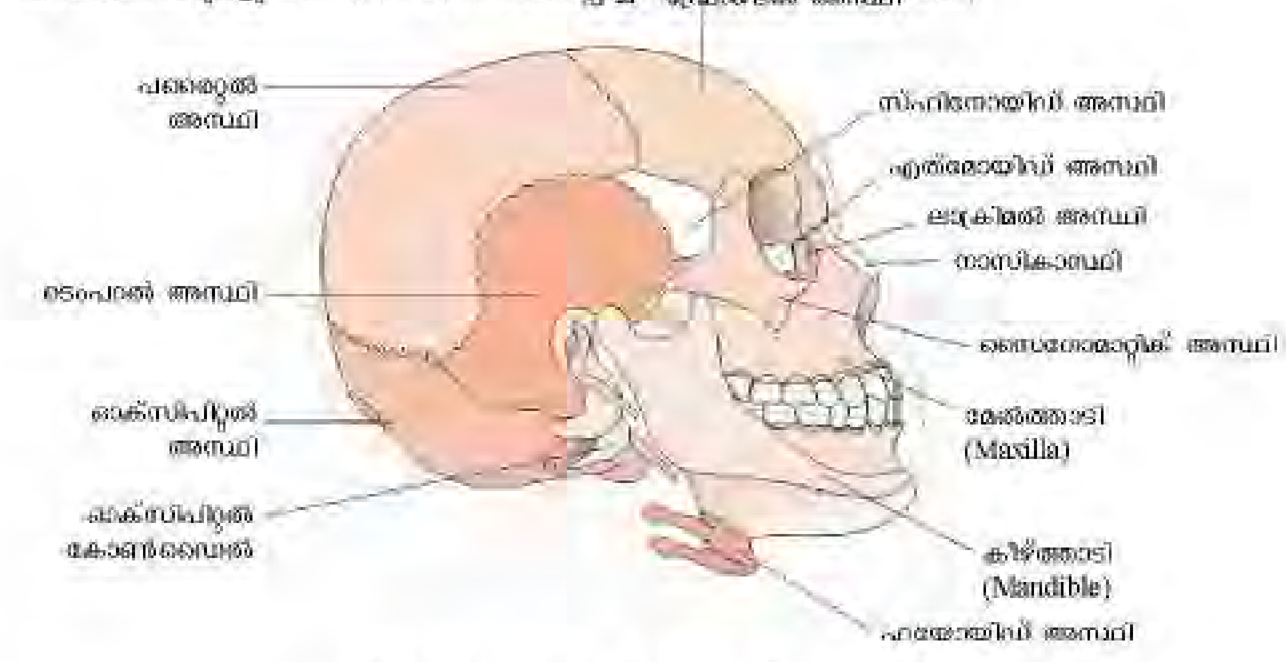
ട്രത്തിക്കൊണ്ട് കുറുകെയുള്ള ബന്ധനം തകരുന്നു (ചിത്രം 20.4) എന്നാണ്. വീണ്ടും മയോസിൻ ശീർഷത്താൽ ATP യുടെ ജലവിശ്ലേഷണം നടക്കുകയും കുറുകെയുള്ള ബന്ധനരൂപീകരണം, തകർച്ച എന്ന ചക്രം ആവർത്തിക്കുകയും അടുത്ത തെന്നിനീങ്ങലിന് കാരണമാവുകയും ചെയ്യുന്നു. കാത്സ്യം അയോണുകൾ പേശീദ്രവ്യജാലികയുടെ സിസ്റ്റേണിയിലേക്ക് (Cisternae) തിരികെ പമ്പ് ചെയ്യുന്നതുവരെ ഈ പ്രക്രിയ തുടരുകയും തത്ഫലമായി ആക്ടിൻ തന്തുകൾ മുക്തമാകുകയും ചെയ്യുന്നു. ഇത് 'Z' രേഖകളെ അവയുടെ പൂർവസ്ഥിതിയിലേക്ക് കൊണ്ടുവരുന്നു. ഇതാണ് വിശ്രമാവസ്ഥ. ഈ പ്രതികരണത്തിന് തന്തുക്കൾ എടുക്കുന്ന സമയം വ്യത്യസ്ത പേശികളിൽ വ്യത്യസ്തമായിരിക്കും. പേശീകോശങ്ങളുടെ വിശ്രമമില്ലാത്ത പ്രവർത്തനം, അതായത് തുടർച്ചയായ സങ്കോചവികാസങ്ങൾ, ഗ്ലൈക്കോജന്റെ അവായവ വിഘടനത്തിന് (Anaerobic respiration) കാരണമാവുകയും പേശികളിൽ ലാക്ടിക് ആസിഡ് അടിഞ്ഞ് കൂടുകയും ചെയ്യുന്നു. ഇതാണ് പേശീക്ഷമം (Muscle fatigue). പേശീകോശത്തിൽ ഓക്സിജനെ ശേഖരിച്ചുവയ്ക്കുന്ന ചുവന്ന നിറത്തിലുള്ള വർണവസ്തുവായ മയോഗ്ലോബിൻ കാണപ്പെടുന്നു. മയോഗ്ലോബിന്റെ അളവ് കൂടുതലുള്ള പേശീകോശങ്ങൾ ചുവന്ന നിറത്തിൽ കാണപ്പെടുന്നു. ഈ പേശീകോശങ്ങളെ അരുണ തന്തുക്കൾ (Red fibres) എന്ന് വിളിക്കുന്നു. ഈ പേശീകോശങ്ങളിൽ ധാരാളം മൈറ്റോകോൺഡ്രിയകളും അടങ്ങിയിരിക്കുന്നതിനാൽ ഇവയിൽ കൂടിയ അളവിൽ സംഭരിച്ചുവച്ചിട്ടുള്ള ഓക്സിജനെ ATP നിർമാണത്തിന് ഉപയോഗിക്കാൻ സാധിക്കും. അതുകൊണ്ട് ഈ പേശീകോശങ്ങളെ വായുപേശികൾ (Aerobic muscles) എന്നും പറയുന്നു. എന്നാൽ ചില പേശീകോശങ്ങൾ വളരെക്കുറഞ്ഞ തോതിൽ മയോഗ്ലോബിൻ ഉള്ളവയാണ്. അതുകൊണ്ട് അവ വെള്ളനിറത്തിലോ ഇളംനിറത്തിലോ കാണപ്പെടുന്നു. ഇവയെ ശ്വേതതന്തുക്കൾ (White fibres) എന്നു പറയുന്നു. അവയിൽ മൈറ്റോകോൺഡ്രിയയുടെ എണ്ണം വളരെക്കുറവാണ്. എന്നാൽ പേശീദ്രവ്യജാലികയുടെ അളവ് കൂടുതലും ആണ്. ഊർജത്തിനായി ഇവ അവായവ പ്രക്രിയയെ ആശ്രയിക്കുന്നു.

20.3 അസ്ഥിവ്യവസ്ഥ

അസ്ഥികളും കുറച്ച് തരുണാസ്ഥികളും അടങ്ങുന്ന ചട്ടക്കൂടാണ് അസ്ഥിവ്യവസ്ഥ. ശരീര ചലനങ്ങളിൽ ഈ വ്യവസ്ഥ ഒരു പ്രധാന പങ്ക് വഹിക്കുന്നു. താടിയെല്ലുകളില്ലാതെ ആഹാരം ചവച്ചരയ്ക്കുന്നതും അസ്ഥികളില്ലാത്ത കാലുകൾ ഉപയോഗിച്ച് നടക്കുന്നതും ഒന്ന് സങ്കല്പിച്ചു നോക്കൂ. അസ്ഥിയും (Bone) തരുണാസ്ഥിയും(Cartilage) സവിശേഷമായ യോജകകലകളാണ് (Connectiva tissues). കാത്സ്യം ലവണങ്ങൾ അടങ്ങിയിട്ടുള്ളതിനാൽ അസ്ഥികൾക്ക് വളരെ കട്ടികൂടിയ മാട്രിക്സ് ആണ് ഉള്ളത്. എന്നാൽ കോൺഡ്രോയിറ്റിൻ (Chondroitin) ലവണങ്ങൾ തരുണാസ്ഥികൾക്ക് ഒരു വഴക്കമുള്ള മാട്രിക്സ് പ്രദാനംചെയ്യുന്നു. ചെറുതും വലുതുമായ 206 അസ്ഥികളും കുറച്ച് തരുണാസ്ഥികളും ചേർന്നതാണ് മനുഷ്യനിലെ അസ്ഥിവ്യവസ്ഥ. അസ്ഥികളുടെ സ്ഥാനമനുസരിച്ച് മനുഷ്യാസ്ഥികൂ

മെന്ന അക്ഷാസ്ഥികൂടം (Axial skeleton) അനുബന്ധാസ്ഥികൂടം (Appendicular skeleton) എന്നിങ്ങനെ രണ്ടായി തരംതിരിക്കാം.

ശരീരത്തിലെ പ്രധാന അക്ഷത്തിൽ വിന്യസിച്ചിരിക്കുന്ന 80 അസ്ഥികൾ ഉൾപ്പെട്ടതാണ് **അക്ഷാസ്ഥികൂടം**. തലയോട് (Skull), നട്ടെല്ല് (Vertebral column), മാറെല്ല് (Sternum), വാരിയെല്ല് (Ribs) ഇവ ചേർന്നതാണ് അക്ഷാസ്ഥികൂടം. രണ്ട് വിഭാഗം അസ്ഥികൾ ചേർന്നതാണ് **തലയോട്**- കപാലവും (Cranium) മുഖാസ്ഥികളും (Facial bones) കൂടി ആകെ 22 അസ്ഥികളാണ് (ചിത്രം 20.6). കപാലത്തിൽ അസ്ഥികൾ 8 എണ്ണമാണ്. അവ മസ്തിഷ്കത്തെ പൊതിയുന്ന കാഠിന്യമുള്ള ബാഹ്യസംരക്ഷണ ആവരണമായി നിലകൊള്ളുന്നു. മുഖഭാഗം 14 അസ്ഥിഫലകങ്ങൾകൊണ്ട് നിർമിതമായിരിക്കുന്നു. ഇത് തലയോടിന്റെ മുൻഭാഗമായി വർത്തിക്കുന്നു. വദനഗഹ്വരത്തിന്റെ കീഴ്ഭാഗത്തിൽ കാണപ്പെടുന്ന ഹയോയിഡ് (Hyoid) എന്നു വിളിക്കുന്ന 'U' ആകൃതിയിലുള്ള ഏക അസ്ഥിയും തലയോടിന്റെ ഭാഗമാണ്. ഓരോ മധ്യകർണവും മൂന്ന് ചെറിയ അസ്ഥികൾ ഉൾക്കൊള്ളുന്നു- മാലിയസ്, ഇൻകസ്, സ്റ്റേപിസ്. ഇവ ഒരുമിച്ച് **കർണാസ്ഥികൾ** (Ear ossicles) എന്നറിയപ്പെടുന്നു. തലയോടിനെ നട്ടെല്ലിന്റെ മുകൾഭാഗവുമായി രണ്ട് ഓക്സിപിറ്റൽ കോൺഡൈലുകളുടെ സഹായത്താൽ യോജിപ്പിച്ചിരിക്കുന്നു (Dicondylic skull).



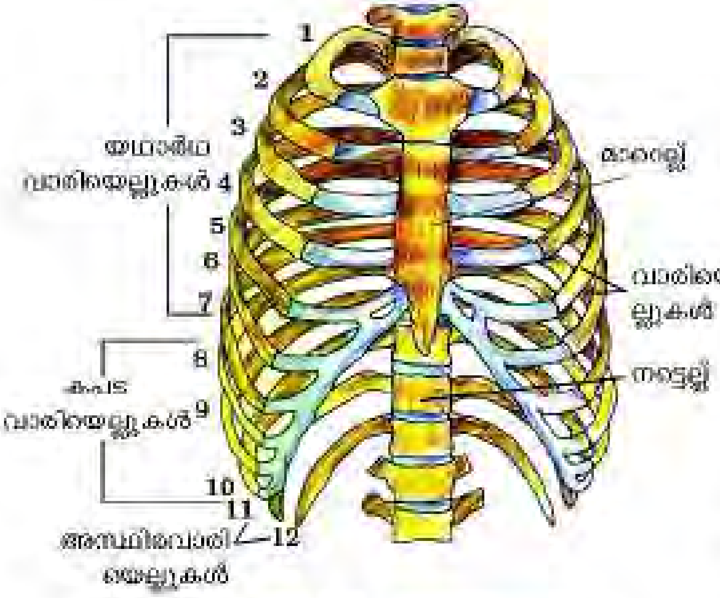
ചിത്രം 20.6 മനുഷ്യന്റെ തലയോട് - രേഖാചിത്രം

ശ്രേണീരീതിയിൽ ക്രമീകരിച്ചിരിക്കുന്ന 26 കശേരുകികൾ ചേർന്നതാണ് **നട്ടെല്ല് (Vertebral column)** (ചിത്രം 20.7). ഇത് മുതുക് ഭാഗത്ത് സ്ഥിതി ചെയ്യുന്നു. ഇത് തലയോടിന്റെ കീഴ്ഭാഗത്ത് നിന്ന് തുടങ്ങി ഉടൽ ഭാഗത്തിന്റെ മുഖ്യചട്ടക്കൂടായി വർത്തിക്കുന്നു. ഓരോ കശേരുവിന്റെയും മധ്യത്തിലെ പൊള്ളയായ ഭാഗമാണ് സുഷുമ്നാനാളി (Neural canal). ഇതിലൂടെ സുഷുമ്നാനാഡി (Spinal cord) കടന്നു

ചിത്രം 20.7 നട്ടെല്ല് (വലത് വശത്തിന്റെ കാഴ്ച)

ഷോകുന്നു. ഒന്നാമത്തെ കശേരുവായ അറ്റ്‌ലസ്, ഓക്സിപിറ്റൽ കോൺഡൈലുകളുമായി സംയോജിപ്പിച്ചിരിക്കുന്നു. തലയോടിൽ നിന്ന് തുടങ്ങുന്ന നട്ടെല്ല് അഞ്ചായി വേർതിരിച്ചിരിക്കുന്നു. സെർവിക്കൽ അഥവാ കണ്ഠകശേരുക്കൾ (7), തൊറാസിക് അഥവാ ഔരസകശേരുക്കൾ (12), ലംബാർ (5), സേക്രൽ (1- ഒന്നിലധികം കശേരുക്കൾ യോജിച്ചുണ്ടായവ), കോക്സീജിയൽ (1 - ഒന്നിലധികം കശേരുക്കൾ യോജിച്ചുണ്ടായവ). മനുഷ്യരുൾപ്പെടെ ഒട്ടുമിക്ക സസ്തനികളിലും സെർവിക്കൽ കശേരുക്കളുടെ എണ്ണം 7 ആണ്. നട്ടെല്ല് സുഷുമ്നാ നാഡിയെ സംരക്ഷിക്കുകയും, ശിരസ്സ് താങ്ങിനിർത്തുകയും, വാരിയെല്ലുകളെയും മുതുകിലെ പേശീകൂട്ടങ്ങളെയും ബന്ധിപ്പിക്കുന്ന ഭാഗമായി വർത്തിക്കുകയും ചെയ്യുന്നു. നെഞ്ചിൽ അകഭാഗത്ത് മധ്യരേഖയിൽ കാണപ്പെടുന്ന പരന്ന അസ്ഥിയാണ് **മാറെല്ല്** (Sternum).

ആകെ 12 ജോഡി **വാരിയെല്ലുകൾ** ഉണ്ട്. കനം കുറഞ്ഞ പരന്ന അസ്ഥിയായ ഓരോ വാരിയെല്ലും പുറംഭാഗത്ത് നട്ടെല്ലിനോടും അകഭാഗത്ത് മാറെല്ലിനോടും യോജിച്ചിരിക്കുന്നു. ഇതിന് മുതുകുവശത്ത് നട്ടെല്ലുമായി ബന്ധിപ്പിക്കുന്ന രണ്ട് പ്രതലങ്ങൾ ഉണ്ട്. അതുകൊണ്ട് ഇതിനെ ബൈസെഫാലിക് (Bicephalic) എന്നു വിളിക്കുന്നു. ആദ്യത്തെ 7 ജോഡി വാരിയെല്ലുകളെ യഥാർഥ വാരിയെല്ലുകൾ (True ribs) എന്ന് പറയുന്നു. ഇവയെ മുതുകുഭാഗത്ത് തൊറാസിക് കശേരുക്കളോടും അകഭാഗത്ത് ഹയാലിൻ തരുണാസ്ഥിയുടെ സഹായത്താൽ മാറെല്ലിനോടും യോജിപ്പിച്ചിരിക്കുന്നു. 8, 9, 10 എന്നീ ജോഡി വാരിയെല്ലുകൾ മാറെല്ലിനോട് നേരിട്ട് യോജിക്കാതെ ഹയാലിൻ തരുണാസ്ഥി വഴി 7-ാമത്തെ ജോഡിവാരിയെല്ലുമായി യോജിക്കുന്നു. ഇവയെ വെർട്ടിബ്രോ കോൺട്രൽ വാരിയെല്ലുകൾ (കപട വാരിയെല്ലുകൾ) (False ribs) എന്നു വിളിക്കുന്നു. അവസാനത്തെ രണ്ട് ജോഡി വാരിയെല്ലുകൾ (11 ഉം 12 ഉം) അകഭാഗവുമായി

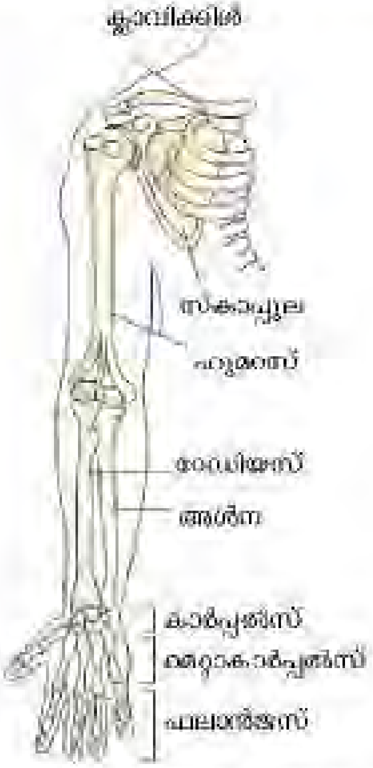


ചിത്രം 20.8 വാരിയെല്ലുകളും വാരിയെല്ലിൻ കൂടും

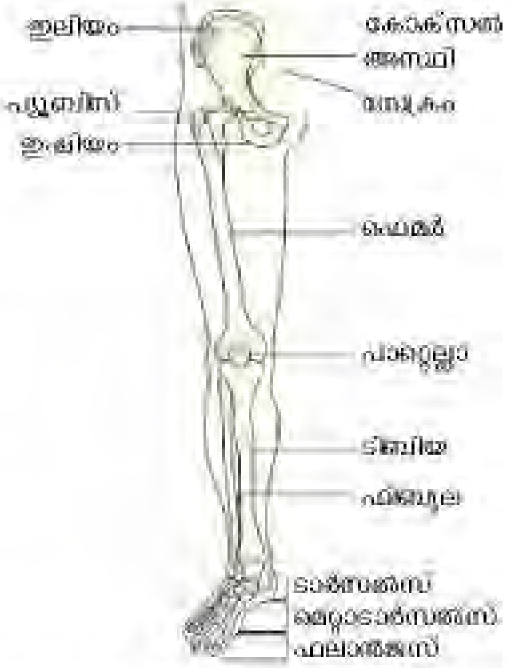
യോജിപ്പിച്ചിട്ടില്ലാത്തതിനാൽ അവയെ അസ്ഥിരവാരിയെല്ലുകൾ (Floating ribs) എന്നു പറയുന്നു. തൊറാസിക് കശേരുക്കൾ, വാരിയെല്ലുകൾ, മാറെല്ല് എന്നിവ ഒത്തു ചേർന്നതാണ് വാരിയെല്ലിൻ കൂട് (Rib cage) (ചിത്രം 20.8).

കൈകാലുകളിലെ അസ്ഥികളും അവയുടെ വലയങ്ങളും (Girdles) ചേർന്നതാണ് **അനുബന്ധാസ്ഥികൂടം**. ഒരു കൈ/കാൽ 30 അസ്ഥികൾ ചേർന്നതാണ്. കൈയിലെ (മുൻകാലിലെ) അസ്ഥികൾ ഹ്യൂമറസ്, റേഡിയസ്, അൾന, കാർപ്പൽസ് (മണിബന്ധ അസ്ഥികൾ-8 എണ്ണം), മെറ്റാകാർപ്പൽസ് (കൈപ്പത്തിയിലെ അസ്ഥികൾ - 5 എണ്ണം), ഫലാഞ്ജസ് (കൈവിരലുകളിലെ അസ്ഥികൾ-14 എണ്ണം) എന്നിവയാണ് (ചിത്രം 20.9). ഫീമർ (തുടയെല്ല്-ഏറ്റവും നീളം കൂടിയ അസ്ഥി), ടിബിയ, ഫിബുല, ടാർസൽസ് (കണങ്കാലിലെ അസ്ഥികൾ-7 എണ്ണം), മെറ്റാടാർസൽസ് (5 എണ്ണം), ഫലാഞ്ജസ് (കാൽവിരലുകളിലെ അസ്ഥികൾ-14 എണ്ണം) ഇവയാണ് കാലുകളിലെ (പിൻകാൽ) അസ്ഥികൾ (ചിത്രം 20.10). ഒരു കപ്പിന്റെ ആകൃതിയിലുള്ള അസ്ഥിയായ പാറ്റെല്ല മുട്ടിന്റെ അകഭാഗത്തെ പൊതിഞ്ഞ് കാണപ്പെടുന്നു (കാൽമുട്ട് ചിരട്ട- Kneecap)

തോൾ വലയത്തിലും (Pectoral girdle) ശ്രോണീവലയത്തിലും (Pelvic girdle) ഉള്ള അസ്ഥികൾ യഥാക്രമം കൈകളെയും കാലുകളെയും അക്ഷാസ്ഥികൂടവുമായി ബന്ധിപ്പിക്കാൻ സഹായിക്കുന്നു. ഓരോ വലയത്തിലും രണ്ട് പകുതികൾ കാണപ്പെടുന്നു. തോൾ വലയത്തിലെ ഓരോ പകുതിയിലും ക്ലാവിക്കിൾ (Clavicle), സ്കാപ്പുല (Scapula) എന്നീ 2 അസ്ഥികൾ വീതമാണ് ഉള്ളത് (ചിത്രം 20.9). ത്രികോണാകൃതിയോടു കൂടിയ പരന്ന വലുപ്പമേറിയ സ്കാപ്പുല ഉരസ്സിന്റെ പുറംഭാഗത്ത് രണ്ടാമത്തെയും ഏഴാമത്തെയും വാരിയെല്ലുകളുടെ ഇടയിലായി കാണപ്പെടുന്നു. പുറമെ അല്പം ഉയർന്ന് പരന്ന് കാണപ്പെടുന്ന സ്കാപ്പുലയുടെ ഭാഗമാണ് സ്പൈൻ (Spine). ഈ പരന്ന് വികസിച്ച സംവിധാനത്തെ അംസകൂടം (Acromion) എന്ന് വിളിക്കുന്നു. ക്ലാവിക്കിൾ ഇതുമായി യോജിച്ചിരിക്കുന്നു. അംസകൂടത്തിന് താഴെയായി കാണപ്പെടുന്ന കുഴിയാണ് ഗ്ലീനോയ്ഡ് ഗഹ്വരം. ഇതിലേക്ക്



ചിത്രം 20.9 വലത് തോൾവലയവും കൈയിലെ അസ്ഥികളും (മുൻഭാഗക്കാഴ്ച)



ചിത്രം 20.10 വലത് ശ്രോണീവലയവും കാലിലെ അസ്ഥികളും (മുൻഭാഗക്കാഴ്ച)

ഹ്യൂമറസിന്റെ ശീർഷം യോജിച്ച് തോൾ സന്ധി (Shoulder joint) ആയി രൂപപ്പെടുന്നു. രണ്ട് വക്രങ്ങളുള്ള നീണ്ട കനംകുറഞ്ഞ അസ്ഥിയാണ് ഓരോ ക്ലാവിക്കിളും. ഈ അസ്ഥിയെ പൊതുവായി തോളെല്ല് (Collar bone) എന്ന് അറിയപ്പെടുന്നു.

രണ്ട് കോക്സൽ അസ്ഥികൾ ഉൾപ്പെട്ടതാണ് ശ്രോണീവലയം ചിത്രം (20.10). മൂന്ന് അസ്ഥികൾ ചേർന്നാണ് ഓരോ കോക്സൽ അസ്ഥിയും രൂപംകൊള്ളുന്നത്. ഇവ ഇലിയം(Ilium), ഇഷിയം(Ischium), പ്യൂബിസ് (Pubis) എന്നിവയാണ്. ഈ മൂന്ന് അസ്ഥികളും യോജിക്കുന്ന ഭാഗത്ത് അസെറ്റാബുലം എന്ന കുഴി രൂപംകൊള്ളുന്നു. ഇതിലേക്ക് തുടയെല്ലിന്റെ ഗോളാകൃതിയിലുള്ള അഗ്രഭാഗം യോജിച്ചിരിക്കുന്നു. ശ്രോണീവലയത്തിന്റെ രണ്ട് പകുതികളും അധോഭാഗത്ത് ഒത്തുചേർന്ന് നാര് പോലുള്ള തരുണാസ്ഥിയടങ്ങിയ പ്യൂബിക് സിംഫൈസിസ് (Pubic symphysis) ആയി മാറുന്നു.

20.4 സന്ധികൾ (Joints)

ശരീരത്തിൽ അസ്ഥിഭാഗങ്ങൾ ഉൾപ്പെടുന്ന എല്ലാത്തരം ചലനങ്ങൾക്കും സന്ധികൾ അനിവാര്യമാണ്. സഞ്ചാര ചലനങ്ങളും ഇതിൽ ഉൾപ്പെടുന്നു. അസ്ഥികൾ പരസ്പരം ബന്ധപ്പെടുന്ന ഭാഗമോ അല്ലെങ്കിൽ അസ്ഥികളും തരുണാസ്ഥികളും തമ്മിൽ ബന്ധപ്പെടുന്ന ഭാഗമോ ആണ് സന്ധികൾ. പേശികളിൽ ഉത്പാദിപ്പിക്കപ്പെടുന്ന ബലം ഉപയോഗിച്ച് സന്ധികളിലൂടെയാണ് ചലനം സാധ്യമാകുന്നത്. ഇവിടെ സന്ധി ഒരു ആധാരകേന്ദ്രമായി (Fulcrum) വർത്തിക്കുന്നു. ഈ സന്ധികളിലുണ്ടാകുന്ന ചലനം വിവിധഘടകങ്ങളെ ആശ്രയിച്ച് വ്യത്യാസപ്പെട്ടിരിക്കുന്നു. സന്ധികളെ ഘടനയുടെ അടിസ്ഥാനത്തിൽ മൂന്ന് ആയി തരംതിരിച്ചിരിക്കുന്നു. അതായത് തന്തുക്കളാൽ നിർമിതമായ സന്ധി, തരുണാസ്ഥികളാൽ നിർമിതമായ സന്ധി, സൈനോവിയൽ സന്ധി എന്നിവയാണ് അവ.

തന്തുക്കളാൽ നിർമിതമായ സന്ധികളിൽ (Fibrous joints) ഒരു ചലനവും സാധ്യമല്ല. ഇത്തരം സന്ധികൾ തലയോടിലെ പരന്ന അസ്ഥികളിൽ കാണപ്പെടുന്നു. ഈ അസ്ഥികളുടെ അഗ്രഭാഗങ്ങളെ ഇടതിങ്ങിയ തന്തുക്കൾപോലെയുള്ള യോജകകലകളാൽ തുന്നിച്ചേർത്ത് (Suture) ആണ് കപാലം രൂപംകൊള്ളുന്നത്.

തരുണാസ്ഥി സന്ധികളിൽ (Cartilaginous joints), അസ്ഥികൾ പരസ്പരം തരുണാസ്ഥികളുടെ സഹായത്താൽ ഒന്നിച്ചു ചേർന്നിരിക്കുന്നു. നട്ടെല്ലിലെ അടുത്തടുത്ത കശേരുക്കളുടെ ഇടയിലുള്ള സന്ധി ഈ മാതൃകയിലുള്ളതാണ്. ഇത് പരിമിതമായ ചലനം അനുവദിക്കുന്നു.

സൈനോവിയൽ സന്ധികളിൽ (Synovial joints) രണ്ട് അസ്ഥികൾ പരസ്പരം സന്ധിക്കുന്ന ഉപരിതലങ്ങളുടെ ഇടയിൽ ദ്രാവകം നിറഞ്ഞ സൈനോവിയൽ അറ കാണപ്പെടുന്നു. ഈ ക്രമീകരണം ചലനം സുഗമമാക്കാൻ സഹായിക്കുന്നു. ഈ സന്ധികൾ സഞ്ചാരത്തിനും മറ്റനവധി ചലനങ്ങൾക്കും സഹായിക്കുന്നു.

ഗോളരസന്ധി (Ball and socket joint) (ഹ്യൂമറസിനും തോൾ വലയത്തിനും ഇടയിൽ), വിജാഗിരി സന്ധി (Hinge joint) (മുട്ടിലെ സന്ധി/knee joint), കീല സന്ധി (Pivot joint) (അറ്റ്ലസിന്റെയും ആക്സിസിന്റെയും ഇടയിൽ), തെന്നി നീങ്ങുന്ന സന്ധി (Gliding joint) (കാർപ്പലുകളുടെ ഇടയിൽ), പര്യാണ സന്ധി (Saddle joint) (തള്ളവിരലിൽ കാർപ്പലിന്റെയും മെറ്റാകാർപ്പലിന്റെയും ഇടയിൽ) എന്നിവ ചില ഉദാഹരണങ്ങളാണ്.

20.5 പേശിയുടെയും അസ്ഥിവ്യവസ്ഥയുടെയും തകരാറുകൾ

മയാസ്തേനിയ ഗ്രേവിസ് (Myasthenia gravis): നാഡീപേശീ സന്ധിയെ ബാധിക്കുന്നു. ശരീരത്തിന്റെ സ്വയംപ്രതിരോധ സംവിധാനത്തിന്റെ തകരാറ് കൊണ്ടാണ് ഇത് സംഭവിക്കുന്നത്. ഈ രോഗം അസ്ഥിപേശികളുടെ ക്ലമം, ക്ഷീണം, തളർച്ച എന്നിവയ്ക്ക് കാരണമാകുന്നു.

പേശീക്ഷയം (Muscular distrophy) : ജനിതക അപാകതകൾ മൂലം അസ്ഥിപേശിക്ക് കാലക്രമേണയുണ്ടാകുന്ന നാശം

ക്ഷതപാതം (Tetany): ശരീരദ്രവത്തിൽ കാൽസ്യം അയോണുകൾ കുറയുമ്പോൾ പേശികൾ വേഗത്തിലും തീക്ഷ്ണമായും സങ്കോചിക്കുന്നു (Rapid spasms).

സന്ധി വാതം (Arthritis): സന്ധികളിലുണ്ടാകുന്ന നീർവീക്കം.

അസ്ഥി ക്ഷയം (Osteoporosis): പ്രായംകൂടുന്നതിനനുസരിച്ച് അസ്ഥിഭാരത്തിൽ കുറവുണ്ടാവുകയും പൊട്ടാനുള്ള സാധ്യത കൂടുകയും ചെയ്യുന്ന അവസ്ഥ. ഈസ്ട്രജൻ ഹോർമോണിന്റെ അളവ് കുറയുന്നതാണ് പ്രധാന കാരണം.

രക്തവാതം (Gout): പരൽ രൂപത്തിൽ യൂറിക് ആസിഡ് അടിഞ്ഞ് കൂടുന്നതു മൂലം സന്ധികളിൽ ഉണ്ടാകുന്ന നീർവീക്കം.

സംഗ്രഹം

ജീവജാലങ്ങളുടെ ഒരു സവിശേഷ സ്വഭാവമാണ് ചലനം. ജീവദ്രവ്യ പ്രവാഹം, സീലിയറി ചലനങ്ങൾ, ചിറകുകളുടെയും, കൈകാലുകളുടെയും ചലനങ്ങൾ തുടങ്ങിയവ ജന്തുക്കൾ പ്രകടിപ്പിക്കുന്ന ചിലതരം ചലനങ്ങളാണ്. ജീവികളുടെ സ്ഥലമാറ്റത്തിന് കാരണമാകുന്ന ഐച്ഛിക ചലനമാണ് സഞ്ചാരം. ആഹാരം, അഭയം, ഇണ, ഇണ ചേരാനുള്ള ഉചിതമായ ഇടം എന്നിവ കണ്ടെത്തുന്നതിനും, അനുകൂലമല്ലാത്ത കാലാവസ്ഥയ്ക്കും സ്വയരക്ഷക്കും വേണ്ടിയാണ് ജീവികൾ സാധാരണയായി സഞ്ചരിക്കുന്നത്.

മനുഷ്യശരീരത്തിലെ കോശങ്ങൾ അമീബിക, സീലിയറി, പേശീചലനങ്ങൾ പ്രദർശിപ്പിക്കുന്നു. സഞ്ചാരത്തിനും മറ്റുവിധ ചലനങ്ങൾക്കും പേശിപ്രവർത്തനങ്ങളുടെ ഏകോപനം അത്യാവശ്യമാണ്. നമ്മുടെ ശരീരത്തിൽ മൂന്ന് തരം പേശികൾ കാണപ്പെടുന്നു. അസ്ഥിഘടകങ്ങളുമായി ബന്ധപ്പെട്ട പേശികളാണ് അസ്ഥിപേശികൾ. അവ രേഖാങ്കിതവും ഐച്ഛിക സ്വഭാവമുള്ളവയും ആണ്. ആന്തരികാവയവങ്ങളുടെ അകഭിത്തിയിൽ കാണപ്പെടുന്ന ആന്തരാവയവപേശികൾ രേഖാങ്കിതമല്ലാത്തതും അനൈച്ഛികസ്വഭാവമുള്ളവയുമാണ്. ഹൃദയത്തിലെ പേശികളാണ് ഹൃദയപേശികൾ. അവ രേഖാങ്കിതവും, ശാഖകളുള്ളതും, അനൈച്ഛിക സ്വഭാവമുള്ളവയും ആണ്. പേശികൾ ഉത്തേജനം, സങ്കോചം, വികാസം, ഇലാസ്തികത എന്നീ സ്വഭാവ ഗുണങ്ങൾ പ്രകടിപ്പിക്കുന്നു.

പേശികളുടെ ആന്തരിക ഘടകമാണ് പേശീതന്തു. ഓരോ പേശീതന്തുവിലും സമാന്തരമായി ക്രമീകരിച്ചിരിക്കുന്ന ധാരാളം മയോഫൈബ്രിലുകൾ കാണപ്പെടുന്നു. ഓരോ മയോഫൈബ്രിലിന്റെയും അടിസ്ഥാന സങ്കോച യൂണിറ്റുകളാണ് സാർക്കോമിയറുകൾ. ഇവ ശ്രേണീരീതിയിൽ ക്രമീകരിച്ചിരിക്കുന്നു.

ഓരോ സാർക്കോമിയറിനും മധ്യത്തിൽ കനംകൂടിയ മയോസിൻ നാരിനാൽ നിർമിതമായ 'A' ബാൻഡും അതിന് ഇരുവശങ്ങളിലായി 'Z' രേഖ കാണപ്പെടുന്നതും കനം കുറഞ്ഞ ആക്ടിൻ തന്തുക്കളാൽ നിർമിതവുമായ രണ്ട് പകുതി 'I' ബാൻഡുകളും ഉണ്ട്. സങ്കോചിക്കാൻ കഴിവുള്ള പോളിമർ മാംസ്യങ്ങളാണ് ആക്ടിനും മയോസിനും. വിശ്രമാവസ്ഥയിൽ ആക്ടിൻ തന്തുവിൽ മയോസിൻ വന്ന് ചേരുന്ന സക്രിയസ്ഥാനം ട്രോപോണിൻ എന്ന മാംസ്യത്തിനാൽ മൂടപ്പെട്ടിരിക്കുന്നു. മയോസിൻ ശീർഷത്തിൽ **ATPase** എന്ന രാസാഗ്നിയും **ATP** ബന്ധിക്കാനുള്ള സ്ഥാനവും ആക്ടിനു വേണ്ടിയുള്ള സക്രിയസ്ഥാനവും അടങ്ങിയിരിക്കുന്നു. പേശീതന്തുവിലേക്ക് ആവേഗത്തെ പ്രേരകനാഡി വഹിച്ചുകൊണ്ടു പോവുകയും തത്ഫലമായി അവിടെ പ്രവർത്തനക്ഷമം ഉണ്ടാവുകയും ചെയ്യുന്നു. ഇത് പേശീദ്രവ്യജാലികയിൽ നിന്ന് കാത്സ്യം അയോണുകൾ സ്വതന്ത്രമാക്കപ്പെടുന്നതിന് കാരണമാകുന്നു. കാത്സ്യം അയോണുകൾ ആക്ടിൻ തന്തുവിനെ ഉത്തേജിപ്പിക്കുന്നു. ഇത് മയോസിൻ ശീർഷവും ആക്ടിൻ തന്തുവും ബന്ധിതമായി കുറുകെയുള്ള ബന്ധനങ്ങൾ **(Cross bridge)** രൂപംകൊള്ളുന്നതിന് ഇടയാക്കുന്നു. ഈ കുറുകെയുള്ള ബന്ധനങ്ങൾ ആക്ടിൻ തന്തുവിനെ വലിച്ചടുപ്പിക്കുകയും അങ്ങനെ ആക്ടിൻ തന്തുക്കൾ മയോസിൻ നാരുകളുടെ മുകളിലൂടെ തെന്നിമാറുകയും പേശികൾ സങ്കോചിക്കുകയും ചെയ്യുന്നു. കാത്സ്യം അയോണുകൾ തിരികെ പേശീദ്രവ്യ ജാലികയിലേക്ക് പോവുകയും ഇത് ആക്ടിൻ തന്തുവിനെ നിഷ്ക്രിയമാക്കുകയും ചെയ്യുന്നു. കുറുകെയുള്ള ബന്ധനങ്ങൾ തകരുകയും അങ്ങനെ പേശികൾ വിശ്രമാവസ്ഥയിലാവുകയും ചെയ്യുന്നു.

പേശികളുടെ ആവർത്തിച്ചുള്ള ഉത്തേജനം പേശീക്ഷയത്തിന് ഇടയാക്കുന്നു. പേശികളിൽ അടങ്ങിയിരിക്കുന്ന ചുവന്ന നിറത്തിലുള്ള മയോഗ്ലോബിൻ വർണവസ്തുവിന്റെ അടിസ്ഥാനത്തിൽ പേശി

കളെ അരുണ തന്തുക്കൾ, ശ്വേത തന്തുക്കൾ എന്നിങ്ങനെ തരംതിരിച്ചിരിക്കുന്നു.

അസ്ഥികളും തരുണാസ്ഥികളും ഉൾപ്പെട്ടതാണ് അസ്ഥിവ്യവസ്ഥ. അസ്ഥിവ്യവസ്ഥയെ അക്ഷാസ്ഥികൂടം, അനുബന്ധാസ്ഥികൂടം എന്നിങ്ങനെ രണ്ടായി ഭാഗിച്ചിരിക്കുന്നു. തലയോട്, നട്ടെല്ല്, വാരിയെല്ലുകൾ, മാറെല്ല് എന്നിവ ചേർന്നതാണ് അക്ഷാസ്ഥികൂടം. അനുബന്ധാസ്ഥികൂടത്തിൽ കൈകാലുകളിലെ അസ്ഥികൾ, വലയങ്ങൾ എന്നിവ ഉൾപ്പെടുന്നു. അസ്ഥികളുടെ ഇടയിൽ അല്ലെങ്കിൽ അസ്ഥികളുടെയും തരുണാസ്ഥികളുടെയും ഇടയിൽ മൂന്ന് തരത്തിലുള്ള സന്ധികൾ രൂപം കൊള്ളുന്നു. തന്തുക്കളാൽ നിർമിതമായ സന്ധി, തരുണാസ്ഥി സന്ധി, സൈനോവിയൽ സന്ധി എന്നിവയാണ് അവ. സൈനോവിയൽ സന്ധികൾ ചലനം സുഗമമാക്കുന്നതിനാൽ സഞ്ചാരത്തിൽ സുപ്രധാന പങ്ക് വഹിക്കുന്നു.

പരിശീലന പ്രവർത്തനങ്ങൾ

1. അസ്ഥിപേശിയുടെ വ്യത്യസ്ത ഭാഗങ്ങൾ ഉൾപ്പെടുന്ന സാർക്കോമിയറിന്റെ ചിത്രം വരയ്ക്കുക.
2. പേശീസങ്കോചത്തിന്റെ തെന്നി നീങ്ങൽ സിദ്ധാന്തം നിർവചിക്കുക.
3. പേശീസങ്കോചത്തിന്റെ പ്രധാനപ്പെട്ട ഘട്ടങ്ങൾ വിശദീകരിക്കുക.
4. ശരിയോ തെറ്റോ എന്നെഴുതുക. തെറ്റായ വാക്യം തിരുത്തി എഴുതുക.
   a. കനം കുറഞ്ഞ തന്തുവിലാണ് ആക്ടിൻ അടങ്ങിയിരിക്കുന്നത്.
   b. രേഖാങ്കിത പേശിയുടെ H മേഖല കട്ടികൂടിയതും കട്ടികുറഞ്ഞതുമായ നാരുകളെ പ്രതിനിധാനം ചെയ്യുന്നു.
   c. മനുഷ്യാസ്ഥികൂടത്തിൽ 206 അസ്ഥികൾ ഉണ്ട്.
   d. മനുഷ്യനിൽ 11 ജോഡി വാരിയെല്ലുകൾ കാണപ്പെടുന്നു.
   e. ശരീരത്തിന്റെ മധ്യഭാഗത്ത് മാറെല്ല് കാണപ്പെടുന്നു.
5. വ്യത്യാസം എഴുതുക.
   a. ആക്ടിനും മയോസിനും
   b. അരുണപേശിയും ശ്വേതപേശിയും
   c. തോൾവലയവും ശ്രോണീവലയവും
6. കോളം 1 ഉം കോളം 2 ഉം ചേരുംപടി ചേർക്കുക.

കോളം 1	കോളം 2
(a) മൃദുലപേശി	(i) മയോഗ്ലോബിൻ
(b) ട്രോപോമയോസിൻ	(ii) കനംകുറഞ്ഞ നാരുകൾ
(c) ചുവന്ന പേശി	(iii) സ്യൂച്ചറുകൾ
(d) തലയോട്	(iv) അനൈച്ഛികം

7. മനുഷ്യ ശരീരത്തിലെ കോശങ്ങൾ പ്രദർശിപ്പിക്കുന്ന വ്യത്യസ്തതരം ചലനങ്ങൾ ഏതെല്ലാം?

8. അസ്ഥിപേശികളും ഹൃദയപേശികളും എങ്ങനെ വേർതിരിക്കാം?

9. താഴെ പറയുന്ന അസ്ഥികൾക്ക് ഇടയിലുള്ള സന്ധികളുടെ പേരെഴുതുക

   a. അറ്റ്ലസ്/ആക്സിസ്

   b. തള്ളവിരലിലെ കാർപൽ/മെറ്റാകാർപൽ

   c. ഫലാഞ്ചസുകളുടെ ഇടയിൽ

   d. ഫീമർ/അസെറ്റാബുലം

   e. കപാലത്തിന് ഇടയിലുള്ള അസ്ഥികൾ

   f. ശ്രോണിവലയത്തിലെ പ്യൂബിക് അസ്ഥികളുടെ ഇടയിൽ

പൂരിപ്പിക്കുക

a) ചില സസ്തനികൾ ഒഴികെ എല്ലാ സസ്തനികളിലും സെർവിക്കൽ കശേരുക്കളുടെ എണ്ണം ---------------- ആണ്

b) മനുഷ്യനിലെ ഓരോ കൈയിലെയും കൈവിരലുകളിലെ അസ്ഥികളുടെ (ഫലാഞ്ചസ്) എണ്ണം -------------- ആണ്

c) മയോഫൈബ്രിലിലെ കനംകുറഞ്ഞ നാരിൽ 2 'F' ആക്ടിനുകളും മറ്റ് രണ്ട് മാംസ്യങ്ങളായ ------------------ഉം ------------------ അടങ്ങിയിരിക്കുന്നു.

d) പേശീതന്തുവിൽ Ca^{++} സംഭരിച്ചിരിക്കുന്നത് -------------- യിൽ ആണ്

e) ------------ ഉം ------------ ജോഡി വാരിയെല്ലുകളാണ് അസ്ഥിര വാരിയെല്ലുകൾ (Floating ribs)

f) മനുഷ്യനിലെ കപാലം ---------- അസ്ഥികൾ ചേർന്നാണ് ഉണ്ടായിരിക്കുന്നത്

അധ്യായം 21

നാഡീയ നിയന്ത്രണവും ഏകോപനവും

(NEURAL CONTROL AND COORDINATION)

ആന്തരസമസ്ഥിതി പാലനത്തിനായി നമ്മുടെ ശരീരത്തിലെ വിവിധ അവയവങ്ങളുടെയും അവയവവ്യവസ്ഥകളുടെയും ധർമങ്ങൾ ഏകോപിപ്പിക്കപ്പെടേണ്ടതുണ്ട്. രണ്ടോ അതിലധികമോ അവയവങ്ങൾ കൂടിച്ചേർന്ന് പരസ്പരപൂരകമായി പ്രവർത്തിച്ച് അവയുടെ ധർമങ്ങൾ നിർവഹിക്കുന്ന പ്രക്രിയയാണ് **ഏകോപനം (Coordination)**. ഉദാഹരണത്തിന്, നമ്മൾ വ്യായാമം ചെയ്യുമ്പോൾ പേശീപ്രവർത്തന നിരക്ക് കൂടുന്നതിന്റെ ഫലമായി ഊർജാവശ്യം വർധിക്കുകയും തദ്ഫലം ഓക്സിജൻ വിതരണം കൂടുകയും ചെയ്യുന്നു. കൂടിയ അളവിൽ ഓക്സിജൻ ലഭ്യമാക്കുന്നതിനായി ശ്വസനനിരക്കും ഹൃദയമിടിപ്പും വർധിക്കുകയും രക്തക്കുഴലുകളിലൂടെയുള്ള രക്തപ്രവാഹം കൂടുകയും ചെയ്യുന്നു. എന്നാൽ വ്യായാമം അവസാനിപ്പിക്കുമ്പോൾ നാഡികൾ, ശ്വാസകോശം, ഹൃദയം, വൃക്ക എന്നിവയുടെ പ്രവർത്തനം സാധാരണ നിലയിലേക്ക് ക്രമേണ മടങ്ങി വരുന്നു. അതായത് വ്യായാമത്തിൽ ഏർപ്പെടുമ്പോൾ പേശികൾ, ശ്വാസകോശം, ഹൃദയം, രക്തക്കുഴലുകൾ, വൃക്ക, മറ്റ് അവയവങ്ങൾ എന്നിവയുടെ പ്രവർത്തനങ്ങൾ ഏകോപിപ്പിക്കപ്പെടുന്നു. നാഡീവ്യവസ്ഥയും അന്തഃസ്രാവീവ്യവസ്ഥയും സംയുക്തമായി വിവിധ അവയവങ്ങളുടെ പ്രവർത്തനം ഏകോപിപ്പിക്കുന്നു. അങ്ങനെ ഇവയ്ക്ക് ഒരൊറ്റ വ്യവസ്ഥയായി പ്രവർത്തിക്കാൻ സാധിക്കുന്നു.

നാഡീവ്യവസ്ഥ ദ്രുതഗതിയിലുള്ള ഏകോപനത്തിന് സഹായിക്കുന്ന സംഘടിത ജാലികയായി ശരീരം മുഴുവൻ വ്യാപിച്ചിരിക്കുന്നു. അന്തഃസ്രാവീവ്യവസ്ഥ ഹോർമോണുകളിലൂടെ രാസീയ ഏകോപനം സാധ്യമാക്കുന്നു.

ഈ അധ്യായത്തിൽ പ്രതിപാദിച്ചിരിക്കുന്ന പ്രധാന ആശയങ്ങൾ മനുഷ്യനിലെ നാഡീവ്യവസ്ഥ, നാഡീയഏകോപന പ്രക്രിയകൾ (നാഡീയ ആവേഗങ്ങളുടെ

പ്രസരണം, സിനാപ്സിലൂടെയുള്ള ആവേഗങ്ങളുടെ പ്രേഷണം, റിഫ്ലക്സ് പ്രവർത്തനങ്ങൾ എന്നിവയാണ്.

21.1 നാഡീവ്യവസ്ഥ

എല്ലാ ജീവികളിലെയും നാഡീവ്യവസ്ഥ നിർമ്മിതമായിരിക്കുന്നത് **നാഡീകോശങ്ങൾ** അഥവാ **ന്യൂറോണുകൾ (Neuron)** എന്നറിയപ്പെടുന്ന സവിശേഷകോശങ്ങൾ ചേർന്നാണ്. ഇവയ്ക്ക് വ്യത്യസ്തതരം ഉദ്ദീപനങ്ങൾ തിരിച്ചറിയാനും സ്വീകരിക്കാനും കടത്തിവിടാനും കഴിയും.

താഴ്ന്നതലത്തിലുള്ള അകശേരുകികളിൽ (Invertebrates) നാഡീവ്യവസ്ഥ അതിവ ലളിതമാണ്. ഉദാ: ഹൈഡ്രയിൽ നാഡീകോശങ്ങളുടെ ജാലികയാണ് നാഡീവ്യവസ്ഥയുടെ ധർമം നിർവഹിക്കുന്നത്. ഷഡ്പദങ്ങളിൽ മസ്തിഷ്കവും ഗാംഗ്ലിയകളും നാഡീകലകളും ചേർന്ന് സുസംഘടിതമായ നാഡീവ്യവസ്ഥ കാണപ്പെടുന്നു. കശേരുകികളിൽ വളരെ വികസിതമായ നാഡീവ്യവസ്ഥ കാണപ്പെടുന്നു.

21.2 നാഡീവ്യവസ്ഥ - മനുഷ്യനിൽ

മനുഷ്യനിലെ നാഡീവ്യവസ്ഥയെ പ്രധാനമായും രണ്ട് ഭാഗങ്ങളായി തിരിച്ചിരിക്കുന്നു:

i) **കേന്ദ്രനാഡീവ്യവസ്ഥ (Central neural system - CNS)**

ii) **പരിധീയനാഡീവ്യവസ്ഥ (Peripheral neural system - PNS)**

മസ്തിഷ്കവും സുഷുമ്നയും ചേർന്ന കേന്ദ്രനാഡീവ്യവസ്ഥയിൽ വിവരങ്ങളുടെ വിശകലനവും നിയന്ത്രണവും നടക്കുന്നു. മസ്തിഷ്കം, സുഷുമ്ന എന്നിവയുമായി ബന്ധപ്പെട്ട ശരീരത്തിലെ എല്ലാ നാഡികളും ചേർന്നതാണ് പരിധീയനാഡീവ്യവസ്ഥ. പരിധീയനാഡീവ്യവസ്ഥയിൽ രണ്ടുതരം നാഡീതന്തുക്കൾ കാണപ്പെടുന്നു:

a) **ആഗമനതന്തുക്കൾ (Afferent fibres)**

b) **നിർഗമനതന്തുക്കൾ (Efferent fibres)**

ആഗമനതന്തുക്കൾ കലകളിൽ നിന്നും അവയവങ്ങളിൽ നിന്നും ആവേഗങ്ങളെ കേന്ദ്രനാഡീവ്യവസ്ഥയിലേക്ക് പ്രേഷണം ചെയ്യുന്നു. നിർഗമനതന്തുക്കൾ കേന്ദ്രനാഡീവ്യവസ്ഥയിൽ നിന്ന് ആവേഗങ്ങളെ ബന്ധപ്പെട്ട കലകളിലേക്കും അവയവങ്ങളിലേക്കും എത്തിക്കുന്നു.

പരിധീയനാഡീവ്യവസ്ഥയ്ക്ക് **സൊമാറ്റിക് നാഡീവ്യവസ്ഥ, സ്വതന്ത്രനാഡീവ്യവസ്ഥ (Autonomic neural system)** എന്നിങ്ങനെ രണ്ട് ഭാഗങ്ങളുണ്ട്. സൊമാറ്റിക് നാഡീവ്യവസ്ഥ കേന്ദ്രനാഡീവ്യവസ്ഥയിൽ നിന്ന് ആവേഗങ്ങളെ അസ്ഥിപേശികളിലേക്ക് കൈമാറുന്നു. എന്നാൽ സ്വതന്ത്രനാഡീവ്യവസ്ഥ ആവേഗങ്ങളെ കേന്ദ്രനാഡീവ്യവസ്ഥയിൽ നിന്ന് അനൈച്ഛിക അവയവങ്ങളിലേക്കും ശരീരത്തിലെ മിനുസപേശികളിലേക്കും പ്രേഷണം ചെയ്യുന്നു. സ്വതന്ത്രനാഡീവ്യവസ്ഥയെ വീണ്ടും **സിമ്പതറ്റിക് നാഡീവ്യവസ്ഥ** എന്നും **പാരാസിമ്പതറ്റിക് നാഡീവ്യവസ്ഥ** എന്നും രണ്ടായി തിരിച്ചിരിക്കുന്നു.

പരിധീയ നാഡീവ്യവസ്ഥയുടെ ഭാഗമായ **ആന്തരാവയവ നാഡീവ്യവസ്ഥ (Visceral nervous system)** നാഡികൾ, തന്തുക്കൾ, ഗാംഗ്ലിയകൾ, പ്ലക്സസുകൾ (Plexuses) തുടങ്ങിയവയാൽ സങ്കീർണമാണ്. ഇതിലൂടെ കേന്ദ്രനാഡീവ്യവസ്ഥയിൽ നിന്നുള്ള ആവേഗങ്ങൾ ആന്തരാവയവങ്ങളിലേക്കും ആന്തരാവയവങ്ങളിൽ നിന്നുള്ളവ കേന്ദ്രനാഡീവ്യവസ്ഥയിലേക്കും സഞ്ചരിക്കുന്നു.

21.3 നാഡീകോശം- നാഡീവ്യവസ്ഥയുടെ ഘടനാപരവും ജീവധർമപരവുമായ ഘടകം

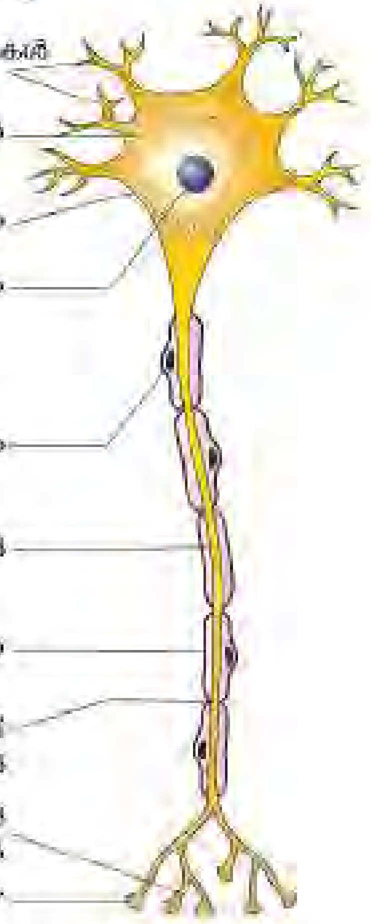
അതിസൂക്ഷ്മ ഘടനയുള്ള ഒരു നാഡീകോശത്തിന് പ്രധാനമായും **കോശശരീരം, ഡെൻഡ്രൈറ്റുകൾ,** ആക്സോൺ എന്നീ മൂന്ന് ഭാഗങ്ങളുണ്ട് (ചിത്രം 21.1). കോശശരീരത്തിൽ കോശദ്രവ്യം, കോശാംഗങ്ങൾ, **നിസിൽ തരികൾ (Nissl's granule)** എന്നറിയപ്പെടുന്ന പ്രത്യേകതരികൾ എന്നിവ കാണപ്പെടുന്നു. കോശശരീരത്തിൽ നിന്ന് പുറത്തേക്ക് തള്ളിനിൽക്കുന്ന ശാഖകളോടുകൂടിയ ചെറിയ തന്തുക്കൾ ഡെൻഡ്രൈറ്റുകൾ എന്നറിയപ്പെടുന്നു. ഇവയിലും നിസിൽ തരികൾ കാണപ്പെടുന്നു. ഡെൻഡ്രൈറ്റുകൾ കോശശരീരത്തിലേക്ക് ആവേഗങ്ങളെ എത്തിക്കുന്നു. കോശശരീരത്തിൽ നിന്ന് പുറപ്പെടുന്ന നീളം കൂടിയ തന്തുവാണ് ആക്സോൺ. ഇതിന്റെ അകലെയുള്ള അഗ്രഭാഗം ശാഖകളായി പിരിഞ്ഞിരിക്കുന്നു. ശാഖാഗ്രങ്ങളിൽ കാണപ്പെടുന്ന മുഴപോലുള്ള ഭാഗങ്ങൾ **സിനാപ്റ്റിക മുഴകൾ** എന്നറിയപ്പെടുന്നു. ഇവയിലെ സിനാപ്റ്റിക അറകളിൽ **നാഡീയപ്രേഷകങ്ങൾ (Neurotransmitters)** എന്നറിയപ്പെടുന്ന രാസവസ്തുക്കൾ അടങ്ങിയിരിക്കുന്നു. ആക്സോണുകൾ കോശശരീരത്തിൽ നിന്ന് ആവേഗങ്ങളെ സിനാപ്സിലേക്കോ നാഡീ-പേശീസന്ധിയിലേക്കോ (നാഡിയും പേശിയും ചേരുന്ന ഭാഗം) എത്തിക്കുന്നു. ആക്സോണുകളുടെയും ഡെൻഡ്രൈറ്റുകളുടെയും എണ്ണത്തെ അടിസ്ഥാനമാക്കി നാഡീകോശങ്ങളെ മൂന്നായി തരംതിരിച്ചിരിക്കുന്നു.

i) **ബഹുധ്രുവീയ നാഡീകോശങ്ങൾ (Multipolar neurons):** ഒരു ആക്സോണും രണ്ടോ അതിലധികമോ ഡെൻഡ്രൈറ്റുകളും ഉള്ളവ. ഇവ കൂടുതലായും സെറിബ്രൽകോർട്ടക്സിൽ കാണപ്പെടുന്നു.

ii) **ദ്വിധ്രുവീയ നാഡീകോശങ്ങൾ (Bipolar neurons):** ഒരു ആക്സോണും ഒരു ഡെൻഡ്രൈറ്റും മാത്രമുള്ളവ. കണ്ണിലെ ദൃഷ്ടിപടലത്തിൽ കാണപ്പെടുന്നു.

iii) **ഏകധ്രുവീയ നാഡീകോശങ്ങൾ (Unipolar neurons):** കോശശരീരത്തിൽ നിന്നുപുറപ്പെടുന്ന ഒരു ആക്സോൺ മാത്രമുള്ളവ. ഇവ ഭ്രൂണാവസ്ഥയിൽ കാണപ്പെടുന്നു.

മയലിൻ ആവരണമുള്ള (Myelinated) ആക്സോണുകൾ, **മയലിൻ ആവരണമില്ലാത്ത (Non-myelinated)**



ചിത്രം 21.1 നാഡീകോശത്തിന്റെ ഘടന

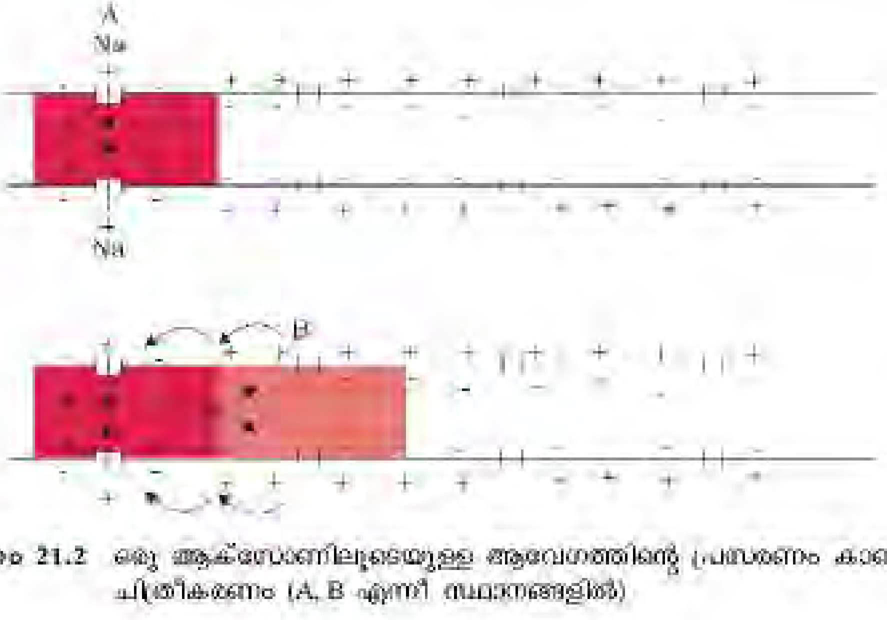
ആക്സോണുകൾ എന്നിങ്ങനെ ആക്സോണുകൾ രണ്ടുതരത്തിലുണ്ട്. മയലിൻ ഉള്ള നാഡീതന്തുക്കളെ പൊതിഞ്ഞ് കാണപ്പെടുന്ന **ഷ്വാൻകോശങ്ങൾ** ആക്സോണിനു ചുറ്റും മയലിൻ ഉറയായി രൂപപ്പെടുന്നു. മയലിൻ ഉറയിൽ ഇടയ്ക്കിടയ്ക്ക് കാണപ്പെടുന്ന വിടവുകളെ **'നോഡ്സ് ഓഫ് റാൻവിർ' (Nodes of Ranvier)** എന്നുപറയുന്നു. മയലിൻ ഉള്ള നാഡീതന്തുക്കൾ സുഷുമ്നാനാഡികളിലും മസ്തിഷ്കനാഡികളിലും കാണപ്പെടുന്നു.

സ്വതന്ത്രനാഡീവ്യവസ്ഥയിലും സൊമാറ്റിക് നാഡീവ്യവസ്ഥയിലും കാണപ്പെടുന്ന നാഡീതന്തുക്കളിൽ ഷ്വാൻകോശങ്ങൾ ആക്സോണിനു ചുറ്റും മയലിൻ ഉറയായി രൂപപ്പെടുന്നില്ല. അതിനാൽ ഇവ മയലിൻ ഇല്ലാത്ത നാഡീതന്തുക്കളാണ്.

21.3.1 നാഡീയ ആവേഗങ്ങളുടെ രൂപപ്പെടലും പ്രേഷണവും

ന്യൂറോണുകൾ ഉത്തേജിപ്പിക്കാൻ കഴിവുള്ള കോശങ്ങളാണ്. കാരണം ഇവയുടെ കോശസ്തരം ധ്രുവീകൃതമാണ്. *എന്തുകൊണ്ടാണ് നാഡീകോശത്തിന്റെ സ്തരം ധ്രുവീകൃതം ആയിരിക്കുന്നത് എന്ന് നിങ്ങൾക്കറിയാമോ?*

നാഡീകോശങ്ങളുടെ പ്ലാസ്മാസ്തരത്തിൽ കാണപ്പെടുന്ന വിവിധതരം അയോൺ പാതകൾ വ്യത്യസ്തതരം അയോണുകളെ തിരഞ്ഞെടുത്ത് കോശത്തിനുള്ളിലേക്കും പുറത്തേക്കും കടത്തിവിടുന്നു. ആവേഗങ്ങളെയൊന്നും കടത്തിവിടാത്ത അവസ്ഥയിൽ (വിശ്രമാവസ്ഥയിൽ) ന്യൂറോണുകളുടെ ആക്സോൺ സ്തരം പൊട്ടാസ്യം അയോണുകളെ (K^+) കൂടുതലായി അകത്തേക്ക് കടത്തിവിടുകയും സോഡിയം അയോണുകളെ (Na^+) തീരെ കടത്തിവിടാതിരിക്കുകയും ചെയ്യുന്നു. അതുപോലെ, സ്തരം ആക്സോപ്ലാസത്തിലെ നെഗറ്റീവ് ചാർജുള്ള മാംസ്യതന്മാത്രകളെ പുറത്തേക്ക് കടത്തിവിടുന്നില്ല. തൽഫലമായി ആക്സോണിനുള്ളിലെ ആക്സോപ്ലാസത്തിൽ പൊട്ടാസ്യം അയോണിന്റെയും നെഗറ്റീവ് ചാർജുള്ള പ്രോട്ടീനുകളുടെയും സാന്ദ്രത വളരെ കൂടുതലാവുകയും സോഡിയം



ചിത്രം 21.2 ഒരു ആക്സോണിലൂടെയുള്ള ആവേഗത്തിന്റെ പ്രസരണം കാണിക്കുന്ന ചിത്രീകരണം (A, B എന്നീ സ്ഥാനങ്ങളിൽ)

അയോണുകളുടെ ഗാഢത വളരെ കുറയുകയും ചെയ്യുന്നു. നേരെമറിച്ച് ആക്സോണിനു പുറമെയുള്ള ദ്രവത്തിൽ K^+ അയോണിന്റെ അളവു കുറയുകയും Na^+ അയോണുകളുടെ ഗാഢത വളരെ കൂടുകയും ചെയ്യുന്നു. അങ്ങനെ ഒരു ഗാഢതാവ്യതിയാനം (Concentration gradient) രൂപപ്പെടുന്നു.

വിശ്രമാവസ്ഥയിലുള്ള പ്ലാസ്മാസ്തരത്തിനിരുവശത്തുമുള്ള അയോണുകളുടെ വിന്യാസം നിലനിർത്തുന്നതും അയോണുകളുടെ സംവഹനത്തിനു സഹായിക്കുന്നതും സോഡിയം-പൊട്ടാസ്യം പമ്പ് എന്ന പ്രവർത്തനം ആണ്. ഈ പ്രക്രിയയിൽ 3 സോഡിയം അയോണുകൾ പുറത്തേക്ക് കടക്കുമ്പോൾ 2 പൊട്ടാസ്യം അയോണുകൾ അകത്തേക്ക് പ്രവേശിക്കുന്നു. തത്ഫലമായി ആക്സോൺ സ്തരത്തിന്റെ ബാഹ്യഭാഗത്ത് പോസിറ്റീവ് ചാർജും ആന്തര ഭാഗത്ത് നെഗറ്റീവ് ചാർജും ആയിരിക്കും. അങ്ങനെ സ്തരം ധ്രുവീകൃതമാകുന്നു. വിശ്രമാവസ്ഥയിൽ ആക്സോൺ സ്തരത്തിനിരുവശത്തുമുള്ള വൈദ്യുതശേഷിവ്യത്യാസത്തെ **വിശ്രമശേഷി (Resting potential)** എന്നുപറയുന്നു.

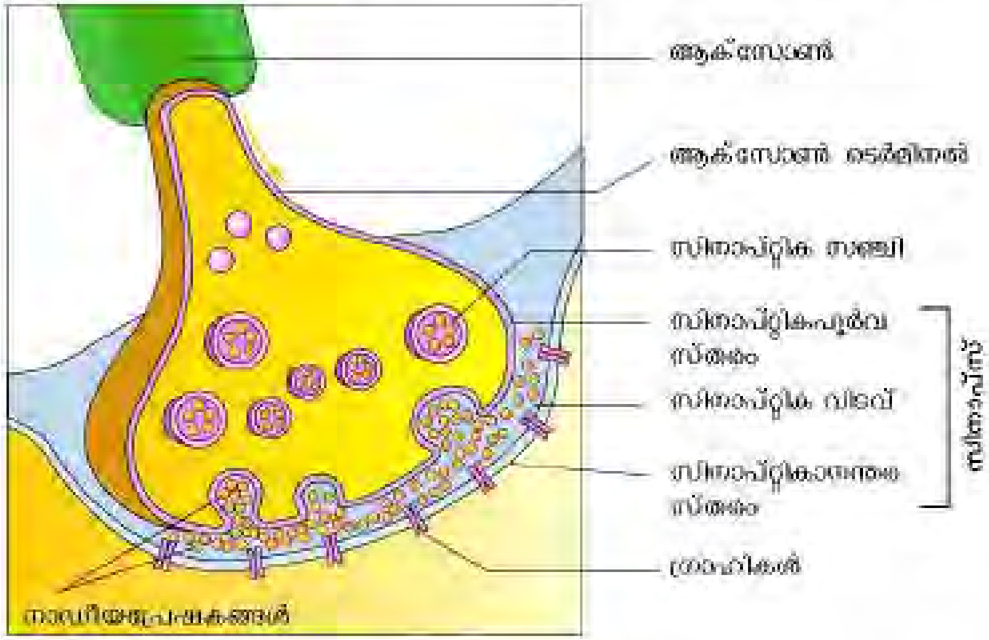
നാഡീയ ആവേഗങ്ങൾ ഉണ്ടാകുന്നതും അത് ആക്സോണിലൂടെ പ്രേഷണം ചെയ്യപ്പെടുന്നതും എങ്ങനെയാണെന്നറിയാൻ നിങ്ങൾക്ക് ജിജ്ഞാസയുണ്ടാകും. ധ്രുവീകൃതമായ ഒരു സ്തരത്തിന്റെ ഒരു ഭാഗത്ത് ഉദ്ദീപനമുണ്ടാകുമ്പോൾ (ഉദാ: ചിത്രം 21.2 ൽ A എന്ന ഭാഗം) ആ ഭാഗം (A) സുതാര്യമാവുകയും (Permeable) Na^+ അയോണുകളെ കോശത്തിനകത്തേക്ക് യഥേഷ്ടം കടത്തിവിടുകയും ചെയ്യുന്നു. വളരെപ്പെട്ടെന്ന് കൂടിയ അളവിൽ Na^+ ഉള്ളിലേക്കു പ്രവേശിക്കുന്നതിനാൽ ആ ഭാഗത്തെ ധ്രുവത വിപരീതമാകുന്നു. അതായത് സ്തരത്തിന്റെ ബാഹ്യഭാഗം നെഗറ്റീവ് ചാർജും ആന്തരഭാഗം പോസിറ്റീവ് ചാർജും ആയിത്തീരുന്നു. അങ്ങനെ A ഭാഗം വിധ്രുവീകൃതം (Depolarised) ആകുന്നു. പ്ലാസ്മാസ്തരത്തിന്റെ A എന്ന ഭാഗത്ത് ഉണ്ടാകുന്ന വൈദ്യുതശേഷിവ്യത്യാസത്തെ **പ്രവർത്തനശേഷി (Action potential)** എന്നുപറയുന്നു. യഥാർഥത്തിൽ ഈ പ്രവർത്തനശേഷി ആണ് നാഡീയ **ആവേഗം** എന്നറിയപ്പെടുന്നത്. ഈ സമയം ഇതിനുതൊട്ടടുത്ത ഭാഗത്ത് (ഉദാ: ഭാഗം B) സ്തരത്തിന്റെ ബാഹ്യഭാഗത്ത് പോസിറ്റീവ് ചാർജും ആന്തരഭാഗത്ത് നെഗറ്റീവ് ചാർജും ആയിരിക്കും. അതിനാൽ, ആന്തരഭാഗത്ത് A യിൽ നിന്ന് B യിലേക്കും ബാഹ്യഭാഗത്ത് B യിൽ നിന്ന് A യിലേക്കും വൈദ്യുതി പ്രവഹിക്കുകയും അങ്ങനെ വൈദ്യുത പ്രവാഹപാത പൂർണമാവുകയും ചെയ്യുന്നു (ചിത്രം 21.2). B എന്ന ഭാഗത്ത് ധ്രുവത വിപരീതമാവുകയും പ്രവർത്തനശേഷി രൂപപ്പെടുകയും ചെയ്യുന്നു. അങ്ങനെ A യിൽ നിന്ന് ആവേഗം (പ്രവർത്തന ശേഷിയുടെ പ്രവാഹം) B യിലെത്തുന്നു. ഈ പ്രക്രിയ ആക്സോണിലുടനീളം ആവർത്തിക്കുകയും ആക്സോണിൽ നിന്ന് അടുത്ത നാഡീകോശത്തിന്റെ ഡെൻഡ്രൈറ്റിലേക്ക് ആവേഗങ്ങളുടെ പ്രേഷണം സാധ്യമാവുകയും ചെയ്യുന്നു. ഉദ്ദീപനപ്രേരിതമായ Na^+ അയോണുകളോടുള്ള സുതാര്യത വളരെ കുറച്ചു സമയത്തേക്കു മാത്രമേ നിലനിൽക്കുകയുള്ളൂ. ഇതിനെ തുടർന്ന് K^+ അയോണുകളോടുള്ള സുതാര്യത പെട്ടെന്ന് കൂടുന്നു. സെക്കന്റിൽ അംശം സമയം കൊണ്ട് ഉദ്ദീപിപ്പിക്കപ്പെട്ട ഭാഗത്തെ K^+ സ്തരത്തിലൂടെ പുറത്തേക്ക് വ്യാപിക്കുകയും വിശ്രമശേഷി തിരിച്ചുപിടിക്കുകയും അടുത്ത ഉദ്ദീപനത്തോട് പ്രതികരിക്കാൻ നാഡീകോശം തയ്യാറാവുകയും ചെയ്യുന്നു.

21.3.2 ആവേഗങ്ങളുടെ പ്രേഷണം

സിനാപ്സുകൾ എന്നറിയപ്പെടുന്ന സന്ധികളിലൂടെ നാഡീയ ആവേഗം ഒരു നാഡീകോശത്തിൽ നിന്ന് മറ്റൊരു നാഡീകോശത്തിലേക്ക് പ്രേഷണം ചെയ്യപ്പെടുന്നു. ഒരു സിനാപ്റ്റികപൂർവ (Pre-synaptic) നാഡീകോശത്തിന്റെയും സിനാപ്റ്റികാനന്തര (Post-synaptic) നാഡീകോശത്തിന്റെയും സ്തരങ്ങൾ ചേരുന്ന ഭാഗത്താണ് **സിനാപ്സ്** ഉണ്ടാകുന്നത്. ഈ സ്തരങ്ങൾക്കിടയിൽ ദ്രവം നിറഞ്ഞ **സിനാപ്റ്റിക ക്ലെഫ്റ്റ്** എന്നൊരു വിടവ് കാണപ്പെടുന്നു.

രണ്ടുതരം സിനാപ്സുകളുണ്ട്, വൈദ്യുത സിനാപ്സുകളും രാസീയസിനാപ്സുകളും. വൈദ്യുതസിനാപ്സുകളിൽ സിനാപ്റ്റികപൂർവ, സിനാപ്റ്റികാനന്തര നാഡീകോശങ്ങളുടെ സ്തരങ്ങൾ വളരെച്ചേർന്ന് കാണപ്പെടുന്നു. വൈദ്യുത ആവേഗങ്ങൾ ഒരു നാഡീകോശത്തിൽ നിന്ന് മറ്റൊന്നിലേക്ക് ഈ സിനാപ്സുകളിലൂടെ നേരിട്ട് പ്രവഹിക്കുന്നു. അതിനാൽ വൈദ്യുത സിനാപ്സുകളിൽക്കൂടിയുള്ള ആവേഗങ്ങളുടെ പ്രേഷണം ഒറ്റ ആക്സോണിലൂടെയുള്ള നാഡീയപ്രേഷണത്തിനുസമാനമാണ് എന്നുപറയാം. വൈദ്യുതസിനാപ്സുകളിലൂടെയുള്ള നാഡീയ പ്രേഷണം രാസീയസിനാപ്സുകളിലൂടെയുള്ളതിനേക്കാൾ വളരെ വേഗത്തിൽ നടക്കുന്നു. നമ്മുടെ ശരീരത്തിൽ വൈദ്യുത സിനാപ്സുകൾ വളരെ അപൂർവമായേ കാണപ്പെടുന്നുള്ളൂ.

ഒരു രാസീയ സിനാപ്സിൽ സിനാപ്റ്റികപൂർവ, സിനാപ്റ്റികാനന്തര നാഡീകോശങ്ങളുടെ സ്തരങ്ങൾ ദ്രാവകം നിറഞ്ഞ സിനാപ്റ്റിക ക്ലെഫ്റ്റ് എന്ന വിടവിനാൽ വേർപെട്ടിരിക്കുന്നു (ചിത്രം 21.3). *സിനാപ്റ്റികപൂർവ നാഡീകോശത്തിൽ നിന്ന് ആവേഗങ്ങൾ (പ്രവർത്തനശേഷി) സിനാപ്റ്റിക വിടവിലൂടെ എങ്ങനെയാണ് സിനാപ്റ്റികാനന്തര നാഡീകോശത്തിൽ എത്തുന്നത് എന്ന് പരിശോ*

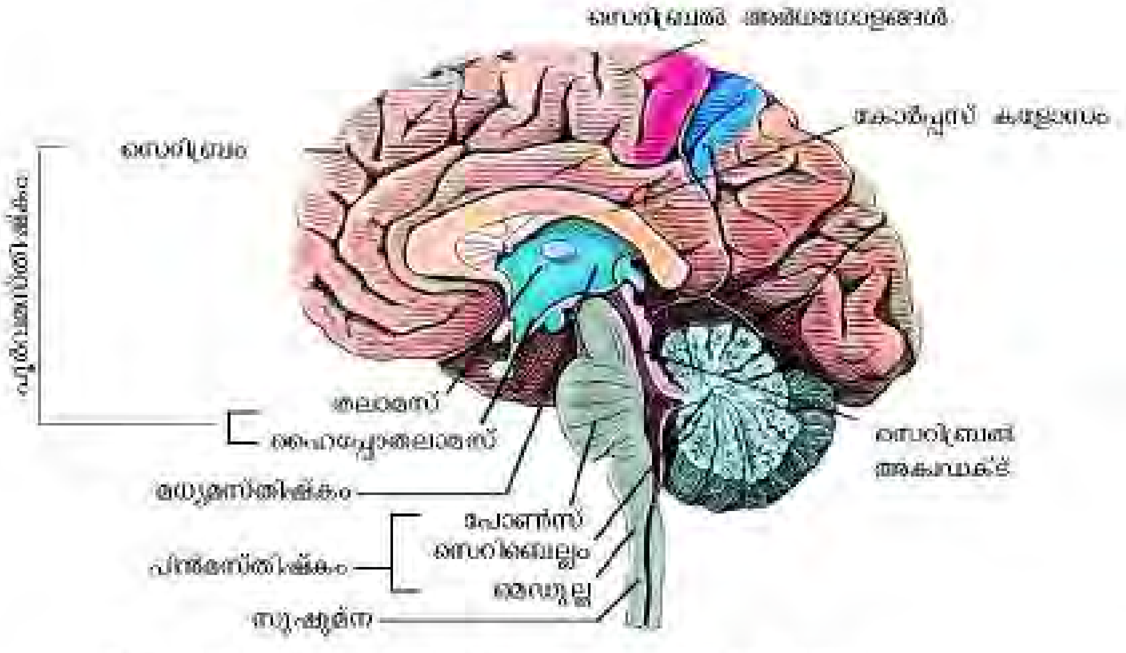


ചിത്രം 21.3 സിനാപ്സ്

ധികളും നാഡീയപ്രേഷകങ്ങൾ എന്നറിയപ്പെടുന്ന രാസവസ്തുക്കളുടെ സഹായത്താലാണ് ഈ സിനാപ്സുകളിലൂടെ ആവേഗങ്ങൾ കടന്നുപോകുന്നത്. ആക്സോണുകളുടെ അഗ്രഭാഗത്ത് കാണപ്പെടുന്ന അറകളിൽ (Vesicles) നാഡീയപ്രേഷകങ്ങൾ നിറഞ്ഞിരിക്കുന്നു. ആവേഗം (പ്രവർത്തനശേഷി) ആക്സോണിന്റെ അഗ്രഭാഗത്തെത്തുമ്പോൾ സിനാപ്റ്റികയറകൾ സ്തരത്തിനടുത്തേക്ക് നീങ്ങുകയും പ്ലാസ്മാസ്തരത്തോട് കൂടിച്ചേരുകയും സിനാപ്റ്റിക് വിടവിലേക്ക് നാഡീയപ്രേഷകങ്ങളെ സ്രവിപ്പിക്കുകയും ചെയ്യുന്നു. ഇങ്ങനെ സ്രവിപ്പിക്കപ്പെട്ട നാഡീയപ്രേഷകങ്ങൾ സിനാപ്റ്റികാനന്തര നാഡീകോശസ്തരത്തിലുള്ള പ്രത്യേക ഗ്രാഹികളുമായി **(Receptors)** ബന്ധിപ്പിക്കപ്പെടുന്നു. ഈ ബന്ധനത്തിന്റെ ഫലമായി സിനാപ്റ്റികാനന്തര നാഡീകോശത്തിൽ പുതിയ പ്രവർത്തനശേഷി ഉണ്ടാക്കാൻ പാകത്തിൽ അയോണുകളെ കടത്തിവിടുന്നതിനായി അയോൺ പാതകൾ തുറക്കപ്പെടുന്നു. ഇങ്ങനെ പുതിയതായി ഉണ്ടാകുന്ന പ്രവർത്തനശേഷി ഉത്തേജിത സ്വഭാവമുള്ളവയോ (Excitatory) രോധിത സ്വഭാവമുള്ളവയോ (Inhibitory) ആകാം.

21.4 കേന്ദ്രനാഡീവ്യവസ്ഥ

മനുഷ്യശരീരത്തിലെ പ്രധാനപ്പെട്ട വിവരവിശകലന അവയവമാണ് മസ്തിഷ്കം. ഇത് ശരീരത്തിലെ 'നിർദേശനിയന്ത്രണ സംവിധാനമായി' പ്രവർത്തിക്കുന്നു. മസ്തിഷ്കം ശരീരത്തിലെ ഐച്ഛിക ചലനങ്ങൾ, ശരീരതുലനനില, അന്തരീക അവയവങ്ങളുടെ (ശ്വാസകോശം, ഹൃദയം, വൃക്കകൾ മുതലായവ) പ്രവർത്തനം, താപനിയന്ത്രണം, വിശപ്പ്, ദാഹം, 24 മണിക്കൂർ താളാത്മക പ്രവർത്തനങ്ങൾ (Circadian rhythms), അന്തഃസ്രാവീഗ്രന്ഥികളുടെ പ്രവർത്തനം, മനുഷ്യസ്വഭാവം എന്നിവയെ നിയന്ത്രിക്കുന്നു. കൂടാതെ കാഴ്ച, കേൾവി, സംസാരം,



ചിത്രം 21.4 മനുഷ്യമസ്തിഷ്കത്തിന്റെ ഛേദം (സജിറ്റൽ ഛേദം)

ഓർമ്മ, ബുദ്ധി, വികാരങ്ങൾ, ചിന്തകൾ എന്നിവയുടെ കേന്ദ്രം കൂടിയാണ് മസ്തിഷ്കം.

മസ്തിഷ്കം തലയോട്ടിനകത്ത് സംരക്ഷിക്കപ്പെട്ടിരിക്കുന്നു. തലയോട്ടിനുള്ളിൽ മൂന്ന് പാളികളുള്ള **മെനിഞ്ജസ് (Cranial meninges)** എന്ന ആവരണം മസ്തിഷ്കത്തെ പൊതിഞ്ഞ് സംരക്ഷിക്കുന്നു. മെനിഞ്ജസിന്റെ ബാഹ്യസ്തരം **ഡ്യൂറാ മേറ്റർ (Dura mater)**, മധ്യസ്തരം **അരക്കനോയിഡ് (Arachnoid)**, ആന്തരസ്തരം **പയാമേറ്റർ (Pia mater)** എന്നിവയാണ്. പയാമേറ്റർ മസ്തിഷ്കകലകളോട് ചേർന്ന് സ്ഥിതിചെയ്യുന്നു. മസ്തിഷ്കത്തെ മൂന്ന് പ്രധാന ഭാഗങ്ങളായി തിരിച്ചിരിക്കുന്നു: (i) **പൂർവമസ്തിഷ്കം (Forebrain)** (ii) **മധ്യമസ്തിഷ്കം (Midbrain)** (iii) **പിൻമസ്തിഷ്കം (Hindbrain)** (ചിത്രം 21.4)

21.4.1 പൂർവമസ്തിഷ്കം

സെറിബ്രം, തലാമസ്, ഹൈപ്പോതലാമസ് എന്നിവയാണ് (ചിത്രം 21.4) പൂർവമസ്തിഷ്കത്തിന്റെ പ്രധാനഭാഗങ്ങൾ. മനുഷ്യമസ്തിഷ്കത്തിന്റെ ഏറ്റവും വലിയ ഭാഗമാണ് സെറിബ്രം. സെറിബ്രം ആഴത്തിലുള്ള ഒരു വിടവിനാൽ ഇടത് വലത് **സെറിബ്രൽ അർധഗോളങ്ങളായി (Cerebral hemispheres)** വിഭജിക്കപ്പെട്ടിരിക്കുന്നു. അർധഗോളങ്ങളെ തമ്മിൽ ബന്ധിപ്പിച്ചുകൊണ്ട് **കോർപ്പസ് കല്ലോസം (Corpus callosum)** എന്ന നാഡീയകലകൾ കാണപ്പെടുന്നു. സെറിബ്രൽ അർധഗോളങ്ങളെ ആവരണം ചെയ്യുന്ന കോശങ്ങളുടെ പാളിയെ സെറിബ്രൽ കോർട്ടക്സ് എന്നുപറയുന്നു. ഇത് മടക്കുകളായി കാണപ്പെടുന്നു. ചാരനിറത്തിൽ കാണപ്പെടുന്നതിനാൽ സെറിബ്രൽ കോർട്ടക്സിനെ ഗ്രേമാറ്റർ എന്നുപറയുന്നു. നാഡീകോശങ്ങളുടെ കോശശരീരങ്ങൾ കൂടിച്ചേർന്നാണ് ചാരനിറം നൽകുന്നത്. സെറിബ്രൽ കോർട്ടക്സിനുള്ളിൽ സംവേദകേന്ദ്രങ്ങൾ (Sensory areas), പ്രേരകകേന്ദ്രങ്ങൾ (Motor areas), പൂർണമായും സംവേദ സ്വഭാവമോ പ്രേരക സ്വഭാവമോ ഇല്ലാത്ത കേന്ദ്രങ്ങൾ എന്നിവയുണ്ട്. ഈ കേന്ദ്രങ്ങൾ **സമ്മേളന കേന്ദ്രങ്ങൾ (Association areas)** എന്നറിയപ്പെടുന്നു. ഇവ സംവേദങ്ങളുടെ കൂട്ടിച്ചേർക്കലുകൾ, ഓർമ, വിനിമയം തുടങ്ങിയ സങ്കീർണമായ ധർമങ്ങൾ നിർവഹിക്കുന്നു. സെറിബ്രൽ അർധഗോളങ്ങളുടെ ഉൾഭാഗം മയലിൻ ഉറ കൊണ്ട് പൊതിഞ്ഞിരിക്കുന്ന ആക്സോണുകളാൽ നിർമിതമാണ്. അതാര്യമായ, വെളുത്ത നിറത്തിൽ കാണപ്പെടുന്ന ഈ ഭാഗം വൈറ്റ്മാറ്റർ എന്നറിയപ്പെടുന്നു. സെറിബ്രത്തിന്റെ താഴെയായി കാണപ്പെടുന്ന തലാമസ് ശരീരത്തിലെ സംവേദ-പ്രേരക സന്ദേശങ്ങളുടെ പ്രധാന ഏകോപന കേന്ദ്രമാണ്. മസ്തിഷ്കത്തിലെ മറ്റൊരു പ്രധാന ഭാഗമായ **ഹൈപ്പോതലാമസ്** തലാമസിനുചുവട്ടിലായി കാണപ്പെടുന്നു. ശരീരതാപനില, വിശപ്പ്, ദാഹം തുടങ്ങിയവ നിയന്ത്രിക്കുന്ന ധാരാളം കേന്ദ്രങ്ങൾ ഹൈപ്പോതലാമസിൽ സ്ഥിതിചെയ്യുന്നു. കൂടാതെ ഹോർമോണുകൾ സ്രവിക്കുന്ന നാഡീയ സ്രവണകോശങ്ങളും ഹൈപ്പോതലാമസിൽ കാണപ്പെടുന്നു. സെറിബ്രൽ അർധഗോളങ്ങളുടെ ആന്തരഭാഗങ്ങളും, അമിഗ്ഡാല (Amygdala), ഹിപ്പോകാമ്പസ് (Hippocampus) എന്നിഭാഗങ്ങളും കൂടിച്ചേർന്ന് സങ്കീർണമായ ലിംബിക ലോബ് അഥവാ ലിംബികവ്യവസ്ഥ (Limbic system) ഉണ്ടാകുന്നു. ഹൈപ്പോതലാമസിനോടൊപ്പം ലിംബിക വ്യവസ്ഥയും, ലൈംഗിക പെരുമാറ്റം, വൈകാരിക പ്രകടനങ്ങൾ (ഉത്കണ്ഠ, സന്തോഷം, ദേഷ്യം, ഭയം), പ്രചോദനം എന്നീ ധർമങ്ങൾ നിർവഹിക്കാൻ സഹായിക്കുന്നു.

21.4.2 മധ്യമസ്തിഷ്കം

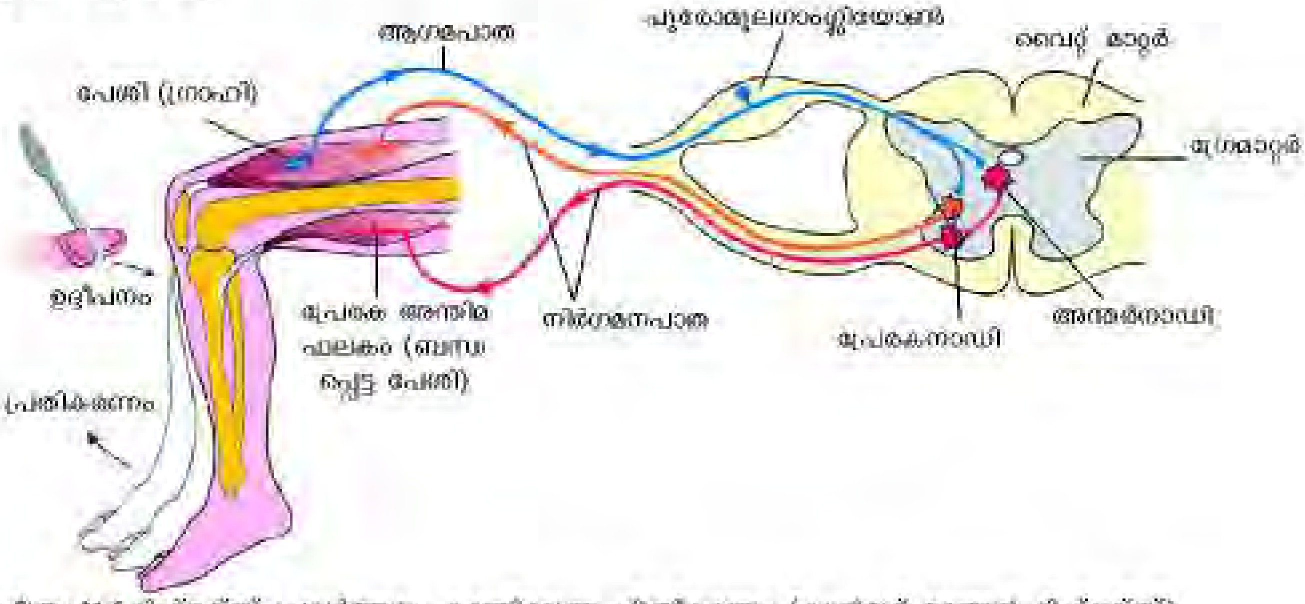
പൂർവമസ്തിഷ്കത്തിലെ തലാമസിനും പിൻമസ്തിഷ്കത്തിലെ പോൺസിനും (Pons) ഇടയിലായി മധ്യമസ്തിഷ്കം സ്ഥിതിചെയ്യുന്നു. മധ്യമസ്തിഷ്കത്തിലൂടെ **സെറിബ്രൽ അക്വഡക്ട് (Cerebral aqueduct)** എന്നുപേരുള്ള ഒരു കനാൽ കടന്നുപോകുന്നു. മധ്യമസ്തിഷ്കത്തിന്റെ പുറംഭാഗത്ത് ഗോളാകൃതിയിലുള്ള നാല് ഭാഗങ്ങൾ കാണപ്പെടുന്നു. ഇവ **കോർപ്പോറ ക്വാഡ്രിജെമിന (Corpora quadrigemina)** എന്നറിയപ്പെടുന്നു. മധ്യമസ്തിഷ്കവും പിൻമസ്തിഷ്കവും ചേർന്ന് മസ്തിഷ്ക കാണ്ഡം **(Brain stem)** രൂപപ്പെട്ടിരിക്കുന്നു.

21.4.3 പിൻമസ്തിഷ്കം

പോൺസ്, സെറിബെല്ലം, മെഡുല്ല (മെഡുല്ല ഒബ്ലോംഗേറ്റ) എന്നിവ ചേർന്നതാണ് പിൻമസ്തിഷ്കം. മസ്തിഷ്കത്തിന്റെ വിവിധ ഭാഗങ്ങളെ തമ്മിൽ ബന്ധിപ്പിക്കുന്ന നാഡീഭാഗങ്ങൾ ചേർന്നതാണ് പോൺസ്. സെറിബെല്ലത്തിന്റെ ഉപരിതലത്തിലും ധാരാളം ചുളിവുകളുണ്ട്. കൂടുതൽ ന്യൂറോണുകളെ ഉൾക്കൊള്ളുന്നതിനുവേണ്ടിയാണിത്. മസ്തിഷ്കത്തിലെ മെഡുല്ലയുടെ തുടർച്ചയായി കാണപ്പെടുന്ന ഭാഗമാണ് സുഷുമ്നനാഡി. ശ്വസനം, ഹൃദയത്തിൽ നിന്നുള്ള റിഫ്ളക്സുകൾ, ആമാശയരസങ്ങളുടെ സ്രവണം എന്നിവ നിയന്ത്രിക്കുന്ന കേന്ദ്രങ്ങൾ മെഡുല്ലയിൽ സ്ഥിതിചെയ്യുന്നു, മസ്തിഷ്കകാണ്ഡം മൂന്ന് പ്രധാന ഭാഗങ്ങൾ ചേർന്നതാണ്: മധ്യമസ്തിഷ്കം, പോൺസ്, മെഡുല്ല ഒബ്ലോംഗേറ്റ.

21.5 റിഫ്ളക്സ് പ്രവർത്തനം, റിഫ്ളക്സ് ആർക്ക്

വളരെ ചൂടുള്ളതോ തണുത്തതോ കൂർത്തതോ ആയ വസ്തുക്കളെ തൊടുമ്പോഴും, ഭയപ്പെടുത്തുന്നതോ വിഷമുള്ളതോ ആയ ജന്തുക്കളെ ചവിട്ടുമ്പോഴും ശരീരാംഗങ്ങൾ പെട്ടെന്ന് പിൻവലിച്ചിട്ടുള്ള അനുഭവം നിങ്ങൾക്ക് തീർച്ചയായും ഉണ്ടായിട്ടുണ്ടാകും.



ചിത്രം 21.5 റിഫ്ളക്സ് പ്രവർത്തനം കാണിക്കുന്ന ചിത്രീകരണം (കാൽമുട്ട് മടക്കൽ റിഫ്ളക്സ്)

ബാഹ്യമായ ഒരു നാഡീയ ഉദ്ദീപനത്തോട് ബോധപൂർവമായ ഇടപെടലോ കൃത്യമായ ചിന്തയോ ഇല്ലാതെ അനൈച്ഛികമായി നടക്കുന്ന പ്രതികരണ പ്രവർത്തനമാണ് **റിഫ്ളക്സ് പ്രവർത്തനം**. ഈ പ്രവർത്തനത്തിൽ കേന്ദ്രനാഡീവ്യവസ്ഥയുടെ ഒരു ഭാഗം ഉൾപ്പെടുന്നു. റിഫ്ളക്സിന്റെ സഞ്ചാരപാതയിൽ ഒരു ആഗമനനാഡി (സംവേദ അവയവം), ഒരു നിർഗമനനാഡി (ബന്ധപ്പെട്ട പേശി) എന്നിവയുടെ ശ്രേണി ഉൾപ്പെട്ടിരിക്കുന്നു (ചിത്രം 21.5). ആഗമനനാഡി സംവേദഗ്രാഹികളിൽ നിന്ന് സന്ദേശങ്ങൾ സ്വീകരിക്കുകയും ആവേഗത്തെ പൃഷ്ഠനാഡീമൂലത്തിലൂടെ (Dorsal nerve root) കേന്ദ്രനാഡീവ്യവസ്ഥയിൽ (സുഷുമ്ന വരെ) എത്തിക്കുകയും ചെയ്യുന്നു. നിർഗമനനാഡി സന്ദേശങ്ങളെ കേന്ദ്രനാഡീവ്യവസ്ഥയിൽ നിന്ന് പ്രേരക അവയവത്തിലേക്ക് എത്തിക്കുന്നു. അങ്ങനെ ഉദ്ദീപനവും പ്രതികരണവും ചേർന്ന് റിഫ്ളക്സ് ആർക്ക് (Reflex arc) രൂപപ്പെടുന്നു. ചിത്രം (21.5) ൽ കാൽമുട്ട് മടങ്ങൽ റിഫ്ളക്സ് (Knee jerk reflex) വ്യക്തമാക്കിയിരിക്കുന്നു.

21.6 സന്ദേശങ്ങളുടെ സ്വീകരണവും വിശകലനവും

ചുറ്റുപാടിലുണ്ടാകുന്ന കാലാവസ്ഥ വ്യതിയാനങ്ങൾ നമുക്ക് അനുഭവവേദ്യമാകുന്നതെങ്ങനെയെന്ന് നിങ്ങൾ എപ്പോഴെങ്കിലും ചിന്തിച്ചിട്ടുണ്ടോ? നിങ്ങൾ എങ്ങനെയാണ് ഒരു വസ്തു കാണുന്നത്? അതിന്റെ നിറം തിരിച്ചറിയുന്നത്? നിങ്ങൾ ശബ്ദം കേൾക്കുന്നതെങ്ങനെ? നമ്മുടെ ശരീരത്തിലെ ഇന്ദ്രിയങ്ങൾ ചുറ്റുപാടിലുണ്ടാകുന്ന എല്ലാത്തരം മാറ്റങ്ങളെയും തിരിച്ചറിഞ്ഞ് കൃത്യമായ സന്ദേശങ്ങൾ കേന്ദ്രനാഡീവ്യവസ്ഥയിലേക്കയയ്ക്കുന്നു. അവിടെ വച്ച് ഇവയെ തിരിച്ചറിഞ്ഞ് വിശകലനം ചെയ്യുന്നു. തുടർന്ന് ഈ സന്ദേശങ്ങൾ മസ്തിഷ്കത്തിലെ വിവിധ കേന്ദ്രങ്ങളിലേക്ക് അയയ്ക്കപ്പെടുന്നു. അങ്ങനെയാണ് ചുറ്റുപാടുമുണ്ടാകുന്ന മാറ്റങ്ങൾ നമുക്ക് തിരിച്ചറിയാനാകുന്നത്.

ഇന്ദ്രിയങ്ങൾ

നാം മൂക്കുകൊണ്ട് വസ്തുക്കളുടെ ഗന്ധമറിയുകയും നാവുകൊണ്ട് രുചി അറിയുകയും ചെവി കൊണ്ട് കേൾക്കുകയും കണ്ണുകൾ കൊണ്ട് കാണുകയും ചെയ്യുന്നു.

മൂക്കിനുള്ളിൽ ഗന്ധമറിയുന്നതിനായി സൂക്ഷ്മമായതും സവിശേഷ **ഘ്രാണഗ്രാഹികൾ (Olfactory receptors)** കാണപ്പെടുന്നു. ഇവ നിർമിച്ചിരിക്കുന്ന ഘ്രാണ ആവരണകലയിൽ മൂന്ന് തരം കോശങ്ങളുണ്ട്. ഘ്രാണ ആവരണകലയിലെ നാഡികൾ ബാഹ്യ ചുറ്റുപാടുകളിൽ നിന്ന് ഉദ്ദീപനങ്ങളെ നേരിട്ട് തലച്ചോറിലെ ലിംബിക വ്യവസ്ഥയുടെ തുടർച്ചയായുള്ള ഒരു ജോഡി **ഘ്രാണമുകുളങ്ങളിലേക്ക് (Olfactory bulb)** നയിക്കുന്നു. ഇവയ്ക്ക് അമരവിത്തിന്റെ ആകൃതിയാണുള്ളത്.

രാസവസ്തുക്കൾ അലിയുമ്പോഴാണ് മൂക്കിനും **നാവിനും** അവയെ തിരിച്ചറിയാൻ കഴിയുന്നത്. ഗന്ധവും രുചിയും പരസ്പരം ബന്ധപ്പെട്ടിരിക്കുന്നു. നാവിലെ **സ്വാദുമുകുളങ്ങൾ (Taste buds)** രുചി അറിയാൻ സഹായിക്കുന്നു. സ്വാദുമുകുളങ്ങളിൽ **ഗസ്റ്റേറ്ററി ഗ്രാഹീകോശങ്ങൾ** അടങ്ങിയിരിക്കുന്നു. ഓരോ ഭക്ഷണപദാർഥത്തിന്റെയും പാനീയത്തിന്റെയും രുചി വ്യതിരിക്തമായി തലച്ചോറിലെത്തുകയും തലച്ചോറ് അവയെ അപഗ്രഥിച്ച് സങ്കീർണമായ രുചി എന്ന അനുഭവം ഉളവാക്കുകയും ചെയ്യുന്നു. മനുഷ്യന്റെ കണ്ണിന്റെയും ചെവിയുടെയും ഘടന,

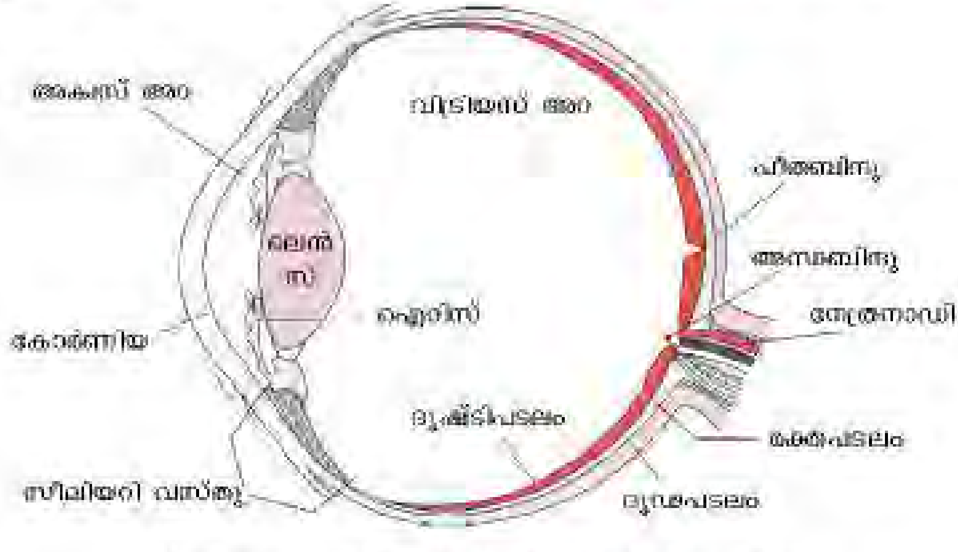
ധർമം എന്നിവ ഉൾപ്പെടുന്ന ഒരു ചെറുവിവരണം തുടർന്ന് വരുന്ന ഭാഗത്ത് നൽകിയിരിക്കുന്നു.

21.6.1 കണ്ണ്

നമ്മുടെ കണ്ണുകൾ തലയോട്ടിയിലെ നേത്രകോടരങ്ങൾക്കുള്ളിൽ സ്ഥിതിചെയ്യുന്നു.

21.6.1.1 കണ്ണിന്റെ ഭാഗങ്ങൾ

പ്രായപൂർത്തിയായ ഒരു മനുഷ്യന്റെ കണ്ണിന് ഗോളാകൃതിയാണുള്ളത്. കണ്ണിന്റെ ഭിത്തി മൂന്ന് പാളികൾ കൊണ്ട് നിർമിതമാണ് (ചിത്രം 21.6). ഏറ്റവും പുറമെയുള്ള, യോജകകലകളാൽ നിർമിതമായ പാളി **ദൃഢപടലം (Sclera)** എന്നറിയപ്പെടുന്നു. ദൃഢപടലത്തിന്റെ മുൻഭാഗമാണ് **കോർണിയ**. **രക്തപടലം (Choroid)** എന്ന മധ്യപാളിയിൽ ധാരാളം രക്തക്കുഴലുകൾ ഉണ്ട്. ഇത് നീലനിറത്തിൽ കാണപ്പെടുന്നു. നേത്രഗോളത്തിന്റെ $\frac{2}{3}$ ഭാഗത്തും രക്തപടലം കനം കുറഞ്ഞും, മുൻഭാഗത്ത് കനം കൂടിയ **സീലിയറിബോഡി** ആയും കാണപ്പെടുന്നു. സീലിയറിബോഡി (Ciliary body) മുൻഭാഗത്തേക്ക് നിറമുള്ളതും അതാര്യമായതുമായ **ഐറിസ് (Iris)** ആയി രൂപപ്പെട്ടിരിക്കുന്നു. കണ്ണിലെ നിറമുള്ള ഭാഗമാണ് ഐറിസ്. നേത്രഗോളത്തിൽ സുതാര്യമായ **ലെൻസ്** കാണപ്പെടുന്നു. സീലിയറി ബോഡിയുമായി ബന്ധിപ്പിച്ചിരിക്കുന്ന സ്നായുക്കൾ ലെൻസിനെ യഥാസ്ഥാനത്ത് ഉറപ്പിച്ചുനിർത്തുന്നു. ലെൻസിനുമുന്നിൽ ഐറിസിന്റെ മധ്യഭാഗത്തു കാണപ്പെടുന്ന സുഷിരമാണ് **പ്യൂപ്പിൾ (Pupil)**. പ്യൂപ്പിളിന്റെ വലുപ്പം ക്രമീകരിക്കുന്നത് ഐറിസിലെ പേശികളാണ്.



ചിത്രം 21.6 കണ്ണിന്റെ ഭാഗങ്ങൾ കാണിക്കുന്ന ചിത്രം

കണ്ണിലെ ആന്തരപാളിയാണ് **ദൃഷ്ടിപടലം (Retina)**. ഇതിൽ ഗാംഗ്ലിയോൺ കോശങ്ങൾ, ബൈപോളാർ കോശങ്ങൾ, പ്രകാശഗ്രാഹീകോശങ്ങൾ എന്നീ മൂന്ന് പാളി നാഡീകോശങ്ങൾ കാണപ്പെടുന്നു. ഈ പാളികോശങ്ങൾ യഥാക്രമം അകത്ത് നിന്ന് പുറത്തേക്ക് ദൃഷ്ടിപടലത്തിൽ ക്രമീകരിച്ചിരിക്കുന്നു. പ്രകാശ

ഗ്രാഹീകോശങ്ങൾ രണ്ടുതരത്തിലുണ്ട്–**റോഡ്കോശങ്ങളും കോൺകോശങ്ങളും**. പ്രകാശവർണകം എന്നറിയപ്പെടുന്ന പ്രകാശസംവേദീപകങ്ങളായ മാംസ്യങ്ങൾ ഈ കോശങ്ങളിൽ അടങ്ങിയിരിക്കുന്നു. പകൽവെളിച്ചത്തിൽ (Photopic) കാണുന്നതിനും വിവിധ നിറങ്ങൾ തിരിച്ചറിയുന്നതിനും കോൺകോശങ്ങൾ സഹായിക്കുന്നു. റോഡ്കോശങ്ങൾ മങ്ങിയ വെളിച്ചത്തിൽ (Scotopic) കാഴ്ച സാധ്യമാക്കുന്നു. റോഡ്കോശങ്ങളിൽ റോഡോപ്സിൻ (Rhodopsin) അഥവാ വിഷ്വൽ പർപ്പിൾ (Visual purple) എന്ന മാംസ്യം അടങ്ങിയിരിക്കുന്നു. വിറ്റാമിൻ A യിൽ നിന്നു രൂപപ്പെടുന്ന വർണകമാണ് റോഡോപ്സിൻ. മനുഷ്യനേത്രത്തിൽ മൂന്ന് തരം കോൺകോശങ്ങളുണ്ട്. ഇവ ചുവപ്പ്, പച്ച, നീല പ്രകാശങ്ങളാൽ ഉത്തേജിപ്പിക്കപ്പെടുന്നു. ഈ കോൺകോശങ്ങളും അവയിലെ വർണകങ്ങളും കൂടിക്കലരുന്നതിനനുസരിച്ച് വ്യത്യസ്ത നിറങ്ങളുടെ കാഴ്ച സാധ്യമാകുന്നു. ഈ കോൺകോശങ്ങളെല്ലാം ഒരുപോലെ ഉത്തേജിപ്പിക്കപ്പെടുമ്പോൾ വെള്ളനിറം ദൃശ്യമാകുന്നു.

നേത്രഗോളത്തിന്റെ പിൻഭാഗത്തുനിന്ന് **നേത്രനാഡികൾ** പുറപ്പെടുകയും രക്തക്കുഴലുകൾ എത്തിച്ചേരുകയും ചെയ്യുന്നു. ഈ ഭാഗത്ത് പ്രകാശഗ്രാഹീകോശങ്ങൾ ഇല്ലാത്തതിനാൽ ഇതിനെ **അന്ധബിന്ദു (Blind spot)** എന്നുപറയുന്നു. നേത്രഗോളത്തിന്റെ പിൻഭാഗത്ത് അന്ധബിന്ദുവിന് തൊട്ടടുത്തായി സ്ഥിതിചെയ്യുന്ന മഞ്ഞനിറത്തിലുള്ള ബിന്ദുവാണ് മാക്കുല ലൂട്ടിയ (Macula lutea). ഇതിന്റെ മധ്യത്തിലായി കാണുന്ന കുഴിയെ **ഫോവിയ** എന്ന് പറയുന്നു. ഇവിടെ കോൺകോശങ്ങൾ തിങ്ങിഞെരുങ്ങി സ്ഥിതിചെയ്യുന്നു. പീതബിന്ദുവിൽ സൂക്ഷ്മവും തെളിമയുള്ളതുമായ കാഴ്ച (Resolution) സാധ്യമാകുന്നു.

ലെൻസിനും കോർണിയയ്ക്കുമിടയിലുള്ള സ്ഥലത്തെ **അക്വസ് അറ (Aqueous chamber)** എന്നും അതിൽ നിറഞ്ഞിരിക്കുന്ന ജലസദൃശമായ ദ്രാവകത്തെ അക്വസ് ഹ്യൂമർ (Aqueous humor) എന്നും പറയുന്നു. ലെൻസിനും റെറ്റിനയ്ക്കുമിടയിലുള്ള സ്ഥലത്തെ **വിട്രിയസ് അറ (Vitreous chamber)** എന്നും അതിൽ നിറഞ്ഞിരിക്കുന്ന സുതാര്യമായ ജെല്ലിപോലുള്ള ദ്രാവകത്തെ വിട്രിയസ് ഹ്യൂമർ (Vitreous humor) എന്നും പറയുന്നു.

21.6.1.2 കാഴ്ചയുടെ രസതന്ത്രം

ദൃശ്യപ്രകാശത്തിലെ പ്രകാശകിരണങ്ങൾ കോർണിയ, ലെൻസ് എന്നീ ഭാഗങ്ങളിലൂടെ കടന്ന് റെറ്റിനയിൽ കേന്ദ്രീകരിക്കുമ്പോൾ റോഡ്കോശങ്ങളിലും കോൺകോശങ്ങളിലും ആവേഗങ്ങൾ ഉളവാകുന്നു. മനുഷ്യനേത്രത്തിലെ പ്രകാശവർണകങ്ങൾ ഉണ്ടാക്കിയിരിക്കുന്നത് **ഓപ്സിൻ** (Opsin) എന്ന മാംസ്യവും **റെറ്റിനാൽ (Retinal)** എന്ന വിറ്റാമിൻ എ യുടെ ആൽഡിഹൈഡും ചേർന്നാണ്. പ്രകാശം പതിക്കുമ്പോൾ റെറ്റിനാൽ ഓപ്സിനുമായി വേർപിരിയുന്നു. തൽഫലമായി ഓപ്സിന്റെ ഘടന വ്യത്യാസപ്പെടുകയും സ്തരത്തിന്റെ താര്യതയിൽ മാറ്റമുണ്ടാകുകയും ചെയ്യുന്നു. അങ്ങനെ പ്രകാശഗ്രാഹീകോശങ്ങളിൽ പൊട്ടൻഷ്യൽ വ്യത്യാസം (Potential difference) രൂപപ്പെടുന്നു. ഇത് ഉളവാക്കുന്ന സന്ദേശങ്ങൾ ഗാംഗ്ലിയോൺ കോശങ്ങളിൽ പ്രവർത്തനശേഷികൾ (Action potential) രൂപപ്പെടാൻ കാരണമാകുന്നു. ഈ പ്രവർത്തനശേഷികൾ (ആവേഗങ്ങൾ) നേത്രനാഡി വഴി തലച്ചോറിലെ **വിഷ്വൽ കോർട്ടക്സ്** (Visual cortex) എന്ന കാഴ്ചയുടെ

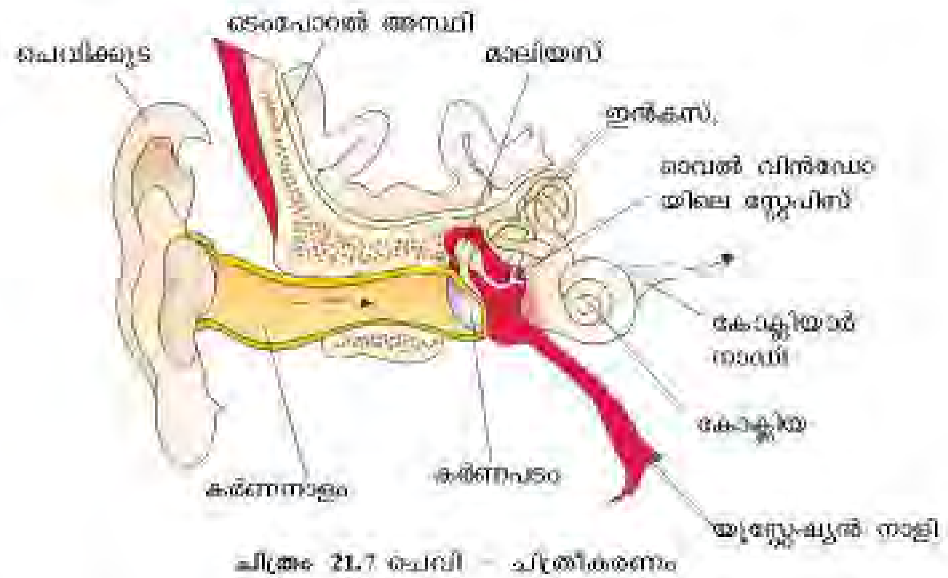
കേന്ദ്രത്തിലെത്തുന്നു. അവിടെവെച്ച് ആവേഗങ്ങളെ വിശകലനം ചെയ്യുകയും റെറ്റിനയിലുണ്ടായ പ്രതിബിംബത്തെ മുന്നനുഭവങ്ങളുടെയും ഓർമയുടെയും പശ്ചാത്തലത്തിൽ തിരിച്ചറിയുകയും ചെയ്യുന്നു.

21.6.2 ചെവി

കേൾവി, ശരീരത്തിന്റെ തുലനനിലപാലനം എന്നീ രണ്ട് സംവേദന ധർമങ്ങൾ നിർവഹിക്കുന്ന അവയവമാണ് ചെവി. ചെവിയെ ഘടനാപരമായി മൂന്ന് ഭാഗങ്ങളായി തിരിച്ചിട്ടുണ്ട്-**ബാഹ്യകർണം, മധ്യകർണം, ആന്തരകർണം** (ചിത്രം 21.7).

ചെവിക്കുട (Pinna), കർണനാളം (External auditory meatus) എന്നിവ ചേർന്നതാണ് ബാഹ്യകർണം. ചെവിക്കുട വായുവിലെ ശബ്ദതരംഗങ്ങളെ ശേഖരിച്ച് കർണനാളത്തിലേക്ക് കടത്തിവിടുന്നു. കർണനാളം **കർണപടം (Tympanic membrane or Eardrum)** വരെ നീളുന്ന കുഴലാണ്. നേർത്ത രോമങ്ങളും മെഴുക് സ്രവിക്കുന്ന ഗ്രന്ഥികളും ചെവിക്കുടയുടെ തൊലിപ്പുറത്തും കർണനാളത്തിലും കാണപ്പെടുന്നു. കർണപടത്തിന്റെ ബാഹ്യഭാഗത്ത് ത്വക്ക് കൊണ്ടുപൊതിഞ്ഞ യോജകകലയും ആന്തരഭാഗത്ത് ശ്ലേഷ്മസ്തരവുമാണുള്ളത്.

മധ്യകർണത്തിൽ **മാലിയസ്, ഇൻകസ്, സ്റ്റേപ്പിസ്** എന്നീ മൂന്ന് അസ്ഥികൾ കാണപ്പെടുന്നു. ഇവ ഒന്ന് മറ്റൊന്നിനോട് ചങ്ങലപോലെ ബന്ധിപ്പിച്ചിരിക്കുന്നു.

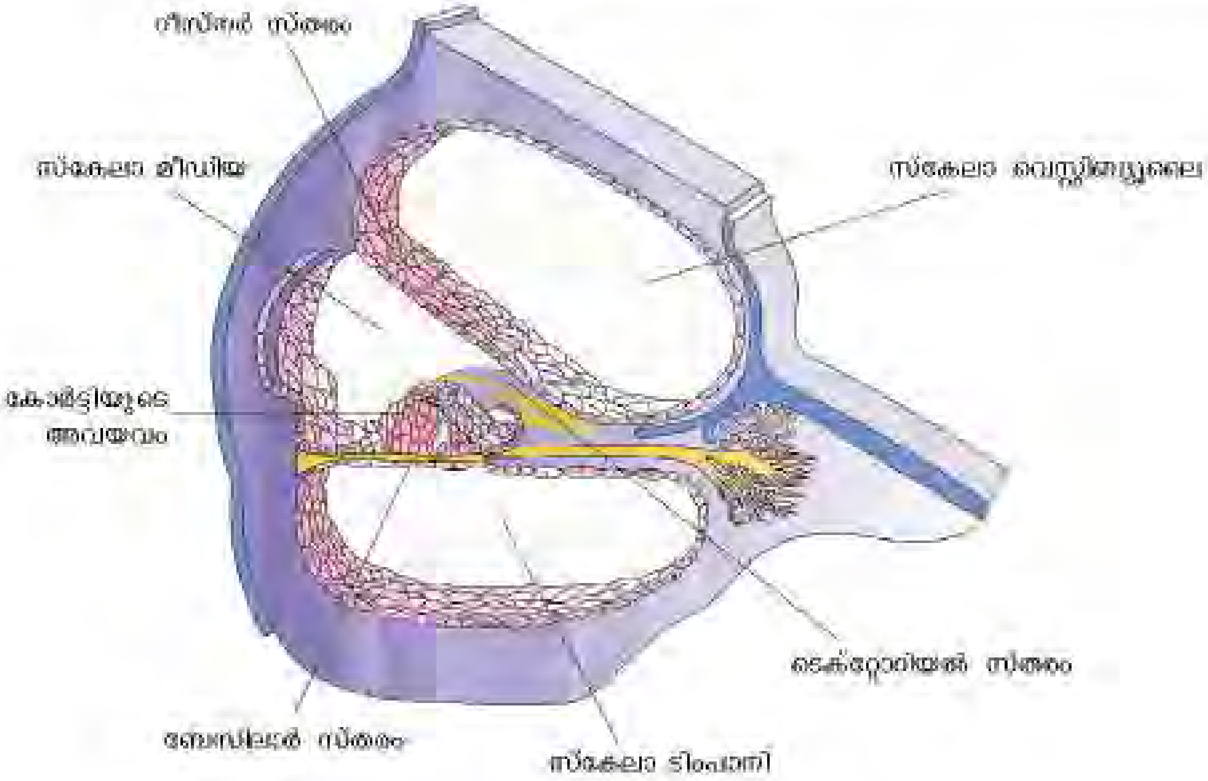


ചിത്രം 21.7 ചെവി – ചിത്രീകരണം

മാലിയസ് കർണപടത്തോട് ചേർന്നിരിക്കുന്നു. സ്റ്റേപ്പിസ് കോക്ലിയയിലെ **ഓവൽവിൻഡോ** (Oval window) യോട് ചേർന്നിരിക്കുന്നു. കർണാസ്ഥികൾ ആന്തരകർണത്തിലേക്കുള്ള ശബ്ദതരംഗങ്ങളുടെ പ്രേഷണക്ഷമത വർധിപ്പിക്കുന്നു. **യൂസ്റ്റേഷ്യൻ നാളി** (Eustachian tube) മധ്യകർണത്തെ ഗ്രസനിയുമായി ബന്ധിപ്പിക്കുന്നു. കർണപടത്തിനിരുവശത്തുമുള്ള മർദം ക്രമീകരിക്കുന്നതിന് യൂസ്റ്റേഷ്യൻനാളി സഹായിക്കുന്നു.

ദ്രവം നിറഞ്ഞിരിക്കുന്ന ആന്തരകർണത്തെ **ലാബിറിന്ത്** എന്നുപറയുന്നു. ഇതിന് അസ്ഥി അറ, സ്തര അറ എന്നീ രണ്ട് ഭാഗങ്ങളുണ്ട്. അസ്ഥി അറ ചാനലുകളുടെ ഒരു ശ്രേണിയാണ്. ഈ ചാനലുകൾക്കുള്ളിൽ സ്തര അറ സ്ഥിതി ചെയ്യുന്നു. ഇതിനെ പൊതിഞ്ഞ് പെരിലിംഫ് എന്ന ദ്രാവകം കാണപ്പെടുന്നു. സ്തര അറയ്ക്കുള്ളിൽ എൻഡോലിംഫ് എന്ന ദ്രാവകം നിറഞ്ഞിരിക്കുന്നു. ലാബിറിന്തിന്റെ ചുറ്റിവളഞ്ഞിരിക്കുന്ന ഭാഗത്തെ **കോക്ലിയ** (Cochlea) എന്നു പറയുന്നു. കോക്ലിയയിലെ സ്തരങ്ങളായ റീസ്നർ സ്തരവും (Reissner's membrane) ബേസിലാർ സ്തരവും (Basilar membrane) ചേർന്ന് ചുറ്റുമുള്ള പെരിലിംഫ് നിറഞ്ഞിരിക്കുന്ന അസ്ഥി അറയെ മുകൾഭാഗത്ത് സ്കേല വെസ്റ്റിബ്യൂളൈ (Scala vestibuli) എന്നും താഴെ ഭാഗത്ത് സ്കേല ടിംപാനി (Scala tympani) എന്നും വേർതിരിക്കുന്നു ചിത്രം (21.8). കോക്ലിയയ്ക്കുള്ളിലെ സ്കേല മീഡിയ (Scala media) എന്ന സ്ഥലത്ത് എൻഡോലിംഫ് നിറഞ്ഞിരിക്കുന്നു. കോക്ലിയയുടെ അടിഭാഗത്ത് സ്കേല വെസ്റ്റിബ്യൂളൈ ഓവൽ വിൻഡോയിൽ അവസാനിക്കുന്നു. എന്നാൽ സ്കേല ടിംപാനി റൗണ്ട് വിൻഡോയിലൂടെ മധ്യകർണത്തിലേക്ക് തുറക്കുന്നു.

ബേസിലാർ സ്തരത്തിൽ സ്ഥിതിചെയ്യുന്ന രോമകോശങ്ങളുള്ള '**കോർട്ടിയുടെ അവയവം**' (organ of Corti) ശബ്ദ സ്വീകാരികളായി വർത്തിക്കുന്നു. കോർട്ടി അവയവത്തിന്റെ ഉപരിഭാഗത്ത് **രോമകോശങ്ങൾ** നിരനിരയായി കാണപ്പെടുന്നു. രോമകോശങ്ങളുടെ താഴത്തെ അഗ്രം ആഗമനനാഡീ തന്തുക്കളുമായി അടുത്ത



ചിത്രം 21.8 കോക്ലിയയുടെ ഛേദം – ചിത്രീകരണം

സമ്പർക്കത്തിലായിരിക്കും. ഓരോ രോമകോശത്തിന്റെയും അഗ്രഭാഗത്ത് നിന്നും സ്റ്റീരിയോ സീലിയ (Stereo cilia) എന്നറിയപ്പെടുന്ന ഭാഗങ്ങൾ ഉയർന്നുനിൽക്കുന്നു. രോമകോശങ്ങളുടെ നിരകൾക്ക് തൊട്ടുമുകളിലായി **ടെക്റ്റോറിയൽ സ്തരം (Tectorial membrane)** എന്നറിയപ്പെടുന്ന ഒരു നേർത്ത ഇലാസ്തികസ്തരം കാണപ്പെടുന്നു.

ആന്തരകർണത്തിനകത്ത് കോക്ലിയയ്ക്കു മുകളിലായി **വെസ്റ്റിബ്യൂലാർ അപ്പാരറ്റസ് (Vestibular apparatus)** എന്നറിയപ്പെടുന്ന ഒരു സങ്കീർണ വ്യൂഹം കാണപ്പെടുന്നു. വെസ്റ്റിബ്യൂലാർ അപ്പാരറ്റസിൽ മൂന്ന് **അർധവൃത്താകാരക്കുഴലുകളും (Semi-circular canals)** ഓട്ടോലിത്തും കാണപ്പെടുന്നു. ഓരോ അർധവൃത്താകാരക്കുഴലും ഒന്ന് മറ്റൊന്നിനഭിമുഖമായി വിവിധതലങ്ങളിൽ സ്ഥിതിചെയ്യുന്നു. സ്തരനിർമിതമായ ചാലുകൾ അസ്ഥിചാലുകളിലെ പെരിലിംഫിൽ മുങ്ങിക്കിടക്കുന്നു. ഈ ചാലുകളുടെ വീർത്ത ചുവടുഭാഗത്തെ ആമ്പ്യൂള (Ampulla) എന്ന് വിളിക്കുന്നു. ആമ്പ്യൂളയ്ക്കുള്ളിൽ രോമകോശങ്ങളടങ്ങിയ ഉയർന്നുനിൽക്കുന്ന **ക്രിസ്റ്റ ആമ്പ്യൂളാരിസ് (Crista ampullaris)** എന്ന ഭാഗം കാണപ്പെടുന്നു. സാക്യൂളിലും യൂട്രിക്കിളിലും ഉയർന്നുനിൽക്കുന്ന **മാക്യൂല (Macula)** എന്ന ഭാഗമുണ്ട്. വെസ്റ്റിബ്യൂലാർ അപ്പാരറ്റസിലെ സവിശേഷ ഗ്രാഹികളാണ് ക്രിസ്റ്റയും മാക്യൂലയും. ഇവ ശരീരതുലനനില പാലിക്കുന്നതിലും ശരീരനില (Body posture) നിലനിർത്തുന്നതിലും മുഖ്യമായ പങ്കുവഹിക്കുന്നു.

21.6.2.1 കേൾവിയുടെ രസതന്ത്രം

ചെവി എങ്ങനെയാണ് ശബ്ദതരംഗങ്ങളെ നാഡീയ ആവേഗങ്ങളാക്കിമാറ്റുന്നത്? ഈ നാഡീയ ആവേഗങ്ങളെ എങ്ങനെയാണ് തലച്ചോറ് അപഗ്രഥിച്ച് ശബ്ദം തിരിച്ചറിയാൻ സഹായിക്കുന്നത്? ബാഹ്യകർണം ശബ്ദതരംഗങ്ങളെ സ്വീകരിച്ച് കർണപടത്തിലേക്ക് കടത്തിവിടുന്നു. അപ്പോൾ കർണപടം കമ്പനം ചെയ്യുന്നു. ഈ കമ്പനങ്ങൾ കർണാസ്ഥികൾ (മാലിയസ്, ഇൻകസ്, സ്റ്റേപ്പിസ്) വഴി ഓവൽ വിൻഡോയിലെത്തുന്നു. ഓവൽ വിൻഡോയിൽ നിന്ന് കമ്പനങ്ങൾ കോക്ലിയയിലെ ദ്രാവകത്തിലെത്തി എൻഡോലിംഫിൽ തരംഗങ്ങളുണ്ടാക്കുന്നു. ഈ തരംഗങ്ങൾ ബേസിലാർ സ്തരത്തിൽ ചലനങ്ങൾ ഉണ്ടാക്കുന്നു. ബേസിലാർ സ്തരത്തിലെ ഈ ചലനങ്ങൾമൂലം രോമകോശങ്ങൾ വളഞ്ഞ് ടെക്റ്റോറിയൽ സ്തരത്തെ അമർത്തുന്നു. തൽഫലമായി ബന്ധപ്പെട്ട ആഗമനനാഡികളിൽ നാഡീയ ആവേഗങ്ങൾ രൂപപ്പെടുന്നു. ഈ ആവേഗങ്ങളെ ആഗമനതന്തുക്കൾ കർണനാഡി വഴി മസ്തിഷ്കത്തിന്റെ കേൾവിയുടെ കേന്ദ്രത്തിലെത്തിക്കുന്നു. അവിടെ വച്ച് ഈ ആവേഗങ്ങൾ വിശകലനം ചെയ്യപ്പെടുകയും കേൾവി സാധ്യമാവുകയും ചെയ്യുന്നു.

സാരാംശം

നാഡീവ്യവസ്ഥ എല്ലാ അവയവങ്ങളുടെയും ആന്തരസമസ്ഥിതി- ഉപാപചയപ്രവർത്തനങ്ങളെ നിയന്ത്രിക്കുകയും ഏകോപിപ്പിക്കുകയും ചെയ്യുന്നു. നാഡീവ്യവസ്ഥയുടെ അടിസ്ഥാന ഘടകങ്ങളായ നാഡീകോശങ്ങൾ ഉത്തേജിതകോശങ്ങളാണ്. ഇവയുടെ സ്തരത്തിനിരുവശത്തും അയോണുകളുടെ ഗാഢതാവ്യത്യാസം നിലനിൽക്കുന്നു. വിശ്രമാവസ്ഥയിൽ നാഡീകോശത്തിന്റെ സ്തരത്തിനിരുവശത്തുമുള്ള വൈദ്യുത ശേഷി വ്യത്യാസത്തെ 'വിശ്രാന്ത പൊട്ടൻഷ്യൽ' **(Resting potential)** എന്നുപറയുന്നു. വിധ്രുവീകരണത്തിന്റെയും പുനഃധ്രുവീകരണത്തിന്റെയും ഫലമായുണ്ടാകുന്ന ഒരു തരംഗത്തിന്റെ രൂപത്തിലാണ് ആക്സോൺ സ്തരത്തിലൂടെ ആവേഗങ്ങൾ സഞ്ചരിക്കുന്നത്. സിനാപ്റ്റിക് പൂർവനാഡീകോശത്തിന്റെയും സിനാപ്റ്റികാനന്തര നാഡീകോശത്തിന്റെയും സ്തരങ്ങൾ യോജിക്കുന്ന ഭാഗമാണ് സിനാപ്സ്. ചില സിനാപ്സുകളിൽ സിനാപ്റ്റിക വിടവ് **(Synaptic cleft)** കാണപ്പെടുന്നു. രാസീയ സിനാപ്സുകളിൽ ആവേഗങ്ങളുടെ പ്രേഷണത്തിനു സഹായിക്കുന്ന രാസവസ്തുക്കളെ നാഡീയ പ്രേഷകങ്ങൾ എന്നുപറയുന്നു.

മനുഷ്യ നാഡീവ്യവസ്ഥയ്ക്കു രണ്ട് ഭാഗങ്ങളുണ്ട് (i) കേന്ദ്രനാഡീവ്യവസ്ഥ **(CNS)** **(ii)** പരിധീയനാഡീവ്യവസ്ഥ **(PNS)**. മസ്തിഷ്കവും സുഷുമ്നയും ചേർന്നതാണ് കേന്ദ്രനാഡീവ്യവസ്ഥ. മസ്തിഷ്കത്തെ മൂന്ന് പ്രധാന ഭാഗങ്ങളായി തിരിക്കാം (i) പൂർവമസ്തിഷ്കം, (ii) മധ്യമസ്തിഷ്കം, (iii) പിൻമസ്തിഷ്കം. പൂർവമസ്തിഷ്കത്തിൽ സെറിബ്രം, തലാമസ്, ഹൈപ്പോതലാമസ് എന്നീ ഭാഗങ്ങളുൾപ്പെടുന്നു. സെറിബ്രത്തിന്റെ രണ്ട് അർധഗോളങ്ങളെ തമ്മിൽ കോർപ്പസ് കല്ലോസം എന്ന നാഡീകലകൊണ്ട് യോജിപ്പിച്ചിരിക്കുന്നു. പൂർവമസ്തിഷ്കത്തിന്റെ വളരെ പ്രധാനപ്പെട്ട ഒരു ഭാഗമായ ഹൈപ്പോതലാമസ് ശരീരോഷ്മാവ്, വിശപ്പ്, ദാഹം എന്നിവ നിയന്ത്രിക്കുന്നു. സെറിബ്രൽ അർധഗോളങ്ങളുടെ ആന്തരഭാഗങ്ങളും അതുമായി ബന്ധപ്പെട്ട ചില കലകളുടെ കൂട്ടവും ചേർന്ന് സങ്കീർണമായ ലിംബിക വ്യവസ്ഥയായി മാറുന്നു. ഇത് ഗന്ധം, സ്വതന്ത്രപ്രതികരണങ്ങൾ, ലൈംഗികപെരുമാറ്റങ്ങളുടെ നിയന്ത്രണം, വൈകാരികപ്രകടനങ്ങൾ, പ്രചോദനം എന്നിവയുമായി ബന്ധപ്പെട്ടിരിക്കുന്നു. മധ്യമസ്തിഷ്കം കാഴ്ച, സ്പർശം, കേൾവി തുടങ്ങിയവയുടെ സന്ദേശങ്ങൾ സ്വീകരിക്കുകയും അപഗ്രഥിക്കുകയും ചെയ്യുന്നു. പിൻമസ്തിഷ്കത്തിൽ പോൺസ്, സെറിബെല്ലം, മെഡുല്ല എന്നീ ഭാഗങ്ങളുണ്ട്. ചെവിയിലെ അർധവൃത്താകാരക്കുഴലുകളിൽ നിന്നും മറ്റുമുള്ള വിവരങ്ങളെ സെറിബെല്ലം അപഗ്രഥിക്കുന്നു. ശ്വസനം, ഹൃദയസംബന്ധമായ റിഫ്ലക്സുകൾ, ആമാശയസ്രവങ്ങളുടെ ഉത്പാദനം എന്നിവയെ നിയന്ത്രിക്കുന്ന കേന്ദ്രങ്ങൾ മെഡുല്ലയിൽ സ്ഥിതിചെയ്യുന്നു. മസ്തിഷ്കത്തിന്റെ വിവിധ ഭാഗങ്ങൾ പോൺസിൽ കാണപ്പെടുന്ന തന്തുക്കളാൽ ബന്ധിപ്പിക്കപ്പെട്ടിരിക്കുന്നു. ഒരു ബാഹ്യനാഡീയ ഉദ്ദീപനത്തോടുള്ള അനൈച്ഛികപ്രതികരണങ്ങളെ മൊത്തമായി റിഫ്ലക്സ് പ്രവർത്തനം എന്നുപറയുന്നു.

ബാഹ്യ ചുറ്റുപാടിലുണ്ടാകുന്ന മാറ്റങ്ങളെ സംബന്ധിച്ച വിവരങ്ങൾ ഇന്ദ്രിയങ്ങളിലൂടെ കേന്ദ്രനാഡീവ്യവസ്ഥയിലെത്തുന്നു. അവിടെവച്ച് ഈ വിവരങ്ങൾ അപഗ്രഥിക്കപ്പെടുന്നു.

മനുഷ്യനേത്രഗോളത്തിന്റെ ഭിത്തി മൂന്നു പാളികളാൽ നിർമിതമാണ്. കോർണിയ, ദൃഢപടലം എന്നിവ ബാഹ്യപാളിയുടെ ഭാഗങ്ങളാണ്. രക്തപടലമാണ് മധ്യപാളി. ദൃഷ്ടിപടലം എന്നറിയപ്പെടുന്ന ആന്തരപാളിയിൽ രണ്ടുതരം പ്രകാശഗ്രാഹികോശങ്ങളുണ്ട് – ദണ്ഡുകോശങ്ങളും കോൺകോശങ്ങളും. പകൽവെളിച്ചത്തിലെ കാഴ്ചയും വർണക്കാഴ്ചയും സാധ്യമാക്കുന്നത് കോൺകോശങ്ങളാണ്. ദണ്ഡുകോശങ്ങൾ മങ്ങിയ വെളിച്ചത്തിൽ കാഴ്ച സാധ്യമാക്കുന്നു. പ്രകാശം കോർണിയയിലൂടെ ലെൻസിലെത്തുന്നു. വസ്തുക്കളുടെ പ്രതിബിംബം ഉണ്ടാകുന്നത് ദൃഷ്ടിപടലത്തിലാണ്.

ചെവിയെ ബാഹ്യകർണം, മധ്യകർണം, ആന്തരകർണം എന്നിങ്ങനെ വിഭജിച്ചിരിക്കുന്നു. മധ്യകർണത്തിൽ മാലിയസ്, ഇൻകസ്, സ്റ്റേപ്പിസ് എന്നീ മൂന്ന് കർണാസ്ഥികൾ കാണപ്പെടുന്നു. ദ്രവം നിറഞ്ഞ ആന്തരകർണത്തെ ലാബിറിന്ത് എന്നുപറയുന്നു. ലാബിറിന്തിന്റെ ചുരുണ്ടിരിക്കുന്ന ഭാഗത്തെ കോക്ലിയ എന്നുപറയുന്നു. ബേസിലാർ സ്തരത്തിൽ രോമകോശങ്ങളുള്ള, 'കോർട്ടിയുടെ അവയവം' **(Organ of Corti)** എന്ന ഭാഗം കാണപ്പെടുന്നു. ഇവ ശ്രവണഗ്രാഹികളായി പ്രവർത്തിക്കുന്നു. കർണപടത്തിലുണ്ടാകുന്ന കമ്പനങ്ങൾ അസ്ഥികൾ വഴി ഓവൽ വിൻഡോയിലൂടെ ദ്രവം നിറഞ്ഞ ആന്തരകർണത്തിലെത്തുന്നു. ആവേഗങ്ങൾ ആക്സോണുകൾ വഴി മസ്തിഷ്കത്തിലെ ശ്രവണകേന്ദ്രത്തിലെത്തുന്നു. ആന്തരകർണത്തിൽ കോക്ലിയയ്ക്കു മുകളിലായി വെസ്റ്റിബ്യൂലാർ അപ്പാരറ്റസ് എന്നറിയപ്പെടുന്ന സങ്കീർണമായ ഒരു ഭാഗം കാണപ്പെടുന്നു. ഗുരുത്വം, ചലനങ്ങൾ എന്നിവ ഈ ഭാഗത്തെ സ്വാധീനിക്കുന്നു. ശരീരത്തിന്റെ തുലനനില പാലിക്കുന്നതിനും ശരീരനില നിലനിർത്തുന്നതിനും ഈ ഭാഗം സഹായിക്കുന്നു.

പരിശീലന പ്രവർത്തനങ്ങൾ

1. താഴെപറയുന്നവയുടെ ഘടന ചുരുക്കി എഴുതുക.
   (a) മസ്തിഷ്കം (b) കണ്ണ് (c) ചെവി
2. താഴെപറയുന്നവയെ താരതമ്യം ചെയ്യുക.
   (a) കേന്ദ്രനാഡീവ്യവസ്ഥ (CNS) യും പരിധീയനാഡീവ്യവസ്ഥയും (PNS)
   (b) വിശ്രമശേഷി, പ്രവർത്തനശേഷി
   (c) രക്തപടലം, ദൃഷ്ടിപടലം
3. താഴെപറയുന്ന പ്രക്രിയകൾ വിശദീകരിക്കുക.
   (a) ഒരു നാഡീകോശത്തിന്റെ സ്തരത്തിന്റെ ധ്രുവീകരണം
   (b) ഒരു നാഡീകോശത്തിന്റെ സ്തരത്തിന്റെ വിധ്രുവീകരണം
   (c) ഒരു നാഡീകോശത്തിലൂടെയുള്ള ആവേഗങ്ങളുടെ പ്രേഷണം
   (d) ഒരു രാസികസിനാപ്സിലൂടെയുള്ള നാഡീയ ആവേഗങ്ങളുടെ പ്രേഷണം

4. ചുവടെ തന്നിരിക്കുന്നവയുടെ ചിത്രം വരച്ച് ഭാഗങ്ങൾ അടയാളപ്പെടുത്തുക

(a) ന്യൂറോൺ (b) മസ്തിഷ്കം (c) കണ്ണ് (d) ചെവി

5. തന്നിരിക്കുന്നവയെ സംബന്ധിച്ച് ലഘുകുറിപ്പുകൾ തയാറാക്കുക

(a) നാഡീയ ഏകോപനം (b) പൂർവമസ്തിഷ്കം

(c) മധ്യമസ്തിഷ്കം (d) പിൻമസ്തിഷ്കം

(e) ദൃഷ്ടിപടലം (f) കർണാസ്ഥികൾ

(g) കോക്ലിയ (h) കോർട്ടിയുടെ അവയവം

(i) സിനാപ്സ്

6. ഒരു ലഘുകുറിപ്പ് തയാറാക്കുക

(a) സിനാപ്റ്റിക പ്രേഷണം

(b) കാഴ്ച എന്ന പ്രക്രിയ

(c) കേൾവി എന്ന പ്രക്രിയ

7. ഉത്തരം ചുരുക്കി എഴുതുക

(a) നിങ്ങൾ ഒരു വസ്തുവിന്റെ നിറം തിരിച്ചറിയുന്നതെങ്ങനെ?

(b) ശരീരതുലനനില പാലിക്കാൻ സഹായിക്കുന്ന ശരീരഭാഗം ഏത്?

(c) കണ്ണിലെ ദൃഷ്ടിപടലത്തിൽ പതിക്കുന്ന പ്രകാശത്തിന്റെ അളവ് നിയന്ത്രിക്കപ്പെടുന്നതെങ്ങനെ?

8. താഴെപറയുന്നവ വിശദീകരിക്കുക

(a) പ്രവർത്തനശേഷി (Action potential) ഉണ്ടാകുന്നതിൽ Na^+ അയോണുകളുടെ പങ്ക്

(b) ദൃഷ്ടിപടലത്തിൽ പ്രകാശോദ്ദീപക ആവേഗങ്ങൾ ഉണ്ടാകുന്ന പ്രക്രിയ

(c) ആന്തരകർണത്തിൽ ശബ്ദം ഒരു നാഡീയ ആവേഗത്തെ സൃഷ്ടിക്കുന്ന പ്രക്രിയ

9. താഴെതന്നിരിക്കുന്നവ വിവേചിച്ചെഴുതുക

(a) മയലിൻ ഉള്ളതും മയലിൻ ഇല്ലാത്തതുമായ ആക്സോണുകൾ

(b) ഡെൻഡ്രൈറ്റുകളും ആക്സോണുകളും

(c) റോഡുകോശങ്ങളും കോൺകോശങ്ങളും

(d) തലാമസ്, ഹൈപ്പോതലാമസ്

(e) സെറിബ്രം, സെറിബെല്ലം

10. ഉത്തരമെഴുതുക

(a) ചെവിയുടെ ഏതു ഭാഗമാണ് ശബ്ദത്തിന്റെ സ്ഥായി നിശ്ചയിക്കുന്നത്?

(b) മനുഷ്യമസ്തിഷ്കത്തിലെ ഏറ്റവും വികസിതമായ ഭാഗം ഏത്?

(c) കേന്ദ്രനാഡീ വ്യവസ്ഥയുടെ ഏതു ഭാഗമാണ് ഒരു ഘടികാരമായി പ്രവർത്തിക്കുന്നത്?

11. കശേരുകികളുടെ കണ്ണിലെ ദൃഷ്ടിപടലത്തിൽ നിന്ന് നേത്രനാഡി പുറത്തേക്ക് വരുന്ന ഭാഗം

(a) പീതബിന്ദു (ഫോവിയ)

(b) ഐറിസ്

(c) അന്ധബിന്ദു

(d) ഒപ്റ്റിക് കയാസ്മ

12. തന്നിരിക്കുന്നവ തമ്മിലുള്ള വ്യത്യാസമെഴുതുക

(a) ആഗമനാഡീകോശങ്ങൾ, നിർഗമ നാഡീകോശങ്ങൾ

(b) മയലിൻ ഉള്ള നാഡീകോശത്തിലൂടെയുള്ള ആവേഗങ്ങളുടെ പ്രസരണവും മയലിൻ ഇല്ലാത്ത നാഡീകോശത്തിലൂടെയുള്ള ആവേഗങ്ങളുടെ പ്രസരണവും

(c) അക്വസ് അറ, വിട്രിയസ് അറ

(d) മസ്തിഷ്കനാഡികൾ, സുഷുമ്നാ നാഡികൾ

(f) ശിരോനാഡികളും സുഷുമ്നനാഡികളും

K2X4Z9

അധ്യായം 22

രാസീയ ഏകോപനവും ഉദ്ഗ്രഥനവും

(CHEMICAL COORDINATION AND INTEGRATION)

22.1 അന്തഃസ്രാവീ ഗ്രന്ഥികളും ഹോർമോണുകളും

22.2 മനുഷ്യ അന്തഃസ്രാവീ വ്യൂഹം

22.3 ഹൃദയം, വൃക്ക, അന്നപഥം എന്നിവയിലെ ഹോർമോണുകൾ

22.4 ഹോർമോണുകളുടെ പ്രവർത്തനരീതി

വിവിധ അവയവങ്ങളുടെ പ്രവർത്തന ഏകോപനം വ്യക്തവും വേഗത്തിലും സാധ്യമാക്കുന്നതിന് നാഡീവ്യവസ്ഥ എങ്ങനെ സഹായിക്കുന്നു എന്ന് നിങ്ങൾക്ക് മുൻധാരണയുണ്ടല്ലോ. നാഡീയ ഏകോപനം വേഗതയേറിയതാണെങ്കിലും ക്ഷണികമാണ്. നമ്മുടെ ശരീരത്തിലെ എല്ലാ കോശങ്ങളിലേക്കുമായി നാഡികൾ വിന്യസിക്കപ്പെടാത്തതിനാൽ എല്ലാ കോശകീയ പ്രവർത്തനങ്ങളും തുടർച്ചയായി നിയന്ത്രിക്കപ്പെടേണ്ടതും ഏകോപിപ്പിക്കപ്പെടേണ്ടതുമാണ്. ഈ പ്രത്യേക ധർമം നിർവഹിക്കുന്നത് ഹോർമോണുകളാണ്. നാഡീവ്യവസ്ഥയുടെയും അന്തഃസ്രാവീവ്യവസ്ഥയുടെയും ഒത്തുചേർന്നുള്ള പ്രവർത്തനം നമ്മുടെ വിവിധ ശരീരധർമങ്ങളെ നിയന്ത്രിക്കുകയും ഏകോപിപ്പിക്കുകയും ചെയ്യുന്നു.

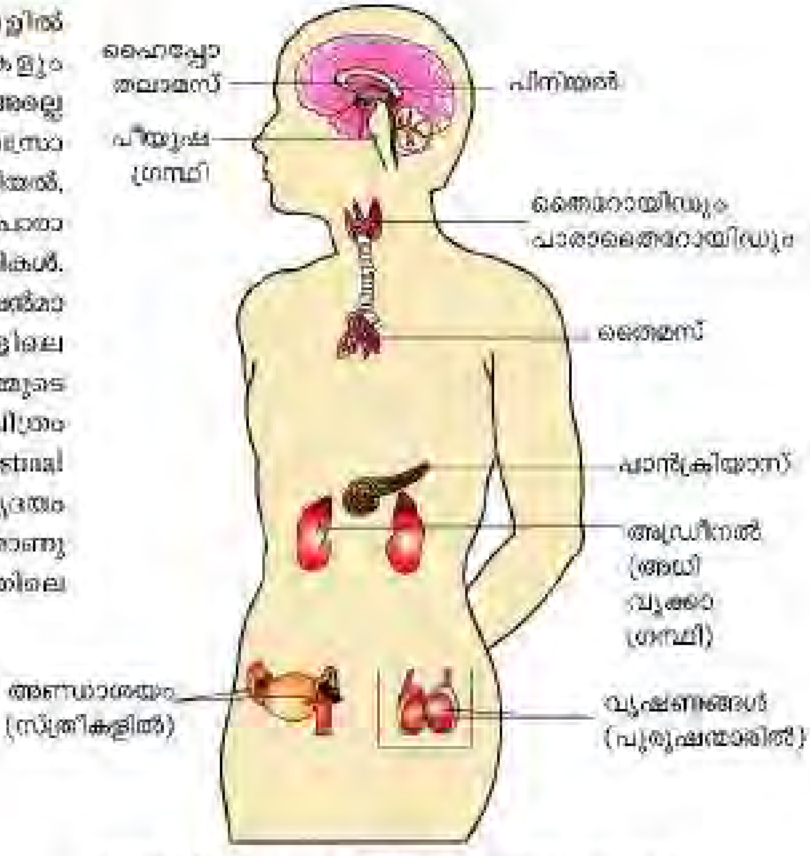
22.1 അന്തഃസ്രാവീ ഗ്രന്ഥികളും ഹോർമോണുകളും

അന്തഃസ്രാവീഗ്രന്ഥികളിൽ നിന്നും ഹോർമോണുകൾ ശരീരകലകളിലേക്ക് എത്തിക്കാൻ പ്രത്യേക നാളികൾ ഇല്ലാത്തതിനാൽ ഈ ഗ്രന്ഥികളെ നാളീരഹിത ഗ്രന്ഥികൾ എന്നും വിളിക്കുന്നു. ശരീരത്തിലെ അന്തഃസ്രാവീഗ്രന്ഥികൾ ഉത്പാദിപ്പിക്കുന്ന രാസവസ്തുക്കളായ ഹോർമോണുകൾ രക്തത്തിലേക്ക് സ്രവിക്കപ്പെടുകയും രക്തത്തിലൂടെ ശരീരത്തിലെ വിവിധ ലക്ഷ്യ അവയവങ്ങളിൽ (Target organs) എത്തുകയും ചെയ്യുന്നു. **കോശാന്തര സന്ദേശവാഹകരായിട്ടുള്ളതും വളരെ കുറഞ്ഞ അളവിൽ ഉത്പാദിപ്പിക്കപ്പെടുന്നതുമായ പോഷകരഹിത രാസപദാർഥങ്ങളാണ് ഹോർമോണുകൾ** എന്നതാണ് ഹോർമോണിന്റെ പുതിയ ശാസ്ത്രീയ നിർവചനം. സംഘടിത അന്തഃസ്രാവീഗ്രന്ഥികൾ സ്രവിക്കുന്ന ഹോർമോണുകളെ കൂടാതെ അനവധി പുതിയ തന്മാത്രകളും ഈ പുതിയ നിർവചനത്തിൽ ഉൾപ്പെടും. അകശേരുകികളിൽ ഏതാനും ഹോർമോണുകൾ ഉൾപ്പെ

ടുന്ന ലളിതമായ അന്തഃസ്രാവി വ്യവസ്ഥകളാണുള്ളത്. എന്നാൽ കശേരുകികളിൽ വളരെയധികം രാസപദാർഥങ്ങൾ ഹോർമോണുകളായി പ്രവർത്തിക്കുകയും ഏകോപിപ്പിക്കുകയും ചെയ്യുന്നതിനാൽ വളരെ സങ്കീർണമായ ഒരു വ്യവസ്ഥയായി അന്തഃസ്രാവീ വ്യവസ്ഥ മാറിയിരിക്കുന്നു. മനുഷ്യന്റെ അന്തഃസ്രാവീവ്യവസ്ഥ ഇവിടെ വിവരിക്കുന്നു.

22.2 മനുഷ്യരിലെ അന്തഃസ്രാവി വ്യവസ്ഥ

നമ്മുടെ ശരീരത്തിന്റെ വിവിധ ഭാഗങ്ങളിൽ കാണപ്പെടുന്ന അന്തഃസ്രാവീഗ്രന്ഥികളും ഹോർമോൺ ഉൽപ്പാദിപ്പിക്കുന്ന കലകളും അല്ലെങ്കിൽ കോശങ്ങളും ഉൾപ്പെടുന്നതാണ് അന്തഃസ്രാവീവ്യവസ്ഥ. പീയൂഷഗ്രന്ഥി (Pituitary), പീനിയൽ, തൈറോയിഡ്, അഡ്രീനൽ, പാൻക്രിയാസ്, പാരാതൈറോയിഡ്, തൈമസ് തുടങ്ങിയ ഗ്രന്ഥികൾ, ലൈംഗികാവയവങ്ങളായ (Gonads) പുരുഷൻമാരിലെ വൃഷണങ്ങൾ (Testis) സ്ത്രീകളിലെ അണ്ഡാശയം (Ovary) എന്നിവയാണ് നമ്മുടെ ശരീരത്തിലെ അന്തഃസ്രാവീഭാഗങ്ങൾ (ചിത്രം 22.1). ഇവ കൂടാതെ അന്നപഥം (Gastrointestinal tract), കരൾ (Liver), വൃക്ക (Kidney), ഹൃദയം (Heart) തുടങ്ങിയ അവയവങ്ങളും ഹോർമോണുകൾ സ്രവിപ്പിക്കുന്നുണ്ട്. മനുഷ്യശരീരത്തിലെ എല്ലാ പ്രധാനപ്പെട്ട അന്തഃസ്രാവീഗ്രന്ഥികളുടെയും ഹൈപ്പോതലാമസിന്റെയും ഘടനയും ധർമങ്ങളും സംക്ഷിപ്തമായി താഴെ പ്രതിപാദിക്കുന്നു.

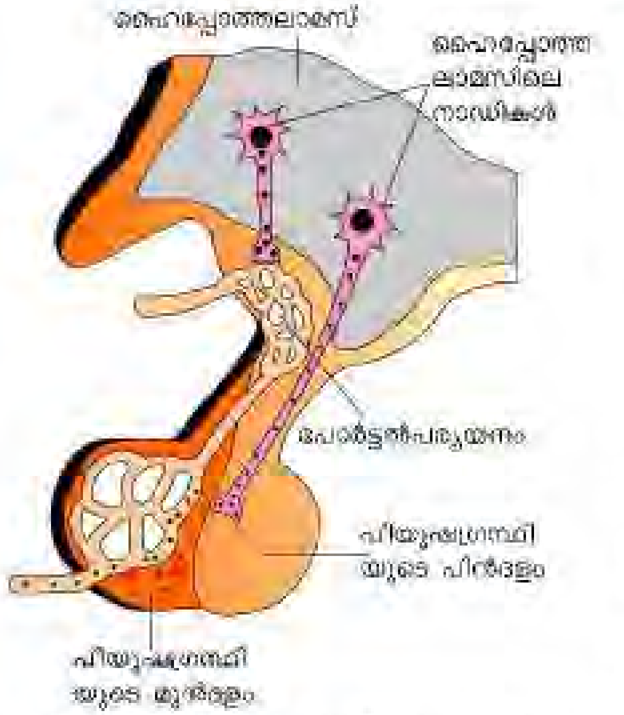


ചിത്രം 22.1 അന്തഃസ്രാവീഗ്രന്ഥികളുടെ സ്ഥാനം

22.2.1 ഹൈപ്പോതലാമസ്

ശരീരത്തിന്റെ വിവിധ പ്രവർത്തനങ്ങളെ നിയന്ത്രിക്കുന്ന ഗ്രന്ഥിയാണ് ഹൈപ്പോതലാമസ്. തലച്ചോറിന്റെ പൂർവമസ്തിഷ്കത്തിലെ (Forebrain) ഡയൻസെഫലോണിനു (Diencephalon) താഴെയാണ് ഹൈപ്പോതലാമസിന്റെ സ്ഥാനം. ഹൈപ്പോതലാമസിലെ ന്യൂക്ലിയസുകൾ എന്ന് വിളിക്കപ്പെടുന്ന നാഡീസ്രവണ (Neurosecretory) കോശങ്ങളുടെ കൂട്ടമാണ് ഹോർമോണുകൾ ഉൽപ്പാദിപ്പിക്കുന്നത്. പീയൂഷഗ്രന്ഥി സംശ്ലേഷിപ്പിക്കുകയും സ്രവിപ്പിക്കുകയും ചെയ്യുന്ന ഹോർമോണുകളെ നിയന്ത്രിക്കുക എന്നതാണ് ഹൈപ്പോതലാമസ് ഉൽപ്പാദിപ്പിക്കുന്ന ഹോർമോണുകളുടെ ധർമം. ഹൈപ്പോതലാമസ് രണ്ടുതരം ഹോർമോണുകൾ ഉൽപ്പാദിപ്പിക്കുന്നു - സ്രവണ ഹോർമോണുകളും (Releasing hormones - പീയൂഷ ഗ്രന്ഥിയുടെ ഹോർമോൺ ഉൽപ്പാദനത്തെ ഉദ്ദീപിപ്പിക്കുന്നവ), നിരോധക ഹോർമോണുകളും (Inhibitory hormones - പീയൂഷഗ്രന്ഥിയുടെ

ഹോർമോൺ ഉൽപ്പാദനത്തെ തടസ്സപ്പെടുത്തുന്നവ). ഉദാഹരണത്തിന് ഗോണാഡോട്രോഫിൻ സ്രവണ ഹോർമോൺ (Gonadotrophin releasing hormone - GnRH) എന്ന ഹൈപ്പോതലാമസ് ഹോർമോൺ പീയൂഷഗ്രന്ഥിയെ ഉദ്ദീപിപ്പിച്ച് ഗൊണാഡോട്രോഫിനുകൾ സംശ്ലേഷിപ്പിക്കുവാനും, പുറത്തുവിടാനും സഹായിക്കുന്നു. എന്നാൽ, ഹൈപ്പോതലാമസിൽ നിന്നുള്ള സൊമാറ്റോസ്റ്റാറ്റിൻ എന്ന ഹോർമോൺ പീയൂഷഗ്രന്ഥിയിലെ വളർച്ചാഹോർമോണിന്റെ (Growth hormone - GH) സ്രവത്തെ തടയുന്നു. ഹൈപ്പോതലാമസിന്റെ നാഡീകോശങ്ങളിൽ ഉൽപ്പാദിപ്പിക്കപ്പെടുന്ന ഈ ഹോർമോണുകൾ ആക്സോണുകളിലൂടെ സഞ്ചരിച്ച് അവയുടെ നാഡീ അഗ്രങ്ങളിൽ നിന്ന് സ്വതന്ത്രമാക്കപ്പെടുന്നു. ഈ ഹോർമോണുകൾ പോർട്ടൽ രക്തപര്യയന വ്യവസ്ഥ വഴി പീയൂഷഗ്രന്ഥിയിൽ എത്തുകയും പീയൂഷഗ്രന്ഥിയുടെ മുൻദളത്തിന്റെ പ്രവർത്തനങ്ങളെ നിയന്ത്രിക്കുകയും ചെയ്യുന്നു. പീയൂഷഗ്രന്ഥിയുടെ പിൻദളം ഹൈപ്പോതലാമസിന്റെ നേരിട്ടുള്ള നാഡീയ നിയന്ത്രണത്തിലാണ് പ്രവർത്തിക്കുന്നത് (ചിത്രം 22.2).



ചിത്രം 22.2 പീയൂഷഗ്രന്ഥിയുടെയും ഹൈപ്പോതലാമസിന്റെയും ബന്ധം കാണിക്കുന്ന രേഖാചിത്രം

22.2.2 പീയൂഷഗ്രന്ഥി

മനുഷ്യന്റെ തലച്ചോറിൽ സെല്ലാ ടേർസിക്ക (Sella turcica) എന്ന അസ്ഥിപേടകത്തിലാണ് പീയൂഷഗ്രന്ഥി കാണപ്പെടുന്നത്. ഹൈപ്പോതലാമസുമായി ഇതിനെ ഒരു തണ്ടുകൊണ്ട് ബന്ധിപ്പിച്ചിരിക്കുന്നു (ചിത്രം 22.2).

ഘടനാപരമായി പീയൂഷഗ്രന്ഥിയെ **അഡിനോഹൈപ്പോഫൈസിസ്** (Adenohypophysis) എന്നും **ന്യൂറോഹൈപ്പോഫൈസിസ്** (Neurohypophysis) എന്നും രണ്ടായി തരംതിരിച്ചിരിക്കുന്നു. അഡിനോഹൈപ്പോഫൈസിസിൽ പാഴ്സ് ഡിസ്റ്റാലിസ്, പാഴ്സ് ഇന്റർമീഡിയ എന്നീ രണ്ട് ഭാഗങ്ങളുണ്ട്. പാഴ്സ് ഡിസ്റ്റാലിസ് എന്ന ഭാഗമാണ് പീയൂഷഗ്രന്ഥിയുടെ മുൻദളമായി അറിയപ്പെടുന്നത്. ഈ ഭാഗം **വളർച്ചാഹോർമോൺ (GH)**, **പ്രോലക്റ്റിൻ (PRL)**, **തൈറോയിഡ് ഉത്തേജക ഹോർമോൺ (TSH)**, **അഡ്രിനോ കോർട്ടിക്കോ ട്രോഫിക് ഹോർമോൺ (ACTH)**, **ല്യൂട്ടിനൈസിംഗ് ഹോർമോൺ (LH)**, **ഫോളിക്കിൾ ഉത്തേജക ഹോർമോൺ (FSH)** എന്നീ ഹോർമോണുകൾ ഉൽപ്പാദിപ്പിക്കുന്നു. പാഴ്സ് ഇന്റർമീഡിയ എന്നഭാഗം ഉൽപ്പാദിപ്പിക്കുന്ന ഒരേ ഒരു ഹോർമോണാണ് **മെലാനോസൈറ്റ് ഉത്തേജക ഹോർമോൺ (MSH)**. മനുഷ്യരിൽ പാഴ്സ് ഇന്റർമീഡിയ, പാഴ്സ് ഡിസ്റ്റാലിസുമായി ഏറെക്കുറെ കൂടിച്ചേർന്നിരിക്കുന്നു. പിൻദളമായി അറിയപ്പെടുന്ന ന്യൂറോഹൈപ്പോഫൈസിസ് (Pars nervosa) ഓക്സിടോസിൻ (Oxytocin), വാസോപ്രസിൻ (Vasopressin) എന്നീ ഹോർമോണുകൾ സംഭരിക്കുകയും പുറത്തുവിടുകയും ചെയ്യുന്നു. യഥാർത്ഥത്തിൽ ഈ ഹോർമോണുകൾ ഹൈപ്പോതലാമസിൽ സംശ്ലേഷിക്കപ്പെടുകയും ആക്സോ

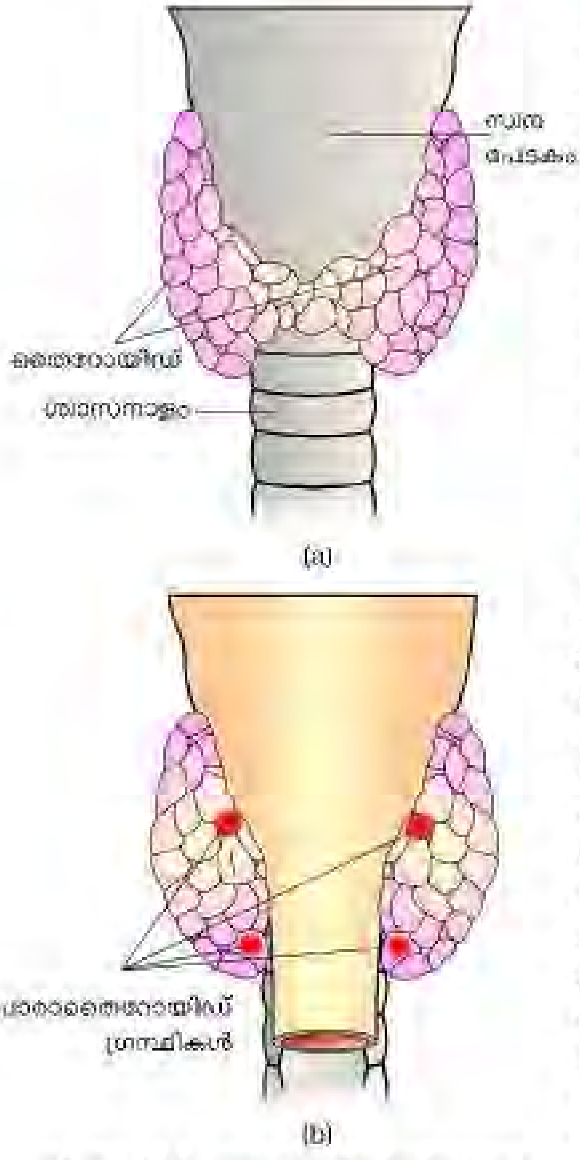
ണുകൾ വഴി പിൻദളത്തിൽ എത്തുകയുമാണ് ചെയ്യുന്നത്.

വളർച്ചാഘട്ടത്തിൽ വളർച്ചാഹോർമോണിന്റെ (GH) അമിത ഉത്പാദനം അസാധാരണമായ ശരീരവളർച്ച ഉണ്ടാക്കുകയും ഭീമാകാരത്വം (Gigantism) എന്ന അവസ്ഥയ്ക്ക് കാരണമാവുകയും ചെയ്യുന്നു. അതേസമയം ഈ ഹോർമോണിന്റെ ഉത്പാദനക്കുറവ് വളർച്ച മുരടിക്കാൻ കാരണമാവുകയും വാമനത്വം (Dwarfism) എന്ന അവസ്ഥ ഉണ്ടാക്കുകയും ചെയ്യുന്നു. പ്രായമായവരിൽ, പ്രത്യേകിച്ച് മധ്യവയസിൽ വളർച്ചാഹോർമോണിന്റെ അമിതമായ ഉത്പാദനം കടുത്ത വൈരൂപ്യത്തിലേക്ക് നയിക്കാം (പ്രത്യേകിച്ച് മുഖത്തിന്റെ). **അക്രോമെഗാലി** (Acromegaly) എന്ന ഈ അവസ്ഥ പരിശോധനാവിധേയമാക്കിയിട്ടില്ലെങ്കിൽ കൂടുതൽ സങ്കീർണമാവുകയും അകാലമൃത്യുവിന് കാരണമാവുകയും ചെയ്യും. പ്രാരംഭഘട്ടങ്ങളിൽ രോഗനിർണയം സാധ്യമാകാത്തതിനാൽ ബാഹ്യലക്ഷണങ്ങൾ മാറുന്നതുവരെ ഈ രോഗം ശ്രദ്ധിക്കപ്പെടാതെ പോകും. പ്രോലാക്റ്റിൻ (PRL) സ്തനങ്ങളുടെ വളർച്ചയും അവയിൽ നിന്നുള്ള ക്ഷീരോത്പാദനവും നിയന്ത്രിക്കുന്നു. TSH, തൈറോയിഡ് ഗ്രന്ഥിയിൽ തൈറോയിഡ് ഹോർമോണുകൾ സംശ്ലേഷിപ്പിക്കുന്നതിനും സ്രവിപ്പിക്കുന്നതിനും വേണ്ട ഉത്തേജനങ്ങൾ നൽകുന്നു. ACTH, അഡ്രിനൽ കോർടെക്സിൽ നിന്ന് **ഗ്ലൂക്കോകോർട്ടിക്കോയിഡുകൾ** (സ്റ്റീറോയിഡ് ഹോർമോണുകൾ) സംശ്ലേഷിപ്പിക്കുന്നതിനും സ്രവിപ്പിക്കുന്നതിനും സഹായിക്കുന്നു. പിറ്റ്യൂട്ടറിഗ്രന്ഥി ഉത്പാദിപ്പിക്കുന്ന LH, FSH എന്നീ ഹോർമോണുകൾ ലൈംഗികാവയവങ്ങളുടെ പ്രവർത്തനങ്ങളെ ഉത്തേജിപ്പിക്കുന്നതിനാൽ **ഗൊണാഡോട്രോഫിനുകൾ** എന്നറിയപ്പെടുന്നു. പുരുഷന്മാരിൽ LH വൃഷണങ്ങളെ ഉദ്ദീപിപ്പിച്ച് പുരുഷഹോർമോണുകൾ ആയ **ആൻഡ്രോജനുകളെ** സംശ്ലേഷിപ്പിക്കുന്നതിനും, സ്രവിപ്പിക്കുന്നതിനും സഹായിക്കുന്നു. പുരുഷന്മാരിൽ FSH ഉം ആൻഡ്രോജനുകളും പുംബീജോത്പാദനത്തെ ക്രമപ്പെടുത്തുന്നു. സ്ത്രീകളിൽ LH പൂർണവളർച്ചയെത്തിയ ഗ്രാഫിയൻ പുടകങ്ങളിൽ നിന്ന് അണ്ഡോത്സർജനത്തിനും (Ovulation) പിന്നീട് കോർപ്പസ് ലൂട്ടിയത്തിന്റെ നിലനിൽപ്പിനും സഹായിക്കുന്നു. ഗ്രാഫിയൻ പുടകം അണ്ഡവിസർജനത്തിനുശേഷം കോർപ്പസ് ലൂട്ടിയമാവുകയും സ്ത്രീകളിൽ ഗർഭാവസ്ഥ നിലനിർത്തുന്ന പ്രൊജസ്റ്ററോൺ എന്ന ഹോർമോൺ സ്രവിക്കുകയും ചെയ്യുന്നു. സ്ത്രീകളിൽ FSH അണ്ഡാശയത്തിലെ കോശങ്ങളുടെ വളർച്ചയ്ക്കും വികാസത്തിനും സഹായിക്കുന്നു. MSH എന്ന ഹോർമോൺ മെലാനോസൈറ്റുകളിൽ (മെലാനിൻ ഉള്ള കോശങ്ങൾ) പ്രവർത്തിക്കുകയും ത്വക്കിന്റെ നിറഭേദത്തെ ക്രമപ്പെടുത്തുകയും ചെയ്യുന്നു. ഓക്സിടോസിൻ നമ്മുടെ ശരീരത്തിന്റെ മൃദുപേശികളിൽ പ്രവർത്തിക്കുകയും, അവയുടെ സങ്കോച പ്രവർത്തനങ്ങളെ ഉദ്ദീപിപ്പിക്കുകയും ചെയ്യുന്നു. സ്ത്രീകളിൽ, ഈ ഹോർമോൺ പ്രസവസമയത്ത് ഗർഭാശയഭിത്തി തീവ്രമായി ചുരുങ്ങുന്നതിനും ക്ഷീരഗ്രന്ഥിയിൽ നിന്നുള്ള ക്ഷീരോത്പാദനത്തിനും സഹായിക്കുന്നു. വാസോപ്രസിൻ പ്രധാനമായും വൃക്കകളിൽ പ്രവർത്തിക്കുകയും ഡിസ്റ്റൽ ട്യൂബ്യൂളുകളിൽ നിന്ന് ജലത്തിന്റെയും ഇലക്ട്രോലൈറ്റുകളുടെയും പുനരാഗിരണപ്രവർത്തനത്തെ ഉത്തേജിപ്പിക്കുകയും ചെയ്യുന്നു. ഇപ്രകാരം മൂത്രത്തിലൂടെയുള്ള ജലനഷ്ടം (Diuresis) കുറയ്ക്കുന്നു. അതിനാൽ വാസോപ്രസിനെ **ആന്റിഡൈയൂറെറ്റിക് ഹോർമോൺ** (ADH) എന്ന് വിളിക്കുന്നു.

ADH ന്റെ സംശ്ലേഷണം അല്ലെങ്കിൽ സ്രവണത്തെ ബാധിക്കുന്ന തകരാറുകൾ വൃക്കയുടെ ജലസംരക്ഷണശേഷിയ് കുറയ്ക്കുകയും ജലനഷ്ടത്തിനും നിർജലീകരണത്തിനും ഇടയാക്കുകയും ചെയ്യും. ഈ അവസ്ഥയെ **ഡയബെറ്റിസ് ഇൻസിപ്പിഡസ്** എന്ന് വിളിക്കുന്നു.

22.2.3 പീനിയൽഗ്രന്ഥി

തലച്ചോറിൽ പൂർവമസ്തിഷ്കത്തിന്റെ ഉപരിഭാഗമായി പീനിയൽഗ്രന്ഥി സ്ഥിതിചെയ്യുന്നു. **മെലാടോണിൻ** എന്ന ഹോർമോൺ ഉത്പാദിപ്പിക്കുന്നത് ഈ ഗ്രന്ഥിയാണ്. ശരീരത്തിന്റെ 24 മണിക്കൂർ ദിനതാളക്രമം ക്രമീകരിക്കുന്നതിൽ ഈ ഹോർമോണിന് വലിയ പങ്കുണ്ട്. ഉദാ: സാധാരണതാളക്രമത്തിലുള്ള ഉറക്കം-ഉണരൽ ചക്രം (Sleep- wake cycle), ശരീരോഷ്മാവ് എന്നിവ നിലനിർത്തുന്നതിന് ഈ ഹോർമോൺ സഹായിക്കുന്നു. ഇതു കൂടാതെ ഉപാപചയപ്രവർത്തനം, ത്വക്കിന്റെ നിറഭേദം, ആർത്തവചക്രം, രോഗപ്രതിരോധശേഷി എന്നിവയെയും ഈ ഹോർമോൺ സ്വാധീനിക്കുന്നുണ്ട്.



ചിത്രം 22.3 തൈറോയിഡിന്റെയും പാരാതൈറോയിഡിന്റെയും സ്ഥാനം കാണിക്കുന്ന രേഖാചിത്രം
(a) മുൻഭാഗം
(b) പിൻഭാഗം

22.2.4 തൈറോയിഡ് ഗ്രന്ഥി

ശ്വാസനാളത്തിന്റെ ഇരുവശത്തുമായി രണ്ട് ദളങ്ങളോട് കൂടിയ ഗ്രന്ഥിയാണ് തൈറോയിഡ് ഗ്രന്ഥി. രണ്ട് ദളങ്ങളും ഇസ്ത്മസ് എന്ന യോജകകല കൊണ്ട് യോജിപ്പിച്ചിരിക്കുന്നു (ചിത്രം 22.3). **ഫോളിക്കിളുകളും സ്ട്രോമൽ കലകളും** ചേർന്നാണ് തൈറോയിഡ് ഗ്രന്ഥി രൂപപ്പെട്ടിരിക്കുന്നത്. ഓരോ തൈറോയിഡ് ഫോളിക്കിളും ഫോളിക്കിൾ കോശങ്ങളാൽ ആവരണം ചെയ്യപ്പെട്ട ഒരു അറയാണ്. ഈ കോശങ്ങൾ **ടെട്രാ അയഡോ തൈറോണിൻ** അല്ലെങ്കിൽ **തൈറോക്സിൻ (T4), ട്രൈ അയഡോ തൈറോണിൻ (T3)** എന്നീ രണ്ട് തരത്തിലുള്ള ഹോർമോണുകൾ ഉത്പാദിപ്പിക്കുന്നു. തൈറോയിഡ് ഗ്രന്ഥിക്ക് സാധാരണതോതിൽ ഹോർമോണുകൾ സംശ്ലേഷിപ്പിക്കുന്നതിന് അയഡിൻ അത്യന്താപേക്ഷിതമാണ്. ആഹാരത്തിൽ അയഡിന്റെ അപര്യാപ്തത **ഹൈപ്പോതൈറോയിഡിസത്തിനും** തൈറോയിഡ് ഗ്രന്ഥിയുടെ അമിതമായ വലുപ്പത്തിനും കാരണമാകുന്നു. ഇതിനെയാണ് **ഗോയിറ്റർ** എന്ന് വിളിക്കുന്നത്. ഗർഭകാലത്ത് ഈ ഹോർമോണിന്റെ അപര്യാപ്തത കുഞ്ഞിന്റെ വികലമായ വികാസം, വളർച്ചമുരടിപ്പ് (Cretinism), ബുദ്ധിമാന്ദ്യം, താഴ്ന്ന ബുദ്ധിനിലവാരം, അസാധാരണമായ ത്വക്ക്, ബധിരത-മൂകത (Deaf-mutism) എന്നിവയ്ക്കുകാരണമാകുന്നു. പ്രായപൂർത്തിയായ സ്ത്രീകളിൽ ക്രമരഹിതമായ ആർത്തവചക്രത്തിനും ഈ ഹോർമോ

ന്റെ അപര്യാപ്തത കാരണമാവുന്നു. തൈറോയിഡ് ഗ്രന്ഥിയിലെ കാൻസർ, തടിപ്പുകൾ (മുഴകൾ) എന്നിവ തൈറോയിഡ് ഹോർമോണുകളുടെ സംശ്ലേഷണ നിരക്കും സ്രവിപ്പിക്കലും അമിതമാക്കുകയും **ഹൈപ്പർതൈറോയിഡിസം** എന്ന അവസ്ഥ ഉണ്ടാക്കുകയും ചെയ്യുന്നു. ഈ അവസ്ഥ ശാരീരിക പ്രവർത്തനങ്ങളെ ദോഷകരമായി ബാധിക്കുന്നതാണ്.

തൈറോയിഡ് ഗ്രന്ഥി അമിതമായി വലുതാവുക, കണ്ണുകൾ പുറത്തേക്ക് തള്ളുക, അടിസ്ഥാന ഉപാപചയനിരക്ക് വർധിക്കുക, ശരീരഭാരം കുറയുക എന്നീ ലക്ഷണങ്ങളോടുകൂടിയ ഹൈപ്പർതൈറോയിഡിസമാണ് **എക്സോഫ്താൽമിക് ഗോയിറ്റർ**. **ഗ്രേവ്സ് രോഗമെന്നും** ഇത് അറിയപ്പെടുന്നു.

അടിസ്ഥാന ഉപാപചയ പ്രവർത്തനനിരക്ക് (Basal Metabolic Rate - BMR) ക്രമപ്പെടുത്തുന്നതിലും ധാന്യകം, മാംസ്യം, കൊഴുപ്പ് എന്നീ പോഷകഘടകങ്ങളുടെ ഉപാപചയം നിയന്ത്രിക്കുന്നതിലും ചുവന്ന രക്താണുക്കളുടെ നിർമാണ പ്രവർത്തനത്തിലും തൈറോയിഡ് ഹോർമോണുകൾ സഹായിക്കുന്നു. ജലത്തിന്റെയും ഇലക്ട്രോലൈറ്റിന്റെയും തുലനനില നിലനിർത്തുന്നതിലും തൈറോയിഡ് ഹോർമോണുകൾ വലിയ പങ്കുവഹിക്കുന്നു. തൈറോയിഡ് ഗ്രന്ഥി ഉത്പാദിപ്പിക്കുന്ന പ്രോട്ടീൻ ഹോർമോണായ തൈറോകാൽസിടോണിൻ (TCT) രക്തത്തിലെ കാത്സ്യത്തിന്റെ അളവ് നിയന്ത്രിക്കുന്നു (ഹൈപ്പോകാൽസീമിക ഹോർമോൺ).

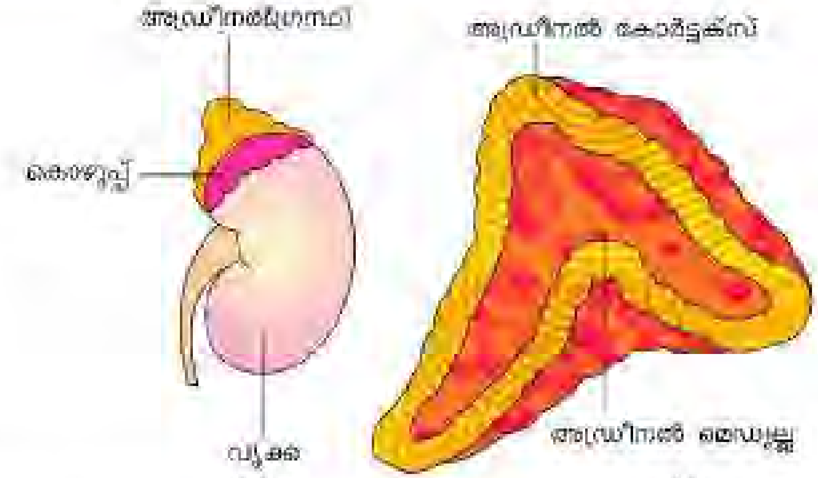
22.2.5 പാരാതൈറോയിഡ് ഗ്രന്ഥി

മനുഷ്യരിൽ തൈറോയിഡ് ഗ്രന്ഥിയുടെ പിൻഭാഗത്തായി നാല് പാരാതൈറോയിഡ് ഗ്രന്ഥികളുണ്ട്. ഇവ തൈറോയിഡ് ഗ്രന്ഥിയുടെ രണ്ട് ദളങ്ങളിൽ ഓരോ ജോഡികളായാണ് കാണപ്പെടുന്നത് (ചിത്രം 22.3.b) പെപ്റ്റൈഡ് ഹോർമോൺ ആയ **പാരാതൈറോയിഡ് ഹോർമോൺ** (PTH) ഉത്പാദിപ്പിക്കുന്നത് ഈ ഗ്രന്ഥികളാണ്. രക്തത്തിലെ കാത്സ്യത്തിന്റെ അളവ് ക്രമീകരിക്കുക എന്നതാണ് ഇതിന്റെ ധർമം.

പാരാതൈറോയിഡ് ഹോർമോൺ (PTH) രക്തത്തിലെ കാത്സ്യത്തിന്റെ അളവ് വർധിപ്പിക്കുന്നു. ഈ ഹോർമോൺ അസ്ഥികളിൽ പ്രവർത്തിച്ച് അസ്ഥിശിഥിലീകരണത്തെ (Bone resorption). [അലിഞ്ഞില്ലാതാവുക (Dissolution) അല്ലെങ്കിൽ ധാതുനഷ്ടീകരണം (Demineralization)] ഉത്തേജിപ്പിക്കുന്നു. കൂടാതെ PTH വൃക്കനാളികളുടെ കാത്സ്യം പുനരാഗിരണം ഉത്തേജിപ്പിക്കുകയും ദഹിച്ച ആഹാരപദാർഥങ്ങളിൽ നിന്നും കാത്സ്യം അയോണുകളുടെ ആഗിരണം വർധിപ്പിക്കുകയും ചെയ്യുന്നു. ഇത്തരത്തിൽ രക്തത്തിലെ കാത്സ്യത്തിന്റെ കുറഞ്ഞ അളവ് PTH നെ ഉത്തേജിപ്പിക്കുകയും രക്തത്തിലെ കാത്സ്യത്തിന്റെ അളവ് വർധിപ്പിക്കുകയും ചെയ്യുന്നു. അതായത് PTH ഒരു ഹൈപ്പർ കാൽസിമിക് ഹോർമോണാണ്. തൈറോ കാൽസിടോണിന്റെയും പാരാതൈറോയിഡ് ഹോർമോണിന്റെയും പ്രവർത്തനഫലമായി രക്തത്തിലെ കാത്സ്യത്തിന്റെ അളവ് ക്രമീകരിക്കപ്പെടുന്നു.

22.2.6 തൈമസ് ഗ്രന്ഥി

ശ്വാസകോശങ്ങൾക്കിടയിൽ മാറെല്ലിന് പിന്നിലായും ഹൃദയത്തിന്റെയും മഹാധമനിയുടെയും മുന്നിലായും കാണപ്പെടുന്ന ദളങ്ങൾ പോലുള്ള ഗ്രന്ഥിയാണ് തൈമസ് ഗ്രന്ഥി. ഈ ഗ്രന്ഥി ഉത്പാദിപ്പിക്കുന്ന **തൈമോസിനുകൾ** എന്ന



(a) (b)

ചിത്രം 22.4 (a) വൃക്കയുടെ മുകളിൽ കാണുന്ന അഡ്രീനൽ ഗ്രന്ഥി (b) അഡ്രീനൽ ഗ്രന്ഥിയുടെ രണ്ട് ഭാഗങ്ങൾ കാണിക്കുന്ന ഛേദം.

പെപ്റ്റൈഡ് ഹോർമോണുകൾ രോഗപ്രതിരോധശേഷി വർധിപ്പിക്കുന്നതിൽ പ്രധാന പങ്ക് വഹിക്കുന്നു. കൂടാതെ **കോശമധ്യസ്ഥതാ പ്രതിരോധ** (Cell mediated immunity) സംവിധാനത്തിന് നിദാനമായ **T-ലിംഫോസൈറ്റുകളെ** പാകപ്പെടുത്തുകയും, **ദ്രവ പ്രതിരക്ഷാ പ്രതിരോധത്തിന്** (Humoral immunity) കാരണമായ ആന്റിബോഡികളുടെ നിർമാണത്തെ ത്വരിതപ്പെടുത്തുകയും ചെയ്യുന്നു. ശൈശവഘട്ടത്തിൽ വളരെ സജീവമായി പ്രവർത്തിക്കുന്ന ഈ ഗ്രന്ഥി പ്രായപൂർത്തിയായവരിൽ ചുരുങ്ങി ചെറുതാകുകയും തൈമോസിന്റെ ഉൽപ്പാദനം കുറയുകയും ചെയ്യുന്നു. അതിന്റെ ഫലമായി പ്രായമായവരുടെ പ്രതിരോധ പ്രതികരണങ്ങൾ കുറയുന്നു.

22.2.7 അധിവൃക്കാഗ്രന്ഥി (അഡ്രീനൽ ഗ്രന്ഥി)

നമ്മുടെ ശരീരത്തിൽ ഓരോ വൃക്കയുടെയും മുകൾഭാഗത്തായി സ്ഥിതി ചെയ്യുന്ന അന്തഃസ്രാവി ഗ്രന്ഥികളാണ് അധിവൃക്കാഗ്രന്ഥികൾ (Adrenal gland) (ചിത്രം 22.4 a). ഈ ഗ്രന്ഥിയിൽ രണ്ട് തരം കലകളാണുള്ളത്. മധ്യഭാഗത്തായി കാണുന്ന **അഡ്രീനൽ മെഡുല്ലയും** ബാഹ്യഭാഗത്തായി കാണുന്ന **അഡ്രീനൽ കോർട്ടക്സും** (ചിത്രം 22.4 b).

അഡ്രിനാലിൻ (എപ്പിനെഫ്രിൻ), നോർഅഡ്രിനാലിൻ (നോർഎപ്പിനെഫ്രിൻ) എന്നീ ഹോർമോണുകൾ ഉൽപ്പാദിപ്പിക്കുന്നത് അഡ്രീനൽ മെഡുല്ലയാണ്. ഇവയെ പൊതുവെ **കാറ്റകോളമിനുകൾ** (Catacholamines) എന്ന് വിളിക്കുന്നു. നമ്മൾ അടിയന്തിര ഘട്ടം നേരിടുമ്പോഴും കടുത്ത മാനസിക സമ്മർദ്ദം അനുഭവിക്കുമ്പോഴും ഈ ഹോർമോണുകൾ അഡ്രീനൽ ഗ്രന്ഥിയിൽ നിന്ന് ദ്രുതഗതിയിൽ സ്രവിക്കുന്നതിനാൽ ഇവയെ **അടിയന്തിര ഹോർമോണുകൾ (Emergency hormones or hormones of flight or fight)** എന്ന് വിളിക്കുന്നു. ജാഗ്രതാ സാഹചര്യങ്ങളിൽ കൃഷ്ണമണി (Pupil) വികസിക്കുക, രോമകൂപങ്ങൾ നിവരുക, വിയർക്കുക, ഹൃദയമിടിപ്പിന്റെ നിരക്ക്, ശ്വസനനിരക്ക്, ഹൃദയസങ്കോചനിരക്ക് എന്നിവ വർധിപ്പിക്കുക എന്നിവയാണ് ഈ ഹോർമോണുകളുടെ പ്രധാന ധർമങ്ങൾ. കാറ്റകോളമിനുകൾ ഗ്ലൈക്കോജനെ വിഘടിപ്പിച്ച് രക്തത്തിലെ ഗ്ലൂക്കോസിന്റെ അളവും വർധിപ്പിക്കുന്നു. ഇത് കൂടാതെ കൊഴുപ്പിന്റെയും മാംസ്യത്തിന്റെയും വിഘടനത്തെ ത്വരിതപ്പെടുത്തുകയും ചെയ്യുന്നു.

അഡ്രീനൽ കോർട്ടക്സിനെ മൂന്ന് പാളികളായി വിഭജിച്ചിരിക്കുന്നു. അകത്തെ പാളി **സോണാ റെട്ടിക്കുലാരിസ്**, മധ്യപാളി **സോണാ ഫാസിക്കുലേറ്റ**, ബാഹ്യ പാളി **സോണാ ഗ്ലോമറുലോസ** എന്നിവ. ഈ പാളികൾ സ്രവിപ്പിക്കുന്ന ഹോർമോണുകളെ **കോർട്ടിക്കോയ്ഡുകൾ** എന്ന് പൊതുവായി വിളിക്കുന്നു. ധാന്യകങ്ങളുടെ ഉപാപചയത്തിൽ പങ്കെടുക്കുന്ന കോർട്ടിക്കോയ്ഡുകളെ ഗ്ലൂക്കോകോർട്ടിക്കോയ്ഡുകൾ എന്നു വിളിക്കുന്നു. നമ്മുടെ ശരീരത്തിലെ കോർട്ടിസോൾ എന്ന ഹോർമോൺ ഇതിന് ഉദാഹരണമാണ്. ജല ലവണ സന്തുലനാവസ്ഥ ക്രമീകരിക്കുന്ന കോർട്ടിക്കോയ്ഡുകളെ മിനറലോകോർട്ടിക്കോയ്ഡുകൾ എന്നു വിളിക്കുന്നു. ഉദാ: ആൽഡോസ്റ്റിറോൺ.

ഗ്ലൂക്കോകോർട്ടിക്കോയ്ഡുകൾ ഗ്ലൂക്കോനിയോജെനസിസ്, ലിപ്പോലൈസിസ്, പ്രോട്ടിയോലൈസിസ് എന്നീ പ്രവർത്തനങ്ങളെ ഉത്തേജിപ്പിക്കുകയും, കോശങ്ങളിലേയ്ക്കുള്ള അമിനോആസിഡുകളുടെ ആഗിരണവും, ഉപയോഗപ്പെടുത്തലും തടസ്സപ്പെടുത്തുകയും ചെയ്യുന്നു. ഹൃദയ സംവഹന (Cardiovascular) വ്യവസ്ഥ നിലനിർത്തുന്നതിൽ വൃക്കകളുടെ പ്രവർത്തനങ്ങളിലും കോർട്ടിസോളിന് മുഖ്യപങ്കുണ്ട്. കോർട്ടിസോൾ എന്ന ഗ്ലൂക്കോകോർട്ടിക്കോയ്ഡ് വീങ്ങൽ പ്രക്രിയയ്ക്ക് എതിരെ പ്രവർത്തിച്ച് (Anti-inflammatory reaction) രോഗപ്രതിരോധ പ്രതികരണത്തെ നിരോധിക്കുന്നു. കൂടാതെ ചുവന്ന രക്താണുക്കളുടെ ഉൽപ്പാദനത്തെ ഉത്തേജിപ്പിക്കുകയും ചെയ്യുന്നു. ആൽഡോസ്റ്റിറോൺ വൃക്കാനളികകളിൽ (Renal tubules) പ്രവർത്തിച്ച് സോഡിയം അയോണുകളുടെയും ജലത്തിന്റെയും പുനരാഗിരണവും, പൊട്ടാസ്യം, ഫോസ്ഫേറ്റ് എന്നീ അയോണുകളുടെ വിസർജനവും നിർവഹിക്കുന്നു. അങ്ങനെ ആൽഡോസ്റ്റിറോൺ ലവണങ്ങളുടെ സന്തുലിതാവസ്ഥ, ശരീരദ്രവങ്ങളുടെ അളവ്, വ്യതിവ്യാപനമർദ്ദം (Osmotic pressure), രക്തസമ്മർദ്ദം എന്നിവ നിലനിർത്തുന്നതിന് സഹായിക്കുന്നു. അഡ്രീനൽ കോർട്ടക്സിൽ നിന്ന് വളരെ ചെറിയ അളവിൽ ഉൽപ്പാദിപ്പിക്കപ്പെടുന്ന ആൻഡ്രോജനിക് സ്റ്റിറോയിഡുകൾ, യൗവനാരംഭത്തിൽ കക്ഷം (Axial), ഗുഹ്യഭാഗം (Pubic), മുഖം (Facial) എന്നീഭാഗങ്ങളിലെ രോമവളർച്ചയ്ക്കു കാരണമാകുന്നു.

അഡ്രീനൽ കോർട്ടക്സ് ഉൽപ്പാദിപ്പിക്കുന്ന ഹോർമോണുകളുടെ കുറവ് ധാന്യകങ്ങളുടെ ഉപാപചയപ്രക്രിയയെ മാറ്റിമറിക്കുന്നു. തത്ഫലമായി അതിയായ തളർച്ചയും ക്ഷീണവും അനുഭവപ്പെടുകയും **അഡിസൺസ് രോഗത്തിലേക്ക്** നയിക്കുകയും ചെയ്യുന്നു.

22.2.8 പാൻക്രിയാസ്

ബഹിർസ്രാവി (Exocrine) ഗ്രന്ഥിയായും അന്തഃസ്രാവി (Endocrine) ഗ്രന്ഥിയായും പ്രവർത്തിക്കുന്ന ഒരു സമ്മിശ്ര ഗ്രന്ഥിയാണ് പാൻക്രിയാസ് (ചിത്രം 22.1). പാൻക്രിയാസിന്റെ അന്തഃസ്രാവീഗ്രന്ഥിയായി പ്രവർത്തിക്കുന്ന ഭാഗത്തെ ഐലറ്റ്സ് ഓഫ് ലാംഗർഹാൻസ് എന്നു പറയുന്നു. 1-2 ദശലക്ഷത്തോളം ഐലറ്റ്സ് ഓഫ് ലാംഗർ ഹാൻസ് ആണ് പാൻക്രിയാസിൽ കാണപ്പെടുന്നത്. ഇത് പാൻക്രിയാസിന്റെ ആകെയുള്ള കലകളുടെ 1-2% മാത്രമാണ്. **α കോശങ്ങൾ** എന്നും **β കോശങ്ങൾ** എന്നും രണ്ടുപ്രധാന തരം കോശങ്ങൾ ഐലറ്റ്സ് ഓഫ് ലാംഗർഹാൻസിൽ കാണപ്പെടുന്നു. α കോശങ്ങൾ **ഗ്ലൂക്കഗോണും** β കോശങ്ങൾ **ഇൻസുലിനും** ഉൽപ്പാദിപ്പിക്കുന്നു.

ഗ്ലൂക്കഗോൺ എന്ന പെപ്റ്റൈഡ് ഹോർമോൺ രക്തത്തിലെ ഗ്ലൂക്കോസിന്റെ സാധാരണ അളവിനെ നിലനിർത്താൻ സഹായിക്കുന്നു. ഗ്ലൂക്കഗോൺ കരൾകോശങ്ങളിൽ (Hepatocytes) പ്രവർത്തിച്ച് ഗ്ലൈക്കോജനോലൈസിസിനെ ഉത്തേജിപ്പിക്കുകയും തത്ഫലമായി രക്തത്തിലെ **ഗ്ലൂക്കോസിന്റെ അളവ് കൂടുകയും** ചെയ്യുന്നു **(Hyperglycemia)**. ഇതുകൂടാതെ ഗ്ലൂക്കോനിയോജനസിസ് പ്രവർത്തനത്തെ ഉത്തേജിപ്പിച്ചും ഹൈപ്പർഗ്ലൈസീമിയ അവസ്ഥയ്ക്കു കാരണമാകുന്നു. ഗ്ലൂക്കഗോൺ കോശങ്ങളുടെ ഗ്ലൂക്കോസ് ആഗിരണവും വിനിയോഗവും കുറയ്ക്കുന്നു. അങ്ങനെ ഗ്ലൂക്കഗോൺ ഒരു **ഹൈപ്പർഗ്ലൈസീമിക് ഹോർമോൺ** ആയി പ്രവർത്തിക്കുന്നു.

ഒരു പെപ്റ്റൈഡ് ഹോർമോണായ ഇൻസുലിൻ ഗ്ലൂക്കോസിന്റെ ആന്തരസമസ്ഥിതി നിയന്ത്രിക്കുന്നു. ഇത് കരൾ കോശങ്ങളിലും അഡിപ്പോസൈറ്റിലും (Cell of adipose tissue) പ്രവർത്തിച്ച് കോശങ്ങളുടെ ഗ്ലൂക്കോസ് ആഗിരണവും വിനിയോഗവും വർധിപ്പിക്കുന്നു. തന്മൂലം രക്തത്തിൽനിന്നും കരൾകോശങ്ങളിലേക്കും അഡിപ്പോസൈറ്റിലേക്കുമുള്ള ഗ്ലൂക്കോസിന്റെ ചലനം കൂടുകയും രക്തത്തിലെ **ഗ്ലൂക്കോസിന്റെ അളവ് കുറയുകയും ചെയ്യുന്നു (ഹൈപ്പോഗ്ലൈസീമിയ)**. ലക്ഷ്യകോശങ്ങളിൽ ഗ്ലൂക്കോസിനെ ഗ്ലൈക്കോജൻ ആക്കുന്നതിനും ഇൻസുലിൻ സഹായിക്കുന്നു (ഗ്ലൈക്കോജനസിസ്). അങ്ങനെ ഗ്ലൂക്കോസിന്റെ ആന്തരസമസ്ഥിതി പാലിക്കുന്നതിൽ ഇൻസുലിനും ഗ്ലൂക്കഗോണും ഒരുമിച്ച് സഹായിക്കുന്നു.

വളരെക്കാലം നീണ്ടുനിൽക്കുന്ന ഹൈപ്പർഗ്ലൈസീമിയ **ഡയബെറ്റിസ് മെല്ലിറ്റസ്** അഥവാ പ്രമേഹം എന്ന സങ്കീർണ അവസ്ഥയ്ക്ക് കാരണമാകുന്നു. മൂത്രത്തിലൂടെ ഗ്ലൂക്കോസ് നഷ്ടമാവുക, കീറ്റോൺ ബോഡികൾ എന്ന ദോഷകരമായ സംയുക്തങ്ങൾ രൂപപ്പെടുക തുടങ്ങിയവ ഇതിന്റെ ലക്ഷണങ്ങളാണ്. ഇൻസുലിൻ തെറാപ്പിയിലൂടെ പ്രമേഹരോഗികളെ ചികിത്സിച്ച് ഭേദമാക്കാം.

22.2.9 വൃഷണങ്ങൾ

പുരുഷന്മാരിൽ ഉദരാശയത്തിനു പുറത്ത് വൃഷണസഞ്ചിയിൽ (Scrotal sac) ഒരു ജോഡി വൃഷണങ്ങൾ കാണുന്നു (ചിത്രം 22.1). വൃഷണങ്ങൾ രണ്ടു ധർമങ്ങളാണ് ചെയ്യുന്നത് - പ്രാഥമിക ലൈംഗിക അവയവമായും അന്തഃസ്രാവി ഗ്രന്ഥിയായും ഒരേ സമയം പ്രവർത്തിക്കുന്നു. ഓരോ വൃഷണത്തിലും **ബീജോൽപ്പാദനനാളികകളും (Seminiferous tubules)**, **കലാന്തരകോശങ്ങളും (Interstitial or stromal tissue)** കാണപ്പെടുന്നു. നാളികകൾക്കിടയിലുള്ള സ്ഥലത്തു കാണപ്പെടുന്ന **കലാന്തര കോശങ്ങൾ (Leydig cells)** ഉൽപ്പാദിപ്പിക്കുന്ന ഹോർമോണുകളാണ് **ആൻഡ്രോജനുകൾ**. ഇവയിൽ പ്രധാനം **ടെസ്റ്റോസ്റ്റിറോൺ** ആണ്.

ആൻഡ്രോജനുകൾ പുരുഷന്മാരിലെ പുരുഷലൈംഗിക അനുബന്ധ അവയവങ്ങളായ എപ്പിഡിഡിമിസ്, ബീജവാഹി (Vas deferens), ശുക്ലാശയം (Seminal vesicle), പ്രോസ്റ്റേറ്റ് ഗ്രന്ഥി, മൂത്രനാളം (Urethra) എന്നിവയുടെ വളർച്ച, പൂർണ വികാസം, പ്രവർത്തനം എന്നിവയെ നിയന്ത്രിക്കുന്നു. പേശികളുടെ വളർച്ച, കക്ഷത്തിലും മുഖത്തിലുമുള്ള രോമ വളർച്ച, ഉത്സുകത, താഴ്ന്നസ്ഥായി ശബ്ദം (Low pitch voice) എന്നിവയെ ഉത്തേജിപ്പിക്കുന്നു. ബീജോൽപ്പാദനത്തിന്റെ (Spermatogenesis) ഉത്തേജനത്തിന് ആൻഡ്രോജൻ മുഖ്യപങ്കു വഹിക്കുന്നു. ആൻഡ്രോജനുകൾ കേന്ദ്ര നാഡീവ്യവസ്ഥയിൽ പ്രവർത്തിച്ച് പുരുഷലൈംഗിക പെരുമാറ്റങ്ങളെ സ്വാധീനിക്കുന്നു (ലിബിഡോ). ഈ ഹോർമോണുകൾ

മാംസ്യത്തിന്റെ സംശ്ലേഷണ (Anabolic or synthetic) പ്രവർത്തനത്തിലും ധാന്യങ്ങളുടെ ഉപാപചയത്തിലും സഹായിക്കുന്നു.

22.2.10 അണ്ഡാശയം

സ്ത്രീകളിൽ ഉദരാശയത്തിനകത്തായി ഒരു ജോഡി അണ്ഡാശയങ്ങൾ കാണുന്നു. സ്ത്രീകളിൽ പ്രാഥമിക ലൈംഗികാവയവമായ അണ്ഡാശയം ഓരോ ആർത്തവചക്രത്തിലും ഒരു അണ്ഡം വീതം ഉൽപ്പാദിപ്പിക്കുന്നു. ഇതു കൂടാതെ **ഈസ്ട്രജൻ, പ്രൊജസ്റ്ററോൺ** എന്ന രണ്ട് വിഭാഗങ്ങളിൽപ്പെട്ട സ്റ്റീറോയിഡ് ഹോർമോണുകളും അണ്ഡാശയം ഉൽപ്പാദിപ്പിക്കുന്നു. അണ്ഡാശയത്തിൽ അണ്ഡാശയ പുടകങ്ങളും (Ovarian follicles) സ്ട്രോമൽ കോശങ്ങളുമാണ് ഉള്ളത്. വളരുന്ന അണ്ഡാശയ പുടകങ്ങളാണ് ഈസ്ട്രജൻ എന്ന ഹോർമോൺ ഉൽപ്പാദിപ്പിക്കുന്നതും സ്രവിപ്പിക്കുന്നതും. അണ്ഡോത്സർജനത്തിനുശേഷം പൊട്ടുന്ന പുടകങ്ങൾ **കോർപസ് ല്യൂട്ടിയം** ആവുകയും **പ്രോജസ്റ്ററോൺ** എന്ന ഹോർമോൺ ഉൽപ്പാദിപ്പിക്കുകയും ചെയ്യുന്നു.

സ്ത്രീകളുടെ ലൈംഗികാനുബന്ധ അവയവങ്ങളുടെ വളർച്ച, ഉയർന്ന സ്ഥായി ശബ്ദം, അണ്ഡാശയ പുടകങ്ങളുടെ വളർച്ച, സ്ത്രീകളിലെ അനുബന്ധ ലൈംഗിക സ്വഭാവങ്ങൾ, സ്തനങ്ങളുടെ വളർച്ച എന്നിവയെ ഈസ്ട്രജൻ സ്വാധീനിക്കുന്നു. സ്ത്രീകളിലെ ലൈംഗികസ്വഭാവത്തെ നിയന്ത്രിക്കുന്നതും ഈസ്ട്രജനാണ്.

ഗർഭാവസ്ഥ നിലനിർത്തുന്നത് പ്രൊജസ്റ്ററോൺ എന്ന ഹോർമോണാണ്. ഈ ഹോർമോൺ സ്തനങ്ങളിൽ പ്രവർത്തിക്കുകയും ആൽവിയോളുകളുടെ (ക്ഷീരം ശേഖരിക്കുന്ന അറകൾ) രൂപപ്പെടലിനെ ഉത്തേജിപ്പിക്കുന്നതിനും ക്ഷീരം സ്രവിപ്പിക്കുന്നതിനും സഹായിക്കുന്നു.

22.3 ഹൃദയം, വൃക്ക, അന്നപഥം എന്നിവയുടെ ഹോർമോണുകൾ

അന്തഃസ്രാവി ഗ്രന്ഥികളെക്കുറിച്ച് അവ ഉൽപ്പാദിപ്പിക്കുന്ന ഹോർമോണുകളെക്കുറിച്ചും നിങ്ങൾ മനസ്സിലാക്കിയല്ലോ? ആദ്യം സൂചിപ്പിച്ചതുപോലെ അന്തഃസ്രാവി ഗ്രന്ഥികളല്ലാതെ മറ്റുചില കലകളും ഹോർമോണുകൾ ഉൽപ്പാദിപ്പിക്കുന്നുണ്ട്. ഉദാഹരണത്തിന് ഹൃദയത്തിന്റെ ഏട്രിയൽ ഭിത്തി ഒരു പ്രധാനപ്പെട്ട പെപ്റ്റൈഡ് ഹോർമോണായ **ഏട്രിയൽ നാട്രിയുററ്റിക് ഫാക്റ്റർ** (ANF) ഉൽപ്പാദിപ്പിക്കുകയും രക്തസമ്മർദ്ദം കുറയുന്നതിന് സഹായിക്കുകയും ചെയ്യുന്നു. രക്തസമ്മർദ്ദം കൂടുന്ന അവസരത്തിൽ രക്തക്കുഴലുകളെ വികസിപ്പിക്കാൻ കഴിവുള്ള ANF സ്രവിപ്പിക്കപ്പെടുകയും തത്ഫലമായി രക്തസമ്മർദ്ദം കുറയുകയും ചെയ്യുന്നു.

വൃക്കയിലെ ജക്സ്റ്റാ ഗ്ലോമറുലാർകോശങ്ങൾ ഉൽപ്പാദിപ്പിക്കുന്ന പെപ്റ്റൈഡ് ഹോർമോണായ **എറിത്രോപോയറ്റിൻ**, എറിത്രോപോയസിസ് (ചുവന്ന രക്താണുക്കളുടെ നിർമ്മാണം) എന്ന പ്രവർത്തനത്തെ ഉത്തേജിപ്പിക്കുന്നു.

അന്നപഥത്തിന്റെ വിവിധ ഭാഗങ്ങളിലുള്ള അന്തഃസ്രാവീകോശങ്ങൾ നാലു പ്രധാനപ്പെട്ട പെപ്റ്റൈഡ് ഹോർമോണുകൾ ഉൽപ്പാദിപ്പിക്കുന്നു - **ഗാസ്ട്രിൻ, സെക്രീറ്റിൻ, കോളിസിസ്റ്റോകൈനിൻ** (Cholecystokinin CCK), **ഗാസ്ട്രിക് ഇൻഹിബിറ്ററി പെപ്റ്റൈഡ്** (GIP). ഇതിൽ ഗാസ്ട്രിൻ എന്ന ഹോർമോൺ ആമാശയഗ്രന്ഥികളിൽ പ്രവർത്തിക്കുകയും HCl, പെപ്സിനോജൻ എന്നിവ സ്രവിപ്പിക്കുന്നതിനെ ഉത്തേജിപ്പിക്കുകയും ചെയ്യുന്നു. സെക്രീറ്റിൻ പാൻക്രിയാസിന്റെ ബഹിർസ്രാവി ഭാഗത്ത് പ്രവർത്തിച്ച് ജലം, ബൈകാർബണേറ്റ് അയോണുകൾ എന്നിവയുടെ ഉൽപ്പാദനത്തെ ഉത്തേജിപ്പിക്കുന്നു. CCK

പാൻക്രിയാസിലും, പിത്താശയത്തിലും പ്രവർത്തിച്ച് യഥാക്രമം പാൻക്രിയാറ്റിക് രസാഗ്നികളും, പിത്തരസവും സ്രവിപ്പിക്കുന്നതിന് ഉത്തേജിപ്പിക്കുന്നു. GIP ആമാശയ സ്രവണവും ഒഴുക്കും തടയുന്നു. ധാരാളം അന്തഃസ്രാവികലകളല്ലാത്ത കലകളും **വളർച്ചാഘടകങ്ങൾ** (Growth factors) എന്നറിയപ്പെടുന്ന ഹോർമോണുകൾ ഉൽപ്പാദിപ്പിക്കുന്നുണ്ട്. ഈ ഘടകങ്ങൾ കലകളുടെ സാധാരണ വളർച്ചയ്ക്കും അവയുടെ തകരാറുകൾ പരിഹരിക്കുന്നതിനും സഹായിക്കുന്നു.

22.4 ഹോർമോണുകളുടെ പ്രവർത്തനരീതി

ലക്ഷ്യകലകളിൽ (Target cells) കാണുന്ന **ഹോർമോൺ ഗ്രാഹികൾ** എന്ന സവിശേഷ മാംസ്യങ്ങളുമായി കൂടിച്ചേർന്നു മാത്രമേ ഹോർമോണുകൾക്ക് പ്രവർത്തിക്കാനാവുകയുള്ളൂ. ലക്ഷ്യകോശങ്ങളിലെ കോശസ്തരത്തിൽ കാണുന്ന ഹോർമോൺ ഗ്രാഹികളെ സ്തര ബന്ധിത ഗ്രാഹികളെന്നും (Membrane - bound receptors) ലക്ഷ്യകോശത്തിനുള്ളിൽ കാണുന്ന ഗ്രാഹികളെ, കൂടുതലായും ന്യൂക്ലിയാർ ഗ്രാഹികളെ (മർമത്തിനകത്ത് കാണുന്നവ) കോശാന്തര ഗ്രാഹികൾ (Intracellular receptors) എന്നും വിളിക്കുന്നു. ഹോർമോൺ, ഗ്രാഹികളുമായി കൂടിച്ചേർന്ന് **ഹോർമോൺ-ഗ്രാഹി സംയുക്തം** ഉണ്ടാകുന്നു (ചിത്രം 22.5 a, b). ഓരോ ഗ്രാഹിയും അതിന് സവിശേഷമായ ഹോർമോണുമായി മാത്രം ചേർന്നാണ് ഹോർമോൺ-ഗ്രാഹി സംയുക്തം രൂപീകരിക്കുന്നത്. ഹോർമോൺ-ഗ്രാഹി സംയുക്തം ഉണ്ടാകുന്നത്, ലക്ഷ്യകലകളിൽ ജൈവ രാസമാറ്റങ്ങൾക്ക് കാരണമാകുന്നു. ലക്ഷ്യകലകളിലെ ഉപാപചയം, ശാരീരിക ധർമങ്ങൾ എന്നിവ നിയന്ത്രിക്കപ്പെടുന്നത് ഹോർമോണുകൾ മൂലമാണ്. രാസസ്വഭാവം അടിസ്ഥാനമാക്കി ഹോർമോണുകളെ താഴെപ്പറയുന്ന രീതിയിൽ തരംതിരിക്കാം:

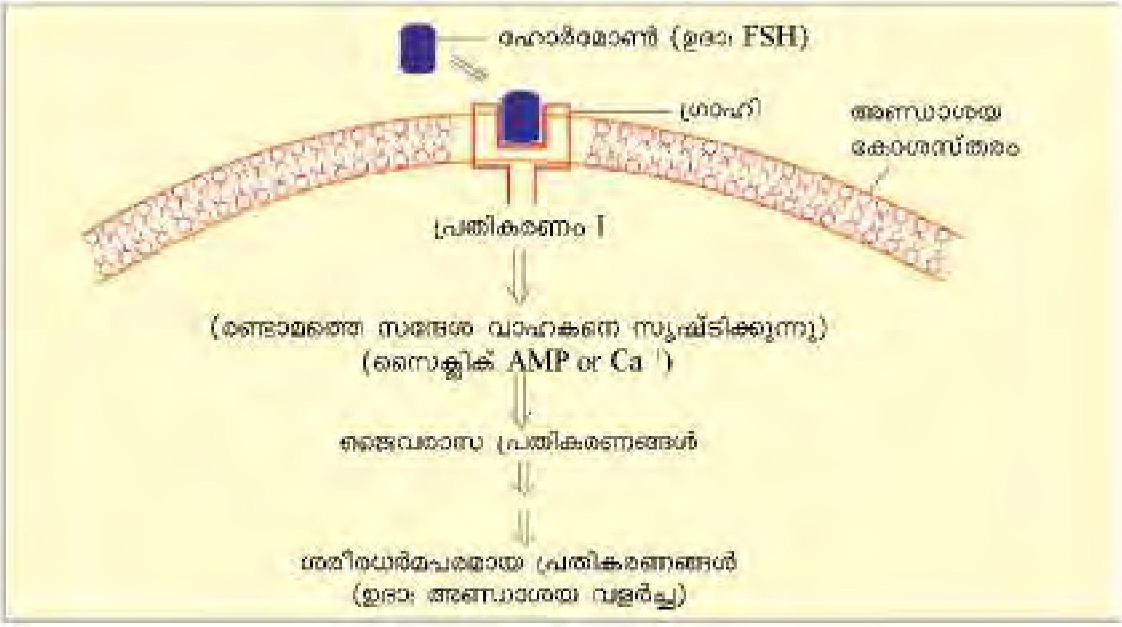
i) **പെപ്റ്റൈഡ്, പോളിപെപ്റ്റൈഡ്, മാംസ്യ ഹോർമോണുകൾ** (ഉദാ: ഇൻസുലിൻ, ഗ്ലൂക്കഗോൺ, പീയൂഷഗ്രന്ഥി ഹോർമോണുകൾ, ഹൈപ്പോതലാമിക് ഹോർമോണുകൾ തുടങ്ങിയവ)

ii) **സ്റ്റിറോയിഡുകൾ** (ഉദാ: കോർട്ടിസോൾ, ടെസ്റ്റോസ്റ്റിറോൺ, ഈസ്ട്രാഡിയോൾ, പ്രോജസ്റ്ററോൺ)

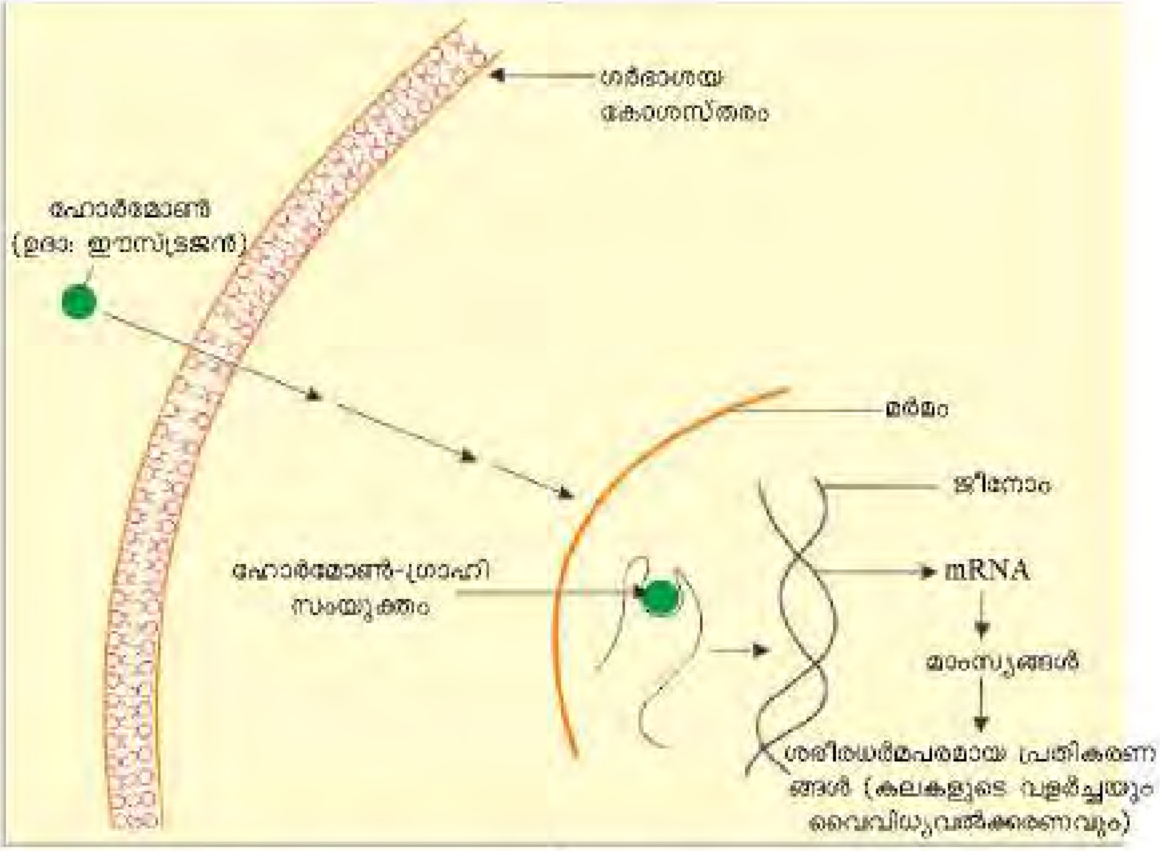
iii) **അയഡോതൈറോണിനുകൾ** (തൈറോയിഡ് ഹോർമോണുകൾ)

iv) **അമിനോ ആസിഡ് ഉൽപ്പന്നങ്ങൾ** (ഉദാ: എപ്പിനെഫ്രിൻ)

സ്തര ബന്ധിത ഗ്രാഹികളുമായി പ്രവർത്തിക്കുന്ന ഹോർമോണുകൾ സാധാരണയായി ലക്ഷ്യകോശങ്ങൾക്കുള്ളിൽ കടക്കുന്നില്ല. പകരം അവ ദ്വിതീയ സന്ദേശവാഹകരെ സൃഷ്ടിക്കുകയും (ഉദാ: സൈക്ലിക് AMP, IP_3, Ca^{2+}) കോശത്തിലെ ഉപാപചയ പ്രവർത്തനങ്ങളെ നിയന്ത്രിക്കുകയും ചെയ്യുന്നു (ചിത്രം 22.5a). കോശാന്തര ഗ്രാഹികളുമായി പ്രവർത്തിക്കുന്ന ഹോർമോണുകൾ (ഉദാ: സ്റ്റിറോയിഡ് ഹോർമോണുകൾ, അയഡോതൈറോണിനുകൾ എന്നിവ) ജീൻപ്രകടനം അല്ലെങ്കിൽ ക്രോമസോമുകളുടെ പ്രവർത്തനം എന്നിവയെ നിയന്ത്രിക്കുന്നു. ഹോർമോൺ - ഗ്രാഹി സംയുക്തം ജീനോമുമായി ഇടപെട്ടാണ് ഇത് സാധ്യമാകുന്നത്. തൽഫലമായി സഞ്ചയിക്കുന്ന ജൈവരാസ പ്രവർത്തനങ്ങൾ ശരീരധർമപരവും വികാസപരവുമായ മാറ്റങ്ങൾ ഉണ്ടാക്കുന്നു (ചിത്രം 22.5 b).



(a)



(b)

ചിത്രം 22.5 ഹോർമോൺ പ്രവർത്തനരീതിയുടെ ചിത്രീകരണം:
(a) മാംസ്യഹോർമോൺ (b) സ്റ്റീറോയിഡ് ഹോർമോൺ

സംഗ്രഹം

മനുഷ്യശരീരത്തിന്റെ രാസിക നിയന്ത്രണവും ഏകോപനവും നടത്തുന്നതിന് പ്രത്യേക തരത്തിലുള്ള രാസവസ്തുക്കളായ ഹോർമോണുകൾ ഉണ്ട്. ഈ ഹോർമോണുകളാണ് ഉപാപചയപ്രവർത്തനങ്ങളെ നിയന്ത്രിക്കുന്നതും, അവയവങ്ങളുടെയും അന്തഃസ്രാവി ഗ്രന്ഥികളുടെയും മറ്റു ചില കോശങ്ങളുടെയും വളർച്ചയ്ക്കും വികാസത്തിനും നിദാനമാകുന്നതും. അന്തഃസ്രാവി വ്യവസ്ഥയിൽ ഹൈപ്പോതലാമസ്, പീയൂഷഗ്രന്ഥി, പിനിയൽ, തൈറോയിഡ്, അഡ്രിനൽ (അധിവൃക്ക ഗ്രന്ഥി), പാൻക്രിയാസ്, പാരാതൈറോയിഡ്, തൈമസ്, ലൈംഗികാവയവങ്ങൾ (വൃഷണങ്ങളും അണ്ഡാശയവും) ഉൾപ്പെടുന്നു. ഇതിനോടൊപ്പം മറ്റു ചില അവയവങ്ങളായ ആമാശയം, വൃക്ക, ഹൃദയം തുടങ്ങിയവയും ഹോർമോണുകൾ ഉത്പാദിപ്പിക്കുന്നു. പീയൂഷഗ്രന്ഥിയെ പാഴ്സ് ഡിസ്റ്റാലിസ്, പാഴ്സ് ഇന്റർമീഡിയ, പാഴ്സ് നെർവോസ എന്നി മൂന്ന് പ്രധാന ഭാഗങ്ങളായി തരംതിരിച്ചിരിക്കുന്നു. പാഴ്സ് ഡിസ്റ്റാലിസ് ആറ് ട്രോപ്പിക് ഹോർമോണുകൾ ഉത്പാദിപ്പിക്കുന്നു. പാഴ്സ് ഇന്റർമീഡിയ ഒരേ ഒരു ഹോർമോൺ മാത്രമാണ് ഉത്പാദിപ്പിക്കുന്നത്. എന്നാൽ പാഴ്സ് നെർവോസ (പിൻപീയൂഷം) രണ്ട് ഹോർമോണുകൾ സ്രവിപ്പിക്കുന്നു. പീയൂഷഗ്രന്ഥി സ്രവിക്കുന്ന ഹോർമോണുകൾ ശാരീരിക കലകളുടെ വളർച്ചയും വികാസവും ബാഹ്യ അന്തഃസ്രാവീഗ്രന്ഥികളുടെ പ്രവർത്തനങ്ങളും നിയന്ത്രിക്കുന്നു. പിനിയൽ ഗ്രന്ഥി മെലാടോണിൻ സ്രവിപ്പിക്കുന്നു. ഇത് ശരീരത്തിന്റെ 24 മണിക്കൂർ ദിനതാളക്രമം ക്രമീകരിക്കുന്നതിലും നിയന്ത്രിക്കുന്നതിലും വലിയ പങ്ക് വഹിക്കുന്നു. (ഉദാ: ഉറങ്ങുന്നതിന്റെയും ഉണരുന്നതിന്റെയും ക്രമം, ശരീര താപനില തുടങ്ങിയവ). തൈറോയിഡ് ഹോർമോണുകൾ അടിസ്ഥാന ഉപാപചയ പ്രവർത്തനങ്ങൾ (BMR), കേന്ദ്രനാഡീവ്യൂഹത്തിന്റെ വികാസപരിണാമങ്ങൾ, അരുണരക്താണുക്കളുടെ രൂപീകരണം, ധാന്യകങ്ങളുടെയും മാംസ്യത്തിന്റെയും കൊഴുപ്പിന്റെയും ഉപാപചയം, ആർത്തവചക്രം എന്നിവയുടെ നിയന്ത്രണത്തിൽ വളരെ പ്രധാനപ്പെട്ട പങ്ക് വഹിക്കുന്നു. മറ്റൊരു തൈറോയിഡ് ഹോർമോൺ ആയ തൈറോകാൽസിടോണിൻ രക്തത്തിലെ കാൽസ്യത്തിന്റെ അളവ് കുറച്ച് കാൽസ്യത്തിന്റെ നില ക്രമീകരിക്കുന്നു. പാരാതൈറോയിഡ് ഗ്രന്ഥിയിൽ നിന്നും ഉത്പാദിപ്പിക്കുന്ന പാരാതൈറോയിഡ് ഹോർമോൺ (PTH) രക്തത്തിലെ Ca^{2+} ന്റെ അളവ് വർധിപ്പിക്കുന്നതിനും കാൽസ്യത്തിന്റെ ആന്തരസമസ്ഥിതി പാലനത്തിലും മുഖ്യപങ്ക് വഹിക്കുന്നു. T ലിംഫോസൈറ്റുകളുടെ വളർച്ചയ്ക്കും വികാസത്തിനും പ്രധാനപ്പെട്ട പങ്ക് വഹിക്കുന്നത് തൈമസ് ഗ്രന്ഥിയിൽ നിന്നുമുള്ള തൈമോസിൻ ആണ്. T ലിംഫോസൈറ്റുകളാണ് കോശ-മധ്യസ്ഥതാ പ്രതിരോധ പ്രവർത്തനത്തിന് നിദാനമായിട്ടുള്ളത്. ഇതിനു പുറമെ തൈമോസിനുകൾ ആന്റിബോഡികളുടെ ഉത്പാദനം വർധിപ്പിച്ച് ഹ്യൂമറൽ പ്രതിരോധത്തിനും സജ്ജമാക്കുന്നു. അഡ്രിനൽഗ്രന്ഥി (അധിവൃക്കാഗ്രന്ഥി) യിൽ മധ്യഭാഗത്തുള്ള അഡ്രിനൽ മെഡുല്ല ബാഹ്യഭാഗത്തുള്ള അഡ്രിനൽ കോർട്ടക്സ് എന്നി ഭാഗങ്ങളുണ്ട്. എപിനെഫ്രിൻ, നോർഎപിനെഫ്രിൻ എന്നി ഹോർമോണുകൾ ഉത്പാദിപ്പിക്കുന്നത് അഡ്രിനൽ മെഡുല്ലയാണ്. ഈ ഹോർമോണുകൾ അടിയന്തിര ഘട്ടങ്ങളിലെ ജാഗ്രത, കൃഷ്ണമണിയുടെ വികാസം, രോമാഞ്ചം, വിയർക്കൽ, ഹൃദയമിടിപ്പ്, ഹൃദയത്തിന്റെ സങ്കോചശക്തി, ശ്വാസോച്ഛ്വാസ നിരക്ക്, ഗ്ലൈക്കോജനോലൈസിസ്, ലിപ്പോലൈസിസ്, മാംസ്യവിശ്ലേഷണം എന്നിവ വർധിപ്പിക്കുന്നു. അഡ്രിനൽ കോർട്ടക്സ് ഗ്ലൂക്കോകോർട്ടിക്കോയിഡുകളും മിനറലോകോർട്ടിക്കോയിഡുകളും ഉത്പാദിപ്പിക്കുന്നു. ഗ്ലൂക്കോനിയോജനസിസ്, ലിപ്പോലൈസിസ്, പ്രോട്ടിയോലൈസിസ്, അരുണരക്താണുക്കളുടെ ഉത്പാദനം, ഹൃദയസംവഹന വ്യവസ്ഥ, രക്തസമ്മർദ്ദം, ഗ്ലോമറുലാർ ഫിൽട്രേഷൻ നിരക്ക് എന്നിവയെ ഉത്തേജിപ്പിക്കുന്നു. അതോടൊപ്പം രോഗപ്രതിരോധ പ്രതികരണത്തെ ശമിപ്പിച്ച് വീങ്ങൽ പ്രവർത്തനങ്ങളെ തടയുന്നു. മിനറലോകോർട്ടിക്കോയിഡുകൾ ശരീരത്തിലെ ജലത്തിന്റെയും ഇലക്ട്രോലൈറ്റുകളുടെയും അളവ് നിയന്ത്രിക്കുന്നു. പാൻക്രിയാസിന്റെ അന്തഃസ്രാവി ഭാഗം ഗ്ലൂക്കഗോൺ, ഇൻസുലിൻ എന്നി ഹോർമോണുകൾ ഉത്പാദിപ്പിക്കുന്നു. ഗ്ലൂക്കഗോൺ ഗ്ലൈക്കോജനോലൈസിസ്, ഗ്ലൂക്കോനിയോജനസിസ് എന്നി പ്രക്രിയകളെ ഉത്തേജിപ്പിച്ച് ഹൈപ്പർഗ്ലൈസീമിയ എന്ന അവസ്ഥ സംജാതമാക്കുന്നു. കോശത്തിനകത്തേക്ക് ഗ്ലൂക്കോസ് വലിച്ചെടുക്കുക അതിനെ ഉപ

യോഗപ്പെടുത്തുക ഗ്ലൈക്കോജനസിസ് എന്നീ പ്രക്രിയകളെ ഉത്തേജിപ്പിച്ച് ഹൈപോഗ്ലൈസീമിയ എന്ന അവസ്ഥയിലേക്ക് എത്തിക്കുന്നത് ഇൻസുലിൻ ഹോർമോണാണ്. ഇൻസുലിന്റെ അപര്യാപ്തതയോ അല്ലെങ്കിൽ ഇൻസുലിൻ പ്രതിരോധമോ അതുമല്ലെങ്കിൽ ഇവ രണ്ടും കൂടിയോ ഡയബറ്റിസ് മെല്ലിറ്റസ് എന്ന പ്രമേഹത്തെ സംജാതമാക്കുന്നു.

വൃഷണങ്ങൾ ആൻഡ്രോജനുകൾ ഉൽപാദിപ്പിക്കുന്നു. അവ പുരുഷ അനുബന്ധ ലൈംഗികാവയവങ്ങളുടെ വളർച്ചയ്ക്കും, വികാസത്തിനും അവയുടെ ധർമ്മപരമായ പ്രവർത്തനങ്ങളുടെ ഉത്തേജനത്തിനും സഹായിക്കുന്നു. ദ്വിതീയ ലൈംഗിക സ്വഭാവങ്ങൾ പ്രകടമാകുക, സ്പെർമാറ്റോജനസിസ്, പുരുഷ ലൈംഗിക സ്വഭാവം, ഉപചയപ്രവർത്തന മാർഗങ്ങൾ, അരുണരക്താണുക്കളുടെ ഉൽപാദനം തുടങ്ങിയവയെയും ഉത്തേജിപ്പിക്കുന്നത് വൃഷണങ്ങളാണ്. അണ്ഡാശയമാണ് ഈസ്ട്രജനും പ്രൊജസ്റ്റിറോണും ഉൽപാദിപ്പിക്കുന്നത്. ഈസ്ട്രജൻ സ്ത്രീ ലൈംഗിക അനുബന്ധ അവയവങ്ങളുടെ വളർച്ചയും വികാസവും കൂടാതെ ദ്വിതീയ ലൈംഗിക സ്വഭാവത്തെയും ഉത്തേജിതമാക്കുന്നു. പ്രൊജസ്റ്റിറോൺ എന്ന ഹോർമോൺ ഗർഭം നിലനിർത്തുന്നതിനും, സ്തനങ്ങളുടെ വികാസത്തിനും പാലുത്പാദനത്തിനും മുഖ്യ പങ്ക് വഹിക്കുന്നു. ഹൃദയത്തിലെ ഏട്രിയത്തിന്റെ ഭിത്തി ഉൽപാദിപ്പിക്കുന്ന ഏട്രിയൽ നാട്രിയുറെറ്റിക് ഘടകം രക്തമർദ്ദം കുറയ്ക്കുന്നതിന് ഉതകുന്നതാണ്. വൃക്കയിൽ നിന്ന് ഉൽപാദിപ്പിക്കുന്ന എറിത്രോപൊയറ്റിൻ അരുണരക്താണുക്കളെ ഉൽപാദിപ്പിക്കുന്ന പ്രക്രിയയായ എറിത്രോപൊയസിസിനെ ഉത്തേജിപ്പിക്കുന്നു. അന്നപഥം ഉൽപാദിപ്പിക്കുന്ന ചില ഹോർമോണുകളാണ് ഗാസ്ട്രിൻ, സെക്രീറ്റിൻ, കോളിസിസ്റ്റോകൈനിൻ, ഗാസ്ട്രിക് ഇൻഹിബിറ്ററി പെപ്റ്റൈഡ് എന്നിവ. ഈ ഹോർമോണുകൾ ദഹനരസങ്ങളുടെ ഉൽപാദനം അതോടൊപ്പം ദഹനം എന്നീ പ്രക്രിയകളെ നിയന്ത്രിക്കുന്നു.

പരിശീലന പ്രവർത്തനങ്ങൾ

1. താഴെ തന്നിരിക്കുന്നവ നിർവചിക്കുക:
   (a) ബഹിർസ്രാവിഗ്രന്ഥികൾ
   (b) അന്തഃസ്രാവിഗ്രന്ഥികൾ
   (c) ഹോർമോൺ
2. നമ്മുടെ ശരീരത്തിലെ വിവിധ അന്തഃസ്രാവിഗ്രന്ഥികളുടെ സ്ഥാനം സൂചിപ്പിക്കുക.
3. താഴെ തന്നിരിക്കുന്നവ സ്രവിപ്പിക്കുന്ന ഹോർമോണുകളെ പട്ടികപ്പെടുത്തുക.
   (a) ഹൈപോതലാമസ് (b) പീയൂഷഗ്രന്ഥി (c) തൈറോയിഡ് (d) പാരാതൈറോയ്ഡ്
   (e) അധിവൃക്കഗ്രന്ഥി (f) പാൻക്രിയാസ് (g) വൃഷണം (h) അണ്ഡാശയം
   (i) തൈമസ് (j) ഏട്രിയം (k) വൃക്ക (l) അന്നപഥം
4. വിട്ടുപോയഭാഗങ്ങൾ പൂരിപ്പിക്കുക:

ഹോർമോണുകൾ	ലക്ഷ്യഗ്രന്ഥികൾ
(a) ഹൈപോതലാമസിന്റെ ഹോർമോണുകൾ	____________
(b) തൈറോട്രോഫിൻ (TSH)	____________
(c) കോർട്ടിക്കോട്രോഫിൻ (ACTH)	____________
(d) ഗൊണാഡോട്രോഫിനുകൾ (LH, FSH)	____________
(e) മെലാനോട്രോഫിൻ (MSH)	____________

5. താഴെത്തന്നിരിക്കുന്ന ഹോർമോണുകളുടെ ധർമങ്ങളുടെ ചെറുവിവരണം എഴുതുക.

(a) പാരാതൈറോയിഡ് ഹോർമോൺ (PTH) (b) തൈറോയിഡ് ഹോർമോണുകൾ

(c) തൈമോസിനുകൾ (d) ആൻഡ്രോജനുകൾ

(e) ഈസ്ട്രജനുകൾ (f) ഇൻസുലിനും ഗ്ലൂക്കഗോണും

6. ഉദാഹരണങ്ങൾ എഴുതുക

(a) ഹൈപ്പർഗ്ലൈസീമിക ഹോർമോണും ഹൈപ്പോഗ്ലൈസീമിക ഹോർമോണും

(b) ഹൈപ്പർകാൽസീമിക ഹോർമോൺ

(c) ഗൊണാഡോട്രോപിക ഹോർമോണുകൾ

(d) പ്രോജസ്റ്റേഷണൽ ഹോർമോണുകൾ

(e) രക്തമർദം കുറയ്ക്കുന്ന ഹോർമോണുകൾ

(f) ആൻഡ്രോജനുകളും ഈസ്ട്രജനുകളും

7. താഴെ തന്നിരിക്കുന്ന അവസ്ഥകൾ ഏത് ഹോർമോണിന്റെ അപര്യാപ്തത കൊണ്ടാണ് സംഭവിക്കുന്നത്?

(a) ഡയബെറ്റിസ് മെല്ലിറ്റസ് (b) ഗോയിറ്റർ (c) ക്രെറ്റിനിസം

8. FSH ന്റെ പ്രവർത്തനരീതിയുടെ ലഘുവിവരണം നൽകുക

9. ചേരുംപടി ചേർക്കുക

കോളം I	കോളം II
(a) T_4	(i) ഹൈപ്പോതലാമസ്
(b) PTH	(ii) തൈറോയിഡ്
(c) GnRH	(iii) പീയൂഷഗ്രന്ഥി
(d) LH	(iv) പാരാതൈറോയിഡ്