ஸெல்லியல் - ஓர் அறிமுகம்

ஓ. ச. விவேகானந்தன்

தமிழ்நாட்டுப் பாடநூல் நிறுவனம்

த. பா. நி. (க. வெ.) வரிசை எண்—682

செல்லியல்-ஓர் அறிமுகம்

(பட்டப்படிப்பிற்குரியது)

ஆசிரியர்

ஓ. ச. விவேகானந்தன், எம்.எஸ்சி.,
துணைப் பேராசிரியர், தாவரவியல் துறை,
சி. கந்தசாமி நாயுடு கல்லூரி,
சென்னை.

தமிழ்நாட்டுப் பாடநூல் நிறுவனம்

First Edition—March, 1976

T.N.T.B.S. (C.P.) No. 682

© Government of Tamilnadu

AN INTRODUCTION TO CYTOLOGY

O. S. VIVEKANANDAN

Price Rs. 7-45

Published by the Tamilnadu Textbook Society under the Centrally Sponsored Scheme of Production of books and literature in regional languages at the University level, of the Government of India in the Ministry of Education and Social Welfare (Department of Culture), New Delhi.

Printed out of the Paper allotted by the Government of India.

Printed by :
Aringar Anna Achagam,
48/42, North Usman Road, T'nagar,
Madras-600 017.

பதிப்புரை

செல்லியல்—ஓர் அறிமுகம் என்ற இந் நூல் தமிழ்நாட்டுப் பாடநூல் நிறுவனத்தின் 682ஆவது வெளியீடாகும். கல்லூரித் தமிழ்க் குழுவின் சார்பில் வெளியான 35 நூல்களையும் சேர்த்து இதுவரை 717 நூல்கள் வெளிவந்துள்ளன. இந்நூல் மைய அரசு, கல்வி, சமூக நல அமைச்சகத்தின் 'மாநில மொழியில் பல்கலைக் கழக நூல்கள் வெளியிடும் திட்டத்'தின் கீழ் வெளியிடப்படுகிறது.

மேலாண்மை இயக்குநர்

தமிழ்நாட்டுப் பாடநூல் நிறுவனம்.

பொருளடக்கம்

பக்கம்

1. செல்லியல் - தோற்றுவாய் ... 1

செல்லியல் வரலாறும் வளர்ச்சியும்—செல் மரபியல்—செல் செயலியல்—செல் வேதியியல் —மூலக்கூறு செல்லியல்.

2. செல்லியல் - முறைகள் ... 6

ஒளி நுண்ணோக்கியல்—ஒளி நிலை—வேறுபடு நுண்ணோக்கியல்—குறுக்கீட்டு நுண்ணோக்கியல் —புறஊதா நுண்ணோக்கியல்—உறிஞ்சி ஒளி வீசல் நுண்ணோக்கியல்—முனைப்படுத்தல் நுண் ணோக்கியல்—மின் நுண்ணோக்கியல்—நொறுக்கு, மேற்பூச்சு முறைகள்—அசிடோகார்மைன் சாயம் —மேற்பூச்சு—நிலைநிறுத்தல்—சாயம் ஏற்றுதல்.

3. தாவர செல்லின் அமைப்பு ... 21

செல்லின் அளவும் வடிவமும்—செல் உறை —புரோட்டோபிளாசம்—பிளாஸ்மா சவ்வு— எண்டோபிளாஸ வலை—ரிபோசோம்கள்—கணி கங்கள்—லைசோசோம்கள் — கோல்கி - உறுப்பு கள் — மைட்டோகாண்டிரியா — நூக்ளியஸ் — சாற்றுக் குழிகள்—குறு இழைகளும் கசை இழைகளும்.

4. சாற்றுக் குழிகளும் எர்காஸ்டிக் பொருள்களும் ... 30

தோற்றம்—சாற்றுக் குழிகளின் செயல்கள்— எர்காஸ்டிக் பொருள்கள்—படிகங்கள்—தரசம்— புரதங்கள்—ஆல்கலாய்டுகள்—குளுகோசாய்டு கள்—எண்ணெய்கள்—சுரக்கும் பொருள்கள்— ரெசின்—கோந்துகள்—டான்னின்கள்.

பக்கம்

5. செல் வேதியியல் ... 37

புரதங்கள்—இழை புரதங்களும் கோள வடிவமுள்ள புரதங்களும்—இணைந்துள்ள புரதங்கள்—மாவுப் பொருள்கள்—மானோ சாக்கரைடுகள்—அமினோ சர்க்கரைகள்—யூரோனிக் அமிலம்—கிளைகோசைடுகள்—ஒலிகோ சாக்கரைடுகள்—பாலி சாக்கரைடுகள்—லிபிடுகள்—கொழுப்புகள்—ஃபாஸ்ஃபோலிபிடுகள் — மெழுகு — ஸ்டீரால்கள்—கரோடினாய்டுகள்—நூக்ளியிக் அமிலங்கள்—நீர்—செல் நுண்ணுறுப்புகளின் வேதியியல் உட்பொருள்கள்—அனங்கக உட்பொருள்கள்.

6. செல் உறை ... 50

குழிகள்—செல்லுறையின் மின் நுண்ணோக்கி அமைப்பு—நுண் நார் இழைகளின் அமைப்பு—பிரைமரி செல்லுறையின் அமைப்பு—செகண்டரி செல்லுறையின் அமைப்பு—டெர்ஷியரி செல்லுறையின் அமைப்பு—பிளாஸ்மோ டெஸ்மாடாவின் அமைப்பு—செல்லுறையின் வேதியியல் பண்புகள்—செல்லுலோஸ்—ஹெமி செல்லுலோஸ்—பெக்டிக் பொருள்கள்—லிக்னின்—கூட்டிகுலார் பொருள்கள் — கனிமப் படிவுப் பொருள்—புரதங்கள்—செல்லுறையின் தோற்றம்.

7. புரோட்டோபிளாசம் ... 66

புரோட்டோபிளாசத்தின் பௌதிக-வேதிப் பண்புகள்—ஜெல்லின் அமைப்பு.

8. பிளாஸ்மா சவ்வு ... 75

பிளாஸ்மா சவ்வின் வடிவ அமைப்பு—அலகு சவ்வு—பிளாஸ்மா சவ்வின் பௌதிகத் தன்மைகள்—பிளாஸ்மா சவ்வின் வேதியியல் தன்மைகள்—தோற்றம்—பிளாஸ்மா சவ்வின் செயல்கள்—உயிர்ப்பற்ற கடத்தல்—உயிர்ப்புக் கடத்தல்—செல் குடித்தல்—செல் விழுக்கம்.

பக்கம்

9. எண்டோபிளாச வலை ... 88

வடிவ அமைப்பு—தோற்றம்—செயல்.

10. ரிபோசோம்கள் ... 96

அமைப்பு — தோற்றம் — பாலிசோம்கள் — செயல்.

11. கணிகங்கள் ... 104

கணிக வகைகள் — ஒளிச்சேர்க்கைத் திற முடைய வண்ணக் கணிகங்கள்—பசுங்கணிகங் கள் — ஃபியோபிளாஸ்டுகள் — ரோடோபிளாஸ் டுகள்—நீலப் பசுங்கணிகங்கள்—ஒளிச் சேர்க்கை பாக்டீரியக் கணிகங்கள் — ஒளிச் சேர்க்கைத் திறமற்ற வண்ணக் கணிகங்கள் — வெளிர்க் கணிகங்கள்—தரசக் கணிகங்கள்—எண்ணெய்க் கணிகங்கள்—புரதக் கணிகங்கள்—வண்ணக் கணிக, வெளிர்க் கணிகங்களின் தோற்றம்— பசுங்கணிகங்கள்—பசுங்கணிகங்களின் அமைப்பு —பசுங்கணிகங்களின் நுண் அமைப்பு—சில பாசிக் கணிகங்களில் வேறுபாடுடைய பகுதிகள் —கண் போன்ற பகுதி — பைரினாய்டுகள்— காரியோடுகள் — பசுங்கணிகங்களின் வேதிக் கூட்டமைப்பு — புரதம் — லிபிடுகள் — நிறப் பொருள்கள்—பசுங்கணிகங்களின் சில உலோகங் கள்—நூக்ளியிக் அமிலங்கள்—பசுங் கணிகங் களின் தோற்ற வளர்ச்சிகள்—பசுங் கணிகங் களின் செயல்கள்.

12. மைட்டோகாண்டிரியா ... 132

வடிவ அமைப்பு—நுண் அமைப்பு—வேதி யியல் கூட்டமைப்பு—தோற்றம்—வளர்ச்சிதை மாற்ற வழி முறைகள்—கிரெப்ஸ் சுழற்சி—சுவாச சங்கிலி—கிளையோக்சிசோம்கள்.

13. கோல்கி அமைப்புகள் ... 155

அமைப்பு — வேதியியல் கூட்டமைப்பு — தோற்றம்—செயல்,

பக்கம்

14. லைசோசோம்களும் அவற்றின் தொடர்புத் திரள்களும் ... 165

அமைப்பு—வேதியற் பண்பு—தோற்றம்—செயல்—சைட்டோலைசோம்கள்—லோமாசோம்கள் — பெராக்சிசோம்கள்—ஸ்ஃபீரோசோம்கள்.

15. நூக்ளியஸ் ... 174

இடைநிலை நூக்ளியஸின் பகுதிப் பொருள்கள்—நூக்ளியஸ் உறை—குரோமாடின்—நூக்ளியஸ் திரவம் — நூக்ளியோலுஸ்—நூக்ளியோலுஸின் செயல்—நூக்ளியஸின் வேதியியல் பண்புகள்—நூக்ளியஸின் வளர்ச்சி — நூக்ளியஸின் செயல்.

16. குரோமோசோம்கள் ... 192

குரோமோசோம்களின் எண்ணிக்கை —குரோமோசோம்களின் வடிவ அமைப்பு—நுனிமையக் குரோமோசோம் — கீழ் நடுநுனிக் குரோமோசோம் — நடு நுனிக் குரோமோசோம்—கைனிடோகோரின் அமைப்பு — குரோமோசோமின் நுண் அமைப்பு—தனிப்பட்ட குரோமோசோம்கள்—பாலிடீன் குரோமோசோம்கள்—லாம்ப் பிரஷ் குரோமோசோம்கள்—பால் குரோமோசோம்கள்—குரோமோசோம்களின் வேதியியல் பண்புகள்—குரோமோசோமின் நகலாக்கம்—குரோமோசோமின் நிலைவிலக்கம்.

17. நூக்ளியிக் அமிலங்கள் ... 208

நூக்ளியிக் அமிலங்களின் அங்கக வேதியியல்—டிநூஅ மூலக்கூறு அமைப்பு—டிநூஅ நகல் ஆக்கம்—ரிநூஅ அமைப்பு—வைரஸ் ரிநூஅ—தூது ரிநூஅ—ரிபோசோம் ரி நூ அ—மாற்று ரி நூ அ—ரி நூ அ சேர்க்கை.

18. மைட்டோசிஸ் (அ) எதிர்முகப் பகுப்பு ... 225

இடை நிலை—ஆரம்ப முதல் நிலை—பிற்பட்ட முதல் நிலை—மைய நிலை—பிரி நிலை—முடிவு நிலை—சைட்டோகைனசிஸ்— மைட்டோசிஸின் கொள்கைகள்.

பக்கம்

19. மெயோசிஸ் (அ) குன்றல் பகுப்பு ... 238

மெயோசிஸ் முன் இடைநிலை — முதல் மெயோசிஸ் பிரிவு—முதல் நிலையின் முதற்பகுதி —லெப்டோடீன்— ஸைகோடீன் — பாக்கிடீன்— டிப்ளோடீன் — டயாகைனசிஸ் — மையநிலை முதற்பகுதி—பிரிநிலை முதற் பகுதி—முடிவு நிலை முதற் பகுதி—இரண்டாம் மெயோசிஸ் பிரிவு— முதல் நிலை இரண்டாம் பகுதி—மையநிலை இரண்டாம் பகுதி—பிரிநிலை இரண்டாம் பகுதி— முடிவு நிலை இரண்டாம் பகுதி—மெயோசிஸ் பகுப்பின் பயன்கள்.

செல்லியல் வரலாற்றில் சில குறிப்பிடத்தக்க நிகழ்ச்சிகள் ... 248

மேற்கோள் நூற்பட்டியல் ... 251

கலைச்சொற்கள் ... 257

1. தோற்றுவாய்

செல்லியல் வரலாறும் வளர்ச்சியும்

ஓர் உயிர் செல்லின் அமைப்பு, செயல் ஆகியவற்றைத் தெளிவாக ஆய்ந்துரைக்கும் உயிரியல் பிரிவை செல்லியல் என்பர். செல்கள் ஓர் உயிரினத்தின் செயல் அலகுகளாகவும், அமைப்பு அலகுகளாகவும் அமைந்துள்ளன. செல்லியல் மிகத் தெளிவான வரலாற்றுப் பின்னணி உடையது.

எளிய நுண்ணோக்கிக் கண்டுபிடிப்பு செல்லியலுக்கு முற்பட்டது. எனவே, முதன் முறையாக ஜான்சென் (Janssen, 1590) சகோதரர்கள் கூட்டு நுண்ணோக்கியைக் (Compound microscope) கண்டுபிடித்து உலகிற்கு அளித்தனர். அதுபோல, கலிலியோவும் (Galileo, 1609) மற்றொரு வகை நுண்ணோக்கியைத் தந்தார். 17ஆம் நூற்றாண்டு முடிவில் கிரீவ் (Grew), மால்பிஜி (Malpighi), ஸ்வாமர்டம் (Swammerdam), லூவன் ஹாக் (Leeuwenhock) ஆகியோர் இந்த நுண்ணோக்கியின் உதவியால் பல ஆய்வுகள் நடத்தினர். ஆயினும் அவ் வாய்வுகள் எல்லாம் சிறப்பானவையாக அமையவில்லை. 19ஆம் நூற்றாண்டுத் தொடக்கம் செல்லியலில் ஒரு திருப்பத்தை உண்டாக்கியது. செல் உறையைப் பற்றி அறிந்துவந்த அறிவியல் வல்லுநர்கள் செல் உட்பொருள்களைப் பற்றி அறியத் தலைப் பட்டனர். எனவே, 1839ஆம் ஆண்டில் பர்கின்ஜி (Purkinje) என்பவர் செல்களில் புரோடோபிளாசம் உள்ளது என விளக்கினார். நூக்ளியஸைப் பற்றி ஃபான்டான (Fontana, 1780) முன்னரே விளக்கியிருந்த போதிலும் இராபர்ட் பிரௌன் (Robert Brown, 1831) தாவர செல்களில் நூக்ளியஸ் ஒரு முக்கிய உட்பொருள் என உறுதிப்படுத்தினார். ஷீலெய்டனும் (Schleiden, 1838), ஷீவானும் (Schwann, 1839) முதலில் 'செல் கோட்பாட்டை' அளித்தனர். இக் கோட்பாட்டின்படி

எல்லா உயிரினங்களிலும், புரோடோபிளாசத்திஞலான செல் அலகுகள் உள்ளன என்பது மெய்ப்பிக்கப்பட்டது.

பின்னர் 1840ஆம் ஆண்டுவாக்கில், செல்லின் தோற்றம் பற்றி ஆய்ந்தனர். செல்கள் அகத்தோற்ற வாயிலாகவோ (endogenous), புறத்தோற்ற வாயிலாகவோ (exogenous) தோன்றி இருக்கலாம் எனக் கருதப்பட்டது. ஹாஃப்மெய்ஸ்டர் (Hofmeister, 1840) செல் பகுப்பைப் பற்றி அறிந்து செல் பகுப்பிஞல் செல்களின் எண்ணிக்கை அதிகரிக்கிறது என்று வலியுறுத்திஞர். பின்னர், 1860ஆம் ஆண்டிலிருந்து சில சாயப்படுத்துதல் (staining) முறைகளும், நிலைப்படுத்தும் முறைகளும் (fixation) ஏற்படுத்தி செல் பகுப்பைத் தெளிவாக அறிய முயன்றனர். டி. எச். ஹக்சிலி (T. H. Huxley, 1869) செல்லில் உள்ள புரோடோபிளாஸம் உயிரின் அடிப்படை என நிலைநாட்டிஞர். சாயமேற்றும் முறைகளின் முன்னேற்றத்தால் மைடாசிஸ் பகுப்பின் கதிர் இழைகள், குரோமோசோம்கள் ஆகியவற்றைப் பற்றித் தெளிவாக அறிந்தனர். புட்சிலி (Butschli, 1873) என்பவர் தாவரங்களும் விலங்குகளும் கருவுறும் முறையைக் கண்டறிந்தார். இவ் வாண்டில் உயிர் வேதியியலும் நிறுவப்பட்டது.

19ஆம் நூற்ருண்டின் தொடக்கத்தில் மெயோசிஸ் (Meiosis) செல் பகுப்பைப் பற்றித் தெளிவான ஆய்வுகள் நிகழ்ந்தன. ஹாக்கில் (Haeckel, 1886) மரபு குறியீடுகளை (genetic code) நூக்ளியஸ் எடுத்துச் செல்கிறது என்னும் கருத்தினை வெளியிட்டார். வீஸ்மேனும், ரூக்ஸும் (Weismann and Roux, 1883—1885) மரபு குறியீடுகளைக் குரோமோசோம்களே எடுத்துச் செல்கின்றன என்னும் கருத்தினை வெளியிட்டனர். இவ்வாறு 19ஆம் நூற்ருண்டில் முப்பது ஆண்டுகள் ஆய்வுகள் நடந்தன. எனவே, செல் உட்பொருள்களைப் பற்றிப் பல கருத்துகள் வெளியாயின. பின்னர் செல்லியல் முறைகள் வளர்ச்சியாலும், மின் நுண்ணோக்கியியல் (electron microscopy) கண்டுபிடிப்பிஞலும், கதிரியக்க ஓரிடத்தனிம (radioactive isotope) ஆராய்ச்சிகளாலும் செல் உட்பொருள்களில் மூலக்கூறு அமைப்பை ஆராய்ந்து மூலக்கூறு செல்லியலுக்கு வித்திட்டனர்.

இன்று செல்லியல் ஏனைய துறைகளுடன் உறவு கொண்டிருப்பதைக் காணலாம். இவ்வாறு உறவு கொண்டுள்ள துறைகள் பின்வருமாறு :

செல் மரபியல் (Cytogenetics)

உயிரினங்களின் இனப் பெருக்கத்தின்போது, செல் பகுப்பு என்னும் செய்கை நடைபெறும் என வீர்ச்சோவ் (Virchow, 1858) அறிவித்தார். இதன் பிறகு மரபியலும் (Heridity), பரிணாமமும் (Evolution) செல்லியல் ஆராய்ச்சிகளோடு சேர்க்கப்பட்டு செல்மரபியல் என்ற துறை தோற்றுவிக்கப்பட்டது.

மரபியல் பண்புகள் ஒரு சந்ததியிலிருந்து மற்றொரு சந்ததிக்கு இனப் பெருக்கக் கூறுகளில் உள்ள உயிர்ப் பொருளினால் (germplasm) எடுத்துச் செல்லப்படுகின்றன. இச் செயலில் உடற் செல்கள் (somatic cells) பங்கேற்பதில்லை. இதுவே இன உயிர்ப்பொருள் கொள்கை (Germplasm Theory) ஆகும். இக் கொள்கையைப் பெனடின் (Beneden), ஃபிளெமிங் (Flemming), ஸ்ட்ராஸ்பர்ஜர் (Strasburger), வீஸ்மன் (Weissmann) ஆகியோர் வெளியிட்டனர். ஹெர்ட்விக் (Hertwig, 1879), ஃபால் (Fol, 1879), ஸ்ட்ராஸ்பர்ஜர் (Strasburger, 1879) ஆகியோர் நூக்ளியஸை மரபியல் அடிப்படை (Physical basis of heridity) எனக் கருதினர். பின்னர் ரூக்ஸ் (Roux) என்பவர் நூக்ளியஸில் குரோமாடின் உள்ளனவென்றும், அவை குரோமோசோம்களை உருவாக்கி மரபியல் பண்புகளுக்குக் காரணமாக இருக்க வேண்டும் என்றும் அறிவித்தார்.

கிரிகர் மெண்டல் (Gregor Mendel, 1865) மரபியல் அடிப்படைத் தத்துவங்களைக் கண்டறிந்தார். ஆயினும் மரபியல் பண்புகள் பிரியும்போது பால் செல்களில் (sex cells) நிகழும் செல்லியல் மாற்றங்கள் தெளிவாக்கப்படவில்லை. எனவே, மெண்டலின் கருத்துக் காலப்போக்கில் மறைந்தது. பின்னர் செல்லியல் வளர்ச்சியால் இக் கருத்து மறு ஆய்வு செய்யப்பட்டது. இதற்கு இசைவாக மெக்லுங்கு (Meclung, 1902) என்பவர் பால் நிருணயத்தில் (sex determination) தனிக் குரோமோசோம்கள் ஈடுபடுகின்றன என அறிவித்தார். பின்னர் மரபியலின் குரோமோசோம் கோட்பாட்டைப் போவரி (Boveri, 1905), பால்ட்செர் (Baltzer, 1905) ஆகியோர் நிலைநிறுத்தினர். எனினும் மரபுவழிக்குக் குரோமோசோம்களில் குறிப்பிட்ட ஒழுங்கு முறையில் அமைந்துள்ள ஜீன்களே முக்கியக் காரணிகளாக உள்ளன என்று மார்கன் (Morgan), ஸ்டுர்டிவான்ட் (Sturtevant, 1905), பிரிட்ஜஸ் (Bridges, 1905) என்போர் அறிவித்தனர்.

இவ் வாய்வுகள், மரபியல் செல்லியலுடன் நெருங்கிய தொடர்புடையது என்று தெளிவாக்கின. எனவே, இவ்விரு அறிவியல் பிரிவுகளும் ஒன்றுசேர்ந்து செல் மரபியல் (Cytogenetics) என்னும் அறிவியற் பிரிவை உருவாக்கின.

செல் செயலியல் (Cell Physiology)

பொதுவாக முற்காலத்திலிருந்து செல்லியல் ஆய்வுகளுக்குச் சாயமேற்றப்பட்ட, நிலைநிறுத்தப்பட்ட செல்களும் திசுக்களும் அடிப்படைகளாக விளங்கின. இதன் பயனாகப் புரோட்டோ பிளாசத்தின் பௌதிக வேதியியல் தன்மைகள் பற்றிய பல கருத்துகள் வெளியாயின. பிறகு ஃபிஷர் (Fisher, 1899), ஹார்டி (Hardy, 1899) ஆகியோர் செல் அமைப்பை அறிய ஒரு புது வழியைக் கண்டனர். இதன் வாயிலாகச் சைட்டோபிளாசத்தின் சுழற்சி இயக்கம் (Cyclosis), அமீபா அசைவு (Amoeboid movement), குறு இழை (Cilia), கசை இழை (Flagella) இயக்கங்கள், தசைச் சுருக்கம் (muscular contraction) ஆகியவை அறியப்பட்டன.

19ஆம் நூற்றுண்டின் முடிவில் ஓவர்டன் (Overton) செல் சவ்வு, லிபிடு போன்றவற்றுல் ஆகியது என அறிந்தார். இந்த நூற்றுண்டின் நடுப்பகுதியில், செல் உறுத்துணர்ச்சி (irritability) நரம்பின் வேலை ஆகியவை டு போஸ்-ரேமாண்டு (Du Bios-Reymond) என்பவரால் தெளிவாக்கப்பட்டன. உண்மைகளை அறிய செல்லியல் முறைகள் உதவின.

பின்னர்த் திசு வளர்ப்பு (tissue culture) என்ற முறை, செல்களின் அமைப்பு, செயல் ஆகியவற்றைப் பற்றி அறியப் பயன்படுத்தப்பட்டது. செல்லின் பௌதிக வேதியியல் தன்மைகளை அறிய நுண்ணறுவை முறை (microsurgery) உதவியது. செல் செயலியல் துறையில் செல் சவ்வின் தன்மை, சவ்வின் ஊடே நடைபெறும் விரைவுக் கடத்தல் (active transport), சூழ்நிலைக்கு ஏற்ப செல்லில் ஏற்படும் மாற்றங்கள், செல்களின் தூண்டுதல், செல் வளர்ச்சி, சுரப்பு (secretion), ஊட்டம் (nutrition) ஆகியன பற்றிப் பல செய்திகள் அறியப்பட்டன.

செல் வேதியியல் (Cytochemistry)

அண்மையில் தோன்றிய இந்தப் புதிய துறையில் உயிர்ப் பொருள்களின் வேதியியல் தன்மைகளும், பௌதிக-வேதியியல் தன்மைகளும் அறியப்பட்டன. ஃபிஷர் (Fisher, 1902), ஹாஃப்மெய்ஸ்டர் (Hofmeister, 1902) ஆகியோர் புரதத்தில்

அமீனோ அமிலங்கள் உள்ளன எனவும், இவை பெப்டைடு பிணைப்புகளால் தொடர்புபடுத்தப்பட்டுள்ளன எனவும் அறிந்தனர். மேலும் கோஸ்ஸெல் (Kossel, 1891), மீஸ்செர் (Miescher, 1869) மரபியலுக்கு அடிப்படைகளாகத் திகழும் நூக்ளியிக் அமிலங்களை அறிந்து அவை புரதச் சேர்க்கைக்கு உதவுகின்றன என்று அறிந்தனர். பின்னர் ஸெல் ஆக்ஸிகரண முறைகள் (Cellular oxidations) அவற்றின் நொதிச் செயல்கள் ஆகியவை பற்றி வார்பர்க் (Warburg, 1908), ஸ்டெர்ன் (Stern, 1912), கெய்லின் (Keilin, 1934) ஆகியோர் ஆராய்ந்தனர். மேலும் மைட்டோகாண்டிரியாக்களில் இம் மாற்றங்கள் நடைபெறுகின்றன எனத் தெளிவாக்கப்பட்டது. ஸெல்லின் மற்ற உட்பொருள்களைப் பற்றி அறிய மின் நுண்ணோக்கி பயன் அளித்தது.

ஒரு ஸெல்லைத் தனியாகப் பிரிக்கவும், அதன் பாகங்களை வேறுபடுத்தி அறியவும் ஸெல் வேதியியல், நுண் வேதியியற் பகுப்பாய்வுகள் (ultra microchemical analysis) தோன்றின. மேலும் நொதிச் செயல்கள், வேறுபட்ட ஸெல்களின் அமைப்புப் போன்றவற்றை மின் நுண்ணோக்கிப் பகுப்புகள், கதிரியக்கத் தடம் அறியும் (radio-autographic) முறைகள் ஆகியன தெளிவு படுத்தின.

மூலக்கூறு ஸெல்லியல் (Molecular Cytology)

மூலக்கூறு ஸெல்லியல் துறை அண்மையில் தோன்றியது. இத் துறையில் பல முற்போக்கான முறைகள் கையாளப் படுகின்றன. இதில் ஸெல்லியலுடன், உயிர் வேதியியல், பௌதிக வேதியியல், பெரும் மூலக்கூறு கொலாய்டு வேதியியல் (Macro-molecular Colloidal Chemistry) ஆகியவற்றை ஒருங்கிணைத்துப் பல ஆய்வுகள் நடத்தப்படுகின்றன. மூலக்கூறு ஸெல்லியலை உயிர் வேதியியலில் இருந்தோ, உயிர்பௌதிகவியலில் இருந்தோ வேறுபடுத்தி அறிய முடியாது.

புரத மூலக்கூறின் அமைப்பு, பாலிபெப்டைடு தொடரின் அமைப்பு, டி.நு.அ. வின் மூலக்கூறு உருவரை (molecular model of D.N.A.) ஆகியவை மூலக்கூறு ஸெல்லியலினுல் அறியப்பட்டன. இவ்வாறு மூலக்கூறு ஸெல்லியல் மரபியல், நோய்க் குறியியல் (Pathology), உயிர் வேதியியல் ஆகிய துறைகளை மேலோங்கச் செய்கின்றது.

2. செல்லியல் முறைகள்

(Cytological methods)

ஓர் அறிவியல் வல்லுநர் மிகத் திறம் படைத்தவராக இருந்த போதிலும், எத்துணை விழிப்பாக ஆராய்ச்சிகளும், முறையான நுண் காட்சிப் பதிவுகளும் (observations) செய்தபோதிலும், அன்றிருந்த முறைகளும் கருவிகளும் அவருக்குப் பெரிதும் உதவியாக அமையவில்லை. ஆதலால், அவருடைய ஆராய்ச்சிகள் ஒரு குறிப்பிட்ட எல்லைக்குள்ளேயே அடங்கின.

கலீலியோ (Galileo, 1609) வானநூலுக்குரிய (astronomical) தொலைநோக்கியை (telescope) ஆய்ந்த பின்னர், மனிதன் வானத்திலுள்ள விண்மீன்களைப் பற்றியும், சந்திரனைப் பற்றியும் அறிய முயன்றான். அது போன்று நுண்ணோக்கிக் கண்டுபிடிப்பு உயிரியலில் பல ஆராய்ச்சிகளை நடத்த ஏதுவாக அமைந்தது. இந் நுண்ணோக்கியின் உதவியினாலேயே உயிரினங்கள் யாவும் செல்கள் என்னும் அலகுகளைக் கொண்டிருக்கின்றன என்பது புலனாயிற்று. கலீலியோ (Galileo, 1610) எளிய நுண்ணோக்கியை (simple microscope) ஆராய்ந்தார். பின்னர்க் கூட்டு நுண்ணோக்கியை (compound microscope) இராபர்ட் ஹூக்கு (Robert Hooke, 1665) உருவாக்கினார். கூட்டு நுண்ணோக்கியில் கார்க்கின் (cork) துண்டுகளை வைத்து ஆராய்ந்தார். கார்க்கில் பல அறைகள் உள்ளதை நுண்ணோக்கியில் பார்த்து அவற்றை செல்கள் என வழங்கலாம் எனவும் கூறினார். எனவே, செல்லியலில் நுண்ணோக்கி மிகச் சிறப்பான இடத்தைப் பெற்றுள்ளது.

செல் உறுப்புகளின் அளவையும் இவற்றின் பெரும் மூலக்கூறுகளின் அளவையும் அறிய ஆங்ஸ்டிராம் அலகு (Angstrom)

(Å), மில்லி மைக்ரான் (millimicron) (mμ), மைக்கிரான் (micron) (μ) ஆகிய அளவுகள் உபயோகிக்கப்படுகின்றன. மில்லி மீட்டருடன் மைக்ரான்களின் நிலைமாற்றத்தை (conversion) அட்டவணை 2-1-ல் காணலாம்.

அட்டவணை 2-1

நிலைமாற்ற அளவு (Conversion scale)

ஆங்ஸ்டிராம்கள் Å	மில்லி மைக்ரான்கள் mμ	மைக்ரான்கள் μ	மி. மீட்டர்கள் mm
1	0.1	0.0001	0.0000001
10	1.0	0.001	0.000001
10,000	1,000.0	1.00	0.001
10,000,000	1,000,000	1,000.0	1.00

நுண்ணோக்கியியலில், முதன் முறையாக ஒளி நுண்ணோக்கியை ஜான்சென்ஸ் (Janssens, 1590) என்பவர் உருவாக்கினார். ஒளி நுண்ணோக்கியில் சுமார் 0.2 மைக்ரான் அளவு வரை உள்ள செல் உறுப்புகளைக் கண்டாராயலாம். இந்த நுண்ணோக்கியினால் பார்க்க முடியாத மிகச் சிறிய பாகங்களை ஆங்ஸ்டிராம் அளவில் மின் நுண்ணோக்கியில் பார்க்கலாம். செல் உறுப்புகளின் மூலக்கூறு அமைப்பை X-கதிர்க் கோணமுறையினால் (X-ray diffraction) அறியலாம்.

ஒளி நுண்ணோக்கியியல் (Light microscopy)

வில்லைகள் (lenses) ஒளி நுண்ணோக்கியில் மிக முக்கிய உட்பொருளாக அமைந்துள்ளன. இவற்றின் தன்மைக்கேற்ப நுண்ணோக்கியின் நுட்பம் காண்திறன் (resolution) அமைந்திருக்கிறது. சாதாரணக் கூட்டு நுண்ணோக்கியில் (compound microscope) மூன்று வில்லைத் தொகுப்புகள் (lens systems) காணப்படுகின்றன. வடிகலம் (condenser) உள்ள வில்லைகள், ஒளியைச் சேகரித்து உருமாதிரியின் (specimen) மேல் வீசுகிறது. பொருள் வில்லை (objective lens) உருவத்தை (image) உண்டாக்கி, உருப்பெருக்கத்தைச் (magnify) செய்கிறது. கண்ணுக்குரிய வில்லை (ocular lens) உருவத்தைப் பெரிதாக்கி உருப்பெருக்கத்தைச் செய்கிறது. வில்லைகள் ஒளியைச் சேகரித்து ஒளிவிடு கதிர்களை உபயோகிக்கின்றன.

ஒளிநிலை-வேறுபடு நுண்ணோக்கியியல் (Phase-contrast microscopy)

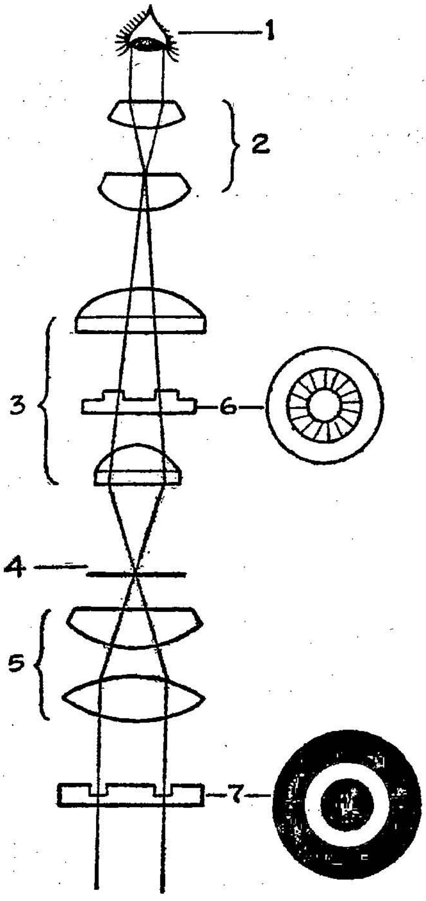
ஒளிநிலை- வேறுபடு நுண்ணோக்கியை ஜெர்னிக் (Zernicke, 1940) என்பவர் கண்டுபிடித்தார். இந்த நுண்ணோக்கி ஒளி நிலையில் (light phase) ஏற்படும் சிறு வேறுபாடுகளைப் பெரிதாக்கி, அவைகளைக் கண்களுக்குப் புலப்படக் கூடிய வகையில் மாற்றுகிறது.

ஒரு வளையம் போன்ற (annular) நிலைமைத் தகடு (phase plate) நுண்ணோக்கிப் பொருளில் (objective) வைக்கப்பட்டிருக்கிறது. வடிகலத்தில் ஒரு வளையம் போன்ற விதானம் (diaphragm) உள்ளது. வில்லைகளின் வாயிலாக ஒளி செலுத்தப்படுகிறது. அப்போது சில ஒளிக் கதிர்கள் நேர் வழியில் செல்கின்றன. இதற்கு நேர்மாறாக மற்றைய கதிர்கள் பக்கவாட்டில் ஒளிக்கதிர்ச் சிதைவைப் (diffraction) பெறுகின்றன. இவ்வாறு சிதைவடைந்த ஒளிக்கதிர்கள், நேர் ஒளியுடன் நிலைமாறி இருக்கும். எனவே, வேறுபட்ட உருவம் தோன்றுகிறது. நெருக்கமான கூம்பு போன்ற ஒளியின் உதவியால் வளையவிதானம் (annular diaphragm) பொருளைத் தெளிவாகத் தோன்றச் செய்கிறது. வளைய நிலைத்தட்டு (annular phase plate) சிதைவடைந்த ஒளி, நேரடியான ஒளி ஆகிய வற்றுக்கிடையே வேறுபாட்டை உண்டாக்குகிறது. பொருளின் மையத்திலிருந்து உண்டான நேர் உருவம், சிதைவடைந்த பக்க உருவம் (diffracted lateral image) ஆகியவற்றுக்கு இடையே குறுக்கீடு (interference) ஏற்படுவதன் காரணமாக நிலை பலன் (phase effect) உண்டாகிறது. பொருளைவிட ஊடகத்தின் (medium) ஒளி விலகல் எண் (refractive index) அதிகமாகும் போது பொருள் கருமையாகக் (dark) காணப்படும். ஊடகத்தின் ஒளி விலகல் எண், பொருளை விடக் குறையும் போது, பொருள் விளக்கமாகத் தோன்றும் (படம் 2-1).

குறுக்கீட்டு நுண்ணோக்கியியல் (Interference microscopy)

குறுக்கீட்டு நுண்ணோக்கியின் பண்புகள் ஒளிநிலை வேறுபடு நுண்ணோக்கியின் பண்புகளைப் போல அமைந்துள்ளன. பொருளின் நிலைமாற்றங்களைக் குறுக்கீட்டு நுண்ணோக்கியில் நன்கு நுணுகிக் காண முடியும். ஒளி வழிகளின் (optical paths) வேற்றுமை ஒரு பொருளில் நிற நுட்பத்தையும் அறிய ஏதுவாய் உள்ளது. இதில் ஓர் இடத்திலிருந்து (light source) உண்டாகும் ஒளிக் கற்றைகள் இரண்டாகப் பிரிக்கப்படுகின்றன.

இவ்வாறு பிரிக்கப் பெற்ற ஒளியில் ஒரு பகுதி பொருளின் ஊடே புகுந்து செல்கிறது. மற்றொரு பகுதி பிரதிபலிப்பு ஆடியில் (semi reflecting mirror) பட்டுப் பொருளைவிட்டு விலகுகிறது. தனித்தனி ஒளிக்கற்றைகள் ஒளியமைப்புச் சாதனத்தின் (Optical system) மூலம் செல்கின்றன. பின்னர் இரு உருவங்களும் ஒரு பகுதிப் பிரதிபலிப்பு ஆடியின் உதவியால் மீண்டும் இணைக்கப்படுகின்றன. இவ்வாறு பொருளின் ஊடே செல்லும் ஒளி அலைகளுக்கு மற்றோர் அலை வாயிலாகத் தடை ஏற்படுகிறது. இதுவே இந்த நுண்ணோக்கியின் முக்கியக் குறிக்கோளாகும். முடிவில் தோன்றும் ஒளிக்கதிர், படுகதிரைவிடக் (incident ray) குறைவான வீச்சைப் பெற்றுள்ளது. எனவே காணும் பொருள் கருமையாகத் தோன்றுகிறது.



படம் 2-1.
ஒளிநிலை வேறுபடு நுண்ணோக்கி.
1. விழிப்பகுதி, 2. விழியருகு வில்லை, 3. பொருளருகு வில்லையின் குவியல் பகுதி, 4. பொருள், 5. தொகுப்பி, 6. வளைய நிலைத்தட்டு, 7. வளைய விதானம்.

புற ஊதா நுண்ணோக்கியியல்
(Ultra-violet microscopy)

ஒளி விடு கதிர்கள் (wave lengths of light) நிற மாலையின் (spectrum) 6,500 Å-ல் (ஆழ்ந்த சிவப்பு) இருந்து 4,500 Å (ஊதா) வரை தெரியக் கூடியனவாக உள்ளன. இவற்றின் அலை நீளம் (wave length) 4,000 Å விடக் குறைந்திருக்கும். இதனைப் புறஊதா (ultra-violet) என்பர். இங்குக் குறிப்பிட்ட அலை நீளங்களை செல் உட்பொருள்களாகிய நூக்ளியிக் அமிலங்

களும் புரதமும் ஈர்க்கின்றன. இந்த நுண்ணோக்கியை ஒளி நுண்ணோக்கியுடன் இணைத்துப் பயன்படுத்தினால் பல பயன் தரக்கூடிய செய்திகளைப் பெறமுடியும். நூக்ளியஸில் உள்ள நூக்ளியிக் அமிலத்தை அளவிடக் காஸ்பெர்சன் (Caspersson) போன்றோர் இந்த முறையைக் கையாண்டனர். படிகக்கல் (quartz) வில்லைகள், அல்லது ஆடிகள் (mirrors) ஆகியவற்றைப் பயன்படுத்திப் புற ஊதா ஒளி செலுத்தப்படுகிறது. புற ஊதா ஒளி மிக விரைவில் ஸெல்களை உயிர் இழக்கச் செய்வதாலும் கண்களுக்குத் தீங்கு விளைவிப்பதாலும், இம் முறை குறைவாகக் கையாளப்படுகின்றது.

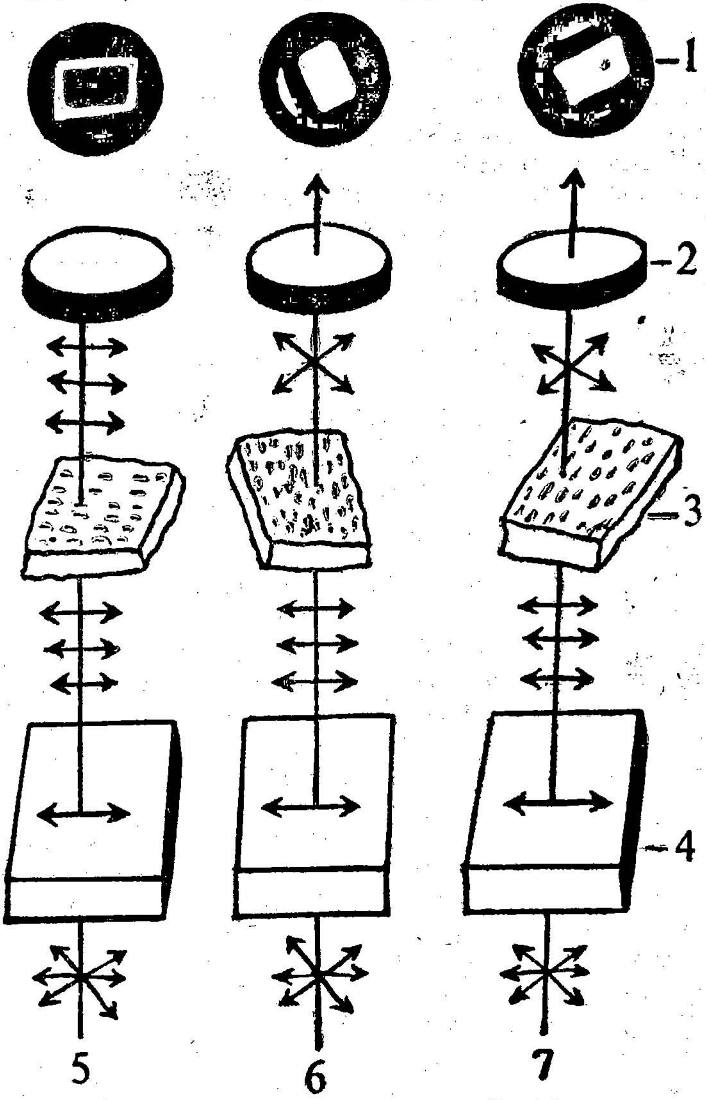
உறிஞ்சி ஒளிவீசல் நுண்ணோக்கியியல் (Fluorescence microscopy)

புற ஊதா ஒளியுடன் சில வேதியியற் பொருள்களை ஒளி பிறக்கம் (irradiate) செய்யும்போது வேதியியற் ஒளிக் கதிர்ச் சுற்றெறிவை (radiation) ஈர்த்துக் கொண்டு தெரியக் கூடிய ஒளியை வெளிவிடுகின்றன. உயிர் ஸெல்களில் இந்த வேதியியல் பொருள்களை ஈர்க்கக் கூடிய பகுதிகள் உறிஞ்சி ஒளிவீசல் பகுதிகளாகக் (fluorescent areas) காணப்படுகின்றன. இது எல்லையற்ற கூர் உணர்வுடைய (sensitive) முறை ஆகும். இதனால் மிக நுண்ணிய பொருள்களையும் கண்டுணர முடியும். புரதமும், பல மூலக் கூறுகளும் எவ்வாறு ஸெல்களால் உறிஞ்சப் படுகின்றன என்பதை அறிய இந்த முறை பயன்படுத்தப் படுகிறது.

முனைப்படுத்தல் நுண்ணோக்கியியல் (Polarization microscopy)

இந்த நுண்ணோக்கி குறுக்கீட்டு நுண்ணோக்கி போன்று இருக்கும். ஒளி அலைகள் ஒரு தளத்திலிருக்கும்போது முனைப் படுத்தும் ஒளி (polarized light) உண்டாகிறது. இவ்வகைப் பட்ட ஒளி கால்சைட் முப்பட்டகத்தினால் (calcite prism) உண்டாக்கப்படுகிறது. இதற்கு முனைப்படுத்தி (polarizer), கூறுபடுத்தி (analyzer) என்னும் இரு முறைகள் தேவைப்படு கின்றன. முனைப்படுத்தி வடிகலத்திற்குக் (condenser) கீழ்ப் பகுதியில் வைக்கப்பட்டுள்ளது. முனைப்படுத்தி தளத்தின் முனைப்படுத்தும் ஒளியை உருமாதிரியின் மேல் செலுத்துகிறது. கூறுபடுத்தி பொருளுக்கு மேற்பகுதியில் அமைந்துள்ளது. முனைப்படுத்தி 360° -ல் சுற்றும் பொழுது பார்வைக்குரிய தளம், தெளிவற்றும் தெளிவாகவும் மாறிமாறி வருகிறது (படம் 2-2).

முனைப்படுத்தும் ஒளி, எல்லாப் பக்கங்களிலும் ஒரே திசை வேகத்தில் (same velocity) பொருளுக்குள்ளே நுழைகிறது.



படம் 2-2. முனைப்படுத்தல் நுண்ணோக்கி.
1. காணும் பிரதேசம், 2. கூறுபடுத்தி, 3. காணும் பொருள், 4. நுனிப்படுத்தி, 5, 6, 7. படு ஒளி.

அல்லது திசைவேகம், பக்கங்களுக்கு ஏற்ப வேறுபடுகிறது. இவ் வேறுபாட்டினைப் பொருள் அல்லது உருமாதிரியின் பண்பு

களே முடிவு செய்கின்றன. பொருள் ஓத்திசைவுத் (isotropic) தன்மை கொண்டதாக இருந்தால் அதன் ஊடே செல்லும் முனைப்படுத்தும் ஒளி அதே திசைவேகத்தில் அனுப்பப்படும். அத்தகைய பொருள் எல்லாப் புறங்களிலும் அதே ஒளிவிலகல் எண்ணைப் பெற்றிருக்கும். ஆனால், வேறு சில பொருள்கள் வேறு பட்ட தன்மை (anisotropic) கொண்டிருக்கும். இவற்றின் ஊடே செல்கின்ற முனைப்படுத்தப்பட்ட ஒளியின் அலைவேகம் மாறக்கூடும். இப் பொருள்களில் இருவகை ஒளி விலகல் எண்கள் காணப்படும். எனவே, இப் பொருளை இரட்டை ஒளி முறிவு உள்ளது எனக் கருதலாம். பகுப்படையும் செல்களின் கதிர் இழைகளிலும், விலங்குகளின் நரம்பு இழைகளிலும் கணி கங்களின் உட்சவ்வுகளிலும் செல்லின் பல உறுப்புகளிலும் இரட்டை ஒளி முறிவுத் தன்மை காணப்படுகின்றது.

முனைப்படுத்தல் நுண்ணோக்கி செல்லிலுள்ள பாகங்களின் இரட்டை ஒளி முறிவை அளவிடவும், அவற்றின் மூலக்கூறு அமைப்பை அறியவும் பெருமளவிற்குப் பயனளிக்கிறது.

மின் நுண்ணோக்கியியல் (Electron microscopy)

சில நிலைகளில் எலெக்ட்ரான்கள் சிறப்பான அலைகளைப் பெற்றிருக்கின்றன என்ற கருத்தை முதன் முறையாகப் பிரோக்லி (Broglie, 1924) என்பவர் கூறினார். பின்னர் இக் கருத்தினை அடிப்படையாகக் கொண்டு, ஜெர்மன் நாட்டில் முதன் முறையாக 1930-ல் மின் நுண்ணோக்கி உருவாக்கப் பட்டது. இதனால் செல்களின் உயிரியல் பண்புகளையும், அவற் றின் நுணுக்கமான அமைப்பையும் ஒப்பிட்டுக் காண முடிந்தது.

மின் நுண்ணோக்கியில் குறைந்த அலை நீளமுடைய (சுமார் 0·05Å) எலெக்ட்ரான்கள் பயன்படுத்தப்படுகின்றன. எனவே, இது ஒளி நுண்ணோக்கியைவிடச் சுமார் 250 மடங்கு ஆய்ந்து காணும் திறன் உள்ளது. செல் உட்பொருள்கள் ஒவ்வொன் றிலும் பலவகைத் திணிவுகள் (masses) உள்ளன. இவை மின் கதிர்க் கற்றையைச் (electron beam) சிதறச் செய்கின்றன. ஒரு பொருள், அதன் சூழ்நிலையின் வேற்றுமையினாலோ அன்றி உருமாதிரியிலுள்ள பொருள்களின் அணுக்களால் சிதறிய எலெக்ட்ரான்களின் வேற்றுமையினாலோ மிகச் சிறிய (1 mμ (அ.) 10 Å) அமைப்புகளாகப் பிரிக்கப்படுகின்றன.

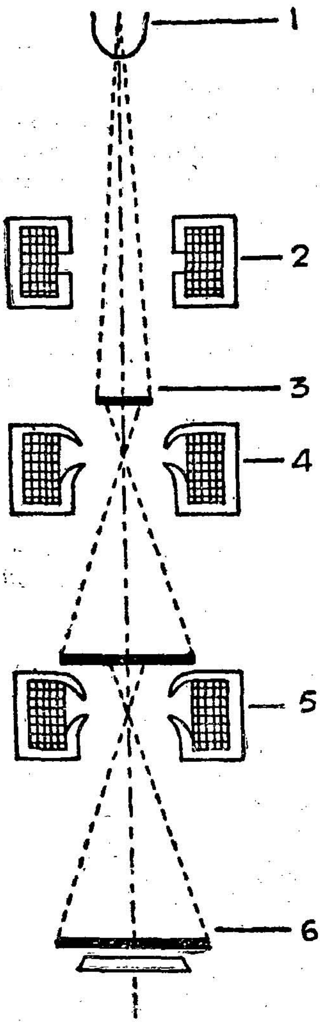
செல்கள், செல் பாகங்கள் ஆகியவற்றை மின் நுண் ணோக்கியில் அறியத் தனிப்பட்ட முறைகள் தேவைப்படு

கின்றன. உருமாதிரிகளின் மிக மெல்லிய வெட்டிய கூறுகள் (sections) எலெக்ட்ரான்களைச் சிதறச் செய்யவும், பிரிக்கவும் உதவுகிறது. சில தனி முறைகளால் மெல்லிய வெட்டிய கூறு களைப் பெறலாம். இவை உலர்ந்து இருக்கவேண்டும்.

எலெக்ட்ரான் சிதறலைப் (electron scattering) பெருக்கவும், உருமாதிரியின் இழப்பீட்டைத் (damage to the specimen) தவிர்க்கவும், ஆஸ்மியம் டெட்ராக்சைடு (osmium tetroxide) அல்லது ஃபார்மால்டிஹைடு (formaldehyde) போன்ற நிலைப் படுத்தும் (fixative) பொருள்கள் உபயோகிக்கப்படுகின்றன. இது போன்ற நிலைப்படுத்தும் பொருள்கள் உருமாதிரியின் தன்மைக்கு ஏற்றவாறு பயன்படுத்தப்படுகின்றன. உரு மாதிரியை நிலைப்படுத்திய பின்னர் அதனை ஒரு பிளாஸ்டிக் பொருளில் (plastic material) பதிக்க வேண்டும் (embeded). இதனை மைக்ரோடோமின் (microtome) வாயிலாக மெல்லிய வெட்டுக் கூறுகளாக நறுக்கவேண்டும். கொல்லொடியன் (collodion), கார்பன் (carbon), அலுமினியம் (aluminium), பெரிலியம் (beryllium) ஆகிய பொருள்களால் ஏற்பட்ட சவ்வு களின்மேல் வெட்டிய கூறுகளை வைக்கவேண்டும். இந்தச் சவ்விற்கு ஓர் உலோகக் கம்பி ஆழிச் சட்டம் (metal grid) உள்ளது. பின்னர், இந்த வெட்டிய கூறுகளைப் பெற்றிருக்கும் தொகுப்பை, மின் நுண்ணோக்கியில் வைக்க வேண்டும்.

மின் நுண்ணோக்கியின் அமைப்பு மிகச் சிக்கலானது. ஆனால் உருவத்தை உண்டாக்கும் பகுதி அவ்வளவு சிக்கலான அமைப்பு உடையதன்று. எலெக்ட்ரான்கள், வெற்றிடத்தில் (vacuum) மட்டும் நீண்ட தூரத்திற்குச் செலுத்தப்படுவதால் இக் கருவி (instrument) வெற்றிடத்தைச் சூழ்ந்துள்ளது. எதிர் மின் முனை இழைகள் (cathode filaments) குறுகிய மின் கதிர்க் கற்றையை வெளிப்படுத்துகின்றன. ஒரு மின்காந்த வடிகல வில்லை (electromagnetic condenser lens) இந்தக் கற்றையைச் சேகரித்து, உருமாதிரியின் மேல் குவியச் செய்கிறது. எலெக்ட்ரான்கள் உருமாதிரியின் ஊடே நுழைந்து செல் கின்றன. பின்னர் இவை ஒரு மின்காந்தப் பொருள் வில்லை யினால் (electro magnetic objective lens) திரட்டப்படுகின்றன. இது பெருக்கமடைந்த உருவத்தைத் தோற்றுவிக்க உதவுகிறது. மின் காந்த புரஜெக்டர் வில்லையின் (electromagnetic projector lens) உதவியால் மிகுந்த உருப்பெருக்கத்தைத் தோற்றுவிக்க முடியும். இது, கிளர் ஒளி தரும் காட்சித் திரையின் (Flurorescent viewing screen)மீதோ அல்லது

நிழற்படத் தட்டின் மீதோ (photographic plate) உருவத்தை விழச் செய்கிறது (படம் 2-3).



படம் 2-3.

மின் நுண்ணோக்கி.

1. மின் கதிர்க் கற்றை, 2. மின் காந்த வடிகல வில்லை, 3. பொருள், 4. மின் காந்தப் பொருள் வில்லை, 5. மின் காந்தப் புரஜெக்டர் வில்லை, 6. இறுதி உருவம்.

நொறுக்கு, மேற்பூச்சு முறைகள் (Squash and Smear techniques)

நொறுக்கு முறையினால் ஸெல் உட்பொருள்களையும், குரோமோ சோம்களின் எண்ணிக்கையையும் அறிய முடியும். இந்த முறைக்குத் தேவைப்படும் கருவிகளாவன: வேதியியல் பொருளால் சுத்த மாக்கப்பட்ட கண்ணாடித் துண்டு கள் (slides), கண்ணாடிமேல் மூடிப் பில்லைகள் (cover glass), ஆழமற்ற நொறுக்குக் கிண்ணம் (hollow squash dish), இரு சிறிய கண் ணாடிக் கோல்கள் (glass rods), ஸ்கால்பல் (scalpel) ஊசிகள் ஆகியவைகளாகும்.

அசிடோகார்மைன் சாயம் (Aceto-carmine stain)

ஒரு நீரற்ற (anhydrous) கார்மைன் (carmine) கரைசல் 45% கிலேசியல் அசிடிக் அமிலத் தினால் (glacial acetic acid) தயாரிக்கப்படுகிறது. இதை லீபிக் ஆற்று கலத்தில் (Liebig condenser) சில மணிகளுக்குக் கொதிக்க வைக்க வேண்டும். பிறகு அதைக் குளிர வைத்து வடிகட்டவேண்டும். இந்தக் கரைசலில் நீரிய ஃபெர்ரிக் அசிடேடின் (ferric acetate) துளிகள் சேர்ந்து இரும்பு-அசிடோ-கார்மைன் (Iron-aceto-carmine) உண்டாகிறது. இந்தச் சாயத் தைப் பயன்படுத்தி வேர் நுனிகளை (root tips) நொறுக்கும்போது (squash) கண்ணாடித் தட்டு

களையே (watch glass) உபயோகித்தல் சிறப்பு. அசிடோ கார்மைன் நொறுக்கம் (aceto-carmine squash) பல முறைகளில் தயாரிக்கப்படுகிறது.

மெயோசிஸ் பகுப்பை அறிய டிராடெஸ்கான்தியாவின் (Tradescantia) மகரந்தப்பை ஏற்றதாக இருக்கிறது. இது போலவே, வெங்காய வேர் நுனிகள் அல்லது அவரை விதை வேர் நுனிகள் மைட்டோசிஸ் பகுப்பை அறியச் சிறந்த உரு மாதிரிகளாக இருக்கின்றன. வேர் நுனிகளைப் பெறுவதற்கு விதைகளை மைஒற்றுத்தாளில் (blotting) முளைக்கவிடவேண்டும். சிறிய வேர் நுனிகளை நறுக்கி, ஃபார்மர்ஸ் (Farmer's) அல்லது கார்னொய்ஸ் (carnoy's) திரவத்தில் வைக்க வேண்டும். மேலும், நவாஷன்ஸ் திரவத்தினுள்ளும் (Navashin's fluid) வேர் நுனிகளை வைக்கலாம். இவ்வாறு வைத்த வேர் நுனிகளை 12-24 மணிகளுக்குப்பின் நொறுக்குவது (squash) உகந்தது.

வேர் நுனிகளைத் திரவத்துள் வைத்த பின்னர் ஒரு வேர் நுனியைக் கண்ணாடித் துண்டின்மேல் இருக்கும் அசிடோ கார்மைனில் வைத்து, அறுவைக் கத்தியினால் (scalpel) நொறுக்க வேண்டும். பின்னர்க் கண்ணாடித் துண்டை ஸ்பிரிட் விளக்கில் (spirit lamp) காண்பித்து மெதுவாக வெப்பப்படுத்த வேண்டும். மேலும், கண்ணாடித் துண்டில் உருமாதிரி இருக்கும் இடத்தைக் கண்ணாடி மேல் மூடியினால் (cover glass) மூட வேண்டும். இந்தத் தயாரிப்பு உலர்வதைத் தடுக்கக் கண்ணாடி மூடியின் ஓரங்களை மெழுகினால் அடைக்க வேண்டும். இதனை நிலையான கண்ணாடித் துண்டாகச் (permanent slide) செய்ய வேண்டுமெனில் இந்தத் துண்டைக் கார்னொய்ஸ் திரவத்தில் வைக்க வேண்டும். அப்போது கண்ணாடி மூடி அகன்றுவிடும். பின்னர் இதனைச் சாராய வரிசையில் (alcohol series) வைத்து நீர் நீக்கம் (dehydration) செய்ய வேண்டும். கண்ணாடித் துண்டின் மேல் ஒரு துளி யுபரல் (Euparal) வைத்துக் கண்ணாடி மேல் மூடியைப் போட வேண்டும்.

மேற்பூச்சு (அ) ஸ்மியர் (Smear)

கண்ணாடித் தட்டுகளும், கண்ணாடி மேல் மூடிகளும் வழக்கம்போல வேதியியலுக்குரிய பொருளினால் தூய்மை செய்யப்பட வேண்டும். கண்ணாடித் துண்டின்மேல் ஒரு துளி வாலை வடி நீரை (distilled water) வைக்க வேண்டும். நன்கு காய்ச்சப்பட்ட ஊசியின் மூலம் வளர்ப்பில் (culture) இருந்து அரைப் பாய்மத் திசுவை (semifluid tissue) அகற்றி வாலை வடி

நீர்த்துளியின் மீது வைக்க வேண்டும். கண்ணாடித் தட்டை புன்சன் விளக்கில் (Bunsen burner) வெப்பப்படுத்த வேண்டும்.

நிலைநிறுத்தல் (Fixation)

செல்கள், திசுக்கள் ஆகியவற்றின் வடிவ அமைப்பும், வேதியியற் பொருள்களும் நுண்ணோக்கியியல் நுண்காட்சிப் பதிவிற்காகத் (microscopic observation) தேர்வு செய்து பாதுகாக்கப்படுகின்றன (selective preservation). இது நிலை நிறுத்தல் எனப்படுகிறது. இதனால் பாக்டீரியாவினால் ஏற்படு கின்ற அழிவும் (bacterial decay), தன் அழிவும் (autobysis) தவிர்க்கப்படுகின்றன. இச் செயல், செல் உட்பொருளுக்குக் கரையாத் தன்மையை அளிக்கிறது; செல் சுருக்கத்தைக் குறைக்கிறது; செல் பொருள்களை நன்கு தெரியக் கூடியவை களாகவும், சாயமேற்கக் கூடியவைகளாகவும் செய்கின்றது. இவ்வாறு நிலைநிறுத்திகள் உதவுகின்றன.

நிலைநிறுத்தியில் ஒன்று அல்லது அதற்கு மேற்பட்ட பொருள்கள் உள்ளன. அவை செல்லின் புரதத்தை வீழ்படிவு (precipitate) செய்வதிலும், அல்லது அவை வீழ்படிவாகாமலும், கரையாமலும் இருக்குமாறு செய்வதிலும் ஈடுபடுகின்றன. நிலை நிறுத்திகள் தம் குறிப்பான வேதிச் செயலினால் தேவைப்படும் அமைப்புகளை நிலைநிறுத்துகின்றன. மேலும், இது பொருளின் அழிவைத் தவிர்த்து செல்லைச் சீராக நிலைநிறுத்துகிறது.

அட்டவணை 2-2-ல் சில முக்கியமான வேதியியல் நிலை நிறுத்திகளும், அவற்றின் பயன்களும் தரப்பட்டுள்ளன.

அண்மையில் ஃபிரீஜ்-இட்சிங் (Freeze-etching) என்னும் ஒரு புதிய முறையினால் உருமாதிரிகள் நிலைநிறுத்தப்படுகின்றன. இந்த முறை மின்நுண்ணோக்கியியலுக்கு உகந்ததாக இருக்கிறது. ஒளி நுண்ணோக்கியியலுக்காக, நிலைநிறுத்திய உருமாதிரிகளை மெழுகில் (paraffin) பதித்து வைத்து (embeded) சிறிய பிழம்பு களாக (block) நறுக்க வேண்டும். பின்னர் இப் பிழம்புகளை மைக்ரோடோமில் (microtome) நிலைநிறுத்திச் சிறிய கூறுகளாக வெட்ட வேண்டும். அவ்வமயம் மெழுகும், வெட்டிய கூறுகளும் சேர்ந்து ரிப்பன்களாக வரும். இவ்வாறு தயாரித்த வெட்டிய கூறுகளைக் கண்ணாடித் துண்டின்மீது அமைத்து, உருமாதிரிக்குச் (specimen) சாயமிட வேண்டும். பின்னர், பால்சம் (balsam), டைஃபான் (diaphane), பெர்மவுண்ட் (permount) போன்ற ஏற்றுப் பொருள்களில், ஏதாவது ஓர் ஏற்றுப் பொருளை

அட்டவணை 2-2
வேதியியல் நிலைநிறுத்திகளும் அவற்றின் பயன்களும்

நிலைநிறுத்தி (Fixative)	விளைவுகள் (Effects)	பயன்முறை (Application)
1. அசிடிக் அமிலம் (acetic acid) 0·3-5 % (தனியாகவோ, கலவையுடனோ உபயோகிக்கப் படுகிறது.)	சைட்டோபிளாசப்புரதத்தை நிலைநிறுத்துவதில்லை. நூக்ளியோ புரதங்களை வீழ்படிவு செய்கிறது (precipitates). கோல்கியும், மைட்டோ காண்டிரியானும் அழிக்கப்படும்.	கார குணமுள்ள சாயங்களுடன்; நூக்ளியஸ், குரோமோசோம்கள்.
2. பொடாசியம் டை குரோமேட், (potassium di-chromate) (2-7%)	புரதத்தை நீரில்கரையாமல் செய்கிறது. லிபிடுகளை நிலைநிறுத்துகிறது.	குரோமோசோம்கள், சைட்டோ பிளாச அமைப்புகள்.
3. ஈத்தனால் (ethanol) (70-100%)	புரதத்தை வீழ்படிவு செய்கிறது. லிபிடுகள் கரைகின்றன.	கார குணமுள்ள சாயங்கள், நூக்ளியஸ்
4. ஃபார்மால்டிஹைட் (formaldehyde) (4-10%)	புரதங்கள் வீழ்படிவு ஆவதில்லை. லிபிடுகள் நிலைநிறுத்தப் படுகின்றன. அவை சுருங்காமல் கடினமாகின்றன.	கார குணமுள்ள சாயங்கள், கோல்கி, மைட்டோகாண்டிரியா, நொதிகள்.
5. ஆஸ்மியம் டெட்ராக்சைட் (osmium tetroxide) (0.5-2%)	லிபிடுகள் நிலைநிறுத்தப்படுகின்றன. கருமை ஆக்குகின்றன. சாயமேற்றலைக் கடினமாக்கிறது.	கோல்கி, சைட்டோபிளாசம், கொழுப்பு
6. பாயின்ஸ் கரைசல் (Bouin's solution)	எல்லாப் புரதங்கள் வீழ்படிவாகிறது. சுருங்கவும், மென்மையாக்கவும் செய்கிறது.	குரோமோசோம்கள்.
7. கார்னுய்ஸ் கரைசல் (Carnoy's solution)	ஈதனல் அசிடிக் அமிலப் பண்புகளை ஒன்று சேர்க்கிறது.	நூக்ளியோ புரதங்கள், குரோமோசோம்கள்.

(mounting media) வெட்டிய கூறுகளையுடைய கண்ணாடித் துண்டின்மீது வைத்து, அதனைக் கண்ணாடி மேல் மூடிகளால் (cover glass) மூட வேண்டும். இவ்வாறு நிலையான கண்ணாடித் துண்டுகள் (permanent slides) தயாரிக்கப்படுகின்றன.

சாயம் ஏற்றுதல் (Staining)

நுண்ணோக்கியில், திசுக்கள், செல் உட்பொருள்கள் ஆகியவற்றின் வடிவ அமைப்பை அறியச் சாயமிடும் செயல் மிகவும் உதவுகிறது. காரகுணமுள்ள சாயங்கள் (basic stains), அமிலச் சாயங்கள் (acid stains), நடுநிலைச் சாயங்கள் (neutral stains) என்று மூவகையான சாயப் பொருள்கள் உள்ளன.

நிறமுள்ள அங்கக பேஸுடன் (organic base) நிறமற்ற அசிடேட் (acetate) ஒன்று சேர்ந்து கார குணமுள்ள சாயங்கள் உண்டாகின்றன. மேலும் இவ்வகையில் அங்கக பேஸ், ஸாஃப்ரனின் (safranin), கிரிஸ்டல் வைலட் (crystal violet), மிதலைன் ஊதா (methylene blue), பிஸ்மார்க் பிரௌன் (Bismark brown), ஐயொடின் பச்சை (Iodine green), ஹிமடாக்சிலின் (Haematoxylin) போன்ற குளோரைடு (chloride) அல்லது சல்ஃபேட்டுடன் (sulphate) சேர்ந்து காணப்படுகிறது. அமில சாயங்களில் சோடியம் (sodium) பொடாசியம் (potassium) போன்ற உலோக பேஸ் (metalic base) உள்ளன. இத்துடன் அங்கக அமில உறுப்புகளாகிய (acid radical) வெளிர் பச்சை (light green) நிலையான பச்சை (fast green) அனிலைன் ஊதா (aniline blue), ஆரஞ்சி ஜி (orange G) போன்றவை இணைந்திருக்கும். நடுநிலைச் சாயங்களில், சில அமிலக் கலவைகள் கார குணமுள்ள சாயப் பொருள்களுடன் இணைந்திருக்கும். நடுநிலை சிவப்பு (neutral red) இதற்குச் சான்றாக உள்ளது.

திசுக்களும், செல் பாகங்களும் நிறங்களைப் பெறுவதற்குப் புரதங்கள், நூக்ளியிக் அமிலங்கள், பாலிசாக்கரைடுகள், பாஸ்ஃபோலிபிடுகள் ஆகியவை காரணமாகும்.

சாயமிடும் முறையில் pH முக்கியப் பங்கேற்கிறது. ஒரு சேர்மம் (compound) தம் H- அயனி, அடர்வாக்கத்தில் (ion concentration) அமிலத் தன்மையிலிருந்து காரகுணமுள்ளவையாக மாறுகிறது. இச்செயல், மின் சுமைமாய் நிலை (isoelectric point) எனப்படுகிறது. மின் சுமைமாய் நிலைக்குக் கீழே அதன் pH இருக்கும் போது, காரகுணமுள்ள பொருள்கள் அயன்களாகப் பிரிக்கப் படுகின்றன. எனவே, இந்த நிலையில் pH அமிலச் சாயங்களுடன் செயல்படத்

தொடங்குகிறது. நூக்ளியக் அமிலங்கள் ஃபாஸ்பாரிக் அமிலத் தொகுதிகளில் இருந்து தனிப்படுகின்றன. எனவே, இவை மிகக் குறைந்த மின் சுமைமாய் நிலையைப் பெற்றிருக்கும். இதனால் அவற்றில் pH குறையும் போது கார குணமுள்ள சாயங்களுடன் சேர்ந்து மிக அதிக அளவில் சாயமேற்கின்றன.

மெடாகுரோமாசியா (metachromasia) என்னும் மற்றொரு சாயமிடும் முறை பயன் அளிக்கக் கூடியதாக இருக்கிறது. மெடாகுரோமாடிக் சாயங்கள் கார குணமுள்ளவை. இவை அமிலப் பொருள்களுடன் எதிர் செயலாற்றுகின்றன. இம் முறையில் பலவகைச் சாயங்கள் உபயோகிக்கப்படுகின்றன. இவ்வகை சாயம் ஒரு செல்லிற்கு இரு நிறங்களை அளிக்கிறது. சான்றாகத் தொலுடின் ஊதா (toluidine blue) என்ற சாயப் பொருள், சைட்டோபிளாசத்திற்கு ஊதா, சிவப்பு நிறங்களை அளிக்கிறது. ஏனெனில் தொலுடின் ஊதா (Toluidine blue) சாயம் சைட்டோபிளாச ரிநூஅ (RNA) விற்கு ஊதா நிறத்தையும், கிளைகோ புரதங்களுக்கு (Glycoproteins) சிவப்பு நிறத்தையும் அளிக்கிறது. இவ்வாறு இச் சாயங்கள், பல்வேறு பகுதிப் பொருட்களுக்கு விதவிதமான நிறங்களை அளிக்கின்றன. இதனால் செல்லின் வேதியியல் பண்புகளை அறிய முடிகின்றது.

தனி அமைப்பு, தனி வேதியியல் பண்பு ஆகியவற்றை அறிய நிலை நிறுத்தப் படாத செல்களுக்குச் சாயமிடப்படுகிறது. இதனை உயிர் சாயங்கள் (vital stains) என்பர். இவ்வகையைச் சார்ந்த ஜேனஸ் பச்சை பி (Janus green B) என்னும் சாயம் மைட்டோ காண்டிரியாக்களுக்குப் பச்சை நிறத்தை நிலையாக அளிக்கிறது. இந்தச் சாயத்தின் பயனாக செல்லின் நொதிச் செயல்களை அறுதியிட முடிகிறது. பகுப்படையும் செல்களுக்கு மிதைலீன் ஊதா (methylene blue) சாயம் தாவர சாற்றுக் குழிகளுக்கு நடுநிலைச் சிவப்புச் சாயம் (neutral red) உபயோகிக்கப்படுகின்றன. நப்தால் மஞ்சள் எஸ் (Nephthol yellow S) மெர்குரிக் புரோமொஃபினால் ஊதா (mercuric bromophenol blue) என்னும் இரு சாயங்கள் புரதப் பகுப்பினை (protein analysis) அறிய உதவுகின்றன. மிதைல் பச்சை-பைரொனின் (methyl green-pyronine) டிநூஅ (DNA) திற்குப் பச்சை நிறத்தையும், ரிநூஅ (RNA) விற்குச் சிவப்பு நிறத்தையும் அளிக்கிறது.

சூடான் கருப்பு பி (Sudan Black B) ஆஸ்மியம் டெட்ராக்சைடு (osmium tetroxide) போன்ற சாயங்களால் கோல்கி உறுப்புகள் நிறமிடப் படுகின்றன. இந்த உறுப்புகளில்

ஃபாஸ்ஃபோ லிபிடுகள் இருப்பதால் இவ்விரு சாயங்களும் ஏற்கப்படுகின்றன. மேலும் பல சாய வகைகளும் அவை சாய மிடும் பகுதிகளும் அட்டவணை 2-3 இல் தரப்பட்டுள்ளன. செல்லின் பகுதிப் பொருள்களைப் படிப்படியான வரிசை முறையில் சாயமிட வேண்டும்.

அட்டவணை 2-3.
சாய வகைகளும் அவை சாயமிடும் பகுதிகளும்

பகுதி	சாயம்
செல்லுலோஸ் செல் உறை (Cellulose cell wall)	ஹிமடாக்சிலின் (hematoxylin) திடமான பச்சை அனலின் ஊதா (analine blue) பிஸ்மார்க் பழுப்பு Y (bismark brown Y)
லிக்னின் செல் உறை (Lignin cell wall)	ஸாஃப்ரனின் (safranin) கிரிஸ்டல் வைலட் (crystal violet)
கூட்டின் செல் உறை (Cutin cell wall)	ஸாஃப்ரனின் (safranin) கிரிஸ்டல் வைலட் (crystal violet) எரித்ரோசின் (erythrocin)
இடை அடுக்கு (Middle lamella)	இரும்பு ஹிமடாக்சிலின் (iron hematoxylin) ருதினியம் சிவப்பு (ruthenium red)
குரோமோசோம்கள் (Chromosomes)	இரும்பு ஹிமடாக்சிலின் (iron hematoxylin) ஸாஃப்ரனின் (safranin) கார்மைன் (carmine) கிரிஸ்டல் வைலட் (crystal violet) ஓரிசின் (orycin)
சைட்டோபிளாசம் (Cytoplasm)	இயோசின் Y (eoisin Y) எரித்ரோசின் B (erythrocin B) திடமான பச்சை FCF ஆரஞ்சு G (orange G)

3. தாவர ஸெல்லின் அமைப்பு

(Structure of the Plant Cell)

உயிரினங்கள் யாவும் பல அடிப்படை அலகுகளால் ஆனவை. இந்த அலகுகளே ஸெல்கள் எனக் கூறப்படுகின்றன. இக் கருத்தினை முதன் முறையாக அளித்தவர் இராபர்ட் ஹூக் என்பவராவார். இராபர்ட் ஹூக் (Robert Hook, 1665) கார்க்கை (cork) பேனாக்கத்தியின் (Pen knife) மூலம் சிறிய, மெல்லிய துண்டுகளாக்கினார். வெட்டிய கூறுகள் வெள்ளையாக இருந்ததினால் அவற்றைக் கருந்தட்டின் மீது வைத்தார். பின்னர், ஒரு புறம் தட்டையும், ஒரு புறம் உட்குழிவும் உடைய கண்ணாடியின் உதவியால் (Planoconvex glass) வெட்டிய கூறுகளின் மீது ஒளி விழச் செய்தார். அப்போது அவர் பல நுண் துளைகளை உடைய தேன் கூடு போன்ற அமைப்புகளைக் கண்டறிந்தார். இந்த அமைப்புகள் ஒவ்வொன்றிற்கும் ஸெல் என்ற பெயரை வழங்கினார். பின்னர் லியுவென்ஹோக் (Leeuwenhook 1632-1723), ஸெல்களில் நூக்ளியஸ் இருப்பதைக் கண்டறிந்தார்.

19ஆம் நூற்றாண்டின் தொடக்கத்தில், விலங்கு உறுப்புகளிலும், தாவரங்களிலும் பலவகைத் திசுக்கள் உள்ளன என்பது நிலைநாட்டப்பட்டது. டுட்ரொசெட் (Dutrochet, 1776-1847) தாவரங்கள், விலங்குகள் ஆகியவற்றின் திசுக்களை ஆய்ந்து 'திசுக்கோட்பாட்டை' (tissue theory) அளித்தார். எல்லாத் திசுக்களிலும், வடிவத்திலும், அமைப்பிலும் வேறுபட்ட மிகச் சிறிய வட்ட ஸெல்கள் உள்ளன என்று அறிவித்தார். மேலும் இந்த ஸெல்கள் இணை இசைவினால் (cohesion) ஒன்றோடொன்று பிடிபட்டு, திசுக்களில் உள்ளன. டுட்ரோசெட்டின் இக் கருத்து இப்போதைய திசுக்கருத்திற்கு வழிவகுத்தது.

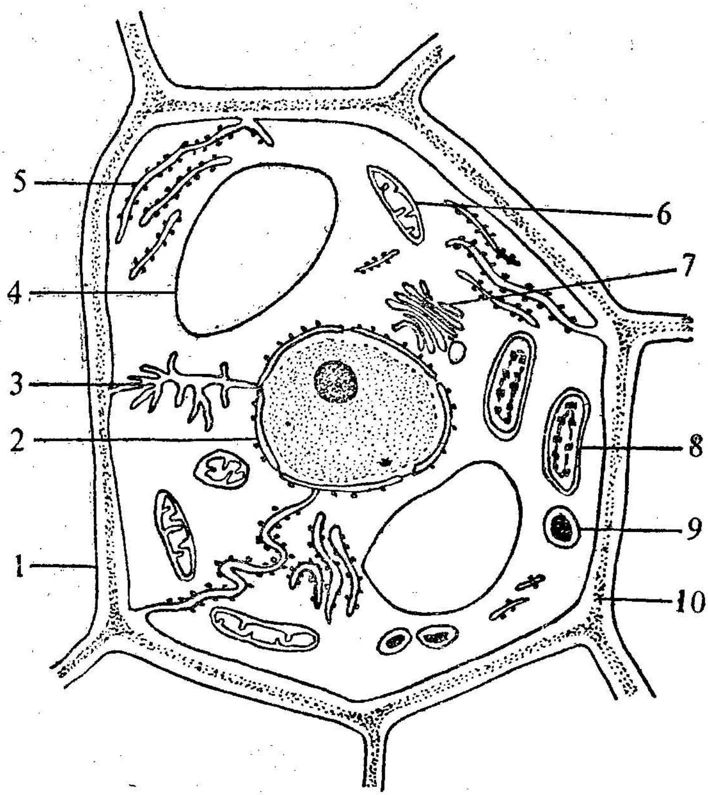
ஷ்லீடன் (Schleiden, 1839), தாவர ஸெல்களிலும் ஷ்வான் (Schwann, 1839) விலங்கு ஸெல்களிலும் ஆய்வுகள் நடத்தினர். இவற்றின் பயனாக ஸெல்களுக்கும் அவற்றின் செயலுக்கும் தெளிவான வரையறை அளிக்கப்பட்டது. தாவரங்களில் ஸெல்கள் தனித்தியங்கும் அலகுகளாகச் செயல் புரியும் ஆற்றல் வாய்ந்தவை எனவும், இவை உயிரினங்களுக்கு உயிர் அளிக்கின்றன என்றும் ஷ்லீடன் தம் ஆய்வுகளின் பயனாக அறிவித்தார். ஷ்வானும் விலங்கு ஸெல்களை ஆய்ந்து இதுபோன்ற கருத்துகளை வெளியிட்டார். இக்கருத்துகளினாலும், நுண்ணோக்கிக் கண்டுபிடிப்பினாலும் ஸெல் கோட்பாடு (Cell theory) உருவாகியது. இந்தக் கோட்பாட்டின்படி எல்லா உயிரினங்களிலும் ஸெல்கள் உள்ளன என்றும், இவை அடிப்படை அலகுகளாக அமைந்து தனித்தியங்குகின்றன என்றும் அறிய வருகின்றோம். எவ்வாறு ஒரு வீட்டைக் கட்ட செங்கற்கள் பயன்படுகின்றனவோ, அவ்வாறே ஸெல்கள் உயிரினங்களை உருவாக்க இன்றியமையாதனவாக உள்ளன.

புதிய ஸெல்கள் எவ்வாறு தோன்றுகின்றன என்பது புரியாத புதிராகவே இருந்தது. இந்த ஐயப்பாட்டை அகற்றும் வகையில் ஸெல்கள் யாவும் மற்ற உயிர் ஸெல்களில் இருந்து ஏற்படுகின்றன, (Omnis cellula e cellula) என விர்செள (Virchow, 1855) அறிவித்தார். எனவே புதிய ஸெல்கள் ஸெல்பகுப்பினால் ஏற்படுகின்றன என்பது தெளிவாயிற்று.

பர்கின்ஜி (Purkinje, 1839) என்பவர் ஸெல் உட்பொருள்களுக்குப் புரோடோபிளாசம் என்ற பெயரைத் தந்தார். தாவர ஸெல்களில், அடர்த்தியான, வட்டமான திரள்கள் உள்ளன என்று இராபர்ட் பிரௌன் (Robert Brown, 1833) கண்டறிந்தார். இத் திரள்களுக்கு நூக்ளியஸ் (nucleus) எனப் பெயரிடப்பட்டது. பின்னர் நூக்ளியஸ் ஸெல்பகுப்பில் முக்கியப் பங்கேற்கிறது என அறியப்பட்டது.

ஸெல்களில் பலவகை அமைப்புகள் உள்ளன. இவை பல்வேறு செயல்களைச் செய்கின்றன என அண்மை ஆராய்ச்சிகள் கூறுகின்றன. மூலக்கூற்று உயிரியலின் (molecular biology) வளர்ச்சியால் ஸெல்மூலக் கூறுகள் பற்றிய பல கருத்துகள் வெளியாயின. ஸெல் நூக்ளியஸில் உள்ள டி ஆக்சி ரிபோஸ் நூக்ளியக் அமிலமூலக் கூறுகளைப்பற்றி வேதியல் வல்லுநர்களும், பௌதிகவியல் வல்லுநர்களும் பல கருத்துகளை வெளியிட்டுள்ளனர். டி. நூ. அ., உயிர் ஸெல்களில் மரபுக்

குறியீடுகளை எடுத்துச் செல்வதற்கும் மற்றும் பல்வேறு செயல்களுக்கும் முதன்மையாகத் திகழ்கின்றது. ஒரு செல்லின் அமைப்பையும் அதன்கண் உள்ள பல்வேறு அமைப்புகளின் செல்களையும் இங்கு ஆராய்வோம் படம் 3—1.



படம் 3–1.

ஒரு தாவர செல்கள் பொதுவான அமைப்பு.

1. செல் உறை
2. நூக்ளியஸ்
3. எண்டோபிளாஸ வலை
4. பெரும் சாற்றுக் குழி
5. ரிபோசோம்
6. மைட்டோக் காண்டிரியான்
7. கோல்கிப் பொருள்
8. பசுங் கணிகம்
9. லைசோ சோம்
10. இடை அடுக்கு.

செல்லின் அளவும் வடிவமும்

செல்களின் வடிவமும், அளவும் பெரும் அளவிற்கு வேறுபட்டிருக்கின்றன. உயிருள்ள செல்களில் மிக நுண்ணியவை பாக்டீரியாக்களாகும். சில வட்டமான பாக்டீரியாக்கள் 250 $m\mu$

விட்டமுடையவை. இதற்கு மாறாகத் தாவரங்களின் நுனிப் பகுதிகளில் ஒத்த விட்டமுடைய செல்கள் 10μ நீளத்தி லுள்ளன. நீலப்பசும் பாசிகளில் ஒவ்வொரு செல்லும் சுமார் 10μ அகலமுடையவை. சில இழைக் கூட்டங்கள் (filamentous colonies) பல சென்டி மீட்டர் நீளத்தில் உள்ளன. பாசி வகை யைச் சார்ந்த ஒரு செல் டயாடம்கள் (Diatoms) 100 மைக் கிரான் நீளத்திலோ அதற்கும் மேலான நீளத்திலோ காணப் படுகின்றன. உயர் தாவரங்களில் 20-30 μ அளவு வேற்றுமை யில் செல்கள் காணப்படுகின்றன. செல்களின் செயலுக்கு ஏற்ப அவற்றின் வடிவமும் வேறுபட்டிருக்கும். மேலும் புரோ டோபிளாசத்தின் குழைம நிலை (viscocity), செல் உறையின் விறைப்புத் தன்மை (rigidity) ஆகியவற்றுக்கு ஏற்ப செல்லின் வடிவமும் அமைந்திருக்கும். தாவரத் திசுக்களில் பல செல்கள் பல பக்க (polyhedron) வடிவமுடையன. பெருங் கூட்டத்தின் தனி செல்கள் பல பக்க திண்மங்களின் (polyhedral solids) ஒழுங்கில் உள்ளன. பொதுவாக செல்கள் 14 பக்கங்கள் உடையன. இவற்றுக்கு 6 முகங்களோ அன்றி 8 முகங்களோ உள்ளன. எனவே இதை டெட்ராகைடிகஹீட்ரான் (tetra-kaidecahedron) என்பர். ஒரு கன சென்டி மீட்டர் தாவர உடலில் ஒரு மில்லியன் செல்கள் காணப்படுகின்றன. சில கீழினத் தாவரங்கள் ஒரு செல்லினால் ஆகியது. அவை ஒரு செல் தாவரங்களாகும். இதற்குச் சான்றாக, பாசி (alga) வகை யைச் சார்ந்த கிளாமிடோமோனசை (chlamydomonas) கூறலாம்.

ஒளி நுண்ணோக்கி வாயிலாக செல்லின் பெரும் பாகங் களையே பார்க்க முடியும். ஆனால், செல்லின் மூலக்கூற்று அமைப்பைப் பற்றி அறிய மின் நுண்ணோக்கி உதவுகிறது. இந்த ஆய்வுகளின் பயனாக செல்லின் அமைப்பு, செயல், வேதியியல் தன்மை ஆகியவை நன்கு விளங்குகின்றன. இவற்றின் பொது அமைப்பைப்பற்றி ஆராய்வோம். தாவர செல்கள் செல் லுறையைப் பெற்றிருக்கின்றன. இது தாவரங்களின் சிறப்புப் பண்பாகும்.

செல் உறை (Cell Wall)

செல் உறை செல்லின் பாதுகாப்பு உறை. இது செல்லு லோஸ், பெக்டிக் பொருள்கள் ஆகியவற்றால் ஆகியது. புரோடோபிளாசத்தின் செயலால் செல் உறை ஏற்படுகிறது. இவை மூன்று அடுக்குகளாக அமைகின்றன. இரண்டாம் அடுக்

கான செகண்டரி செல்லுறையில் நுண்ணியவரையுற்ற குழிகளும் (bordered pits), எளிய குழிகளும் (simple pits) உள்ளன. பிளாஸ்மோடெஸ்மாடா என்னும் சைட்டோபிளாச இழைகள் செல்லுறையில் காணப்படுகின்றன. இவை செல்களின் சைடோபிளாசங்களுக்கிடையே தொடர்பு ஏற்படுத்த உதவுகின்றன. செல்லுறை உறுதியானது. மேலும் இது செல்லுக்குத் திட்டமான வடிவத்தை அளிக்கிறது.

புரோடோபிளாசம் (Protoplasm)

செல்களில் புரோடோபிளாசம் என்ற நிறமற்ற, பாகு போன்ற பொருள் உள்ளது. இது செல் வாழ்வியலுக்கு இன்றியமையாத ஒன்றுகும். எனவே இது உயிரின் அடிப்படையாகக் (physical basis of life) கருதப்படுகிறது. ஒரு செல்லில் கோள வடிவான ஒரு நூக்ளியஸ் அல்லது சில உதாரணங்களில் ஒன்றுக்கு மேற்பட்ட நூக்ளியஸ்களோ உள்ளன. புரோடோபிளாசத்தின் நூக்ளியஸ் அல்லாத ஏனைய பகுதி சைட்டோபிளாசம் எனப்படுகிறது. சைட்டோபிளாசத்தைச் சுற்றி பிளாஸ்மா சவ்வு எனப்படும் ஒரு சவ்வு காணப்படுகிறது. சைட்டோப்பிளாசத்தில் பல வேதிப் பொருள்களின் கலவை உள்ளது. இவை கொல்லாயிடு தன்மை வாய்ந்தவை. இவற்றுக்கு மின் ஏற்றம் (electrical charge) உண்டு. இவற்றில் பலவகையான திரள்கள் (bodies) காணப்படுகின்றன. இத்திரள்கள் அனைத்தும் செயலில் ஒன்றிணைந்து செல் ஒருமைப்பாட்டை உண்டாக்குகின்றன. திரள்களின் பொது அமைப்பைக் காண்போம்.

பிளாஸ்மா சவ்வு (Plasma membrane)

பிளாஸ்மா சவ்வு உட்புகுதிறனுடையது. இது தேர்வுச் செலுத்துத் (Selective permeability) திறன் உடையது. பிளாஸ்மா சவ்வில் மைய லிபிடு மூலக் கூறுகளும், அகப்புறப் பரப்புகளில், புரத மூலக்கூறுகளும் இடையீட்டப்பம் போல அமைந்திருக்கின்றன. இந்தச் சவ்வு மூலக்கூற்றுச் சல்லடை போலச் செயல் புரிகிறது. செல்களில் பிளாஸ்மா சவ்வு உயிர்ப்புக் கடத்தல் (active transport), உயிர்ப்பற்ற கடத்தல் (passive transport), செல் குடித்தல் (pinocytosis), செல் விழுக்கம் (phagocytosis) ஆகிய செயல்களைச் செய்கிறது.

எண்டோபிளாஸ வலை (Endoplasmic reticulum)

இது சைட்டோபிளாசத்தில் பரவலாக வலைபோல அமைந்திருக்கிறது. இந்த வலை மெல்லிய சவ்விஞல் சூழப்பட்ட

குழிகளால் ஆனது. சில செல்களின் வலையில் நுண்ணிய சிறு குழாய்கள் (fine tubules) உள்ளன. எண்டோபிளாசவலை வெளிப்புறத்தில், பிளாஸ்மா சவ்வுடனும், உட்புறத்தில் நூக்ளியஸ் உறையுடனும் ஒட்டியுள்ளது. இஃது இரு சவ்வுகளைக் கொண்டிருக்கிறது. இதன்மீது பல ரிபோசோம்கள் என்னும் நுண்ணிய துகள்கள் பரவலாக அமைந்துள்ளன.

ரிபோசோம்கள் (Ribosomes)

இவை சிறிய, வட்டமான, எலக்ட்ரான் அடர்த்தித் திரள்களாகும். பொதுவாக இவை எண்டோபிளாசவலையை ஒட்டிக் காணப்படுகின்றன. ரிபோசோம்களில் ரி. நூ. அ. உட்பொருள் உள்ளது. ஒவ்வொரு ரிபோசோம் துகளிலும் இரு துணைத்துகள்கள் (particles) உள்ளன. இவை புரத சேர்க்கைக்கு உதவுகின்றன.

கணிகங்கள் (Plastids)

இவை சைட்டோபிளாசத்தில் பரவலாகக் காணப்படும் சிறிய உயிருள்ள திரள்கள். இவை பூஞ்சைச் செல்கள் தவிர மற்ற செல்கள் எல்லாவற்றிலும் காணப்படுகின்றன. இவை வண்ணக்கணிகங்கள் (chromoplasts), பசுங்கணிகங்கள் (chloroplasts), வெளிர்க்கணிகங்கள் (leucoplasts) என்று மூன்றுவகைகளாக உள்ளன.

வண்ணக்கணிகங்கள் (chromoplasts) மலர்களிலும், பழங்களிலும் பசுமையற்ற பகுதிகளிலும் காணப்படுகின்றன. இவற்றில் சிவப்பு, மஞ்சள், ஆரஞ்சு போன்ற நிறமிகள் உள்ளன. பசுங்கணிகங்களில் பச்சையம் (chlorophyll) என்ற நிறமி உள்ளது. இதனுல் தாவரங்கள் புரதச் சேர்க்கையைச் செய்கின்றன. இவை தாவரத்தின் பசுமைப் பகுதிகளான இலைகள், இளந்தண்டு ஆகியவற்றில் உள்ளன. பசுங்கணிகத்திற்கு ஈரடுக்குச் சவ்வு உண்டு. இந்தக் கணிகத்தின் அமைப்பு மிகச் சிக்கலானது. இதில் டி நூ அ காணப்படுகிறது. இந்த டி நூ அ நூக்ளியஸ் டி நூ அ விலிருந்து வேறுபட்டிருக்கிறது. வெளிர்க்கணிகங்கள் நிறமற்றவை. பொதுவாக இவை தரைக் கீழ்த் தண்டுகளில் (rhizome) காணப்படுகின்றன. இவற்றில் தரச மணிகள் சேகரிக்கப்படுகின்றன. இந்தக் கணிகங்களில் சில நொதிகள் உள்ளன. இவை குளுகோசைத் தரசமாக மாற்ற உதவுகின்றன. மேலும் இக்கணிகங்களில் உணவுப் பொருள்கள் சேமிக்கப்படுகின்றன.

லைசோசோம்கள் (Lysosomes)

சைட்டோப்பிளாசத் துகள்களுக்கிடையே லைசோசோம்கள் புதியதாகக் கண்டுபிடிக்கப்பட்டன. இவை வட்டமாகவோ அல்லது ஒழுங்கற்ற வடிவத்திலோ காணப்படுகின்றன. இவை விலங்கு ஸெல்களில் மிகுதியாகவும், தாவரங்களில் வேர்கள், பூஞ்சை ஆகியவற்றில் ஓரளவும் காணப்படுகின்றன. இவை தற்கொலைப் பைகள் (suicide bags) எனக் கருதப்படுகின்றன. இவற்றின் நொதிகள் தன் அழிவு (autobysis) ஸெல் இறப்பு போன்ற செயல்களைச் செய்கின்றன. லைசோசோம்களுடன் சைட்டோலைசோம்கள் (cytolysomes), லோமாசோம்கள் (lomasomes), பெராக்சிசோம்கள் (peroxisomes), ஸ்ஃபீரோ சோம்கள் (spherosomes) ஆகிய பிற திரள்கள் தொடர்பு பெற்றிருக்கின்றன.

கோல்கி உறுப்புகள் (Golgi bodies)

கோல்கி வலை போன்று ஸெல்லின் சைட்டோபிளாசத்தில் நூக்ளியசைச் சுற்றியும் அமைக்கப்பட்டிருக்கின்றது. தாவர ஸெல்களில் காணப்படும் கோல்கியை டிக்டியோசோம்கள் என்பர். இவை சைட்டோபிளாசத்தில் பரவலாகக் காணப்படுகின்றன. கோல்கியில் மூன்று வகைப்பட்ட சவ்வுகள் உள்ளன. ஸெல்லில் கோல்கிப் பொருள்கள் சுரப்புச் செயலில் ஈடுபடுகின்றன. தாவரங்களில் ஸெல் தட்டினைத் (cell plate) தோற்றுவிக்கக் கோல்கி பயன்படுகின்றது.

மைட்டோகாண்டிரியா (Mitochondria)

இவை ஸெல்லின் ஆற்றல் நிலையங்களாகத் திகழ்கின்றன. இவை எல்லா ஸெல்களிலும் கோல் வடிவத்திலோ, இழை வடிவத்திலோ காணப்படுகின்றன. இவை ஒவ்வொன்றிலும் இரு சவ்வுகள் உள்ளன. உட்சவ்வில் பல மடிப்புகள் காணப்படுகின்றன. அவற்றைக் கிரிஸ்டே (cristae) என்பர். இவை மைட்டோகாண்டிரியாவின் இடையீட்டுப் பொருளில் அமைந்திருக்கின்றன. இவற்றை முதன் முறையாக ஆல்ட்மென் (altmann, 1886) என்பவர் கண்டறிந்தார். மைட்டோகாண்டிரியாவில் பல நொதி செயல்கள் நடைபெறுகின்றன. இதன் பயனாகச் சுவாசித்தலின் போது வேதி ஆற்றல் வெளிவிடப்படுகிறது. இந்த ஆற்றல் இங்குச் சேமிக்கப்படுகிறது. மைட்டோகாண்டிரியான்களில் டிநூஅ இருப்பதாக அறியப்பட்டது. இந்த டிநூஅ நூக்ளியஸ் டிநூஅ விலிருந்து வேறுபட்டிருக்கிறது.

நூக்ளியஸ் (Nucleus)

எல்லா செல்களிலும் நூக்ளியஸ் உண்டு. நூக்ளியஸின் எண்ணிக்கை, வடிவம் ஆகியவை செல்லின் வகைக்கேற்ப, சிற்றினத்திற்கேற்ப வேறுபட்டிருக்கும். பாக்டீரியா (bacteria) நாஸ்டக் (nostoc) போன்ற கீழ்வகைத் தாவரங்களில் திட்ட வட்டமான அமைப்புடைய நூக்ளியஸ் இல்லை. இங்கு டி. நூ. அ இழைகள் மட்டுமே உள்ளன. இவற்றை தோன்று நிலை நூக்ளியஸ் என்பர்.

நூக்ளியஸில் நான்கு பொருள்கள் அடங்கியுள்ளன. அவை நூக்ளியஸ் உறை, குரோமாடின், நூக்ளியஸ் திரவம், நூக்ளியோலஸ் என்பன. நூக்ளியஸ் உறையில் பல நுண் துளைகள் (pores) உள்ளன. இந்த உறைக்குள் நூக்ளியஸ் திரவம் காணப்படுகிறது. இதில் ஒன்று அல்லது அதற்கு மேற்பட்ட நூக்ளியோலஸ் இருக்கிறது. நூக்ளியஸ் திரவத்தில் குரோமாடின் வலைபோல அமைந்துள்ளது. நூக்ளியஸ் பகுப்படையும்போது இவை சிறிய இழைகளாகிய குரோமோசோம்களாகத் தோன்றுகின்றன. நூக்ளியஸில் நூக்ளியக் அமிலங்கள், புரதம் போன்ற வேதிப் பொருள்கள் உள்ளன. நூக்ளியஸ் புரதச் சேர்க்கையில் ஈடுபடுகிறது. இது செல்லின் எல்லா வளர் சிதை மாற்ற வேலைகளையும் கட்டுப்படுத்துகிறது. மரபுப் பண்புகள் தாயிடமிருந்து சேய்க்குச் செல்ல நூக்ளியஸ் (மறைமுகமாக) காரணமாக உள்ளது.

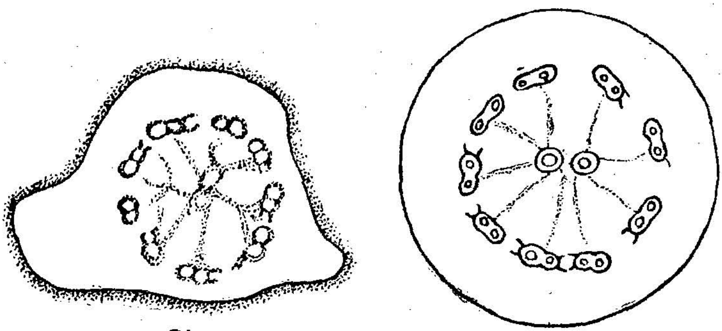
சாற்றுக் குழிகள் (Vacuoles)

செல்களில் புரோட்டோபிளாசம் பெரும் பகுதியைஅடைத்துக் கொள்ளும். செல் வளர்ந்து பருமனில் அதிகமாகி முதிர்ச்சியடையும்போது, குழிகள் ஏற்படுகின்றன. ஆக்கு செல்களில் (meristematic cells) சிறிய குழிகள் பல உள்ளன. வெவ்வேறு சிற்றினங்களில் குழியின் வடிவம் வேறுபட்டிருக்கும். ஒவ்வொரு சாற்றுக் குழியும் டோனோபிளாஸ்ட்டு (tonoplast) என்னும் ஓர் அலகு சவ்வினால் சூழப்பட்டுள்ளது. வளர்சிதை மாற்றங்களால் ஏற்பட்ட பொருள்கள் இவற்றில் காணப்படுகின்றன. இப் பொருள்கள் எர்காஸ்டிக் பொருள்கள் எனப்படும். சாற்றுக் குழிகள் செல்லில் விறைப்பு அழுத்தத்தை (turgor pressure) நிலைநிறுத்துகின்றன. மேலும் இவற்றில் உணவுப் பொருள்கள் சேமிக்கப்படுகின்றன.

குறு இழைகளும் கசை இழைகளும் (Cilia and flagella)

குறு இழைகளும் கசை இழைகளும் சில விலங்குகளிலும், சில தாவரங்களிலும் காணப்படுகின்றன. கசை இழைகள் நீண்டு

குறைந்த எண்ணிக்கையுடன் உள்ளன. இவ்விரு உறுப்புகளும் இயங்கும் தன்மை வாய்ந்தவை. இவற்றின் அமைப்பு மின் நுண்ணோக்கியின் மூலம் அறியலாம். இவற்றின் குறுக்கு அமைப்பில், மையத்தில் இரு பெரிய இழைகளும், இவற்றைச் சுற்றி ஒன்பது தொகுப்புகளாலான இணைந்த புற இழைகளும் காணப்படுகின்றன (படம். 3—2). குறு இழைகளும், கசை



அ ஆ

படம் 3-2.
அ—ஆ. கசை இழைக் குறுக்கு அமைப்பு.

இழைகளும் ஸெல் சவ்வின் நீட்சிகளே ஆகும். நீண்ட தொடர் இழை புரத மூலக்கூறுகளும், பிளாஜெல்லின்களும் (flagellin) இழைகளில் காணப்படுகின்றன.

மேற் கூறப்பட்ட ஸெல் அமைப்புகள் எல்லாம் தெளிவாகப் பின் வரும் அத்தியாயங்களில் விளக்கப்பட்டுள்ளன.

4. சாற்றுக் குழிகளும் எர்காஸ்டிக் பொருள்களும்

(Vacuoles and Ergastic substances)

டுஜார்டின் (Dujartin, 1841) என்பவர் முதன் முறையாக வாக்கியூல் (Vacuole) என்ற சொல்லை அளித்தார். இந்தச் சொல் தாவரங்களிலும், விலங்குகளிலும் உள்ள நிலையான அமைப்புகளைக் குறிப்பிட உதவுகின்றது. தாவரங்களில் மிகப் பெரிய சாற்றுக் குழிகள் காணப்படுகின்றன. முதிர்ந்த செல் லின்கண் சுமார் 70%-90% சாற்றுக் குழிகள் இடம் பெற்றிருக் கின்றன. குழிகளின் அமைப்பு, பண்பு, வகை ஆகியன இந்த அத்தியாயத்தில் தெளிவாக்கப்பட்டுள்ளன. அண்மையில், வொல்லியர் (Voeller, 1964) என்பவர் குழிகளைப் பற்றி விரிவாக ஆராய்ந்துள்ளார்.

குழித் தொகுப்பானது (vacuolar system) செல்களின் எண்டோபிளாச வலையிலும், கோல்கியிலும், நூக்ளியஸ் உறை யிலும் காணப்படுகின்றது. முதிர்ந்த செல்களில் பல சாற்றுக் குழிகள் இருக்கின்றன. சாற்றுக் குழிகளின் வடிவம் வேறுபட்டி ருக்கும். இவை நீளமாகவோ, இழைகள் போன்றோ, ஒழுங் கின்றியோ காணப்படுகின்றன.

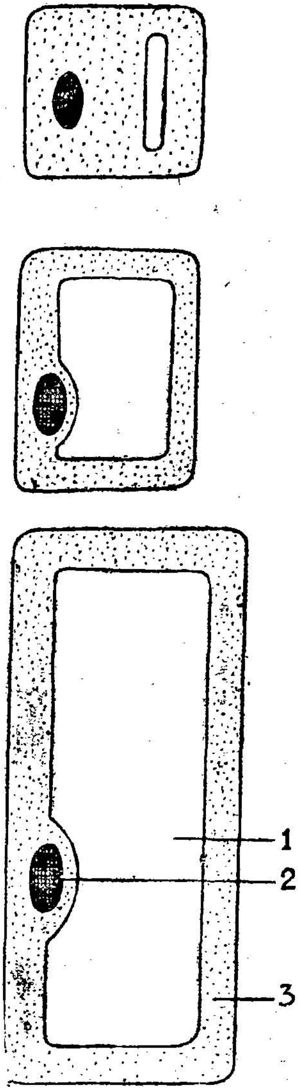
சாற்றுக்குழி ஓர் அலகு சவ்வினால் சூழ்ந்திருக்கும். இதனை டோனோபிளாஸ்டு என்பர். சாற்றுக் குழிகளில் இரு சவ்வுகள் இருப்பதாக முன்பு கருதப்பட்டது. அண்மையில் இக் குழிகளில் 70-100 Å தடிப்புடைய ஒரு சவ்வு உள்ளது என்று நிறுவப்பட் டுள்ளது. டோனோபிலாஸ்டு பிளாஸ்மாஸ் சவ்வு போல இருப் பினும் இது பௌதிகத் தன்மையில் வேறுபட்டிருக்கிறது. சாற்றுக் குழியில் செல்சாறு (cell sap) என்னும் நீர் போன்ற

பாய்மம் (watery fluid) உள்ளது. ஸெல் சாற்றில் பல வகை வேதியியல் பொருள்கள் கரைசல் நிலையிலோ, கொல்லாய்டு (Colloid) நிலையிலோ காணப்படுகின்றன. இப் பொருள்கள் வளர்சிதை மாற்றத்தினால் ஏற்பட்டவை. இவ்வகை வேதியியற் பொருள்களுடன் நீர் சுமார் 98 சதவிகிதம் ஸெல் சாற்றில் உள்ளது. ஸெல் சாற்றில் கனிம உப்புகள், அங்கக அமிலங்கள், கார்போஹைட்ரேடுகள், புரதங்கள் ஆல்கலாய்டுகள், டானின், மியுசிலேஜ் ஆகிய பொருள்கள் அடங்கியுள்ளன. மேலும் சில சாற்றுக் குழிகளில் நிறமிகளும் உள்ளன.

சாற்றுக் குழிகளில் காணப்படும் பொருள்கள் எர்காஸ்டிக் (Ergastic) என வகைபடுத்தப்பட்டுள்ளன. இப் பொருள்களின் வேதியியல் தன்மைகளைப்பற்றி இந்நூலில் 'ஸெல் வேதியல்' என்னும் அத்தியாயத்தில் தெளிவாக்கப்பட்டுள்ளது (படம்4-1).

தோற்றம் (Origin)

தாவரங்களில் சாற்றுக் குழிகள் எவ்வாறு தோன்றுகின்றன என்பது இதுவரை புலப்படவில்லை. ஆயினும் பூவட் (Buvat, 1963) என்ற அறிஞரின் கருத்துப்படி சாற்றுக் குழிகள் எண்டோபிளாச வலையிலிருந்து தோன்றியனவாகும். எண்டோபிளாச வலையில் சில புடைப்புகள் (warts) உள்ளன. பின்னர் இவை சாற்றுக் குழிகளாக வளர்கின்றன. இக் கருத்திற்குச் சான்று அளிக்கும் வகையில், சாற்றுக்குழிகளில், எண்டோபிளாச வலையின்டுப்யூல்கள் (tubules of E.R.) போன்ற அமைப்புகள் காணப்



படம் 4–1.
வளரும் தாவர ஸெல்லில் ஓர் பெரிய சாற்றுக் குழி உண்டாதல்.
1. சாற்றுக்குழி 2. நூக்ளியஸ் 3. ஸைட்டோ பிளாசம்.

படுகின்றன. கோல்கிப் பொருளில் இருந்து சிறு குமிழ்கள் எனப் படும் மொட்டுகள் (buds) தோன்றுகின்றன. இவை ஒருங் கிணைந்து பெரிய மையச் சாற்றுக்குழியை உண்டாக்குகின்றன. இவ்வாறு மாரினேஸ் (Marinos, 1963) தம் கருத்தினை வெளி யிட்டார். சைட்டோபிளாசத்தில் நீருடன் இணைந்த பெரும் மூலக் கூறுகளின் சேர்க்கையால் சாற்றுக் குழிகள் தோன்று கின்றன என்று மற்றொரு கருத்தும் உள்ளது.

பௌதீக-வேதியியல் (physico-chemical) அடிப்படையில் பார்க்கும் பொழுது, ஒவ்வொரு சாற்றுக்குழியும், நீர் மூலக்கூறு களுக்கு இடையே ஏற்படுகின்ற ஈர்ப்பினால், ஒன்றுசேர்ந்து சாற் றுக்குழிகள் ஏற்படுகின்றன. அப்போது நீர்வெறுக்கும் மூலக் கூறுகள் ஒன்றுசேர்ந்து சாற்றுக்குழிகளுக்குச் சவ்வுகளாக அமை கின்றன. இவ்வாறு நீரின் பௌதீக-வேதியல் ஆற்றல் அள வினால் சாற்றுக்குழிகள் தோன்றுகின்றன என்று கருதப்படு கிறது. மேலும் இவை சாற்றுக்குழி முன்னோடிகளால் (pre-vacuolar bodies) தோன்றும் என்று லார்சின் (Larsin, 1965) கருதுகிறார்.

சாற்றுக்குழிகளின் செயல்கள் (Functions of the Vacuoles)

சாற்றுக்குழிகள், செல்களில் விறைப்பு அழுத்தத்தை (turger pressure) நிலைநிறுத்துகின்றன. இச் செயல் இவற்றின் சவ்வூடு பரவல் (osmosis) தன்மையால் நிகழ்கிறது. வளர் சிதை மாற்றத்தினால் உண்டாகும் பொருள்கள் இங்குச் சேகரிக் கப்படுகின்றன. சாற்றுக்குழிகளில் உணவுப் பொருள்கள்சேமிக் கப்படுகின்றன. மேலும் செல் நீட்சியிலும் (cell elongation) உதவுகின்றன. செல்லுறை உண்டாதலில் இவை தொடர்பு கொண்டிருப்பதாகக் கருதப்படுகின்றது. சாற்றுக்குழிகள் புரோட்டோபிளாச உற்பத்தியில், சிக்கனமான நீர்மம் சார்ந்த அழுத்தம் உண்டாகும்போது (hydrostatic pressure) இடையூறு ஏதும் வராமல் பாதுகாக்கின்றன.

எர்காஸ்டிக் பொருள்கள் (Ergastic substances)

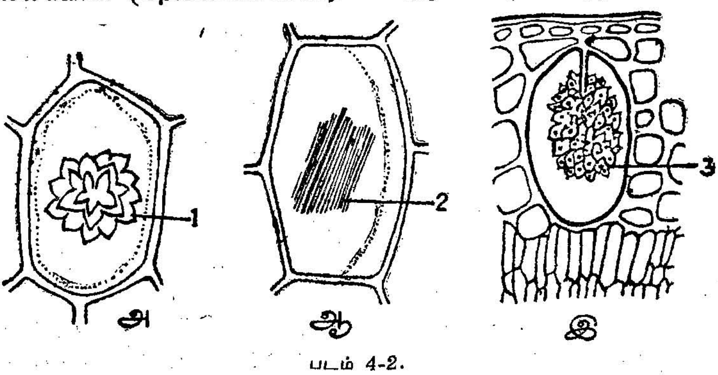
எர்காஸ்டிக் பொருள்கள் சாற்றுக்குழிகளிலும், செல்லுறை களிலும், புரோட்டோபிளாசத்தின் பகுதிகளிலும் காணப்படு கின்றன. எர்காஸ்டிக் பொருள்களில், திண்மத்துகள்கள் (solid particles), அங்கக, அனங்ககப் பொருள்கள், எண்ணெய், கோந்துகள் (gums), ரெசின்கள் (resins) ஆகிய பொருள்கள் உள்ளன. இவை செல்களின் வளர்சிதை மாற்றங்களால்

ஏற்படுகின்றன. தாவர உணவுப் பொருள்கள், கழிவுப் பொருள்கள், கரை பொருள்கள் ஆகியவை எர்காஸ்டிக் பொருள்களாகும்.

படிகங்கள் (Crystals)

இவை தாவரங்களின் கழிவுப் பொருள்கள் ஆகும். படிகங்கள் பல வடிவங்களையும், வெவ்வேறு வேதிப் பண்புகளையும் பெற்றிருக்கின்றன. படிகங்களில் கால்சியம் உப்புகளும், சிலிகான் நீரிலிகளும் (Anhydrids and Silicon) அதிகமாகக் காணப்படுகின்றன.

கால்சியம் ஆக்சலேட் படிகங்கள் (Calcium Oxalate Crystals), பல வடிவங்களில் காணப்படுகின்றன. அவை ஊசி வடிவத்திலோ (needle shape), விண்மீன் வடிவத்திலோ (star shape) உள்ளன. சில தனி வகையான செல்களில் ஊசி வடிவப் படிகங்கள் கற்றைகளாக (bundles) அமைந்துள்ளன. இவை சாற்றுக்குழிகளில் (Vacuoles) காணப்படுகின்றன. படிகங்கள் சைட்டோபிளாசத்தில் (Cytoplasm) ஏற்படுகின்றன என்று குஸ்டர் (Kuster, 1956), நிடோலிட்ஸ்கி (Netolitzky, 1929), ஸ்காட் (Scott, 1941), ஆகியோர் குறிப்பிட்டனர். இப் படிகங்களை ரேஃபைடுகள் (raphides) என்பர். பைகஸ் (Ficus) போன்ற தாவரத்தில் கால்சியம் கார்பொனேட் (Calcium Carbonate) படிகங்கள் உள்ளன. இவை புறத்தோல் செல்களின் (epidermal cells) உட்குழிவில் (Cavity) சேமிக்கப்

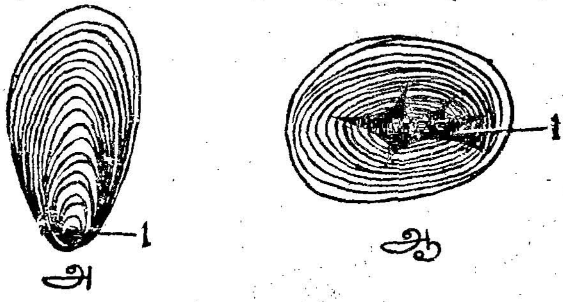


படம் 4-2.
படிகங்களின் வகைகள்.
1. குருஸஸ், 2. ராபைடுகள், 3. ஸிஸ்டொலித்.

படுகின்றன. இவற்றை சிஸ்டோலித் (cystolith) என்பர். புல் இலைகளின் (grass leaves) வெளி உறையில் (Outer wall) சிலிகான் (silicon) சேமிக்கப்படுகின்றது (படம் 4–2).

தரசம் (Starch)

தரசம், செல்களின் சேமிப்பு உணவுப் பொருள்கள் ஆகும். இவை திண்ம (solid) உணவுப் பொருள்களாகக் காணப்படுகின்றன. இவற்றிற்குக் கொல்லாய்டு தன்மை இருப்பதால் இவை நீரை உறிஞ்சி விரிவடையும் இயல்பைப் பெற்றிருக்கின்றன. பொதுவாகத் தரசம், தரசமணிகள் எனப்படும் திண்ம உணவுப் பொருள் நிலையில் உள்ளன. இவை பல வகைகளாகவும், பல வடிவங்களிலும் இருக்கின்றன. இவை வட்டமாகவோ, முட்டை வடிவத்திலோ உள்ளன. ஒவ்வொரு தரசமணியிலும் பல வட்டமான அடுக்குகள் வரிசையாக அமைந்துள்ளன. இவை ஹைலம் (hilum) என்ற புள்ளியைச் சுற்றி அமைந்திருக்கின்றன. தரசமணிகள் ஹைலம் மையத்தில் அமைந்திருந்தால் அவற்றை மைய சூழ் தரசமணிகள் (concentric starch grains) என்பர். சில வகைத் தரச மணிகளில் ஹைலம் ஒரு புறமாக அமைந்துள்ளது. இவை விளிம்பு சூழ் தரசமணிகள் (Eccentric starch grains) எனப்படுகின்றன. வேறு சில தரசமணிகளில் ஒன்றுக்கு மேற்பட்ட ஹைலா (hila) காணப்படுகின்றன. இவ்வகையைக் கூட்டுத் தரச மணிகள் (Compound starch grains) என்பர் (படம் 4—3).

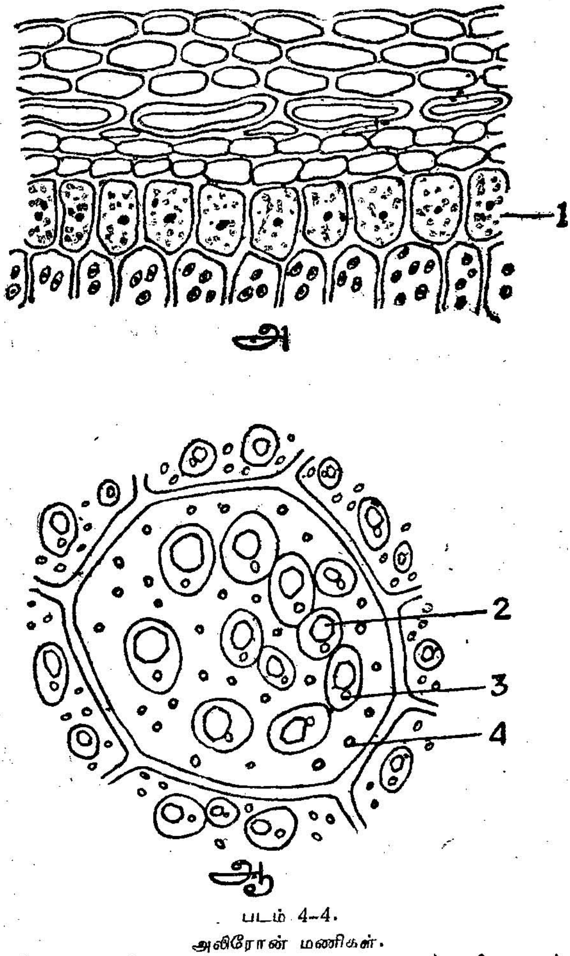


படம் 4-3.
தரச மணிகள்.
அ. விளிம்பு சூழ் தரசமணி, ஆ. மைய சூழ் தரசமணி
1. ஹைலம்.

புரதங்கள் (Proteins)

இவை புரோட்டோபிளாசத்தின் முக்கியக் கூறுகளாக இருந்த போதிலும் எர்காஸ்டிக் பொருள்களாகவும் காணப்படுகின்றன. எர்காஸ்டிக் புரதங்கள் வடிவமற்ற நிலையிலோ ஒழுங்கான படிக நிலையிலோ, செல்களில் சேமித்து வைக்கப்படுகின்றன. வடிவமற்ற புரதங்கள் சிறு குளோப்யுல்களாகவோ (globules), வடிவற்ற தொகுப்புகளாகவோ காணப்படுகின்றன. கோதுமை விதை சூழ் தசையில் (endosperm of wheat) தரசமணிகளுடன்

புரதங்களும் சேர்ந்து காணப்படுகின்றன. பல விதைகளிலும், கருவிலும், விதை சூழ்தசையிலும், சேமிப்புப் புரதங்கள் அலிரோன் மணிகள் (aleurone grains) போல உள்ளன. இவற்றில் புரதங்களின் கிரஸ்டலாய்டுகளும், குளோபாய்டுகளும் உள்ளன (படம் 4—4).



படம் 4-4.

அலிரோன் மணிகள்.

அ. கோதுமை விதை சூழ் தசை — ஆ. ஆமணக்கு விதை சூழ் தசை

1. அலிரோன் மணிகள், 3. குளோப் யுல்கள்,
2. படிகம் ஒத்த பொருள், 4. எண்ணெய் துளிகள்.

ஆல்கலாய்டுகள் (Alkaloids)

ஆல்கலாய்டுகள், புரதப்பொருள்களின் சிதைவினால் ஏற்படுகின்றன. இவற்றில் கார்பன், ஹைட்ரஜன், நைட்ரஜன்,

ஆக்சிஜன் ஆகியவை உள்ளன. இவை கசப்புச் சுவை உடையவை. சான்ருகச் சின்கோனுவிலிருந்து எடுக்கப்பட்ட குவினைன் (Quinine) மருந்துகளில் இத் தன்மையினைக் காணலாம்.

குளுகோசாய்டுகள் (Glucosoides)

இவை கார்போஹைட்ரேட் சிதைவினுல் உண்டாகின்றன. இவை மருந்து தயாரிப்பில் இன்றியமையாதவையாயுள்ளன. சான்ருக டிஜிடாலின் (digitalin) என்னும் குளுகோசாய்டு டிஜிடாலின் (digitalin) எனப்படும் தாவரத்திலிருந்து எடுக்கப் படுகிறது.

எண்ணெய்கள் (Oils)

எண்ணெய்கள் கழிவுப் பொருள்களாகக் கருதப்படுகின்றன. இவை தாவரங்களில் எளிதில் ஆவியாகும் எண்ணெய் களாகவோ (volatile oils) நறுமணமுள்ள எண்ணெய் களாகவோ உண்டாகின்றன.

சுரக்கும் பொருள்கள் (Secretory materials)
ரெசின் (Resin)

ரெசின்கள் எளிதில் ஆவியாகும் எண்ணெய்களின் சிதை வினுல் உண்டாகின்றன. இவையும் மருந்து தயாரிப்பதில் உபயோகிக்கப்படுகின்றன.

கோந்துகள் (Gums)

இவை செல்லுலோஸ் ஸெல்லுறையின் சிதைவினுல் உண்டா கின்றன. இவை சர்க்கரைப் பொருள்களிலிருந்து ஏற்படுகின்றன.

டான்னின்கள் (Tannins)

டான்னின்கள் ஃபினுல் (phenol) கூட்டுப் பொருள்களால் ஆகியவை. இவை பல தாவரங்களின் இலைகளில் மிகுதியாக உள்ளன. மேலும் இவை ஸைலம் (xylem) ஃபுளோயிம் (phloem) போன்ற திசுக்களிலும், தண்டின் பெரிடெர்மிலும் (periderm), வேர்களிலும், விதை உறைகளிலும் காணப் படுகின்றன. ஸெல்களில் நொதிச் செயலை டான்னின்கள் தடைப்படுத்துகின்றன. ஸெல்களின் சாற்றுக்குழிகளில் டான்னின்கள் உள்ளன. இப்பொழுது டான்னின்கள் தனிப் பட்ட உறுப்புகளில் உண்டாகின்றன எனக் கருதப்படுகிறது. டான்னின்கள் புரோட்டோபிளாசம் உலர்வதையும் (desication), சிதைவு பெறுவதையும் (decay) தவிர்த்து புரோட்டோபிளாசத்திற்குப் பாதுகாப்பு அளிக்கின்றன.

5. ஸெல் வேதியியல்

(Cell Chemistry)

தியோஃபராஸ்டஸ் பொம்பாஸ்டஸ் ஃபான்ஹொஹென்ஹிம் (Theophrastus Bombastus Von Hohenhein, 1493-1541), போன்ற இரசவாதி (alchemists), உயிரினங்களின் வேதியியல் பண்புகளைப் பற்றித் தம் கட்டுரைகளில் குறிப்பிட்டிருக்கிறுர். இவர் மருத்துவ வேதியியல் (medical chemistry) தன்மைகளைக் குறித்துள்ளார். முதன் முறையாக, கார்ல் வீல் ஹெல்ம் ஷீசீல் (Carl Wilhelm Scheele, 1742-1782) எலுமிச்சம் சாற்றிலிருந்து (lime juice) சிட்ரிக் அமிலத்தையும் (citric acid), சிறுநீர்க்கழுவிலிருந்து (urine) யூரிக் அமிலத்தையும் (uric acid), விலங்குக் கொழுப்புகளில் (animal fats) இருந்து கிளசராலையும் (glycerol) பிரித்துக் காட்டினர். இன்றைய அங்கக வேதியியல் (organic chemistry), முன்பு உயிர் வேதியியலாகக் (biochemistry) கருதப்பட்டது. அனங்ககப் பொருள்களிலிருந்து யூரியா (urea) சேர்க்கப்படுகிறது என்று பிரடரிச் ஊலெர் (Friedrich Wohler, 1828), என்ற வல்லுநர் கண்டறிந்தார். கார்பன் அணுவின் (carbon atom) பண்பிற்கு ஏற்றவாறு அங்ககக் கூட்டுப்பொருள்களின் தனித் தன்மைகள் (special properties) அமைந்துள்ளன என்று மார்சிலின் பெர்திலோட் (Marcellin Berthelot, 1827-1907) என்ற வல்லுநர், கண்டறிந்து விளக்கினர். உயிர் வேதியியல் என்பது உயிர்த் தொகுப்புகளின் வேதியியல் விசையியக்கவியலைக் (Chemical Dynamics) குறிப்பிடுகிறது எனக்கிளௌடி பெர்ஞர்ட் (Claude Bernard, 1813-1878) லூயிஸ் பாஸ்சர் (Louis Pasteur, 1822-1895) ஆகியோரின் ஆராய்ச்சிகள் தெளிவுபடுத்தின.

ஒவ்வொரு ஸெல்லும் மற்ருெரு ஸெல்லிலிருந்து தோன்றின (Omnis cellula e cellula) என்ற கருத்தை ருடால்ஃப் விர்சொவ்

(Rudolf Virchow, 1821 - 1902) அறிவித்தார். எல்லா உயிர்ப் பொருள்களும் உயிருள்ள பொருள்களில் இருந்தே உண்டாயின (Omne vivum evivo) என்ற கருத்தைப் பாஸ்சர் (Pasteur)வெளியிட்டார். இந்தக் கருத்துகளின் காரணமாக, உயிர்ப்பொருள்களின் உயிர் வேதியியல் ஒற்றுமை (biochemical unity) பற்றிய ஆராய்ச்சிகள் வெளிவந்தன. பின்னர் உயிர் வேதியியல் ஒரு தனிப் பல்கலைக் கழகப் பாடமாக ஏற்றுக்கொள்ளப்பட்டது.

உயிர் வேதியியல் ஓர் அறிவியல் துறையாக விரிவு பெற்ற பின்னர் பல்வேறு வகைப்பட்ட மூலக்கூறுகள் செல்லில் உள்ளன என்று அறியப்பட்டது. இவற்றில் பல சிக்கலான அமைப்புகள் காணப்படுகின்றன். இவை சிக்கலான அமைப்பைப் பெற்றிருந்த போதிலும், தனிப்பட்ட முறையில் உயிருக்கான பண்புகளை செல்லுக்கு அளிப்பதில்லை. இவ்வகையான பொருள்கள் பலவற்றை செல்களில் இருந்தும், திசுக்களில் இருந்தும், உறுப்புகளிலிருந்தும், உயிரினங்களிலிருந்தும் பிரித்தெடுத்துப் பகுத்து ஆய்ந்தனர். அண்மைக் காலத்தில், பல நுண் முறைகளின் (micromethods) பயனாக, செல்களில் இப்பொருள்கள் எப்பகுதியில் காணப்படுகின்றன என்பதையும். செல்களில் எவ்வாறு பரவலாகச் சிதறிக் கிடக்கின்றன என்பதையும் அறிந்தனர்.

செல்லில் காணப்படும் புரோட்டோபிளாசத்தில் முக்கியமாக ஆறு கூறுகள் உள்ளன. அவை கார்பன் (carbon), ஹைட்ரொஜன் (hydrogen), நைட்ரொஜன் (nitrogen), கந்தகம் (sulphur), ஆக்ஸிஜன் (oxygen), ஃபாஸ்ஃபரஸ் (phosphorous), போன்றவையாகும். மேலும் சிறிதளவு மெக்னீசியம் (magnesium), மாங்கனீஸ் (manganese), இரும்பு (iron), அயொடின் (iodine), குளோரின் (chlorine) முதலியவைகளும் காணப்படுகின்றன. இக் கூறுகள் அனைத்தும் பலவகைகளில் ஒன்றுசேர்ந்து புரதங்கள், மாவுப்பொருள்கள் (carbohydrates), லிபிடுகள் (lipids) ஆகியவற்றையும் சிக்கலான அங்கக மூலக்கூறுகளையும் ஏற்படுத்துகின்றன.

செல்களில்; நீருக்கு (water) அடுத்து அதிகமாக இருக்கும் அங்ககப் பொருள் புரதமே ஆகும். புரோட்டோபிளாசத்தில் 15-18 சதவீதப் புரதம் உள்ளது. புரோட்டோபிளாசத்தில் கார்போஹைட்ரேட்டுகள் சுமார் ஒரு சதவீதமும், லிபிடுகள் மூன்று சதவீதமும் காணப்படுகின்றன. மேலும் புரோட்டோபிளாசத்தின் பெரும் பகுதியில் நீர் (சுமார் 80%) உள்ளது.

புரோட்டோபிளாசத்தின் வளர்சிதை மாற்றங்களுக்கு நீர் ஓர் ஊடகமாக இருக்கிறது. ஆயினும் இதில் பல வேதியியில் மாற்றங்கள் நிகழ்கின்றன. அங்ககப்* பொருள்களும், நொதிகளும் (enzymes), ஹார்மோன்களும் (hormones), தனி இரு வகையான பொருள்களின் மூலக்கூற்று அமைப்பு, இவற்றின் சிறப்பு ஆகியவை பற்றித் தெளிவாக்கப்பட்டுள்ளன.

புரதங்கள் (Proteins)

ஸெல்களின் சிறப்பு அடிப்படை அமைப்புக்குப் புரதங்களே காரணமாக உள்ளன. இவற்றில் பெரும் மூலக்கூறுகளின் கூட்டங்கள் காணப்படுகின்றன. இந்த மூலக்கூறுகள் ஆருயிரத்திலிருந்து பல இலட்சம் வரை மூலக்கூறு எடையில் உள்ளன. எல்லாப் புரதங்களிலும் கார்பன், ஹைட்ரொஜன், ஆக்சிஜன், நைட்ரொஜன் ஆகியவை உள்ளன. இவற்றைத் தவிர, பொதுவாகக் கந்தகம் (sulphur), ஃபாஸ்ஃபரசும் (phosphorus) புரதமூலக்கூறுகளில் காணப்படுகின்றன. புரதங்கள் அமினே அமிலத் (amino acid) தொடர்களால் ஏற்பட்டவை. புரதத்தின் அமினே அமிலங்களில் அமினேவும் (Amino), கார்பாக்சிலும் (Carboxyl) ஒன்றுசேர்ந்து பெப்டைட் பிணைப்புகளை (peptide bonds) உண்டாக்குகின்றன. ஸெல்லில் ஃபாஸ்ஃபோரிலேஷன் (phosphorylation) செய்யப்பட்ட அமினே அமிலங்கள் மட்டும் தகுந்த நொதிகளுடன் எதிர் வினை (reaction) புரிந்து, பெப்டைட் பிணைப்புகளைத் தோற்றுவிக்கின்றன. அமினே அமிலங்களின் பெப்டைடு பிணைப்புகள் புரதங்களின் அடிப்படை அமைப்புகளாக உள்ளன. மேலும் மற்ற இணைப்புகளும் (linkages), புரத அமைப்பை உண்டாக்க முக்கிய காரணமாக விளங்குகின்றன.

புரதத்தில் சுமார் இருபது வகையான அமினே அமிலங்கள் உள்ளன. ஆயினும் அமினே அமிலங்கள் அனைத்தும் எல்லாப் புரதங்களிலும் இருப்பதில்லை. புரத வகையைச் சார்ந்த ஜிலாடின் (gelatin) மூலக்கூறு ஒவ்வொன்றிலும் டைரோசின் (tyrosine), பினைலாலானின் (phenylalanine) போன்ற நறுமணமுள்ள அமினே அமிலங்கள் காணப்படுகின்றன. ஆல்புமென் (albumin) போன்ற மற்றொரு புரதத்தில் பல அமினே அமிலங்கள் உள்ளன. இந்த இருபது வகை அமினே அமிலங்களில் இருந்து பல புரத வகைகள் தோன்றுகின்றன. இக்கால எக்ஸ்-கதிர் பரப்புகையின் (X-ray diffraction) வாயிலாக நூக்ளியேஸ் (nuclease), மயோகுளோபின் (myoglobin), ஹிமோகுளோபின் (haemoglobin) ஆகியவற்றின் மூன்று உருவறவைச்

(three dimentional) சார்ந்த அமைப்புக் கண்டாராயப் பட்டது.

புரதங்கள் கரைதிறனில் வேறுபடுகின்றன. சான்றாக ஆல்புமின் வகை புரதங்கள் நடுநிலை வாலை வடிநீரில் (neutral distilled water) கரையும் தன்மை உடையன. ஆயினும் குளோபுலின் (globulin) என்ற புரதம் எப்பொழுதும் நீர்த்த (dilute) நடுநிலை (neutral) உப்புக் கரைசலில் கரைதிறன் உடையது. சில புரதங்கள் அமிலத்திலும், காரகுணமுள்ள கரைசலிலும் (basic solution), சாராயம் (alcohol) கரைசல் களிலும் கரைகின்றன.

புரதம், அமினோ அமிலங்கள் ஆகியவற்றின் பௌதீக வேதியியல் பண்புகள், அவற்றின் காற்றுமண்டல இயல்பிலிருந்து (atmospheric nature) ஏற்படுகின்றன. அமினோ அமிலம் ஒரு நீரியக் கரைசலில் (aqueous solution), இருமின்னேற்ற (elec'ron transport) இருமுனை அயனியாக (ion) இருக்கிறது. எனவே இப்பண்பு இருமுனை அயனிப் பண்பு (zwitterion) எனப்படு கிறது.

புரோடானை (proton) வெளியிடக்கூடிய பொருளை அமிலம் என்றும், புரோடானை ஏற்கும் பொருளைக் காரகுணமுள்ளவை (basic) என்றும் வரையறைக்கப்பட்டுள்ளன. ஓர் அமினோ அமிலமும், புரதமும் கட்டில்லாக் கார்பாக்சில் (free carboxyl) தொகுதியின் தன்மையினால் ஓர் அமிலமாகச் செயல்புரிகிறது.

ஆனால் இவை கட்டில்லா அமினோ தொகுதியில் (free amino group) காணும்பொழுது, காரகுணமுள்ளதாகச் செயலாற்றுகிறது. பல வகைப் புரதங்களுக்கும், அமினோ அமிலங்களுக்கும் வேறுபட்ட ஒரே மின்னிடம் (isoelectric point) உள்ளது. அமினோ அமிலங்கள், ஒரு தாங்கல் கரைசலில் (buffer solution) கரைக்கப்பட்டு, ஒரு மின்புலத்தில் (electric field) வைக்கப் படுகிறது. அப்பொழுது அமினோ அமில மூலக்கூறுகள் நேர்மின் முனையினையோ (anode) அல்லது எதிர்மின் முனையினையோ (cathode) சென்று அடைகின்றன. இஃது ஒரே மின்னிடம் எனப்படுகிறது.

இழை புரதங்களும் கோளவடிவமுள்ள புரதங்களும் (Fibrous proteins and Globular proteins).

புரதங்கள் இழை வடி வத்திலேயோ, கோளவ்டிவத்திலேயோ காணப்படுகின்றன. அல்புமின் (albumin), குளோபுலின் (glo

bulin) போன்ற கோளவடிவ புரதங்களில் ஒன்று அல்லது பல பெப்டைடு தொடர்கள் உள்ளன. கொல்லாஜன் (collagen) தொகுதியில் கிராடின்—மயோசின்—இலாஸ்டின்—ஃபைப்ரிநோஜின் தொகுதி (Keratin—myosin—elastin—fibrinogen group) ஆகிய இருவகை இழைப் புரதங்கள் காணப்படுகின்றன. கொல்லாஜன் தொகுதிப் புரதங்களில் மூன்று பாலிபெப்டைடு தொடர்கள் சுருண்ட திருகுகளாக (coiled helix) உள்ளன. கொல்லாஜன் மூலக்கூறுகள் நீண்டும், மெலிந்த கோள் வடிவமும் உடையவை. இவை சமசீரற்ற மூலக்கூறுகள் (asymmetrical molecule) ஆகும். இவற்றில் மூன்று பெப்டைடு தொடர்கள் உள்ளன. இராடின்—மயோசின்—இலாஸ்டின்—ஃபைப்ரிநோஜின் தொகுதிகளில் இழைகள் திருகு (helix) வடிவத்தில் அமைக்கப் பட்டுள்ளன. இந்த இழைப் புரதத்தில் பாலிபெப்டைடு தொடர், மடிப்புடைய (pleated) இழைப் பட்டைப் போன்று உள்ளது என்று X-கதிர் பகுப்பாய்வுகள் விளக்கின.

இணைந்துள்ள புரதங்கள் (Conjugated proteins)

சில புரதங்கள், ஓர் உயிரியில் காணப்படும் பிற கூட்டுப் பொருள்களுடன் ஒன்றுசேர்ந்து இணைந்துள்ள புரதங்களை உண்டாக்குகின்றன. இவற்றுக்குச் சான்றாக, ஹூமோகுளோபினைக் குறிப்பிடலாம். இதில் குளோபின் (globin) என்னும் புரதமும், ஹிமி (Heme) என்னும் இரும்புக் கூட்டுப் பொருளும் சேர்ந்துள்ளன. நூக்ளியோ புரதங்கள் என்னும் மற்றொரு வகை இணைந்துள்ள புரதங்களில், சிலஅடிப்படைப் புரதமும் புரொடமென்ஸ் (protomines) அல்லது ஹிஸ்டோன்ஸ் (histones) நூக்ளியக் அமிலமும் சேர்ந்துள்ளன.

மாவுப் பொருள்கள் (Carbohydrates)

தாவர, விலங்கு அரசுகளில் (Plant and animal kingdoms) பெரும் தொகுதிக் கூட்டுப் பொருள்களான கார்போஹைட்ரேட்டுகள் (மாவுப் பொருள்கள்) உள்ளன. இவை பல வகைச் செயல்களைச் செய்கின்றன. மாவுப் பொருள்கள் அங்ககக் கூட்டுப் பொருள்களாகக் கருதப்படுன்றன. இவற்றில் கார்பன், ஹைட்ரொஜன், ஆக்சிஜன், பெரும்பாலும் ஆல்டிஹைட் (aldehyde) அல்லது கீடோ (keeta) தொகுதி ஆகிய பொருள்கள் இருக்கின்றன. மாவுப் பொருள்களை (CH_2O) என்னும் வாய்பாட்டில் (formula) குறிப்பிடலாம். பொதுவாக மாவுப் பொருள்கள் யுரோனிக் அமிலம் (uronic acid), குளோகோசமைன்ஸ் (glucosamines) போன்ற சர்க்கரை மோனோமீர்களாகத் (sugar

monomers) திருத்திய அமைப்பில் காணப்படுகின்றன. குளோ கோசமைன்ஸில் (glucosamines) நைட்ரொஜனும் உள்ளது.

மாவுப் பொருள்களை (1) மானோ சாக்கரைடுகள் (Monosaccharides), (2) ஒலிகோசாக்கரைடுகள் (Oligosaccharides), (3) பாலி சாக்கரைடுகள் (Polysaccharides) என மூவகைப் படுத்தலாம். மானோ சாக்கரைடுகளும், ஒலிகோ சாக்கரைடு களும் இனிப்புத் தன்மை உடையவை. இவற்றின் மூலக்கூறு களின் எடை (molecular weight) குறைவாக இருக்கும். இவை தேர்வு செலுத்தச் சவ்வில் உட்புகுதிறனுடையன. இவற்றைப் படிகமாக்கலாம். இதற்கு மாறாகப் பாலி சாக்கரைடுகளுக்குத் தேர்வுச் செலுத்துச் சவ்வில் உட்புகு திறன் இல்லை. இவற்றின் மூலக்கூற்று எடை இதுவரை முடிவு செய்யப்படவில்லை.

மானோசாக்கரைடுகள் (Monosaccharides)

மானோசாக்கரைடுகள் எளிமையான மாவுப் பொருள்கள் ஆகும். இவற்றிலிருந்து உயர்ந்த மாவுப் பொருள்கள் (carbohydrates) உண்டாகின்றன என்று கருதப்படுகிறது. இவற்றில் ஐந்து கார்பன் சர்க்கரைகள் இருப்பின் அவை பெண்டோஸ் (pentose) எனப்படும். இவை தாவர செல் உறையின் நடு அடுக்கு (middle lamella), நூக்ளியக் அமிலங்கள் ஆகியவற்றில் காணப்படுகின்றன. சில மாவுப் பொருள்களில் ஆறு கார்பன் சர்க்கரைகள் உள்ளன. அவை ஹெக்சோஸ் (hexose) எனப்படும்.

மானோசாக்கரைடுகள் நீர் கலந்த கரைசலில் காணப் படுகின்றன. இவை வளைய அமைப்பு வடிவத்திற்குச் சம நிலையில் உள்ளன. இந்த அமைப்பு ஓர் ஆக்ஸிஜன் பாலத்தினால் (oxygen bridge) ஏற்படுகிறது. ஹைட்ரோக்சில் தொகுதியில் இருந்து கார்பன்கள்-4 அல்லது கார்பன்-5, கார்பாக்சில் தொகுதியிலிருக்கும் ஒன்று அல்லது இரண்டு கார்பனுடன் எதிர்வினை புரிகிறது. இந்த எதிர்வினையிலிருந்து ஆக்ஸிஜன் பாலம் (oxygen bridge) உண்டாகிறது.

அமினோ சர்க்கரைகள் (Amino sugars)

அமினோ சர்க்கரைகள், மானோ சாக்கரைடின் சார்புப் பொருளாகக் (derivative) கருதப்படுகிறது. இதில் முதல் அமினோ (primary amino) ஹைட்ரோக்சில் தொகுதிகளில் ஒன்றை ஈடு செய்கிறது. அமைன் ஒரு குளுகோஸ் மூலக் கூற்றின் 1மேல் இருப்பின் அந்தச் சர்க்கரை குளுகோசமைன்

(glucosamine) எனப்படுகிறது. அதே போன்று ஃபிரக்டோசும் (fructose), காலக்டோசும் (galactose), ஃபிரக்டோசமைனாகவும் (fructosamine), காலக்டோசமைனாகவும் (galactosamine) மாற்றப்படுகின்றன. அமினோ சர்க்கரை தாவர பாலிசாக்கரைடு களின் முக்கிய ஆக்கக் கூறுகளாக உள்ளது.

யுரோனிக் அமிலம் (Uronic acid)

ஹைட்ராக்சில் தொகுதி, கார்பன்-6 உடன் அமைந்து ஆக்சிகரணிக்கப்பட்டு (oxidized). யுரோனிக் அமிலம் ஏற்படு கிறது. எனவே ஒரு குளுகோஸ் மூலக்கூறு ஆக்சிகரணம் அடைந்தால் அதனைக் குளுகுரோனிக் அமிலம் (glucuronic acid) என்பர். யுரோனிக் அமிலமும் தாவர பாலிசாக்கரைடு களின் முக்கிய ஆக்கக் கூறே ஆகும்.

கிளைகோசைடுகள் (Glycosides)

ஒரு சர்க்கரை மூலக்கூறு சாராயத்துடன் (alcohol) எதிர் வினை புரிந்து கிளைகோசைடை உண்டாக்குகிறது. தாவரங்களில் சிவப்பு, நீல நிறமிகள் உண்டாக்கக் கிளைகோசைடுகள் உதவுகின்றன.

ஒலிகோ சாக்கரைடுகள் (Oligo saccharides)

ஒலிகோ சாக்கரைடில், இணைந்த (linked) மானோ சாக்கரைடுகள் (monosaccharides) அல்லது சர்க்கரை மானோ மீர்கள் (sugar monomers) சிறிய கூட்டங்களாகக் காணப் படுகின்றன. இவைகளுள் மிகச் சாதாரணமாகக் காணப்படும் டைசாக்கரைடான (disaccharide) சுக்ரோஸ் இருக்கின்றது. இரு மானோசாக்கரைடுகள் இணைவதால் ஒரு டைசாக்கரைடு (disaccharide) ஏற்படுகிறது. இவை கரும்பு (sugarcane) போன்ற தாவரத்தில் சேமித்து வைக்கப்படுகின்றன. மற்றொரு டைசாக்கரைடு வகையைச் சார்ந்த லாக்டோஸ் (lactose), பால் சுரப்பு செல்லிலிருந்து (milk secreting cells) உண்டான பாலில் (milk) இருக்கிறது. டைசாக்கரைடுகளை நீர்ச் சிதைவுச் (hydrolysis) செய்தால் இரு மானோசாக்கரைடுகளாகப் பிரிகின்றன.

பாலி சாக்கரைடுகள் (Polysaccharides)

தாவரங்களிலும், விலங்குகளிலும் பாலிசாக்கரைடுகள் பரவலாக உள்ளன. தாவரங்களில் தரசம் (starch) போன்ற பாலி சாக்கரைடுகள் இருக்கின்றன. விலங்குகளில் கிளைகோஜன்

(glycogen) போன்ற பாலிசாக்கரைடுகள், அதிக அடர்வாக்கத்தில் காணப்படுகின்றன. தரசமும், கிளைகோஜனும், ஆற்றலைச் சேமிக்கப் பயன்படுகின்றன. பாலிசாக்கரைடுகள், அதிக மூலக்கூறு எடையை (molecular weight) பெற்றுள்ளன. பாலிசாக்கரைடுகளில் வடிவமற்ற (amorphous) பண்பும், கரையாத் தன்மையும் (insoluble) உள்ளன. இவை சுவை அற்றவை (tasteless).

பாலிசாக்கரைடுகள் தாவரங்களின் செல் உறைகளிலும், சைலம், ஃபுளோயம் போன்றவற்றிலும் உள்ளன. செல்லுலோஸ் என்ற முக்கியப் பாலிசாக்கரைடு செல் உறைகளில் காணப்படுகிறது. செல் உறைகளை இணைக்கப் பெக்டின் என்ற பாலிசாக்கரைடு பயன்படுகிறது. லிக்னின் என்ற சிக்கலான பாலிசாக்கரைடுகளும் தாவர செல் உறைகளில் உள்ளன. மற்றொரு பாலிசாக்கரைடான கைடின், ஈஸ்ட் (yeast) போன்ற தாவர செல் உறைகளில் காணப்படுகின்றது.

லிபிடுகள் (அல்லது) கொழுப்புகள் (Lipids)

லிபிடுகள் வேறுபட்ட வேதியியல் அமைப்பையுடைய கூட்டுப் பொருள்கள் ஆகும். இவை கொழுப்பு (fats), ஃபாஸ்ஃபோலிபிடுகள் (phospholipids), மெழுகு (wax), ஸ்டீரால்கள் (sterols), கரோடினுய்டுகள் (carotenoids) ஆகிய வடிவங்களில் காணப்படுகின்றன. இவற்றை நீரில் கரைக்க முடியாது. ஆயினும் சில கொழுப்புக் கரைப்பான்களாகிய (fat solvents) ஈதர் (Ether), குளோரோஃபாரம் (Chloroform), பென்ஸீன் (Benzene) ஆகியவற்றில் கரைக்கலாம். செல் சவ்வுத் தொகுப்புகளின் முழுமையான பகுதிகளாக லிபிடுகள் செயல் புரிகின்றன. லிபிடுகள் உணவுப் பொருள்களைச் சேமிக்கவும் உதவுகின்றன. இவை சில பாசிகளில் சிறு துளிகளாகக் காணப்படுகின்றன.

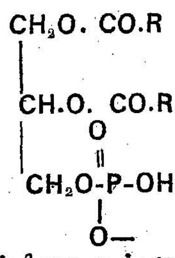
1. கொழுப்புகள் (Fats)

கொழுப்புகள் என்பவை கிளிசராலும் (glycerol), ஒன்று முதல் மூன்று வகையான கொழுப்பு அமிலங்கள் ஆகியவற்றைக் கொண்ட கூட்டுப் பொருள்களே ஆகும். பியுடிரிக் அமிலத்தின் (Butric acid) மூன்று மூலக்கூறுகள் கிளிசராலுடன் இணைக்கப் பட்டு டிரைபியுடிரின் (tributyrin) ஏற்படுவதனை இதற்குச் சான்றாகக் காட்டலாம். அதுபோலவே கிளிசராலுடன் பால்மீடிக் அமிலத்தின் (Palmitic acid) மூன்று மூலக்கூறுகள்

இணைந்து டிரை பால்மிடின் (tripalmitin) உண்டாகிறது. கிளிசராலின், டிரைகிளிசரைடு எஸ்ட்டர்களில் (triglyceride esters) தனித்தியங்கும் அமிலமோ (free acid), காரக் குணம் உள்ள தொகுதிகளோ (basic groups) இல்லை. எனவே இவை நடுநிலைக் கொழுப்புகள் (neutral fats) எனப்படுகின்றன. நடுநிலைக் கொழுப்பில் உள்ள மூன்று கொழுப்பு அமில மூலக்கூறுகள் இரண்டு அல்லது மூன்று வகைகளாக உள்ளன. சான்றாக நடுநிலைக் கொழுப்பில் பால்மிடிக் அமிலம் (Palmitic acid), ஓலியக் அமிலம் (Oleic acid) போன்ற இரு கொழுப்பு அமிலங்கள் மேலோங்கி காணப்படுகின்றன. உணவுச் சேமிப்பு செல்களில் நடுநிலைக் கொழுப்புகள் காணப்படுகின்றன.

2. ஃபாஸ்ஃபோலிபிடுகள் (Phospholipids)

ஃபாஸ்ஃபோலிபிடுகளில் கொழுப்பு, ஃபாஸ்ஃபோரிக் அமிலம் (Phosphoric acid), நைட்ரொஜனுடைய தொகுதி ஆகிய கூட்டுப் பொருள்களின் ஒரு தொகுதி காணப்படுகின்றது. பொதுவாகப் ஃபாஸ்ஃபோலிபிடுகள் செல் சவ்வுகளின் முக்கியச் சிறப்புப் பொருளாக விளங்குகின்றன. ஃபாஸ்ஃபாடிடிக் அமிலம் (phosphatidic acid) என்பது ஓர் எளிய ஃபாஸ்ஃபோலிபிடே ஆகும்.



ஃபாஸ்ஃபாடிடிக் அமிலம்.

இந்த அமிலத்தில் இரு கொழுப்பு அமிலங்களும், ஒரு ஃபாஸ்ஃபோரிக் அமிலமும், கிளிசராலின் மூன்று ஹைட்ராக்சில் தொகுதிகளுடன் (hydroxyl groups) எதிர் செயலாற்றுகின்றன. ஃபாஸ்ஃபோலிபிடுகளில் அமிலத் தன்மையும், கரை குணமுள்ள தொகுதியும் காணப்படுகின்றன. எனவே இவை இரு முனை அயனிகளாகச் செயலாற்றுகின்றன. ஃபாஸ்ஃபோலிபிடுகள் நீர் விரும்பும், நீர் வெறுக்கும் தன்மைகளைப் பெற்றுள்ளன. இவை நீரிலும், கொழுப்புகளிலும் கரையக் கூடியன. எனவே செல்களின் இரு வகையான கூட்டுப் பொருள்களை இணைப்பதற்குப் பயன்படுகின்றன.

3. மெழுகு (Wax)

மெழுகு எஸ்ட்டர்களில் கொழுப்பார்ந்த (aliphatic) சாராயமும் (alcohol), மிகுந்த கொழுப்பு அமிலங்களும் உள்ளன. பொதுவாக இவை பாதுகாப்பு அளிக்கும் மேற்படலங்களாகக் (coatings) காணப்படுகின்றன. சில சமயங்களில் இவை லிபிடின் (lipid) ஒரு பகுதியாக இருக்கின்றன. சில தாவர விதைகளின் லிபிட் சேமிப்புகளில் எஸ்ட்டராக்கப் பட்ட மெழுகு காணப்படுகிறது.

4. ஸ்டீரால்கள் (Steroles)

ஸ்டீரால்களில், அரோமாடிக் சாராயங்கள் (aromatic alcohols) இருக்கின்றன. இவை தனித்தியங்கும் ஹைட்ராக்சில் தொகுதியில் (free hydroxyl group) உள்ளன. ஸ்டீரால்கள் கொழுப்புக் கரைப்பான்களில் எளிதில் கரை திறனுடையவை. இவை தனித்தியங்கு நிலையிலோ, பால்மிடிக் அல்லது ஓலியக் போன்ற அமிலத்துடன் எஸ்ட்டராக்கப் பட்டோ காணப்படுகின்றன. கோலஸ்டிரால் (Cholesterol) என்ற ஸ்டீரால்கள் குறிப்பிடத் தக்க வகையில் முதுகெலும்புள்ளவற்றில் (vertebrates) உள்ளன. தாவர செல்க்ளில் β சிஸ்டோஸ்டீராலும் (β Sistosterol) பூஞ்சைகளில் எர்கோஸ்டீராலும் (ergosterol) காணப்படுகின்றன. ஸ்டீரால்களே முதுகெலும்புள்ளவற்றின் பால் இயக்கு நீர்களாகும் (sex hormones). வைட்டமின் 'டி'யும் ஸ்டீரால் தொகுதியைச் சார்ந்ததே ஆகும். இவை பிளாஸ்மா சவ்விலும், லிபிட் உள்ள செல் அமைப்புகளிலும் காணப்படுகின்றன. பிளொச் (Bloc, 1965) லிபிடுகளிலிருந்து சோப்பு ஆக்குதல் முறையினால் (saponification) ஸ்டீரால்கள் பிரிக்கப் படுகின்றன.

5. கரோடினொய்டுகள் (Carotenoids)

காரோடினொய்டுகள், தாவரங்களின் சிவப்பு, மஞ்சள் நிறப் பொருள்களில் காணப்படுகின்றன. இவை கொழுப்புக் கரைப்பான்களில் கரைகின்றன. இவற்றில் காரோடின்கள் (Carotenes), ஸாந்தோஃபில் (xanthophyll) என்ற இரு நிறமிகள் உள்ளன. காரோடின்களில் கார்பனும், ஹைட்ரொஜனும் உள்ளன. ஸாந்தோஃபில்கள் கார்பன், ஹைட்ரொஜன், ஆக்சிஜன் ஆகியவற்றைப் பெற்றுள்ளன. கரோடினொய்டுகள் தாவரங்களில் மட்டுமே சேர்க்கப்பட்ட போதிலும், சில விலங்குத் திசுக்களிலும் காணப்படுகின்றன. வைட்டமின் 'ஏ' கரோட்டினொய்டுகளில் இருந்து உண்டாகின்றது.

நூக்ளியிக் அமிலங்கள் (Nucleic acids)

நூக்ளியோ புரதங்கள், விலங்கு தாவர செல்கள், பூஞ்சை, பாக்டீரியா ஆகியவற்றில் காணப்படும் ஒரு கூட்டுப் பொருள் கள் தொகுதியே ஆகும். நூக்ளியக் அமிலத்திலிருந்து, புரதக் கூறுகளில் ஒன்றை (Protein moiety) நீர்ச்சிதைவு முறையினுல் பிரிக்கலாம். இதனை மேலும் நீர்ச் சிதைவு செய்தால் மோனே நூக்ளியோடைடுகள் (mononucletides) உண்டாகும். இவை பாலிமெரிக் நூக்ளியக் அமிலங்களின் (Polymeric nucleic acid) துணை அலகுகளாகக் (Sub units) கருதப்படுகின்றன. நூக்ளியக் அமிலங்கள், டி ஆக்சி ரிபோ நூக்ளியக் அமிலம் (டி நூ அ) ரிபோ நூக்ளியக் அமிலம் (ரி நூ அ) என இருவகைப்படும்.

டி நூ அ மரபுக் குறியீடுகளை எடுத்துச் செல்லும் அடிப் படைச் செயலில் ஈடுபடுகின்றன. இவற்றில், இரண்டு பூரைன்களும் (Purines), அடினைனும் (Adenine), குவானை னும் (Guanine), இரு பிரிமிடைன்களும் (Pyrimidines), சைடோசினும் (Cytosine), தைமினும் (Thymine), ஃபாஸ் ஃபோரிக் அமிலமும் (Phosphoric acid), டி ஆக்சி ரியோஸும் ஆகிய வேதியியற் பொருள்களும் காணப்படுகின்றன. ரி நூ அ புரதச் சேர்க்கையில் ஈடுபடுகின்றது. டி நூ அ வில் இருக்கும் வேதியியற் பொருள்கள் அனைத்தும் இதில் இருக்கின்றன. மேலும் யுராசில் (Uracil) என்னும் பிரிமிடைனும், டி ஆக்சி ரிபோஸ் என்னும் சர்க்கரையும் காணப்படுகின்றன.

நீர் (Water)

உயிரினங்களில் வளர்சிதை மாற்றங்களுக்கு நீர் இன்றியமை யாதது. செல்களில் நீர் அதிக அளவில் இருக்கிறது. செல் களில் நீர் இரு நிலைகளில் காணப்படுகிறது. அவை தனித்த நிலை, இணைந்த நிலை என்பன. வளர்சிதை மாற்றங்களுக்குக் கிடைக்கும் நீர், தனித்த நீர் எனப்படுகிறது. இருமுனைக் கவர்ச்சியின் (dipole attraction) காரணமாக, புரத மூலக் கூற்றுடன் நீர் தளர்ந்த நிலையில் சேர்க்கப்படும். இது இணைந்த நீர் (bound water) எனப்படுகிறது. தனித்த நீர், கொல்லாய்டு தொகுப்பிற்குச் சிதறல் படி நிலையாகச் (dispersion phase) செயல் புரிகிறது.

செல் நுண்ணுறுப்புகளின் வேதியியல் உட் பொருள்கள் (Chemical composition of Cellorganelles)

செல் பிளாஸ்மாச் சவ்வில் முதன்மையாகப் புரதம், பாஸ்ஃபோலிபிடுகள், சிறிதளவு கோலெஸ்டிரால் ஆகிய வேதிப்

பொருள்கள் காணப்படுகின்றன. இந்தச் சவ்வுகளின் அமைப்பு மற்றைய பண்புகளைப் பற்றி இந்நூலின் அத்தியாயம் 8இல் தெளிவாக்கப் பட்டுள்ளது.

நூக்ளியஸ் முக்கியமாகப் புரதம், நூக்ளியக் அமிலம் ஆகியவற்றால் ஆகியது. குரோமோ சோம்களில் சாதாரணப் புரதமும், நூக்ளியோ புரதமும் இருக்கின்றன. நூக்ளியோலசில் நூக்ளியக் அமிலமும், நூக்ளியஸ் திரவத்தில் புரதமும் உள்ளன. நூக்ளியஸின் வேதியியலைப் பற்றித் தனி அத்தியாயத்தில் காணலாம்.

சைட்டோ பிளாசத்தின் அடிப்படைப் பொருள்கள் பொதுவாகப் புரதத்தினால் ஆனவை. சைட்டோபிளாசத்தில் காணப்படும் ரிபோசோம்களில் புரதமும் ரிபோ நூக்ளியக் அமிலமும் உள்ளன.

சைட்டோ பிளாசத்தில் சவ்வு வலையாக அமைந்திருக்கும் எண்டோபிளாஸ்மிக் வலைபெருமளவு ஃபாஸ்ஃபோலிபிடுகளையும், புரதமும், குறைந்த ரி நூ அ ஆகியவற்றைப் பெற்றுள்ளது. கோல்கிப் பொருளின் சவ்வுகள் எண்டோபிளாஸ்மிக் வலை சவ்வைப்போல அமைந்திருக்கிறது. ஆயினும் இதில் ரி நூ அ இல்லை. இந்தச் சவ்வுகளில் அதிக லிபிடுகளும், அமில ஃபாஸ்படேஸ் போன்ற நொதிகளும் உள்ளன.

மைட்டோ காண்டிரியாவில் புரதமும், ஃபாஸ்ஃபோலிபிடுகளும் அதிகமாகவும், குறைந்த அளவில் ரி நூ அ வும் உள்ளதை பகுப்பாய்வுகள் (analysis) தெளிவாக்கின. மேலும் இவற்றில் டி நூஅ வும் உள்ளதாக அறியப்பட்டுள்ளது.

அனங்கக உட்பொருள்கள் (Inorganic contents)

செல்லில் அங்ககக் கூட்டுப் பொருள், நீர் ஆகியவற்றைத் தவிர அனங்ககக் கூட்டுப் பொருள்களும் காணப்படுகின்றன. இவை அயனிகளாகவோ, உப்புகளாகவோ, அங்ககக் கூட்டுப் பொருளுடன் சேர்ந்தோ காணப்படுகின்றன. இப் பொருள்கள் செல்லில் சவ்வூடு பரவலின் அழுத்தத்தை (osmotic pressure) நிலை நிறுத்த உதவுகின்றன. பொதுவாக தாவரங்களிலும், விலங்குகளிலும் பொட்டாசியம், மெக்னீசியம், ஃபாஸ்ஃபேட்டுகள் போன்றவை குவிக்கும் போக்குக் காணப்படுகிறது. மேலும் சோடியம் அயனிகள் (sodium ions), குளோரைடு அயனிகள் (chloride ions) ஆகியவை குறைந்த அளவில் அமைந்துள்ளன.

அனங்ககப் பொருள்களின் பகுப்பு (analysis) பல்வேறு கனிமங்கள் (minerals) இருப்பதைத் தெளிவாக்கியது. அலுமினியம் (Aluminium), டைடோனியம் (Titonium), போரான் (Boron), டின் (Tin), ஈயம் (Lead), ஸ்ட்ரோன்டியம் (Strontium) ஆகிய பல கனிமங்கள் செல்லில் இருந்த போதிலும் இவற்றுக்குத் தெளிவான செயல் ஏதுவும் இல்லை. இதற்கு மாறாக மற்றைய கனிமங்கள் நொதிகளிலோ மூலக்கூறுகளின் பகுதிகளிலோ காணப்படுகின்றன. இவை தம் எலக்டிரான் சுமையினால் (electron charge) செயல் புரிகின்றன. இக் கனிமங்கள் யாவும் சிறு அளவில் உள்ளன. வானடியம் (Vanadium), துத்தநாகம் (Zinc), நிக்கல் (Nickel), மாலிப்டினம் (molybdenum) ஆகியவை நுண்ணிய அளவில் காணப்படுகின்றன. இவற்றில் சில கனிமங்கள் நொதிகள் நன்கு செயல் புரிவதற்குத் தேவைப்படுகின்றன. நூக்ளியசில் நடைபெறும் சேர்க்கைக்குச் சோடியம் துணைபுரிகிறது. பொட்டாசியம், சைட்டோ பிளாசத்தில் நடைபெறும் சேர்க்கைச் செயல்களுக்குத் தேவைப்படுகின்றது.

6. செல் உறை

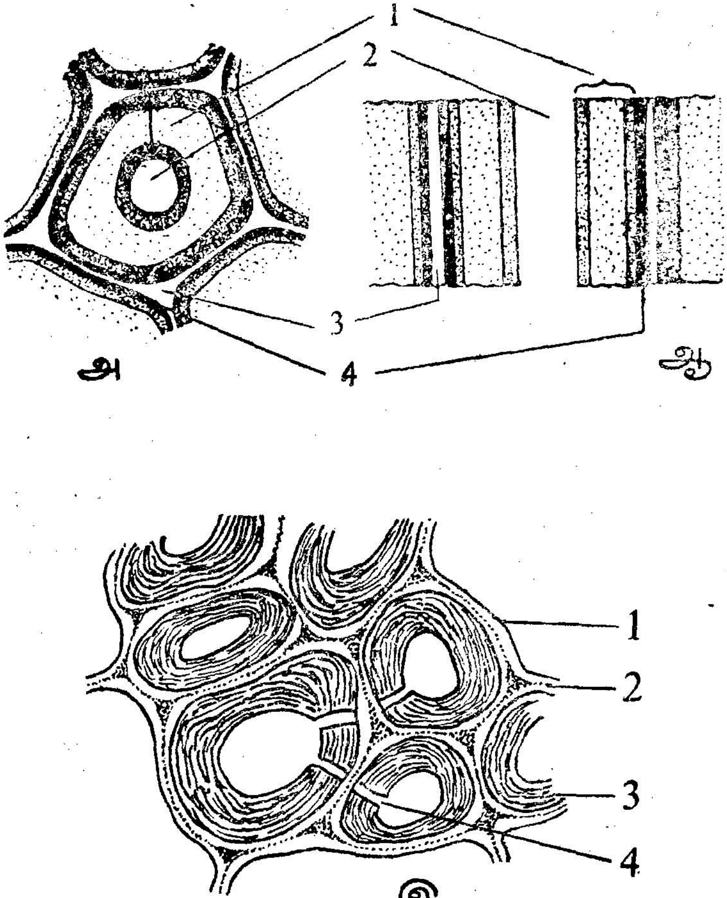
(Cell Wall)

தாவர செல்லின் சைட்டோபிளாஸம் செல் உறை என்ற உறுதியான சவ்வினால் சூழப்பட்டுள்ளது. செல்லுறை செல்களின் வடிவ அமைப்பையும், செல்லின் டெக்சரையும் (texture) நிர்ணயிக்கிறது (Roelofsen, 1959). செல்லுறைகள் பல வகையான வாழ்வியல் (physiology) செயல்களான உறிஞ்சுதல் (absorption), நீராவிப் போக்கு (transpiration), கடத்தல் (translocation), சுரத்தல் (secretion) போன்றவற்றில் பங்கேற்கின்றன (Frey-Wyssling, 1959). மேலும் இது செல்லின் வரையறையாக அமைந்துள்ளது. இப் பண்புகள் யாவும் செல்லுறை, உயிரியலில் மிகச் சிறப்புடையது என வலியுறுத்துகின்றன. செல்லுறை செல்லின் உயிரற்ற பகுதியாகும். சில தாவர செல்கள் செல்லுறையற்று இருக்கின்றன. இதற்குச் சான்றுகப் பாசிகள் (algae), பூஞ்சை (fungi) முதலியவற்றின் அசைகின்ற ஸ்போர்களையும் (motile spores) உயர் நிலை, கடைநிலைத் தாவரங்களின் பாலின செல்களையும் (sexual reproductive cells) கூறலாம். புரோட்டோ பிளாசத்தைக் கண்டுபிடிப்பதற்கு முன்பே செல்லுறை கண்டுணரப்பட்டது.

தாவர செல்லின் வகைக்கேற்பவும், செல்லின் வயதிற்கேற்றவாறும், செல்லுறையின் தடிப்பு வேறுபட்டிருக்கிறது. (படம் 6-1). பொதுவாக முதிர்ந்த செல்களைவிட, இளம் செல்களில் (young cells) செல்லுறை மெல்லியதாக உள்ளது. மேலும், சில செல்களின் வளர்ச்சி முடிந்த பின்னர் தடிப்பு ஏற்படுவதில்லை. செல்லுறையானது மிகச் சிக்கலான வடிவ அமைப்பும் வேதி அமைப்பும் உடையது.

தாவரங்களில் செல்லுறையின் வேதியியல், பௌதீகவியல் அமைப்புகள் வேறுபட்டிருக்கின்றன. லிக்னின் (lignin) செல்

லுறை பாலிசாக்கரைடுகள் (cell wall poly-saccharides) என்ற இரு வேதியியல் உட்பொருள்கள் செல்லுறையில் காணப்படுகின்றன. சில தனிப்பட்ட செல்களில், இப் பொருள்களுடன் கூட்டின் (cutin), ஸுபரின் (suberin) முதலிய மெழுகுப் பொருள்



படம் 6-1.

ஸெகண்டரி செல்லுறைகள்.

அ. செல் உறை-கு. வெ. தோற்றம்.
ஆ. செல் உறை–நெ. வெ. தோற்றம்.
1. மூன்று அடுக்கு ஸெகண்டரி உறை,
2. செல் உள்ளிடம், 3. செல்லிடைப் பொருள்,
4. பிரைமரி உறை.

இ. ஸெகண்டரி உறைகளும், எளிய குழிகளும் உள்ள செல்கள்.
1. பிரைமரி உறை, 2. நடு அடுக்கு,
3. ஸெகண்டரி உறை, 4. எளிய குழிகள்.

களும், சில கனிமப்படிவுகளும் பிரைமரி உறையில் ஒன்று சேர்கின்றன. எனவே இந்த உறை தடிப்படைகிறது.

செல்லுறை புரோட்டோபிளாசச் செயலால் உண்டாகிறது. செல்களின் வகை, அவற்றின் செயல் போன்றவற்றுக்கு ஏற்ப செல்லுறைகள் இருவகைப்படும். சான்றுக உயிருள்ள செல்களில் காணப்படும் செல்லுறையைப் பிரைமரி செல்லுறை (primary cell wall) என்றும், உயிரற்ற செல்களில் காணப்படும் செல்லுறைகள் பிரைமரி செகண்டரி செல்லுரைகள் (secondary cell walls) என இரு வகையான உறைகளை ஒன்றின் மேலொன்ருக அடுக்கப்பட்ட உறைகள் என்றும் இரு வகையாகப் பிரிக்கலாம். பிரைமரி உறையில் ஓர் அடுக்கு உள்ளது. செகண்டரி உறையில் ஒன்றிலிருந்து பல அடுக்குகளோ, பொதுவாக மூன்று அடுக்குகளோ உள்ளன. அவை நடு அடுக்கு (middle lamella), பிரைமரி உறை (primary wall), செகண்டரி உறை (secondary wall) என்பன (படம் 6-1) (Bailey, 1954; Wardrop, 1962). இந்த மூன்று அடுக்குகளின் இரு பக்கங்களிலும் இருக்கின்ற உறைகளில் ஒரு பக்கத்தில் ஒரு செல்லுடைய பிரைமரி செல்லுறையாகவும், இதனுடைய எதிர்ப் பக்கத்திலிருப்பது அடுத்த செல்லின் பிரைமரி செல்லுறையாகவும், இவை இரண்டிற்கு மிடையே நடு அடுக்கு (middle lamella) காணப்படுகிறது.

தாவர செல்லின் பிரைமரி உறை செல்லின் புற அடுக்காக அமைந்துள்ளது. அருகில் உள்ள செல்களில் பிரைமரி உறைகள் இடை அடுக்கினுல் பிரிக்கப்பட்டிருக்கின்றன (படம். 6-1). பிரைமரி உறையின்மீது கூடுதலாகப் பல புதிய அடுக்குகள் ஏற்படுகின்றன. இவற்றை செகண்டரி செல்லுறைகள் (secondary cell wall) என்பர். செகண்டரி உறை தோன்றுவதால் செல்லுறையின் தடிப்பு மிகுகிறது. செகண்டரி செல்லுறையில் செல்லுலோஸ் (cellulose) உள்ளது. பிரைமரி உறையின் பரப்பு வளர்ச்சி நின்ற பின்னர் செகண்டரி உறை ஏற்படுகிறது. தனிப்பட்ட செல்களிலும், வளர்ச்சி மாற்றங்களை மீண்டும் பெருத செல்களிலும், செகண்டரி உறை சிறப்பாகக் காணப்படுகிறது என்று பெய்லி (Bailey, 1954) அறிவித்தார்.

ஜிம்னோஸ்பெர்ம்களில் (Gymnosperms) நீர் கடத்தும் செயலை டிராக்கீடுகள் (tracheids) என்னும் செல்கள் செய்து வருகின்றன. இந்த செல்களின் உட்பகுதியில் டொர்ஷியரி

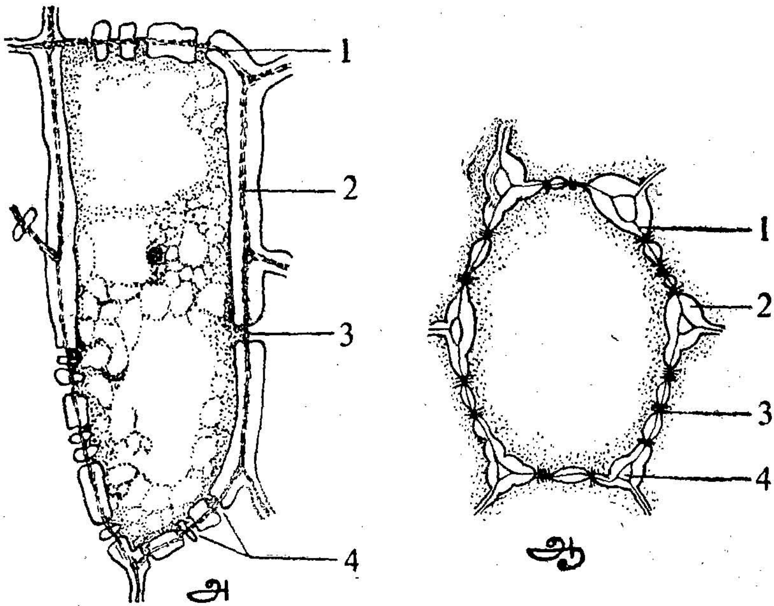
செல்லுறை (tertiary cell wall) ஏற்படுகிறது (Bailey, 1957). இந்த உறையில் ஹெமிசெல்லுலோஸ் சைலான் (hemicellulose xylon) என்ற வேதியியல் பொருள் உள்ளது. நடு அடுக்கு (middle lamella) வடிவமற்றது (amorphous). இதில் கால்ஷியம் (calcium) கலந்த பெக்டிக் கூட்டுப் பொருள்கள் (Pectic compounds) உள்ளன (Frey-Wyssling, 1959). பொதுவாக மரத் திசுக்களில் (woody tissues) நடு அடுக்கு லிக்னினைப் (lignin) பெற்றிருக்கிறது. பிரைமரி உறை, வளரும் செல்களில் முதலில் தோன்றுகிறது. பல செல்களில் பிரைமரி உறை மட்டுமே காணப்படுகிறது. இதில் செல்லுலோஸ் (Cellulose) ஹெமிசெல்லுலோஸ் (hemicellulose), சில பெக்டின் (pectin) போன்ற பொருள்கள் உள்ளன (Wardrop, 1962).

குழிகள் (pits)

செல்லுறை மிக மெல்லிய உறையாகத் தோன்றிப் படிப்படியாகத் தடிப்படைகிறது. செல்லுறைப் பொருள்கள் புதிய அடுக்குகளாகப் படிவதால் தடிப்பு ஏற்படுகிறது. செல்லுறையின் தடிப்பு ஒரு சீராக நடைபெறுவதில்லை. எனவே குழிகள் (pits) என்ற மெல்லிய தடிப்பற்ற பகுதிகள் தோன்றுகின்றன. பொதுவாக, குழிகள் செகண்டரி உறைகளில் காணப்படுகின்றன. குழிகள் அமைப்பிலும், அகலத்திலும், ஆழத்திலும் வேறுபட்டிருக்கின்றன. பிரைமரி உறையிலும் சில பள்ளங்கள் உள்ளன. இவற்றின் அமைப்பு செகண்டரி உறைக் குழிகளின் அமைப்பிலிருந்து வேறுபட்டிருக்கிறது (Wardrop, 1962). எனவே செகண்டரி உறையின் பள்ளங்களைக் குழிகள் (pits) என்றும், பிரைமரி உறையின் பள்ளங்களைப் பிரைமரி குழிப் பகுதிகள் (Primary pit fields) என்றும் வழங்கப்பட்டன (படம், 6-2).

பிரைமரி குழிப் பகுதிகளில், பிரைமரி உறை மெல்லியதாக இருப்பினும், அது குழிப்பகுதியுடன் தொடர்புள்ளதாக உள்ளது. மேலும், பிரைமரி குழிப் பகுதிகளில் பிளாஸ்மோடெஸ்மேடா (plasmodesmata) காணப்படுகின்றன (படம். 6-2ஆ). பிரைமரி உறையின் குழிப் பகுதிகள் செகண்டரி அடுக்குகளால் மூடப்படுவதில்லை (படம். 6-2 அ). ஒரு குழியில், ஒரு குழிப் பள்ளமும் (pit cavity), குழிச் சவ்வும் (pit membrane) உள்ளன. குழிப் பள்ளம் செல் உட்பகுதியை நோக்கி அமைந்துள்ளது. இது குழிச் சவ்வினால் (pit membrane) மூடப்பட்டிருக்கும் (படம் 6-1 இ).

செகண்டரி உறைகளில், எளிய குழிகள் (simple pits), வரையுற்ற குழிகள் (bordered pits) போன்ற இரு முக்கியமான குழி வகைகள் கண்டறியப்பட்டன. வரையுற்ற குழியில், செகண்டரி உறை குழிப்பள்ளத்தின் மேற்கவிந்து காணப்படு



படம் 6-2.
பிரைமரி குழிப்பகுதிகளும், எளிய குழிகளும், பிஸாஸ்மா டெஸ்மேட்டாவும்.

அ. ஆப்பிள் மரத்தின் (apple wood) செகண்டரி உறையுடைய ரேசெல்கள் (ray cells).
1. எளிய குழி-இணை, 2. கூட்டு நடு அடுக்கு, 3. குழிச் சவ்வு, 4. குழிப் பள்ளங்கள்.

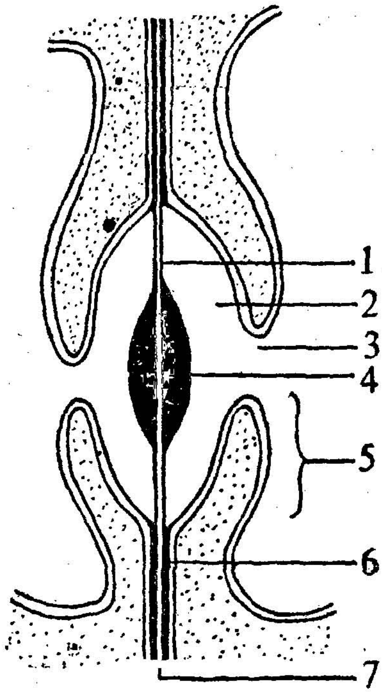
ஆ. புகை இலை. தண்டின் செகண்டரி உறையற்ற பாரன்கைமா செல்கள்.
1. நடு அடுக்கு, 2. பிரைமரி உறை, 3. பிரைமரி குழிப்பகுதியில் பிளாஸ்மோ டெஸ் மேட்டா, 4. செல் இடை வெளி.

கின்றது. இப்பகுதி வரம்பாக (border) அமைந்துள்ளது. மேலும் இது செல் பரப்பிற்குத் தம் துளையைச் சுருக்கமடையச் செய்கிறது (படம். 6-3). எளிய குழியில் மேற்கவிந்த அமைப்புகள் இல்லை (படம். 6-2 அ).

எளிய குழிகள் பாரன்கைமா செல்களிலும் (parenchyma cells) (படம். 6-2 அ) சைலம் சார்பற்ற நார்த் திசுக்களிலும் (extraxylary fibres) (படம். 6-1இ), தடிப்புற்ற செல்களிலும்

(sclereids) காணப்படுகின்றன. வரையுற்ற குழிகள் மிகச் சிக்கலான அமைப்பைப் பெற்றிருக்கின்றன. வரையுற்ற குழிகளின் அமைப்பு எளிய குழிகளின் அமைப்பிலிருந்து வேறுபட்டிருக்கிறது. முக்கியமாக வரையுற்ற குழிகள் நீர் கடத்தும் சைலம் செல்களிலும் (water conducting xylem cells), சைலத்தின் உறுதி செல்களிலும் (mechanical cells of xylem) தடிப்புற்ற செல்களிலும் (sclereids), சில நார்த்திசுவிலும் காணப்படுகின்றன.

செகண்டரி உறையின் மேற்கவிதலினால் ஏற்பட்ட குழி வரம்பு (pit border) பள்ளத்தை உண்டாக்குகிறது. இதனைக் குழி அறை (pit chamber) என்பர். வரம்பிலுள்ள துளை, குழித்துளை (pit aperture) எனப்படுகிறது (படம். 6-3). செல்களில் நீரோட்டம் குழிகளால் கட்டுப் படுத்தப்படுகிறது. இந்தக் குழிகளை ருஸ்சவ் (Russow, 1883), பெய்லி (Bailey, 1916), புவாட் (Buvat, 1954) ஆகியோர் கண்டறிந்தனர்.



படம். 6-3.
பைனஸின் (Pimus) வரையரை குழி.
1. குழிச் சவ்வு, 2. குழி அறை, 3. குழித் துளை, 4. டோரஸ், 5. வரம்பு, 6. பிரைமரி உறை, 7. நடு அடுக்கு.

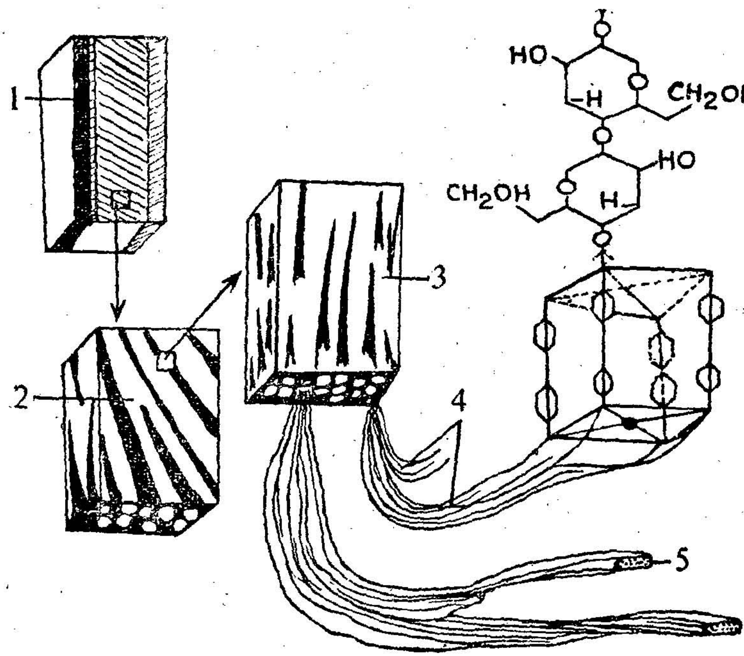
ஆஞ்ஜியோஸ்பர்ம்களின் (angiosperms) குழிகளில், பிரைமரி செல்லுறை எவ்வகை மாற்றமும் அடையாமல் குழிச் சவ்வாக (pit membrane) அமைந்து செயலாற்றுகிறது. ஆனால் ஜிம்னோஸ்பர்ம்களிலும் (gymnosperms), குறிப்பாக கோனிஃபர்களில் (Conifers) பிரைமரி செல்லுறையினாலான குழிச்சவ்வு, தடிப்புற்று டோரஸ் (torus) என்ற பகுதியாகச் சவ்வின் மையத்தில் ஒரு வட்டத்தகடு போன்ற திரளாக உண்டாகின்றது (படம். 6-3). இந்த டோரஸ் என்ற பகுதியைச் சுற்றிலும், ஆரப்போக்கில் (radial direction) மிகுதியாக அமைந்திருக்

கின்ற நுண்நார் இழைகள் (microfibrils) வலுப்படுத்துகின்றன. தடிப்பு அற்று டோரஸைச் சுற்றி அமைந்திருக்கும் இந்தப் பாகத்திற்கு மார்கோ (margo) என்று பெயர் (Frey-Wyssling-1959). டோரஸ் லிக்னினைப் பெற்றிருக்கின்றதா, இல்லையா, என்பதைப் பற்றிக் கருத்து வேற்றுமை நிலவி வருகிறது.

செல்லுறையின் மின் நுண்ணோக்கி அமைப்பு

நுண் நார் இழைகளின் அமைப்பு (Structure of microfibrilis)

தாவர செல்லுறைகளை ஹைட்ரொலிசிஸ் கரைசலில் வைக்கும்போது செல்லுலோஸ் அற்ற பகுதிகள் பிரிக்கப்படு



படம். 6-4.

செல்லுறையின் நுண்நார்களின் அமைப்பு.

1. பிரைமரி செல்லுறை, 2. பெரும் நுண் நார்கள், 3. சிறு நுண் நார்கள், 4. செல்லுலோஸ் மூலக் கூறுகள், 5. மைசில்லாக்கள்.

கின்றன. எஞ்சியுள்ள செல்லுலோஸ் நுண்நார் (microfibril) வடிவத்தில் காணப்படுகின்றன. இவை 100-200 Å அகலமுடையவை (படம். 6-4). நுண்நார் இழைகள் மிக நீளமானவை.

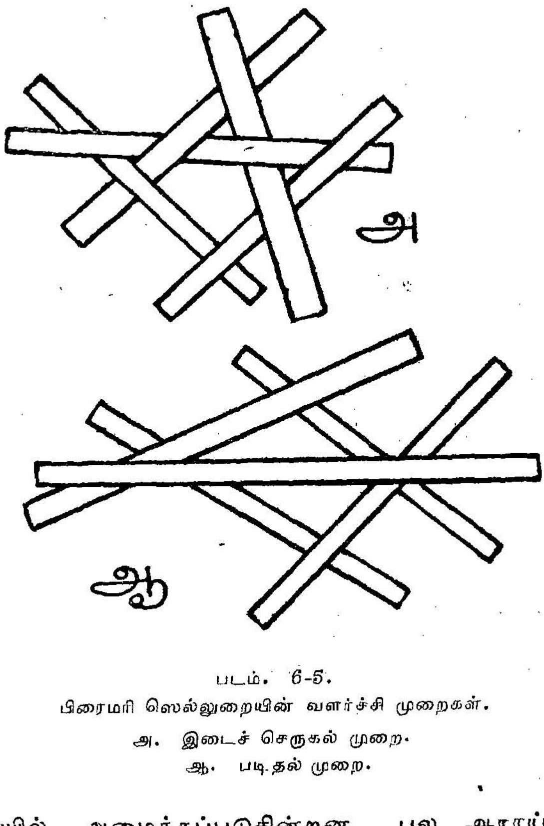
நுண்நார் இழைகளில் படிக அமைப்பு இதுவரை தெளிவாக அறியப்படவில்லை. நுண்நார் இழைகள் படிக அமைப்பிலோ, படிகமற்ற அமைப்பிலோ உள்ளன என்று ரான்பை (Ranby), ரிபி (Ribi, 1950) ஆகியோர் கருதுகின்றனர். இவற்றின் செல்லு லோசை மென்மையாக நீர்ச் சிதைவு செய்யும் போது செல்லு லோஸ்சால் ஏற்படுகிறது. இதனை மின் நுண்ணோக்கியில் பார்க்கும் போது, இவற்றில் பல கோல் வடிவங்கள் இருத்தல் புலனாகிறது. இந்த வடிவங்கள் சுமார் 500Å நீளமும், 100Å அகலமும் உடையன. சில நார் இழைகளின் நீர்ச் சிதைவில், சிறிய உப்புப் போன்ற அலகுகள் ஏற்படுகின்றன. இவற்றின் நீளம் 300-1000 Å வரை இருக்கும். இவை அடிப்படை நுண் நார்கள் (elementary fibrils) எனப்படுகின்றன. அடிப்படை நார்களில் குறுக்கு வெட்டு முகப்பில் 100 செல்லுலோஸ் மூலக் கூறுகள் காணப்படுகின்றன. அடிப்படை நார்களும், செல்லு லோசும் ரிப்பன் வடிவமுடையவை. இவை ஒரு கற்றையாக அமைந்து ஒரு நுண்நாரை உண்டாக்குகின்றன. நுண்நார்கள் 250Å அகலமும், குறுக்கு வெட்டு முகப்பில் 2000 செல்லு லோஸ் மூலக்கூறுகளையும் பெற்றுள்ளன. நுண்நார்கள் அனைத்தும் ஒன்றுசேர்ந்து பெரும் நுண் நார்கள் (macrofibrils) ஏற்படுகின்றன. இவை 0.4 மைக்கிரான் அகலமும், 500,000 செல்லுலோஸ் மூலக் கூறுகளையும் பெற்றுள்ளன.

நுண்நார் இழைகள், கிளைக்காத தனி இழைகளாகக் காணப் படுகின்றன. இவை திரள்களாக ஒன்று சேர்ந்து பல இழை களைக் கொண்ட வடக்கயிறுகளாகத் (cables) தோன்றுகின்றன. இந்த நார் இழைகள் ஹைட்ரொஜன் பிணைப்பினால் (hydrogen bond) தோன்றுகின்றன.

பிரைமரி செல்லுறையின் அமைப்பு
(Structure of the Primary wall)

முதலில் தோன்றும் செல்லுறை பிரைமரி உறை எனப் படுகிறது. வலோனியா (Valonia) செல்லுறையில் நுண்நார் இழைகள் பரவலாகக் காணப்படுகின்றன செல் வளர்ச்சிக்கு ஏற்ப செல்லுறையின் அமைப்பும் மாறுபட்டுக் கொண்டி ருக்கும். பிரைமரி செல்லுறையில், செல்லுலோஸ் தளர்ச்சியாக அமைக்கப்பட்டிருக்கும். இந்த அமைப்போடு புதிய நுண் நார் இழைகள் சேர்க்கப்படுகின்றன. இதன் பயனாகப் பிரைமரி உறை வளர்ச்சியை அடைகிறது எனக் கருதப்படுகிறது. இவ் வகையான உறை வளர்ச்சி செல்லுறை பருமன் முழுவதிலும்

ஏற்படுகிறது. இத்தகைய வளர்ச்சியை இடைச் செருகல் முறை (intussusception) என்பர். பிரைமரி ஸெல்லுறையை, மின் நுண்ணோக்கியில் பார்க்கும்போது, அதில் நுண்நார் இழைகள் ஒன்றோடொன்று பிணையாமல் ஒன்றின் மேல் ஒன்றாக அமைக்கப் பட்டிருப்பது புலனாகிறது. எனவே பிரைமரி உறை படிதல் முறையினால் (apposition) வளர்கிறது எனக் கருதப்படுகிறது (படம். 6–5). இதனால் இளம் நார்கள், பழைய நார்களின்



படம். 6-5.
பிரைமரி ஸெல்லுறையின் வளர்ச்சி முறைகள்.
அ. இடைச் செருகல் முறை.
ஆ. படிதல் முறை.

மேற்பரப்பில் அமைக்கப்படுகின்றன. பல ஆராய்ச்சிகளின் பயனாக, பிரைமரி ஸெல்லுறை படிதல் முறையினால் வளர்கிறது என்று நிலைநிறுத்தப் பட்டுள்ளது. அவினா கருத்தண்டு உறையின் (Avena Coleoptile) பிரைமரி உறையில் சுமார் 92·5% நீரும், 7·5% ஸெல்லுலோசும் உள்ளன. எனவே உறையின் பெரும் பகுதியில் நீரும் குறைந்த அளவிற்கு ஸெல்லுலோசும் காணப்படுகின்றன.

ஸெகண்டரி ஸெல்லுறையின் அமைப்பு (Structure of the secondary wall).

ஸெகண்டரி ஸெல்லுறை, பிரைமரி உறையை அடுத்துக் காணப்படுகின்றது. ஸெகண்டரி உறை நுண் அடுக்குகளால் ஆனது. சில பாசிகளில் ஒபக்டிக் அடுக்குகள் தொடர்ந்து இருப்பதால், ஸெகண்டரி உறையின் நுண் அடுக்குகள் தனித் தனியாக அமைக்கபட்டிக்கின்றன. இந் நுண் அடுக்குகளுக்கு இடையே நுண் நார் இழைகள் இருப்பினைப் பற்றி இதுவரை கண்டறியப் படவில்லை. ஸெகண்டரி உறையில் முக்கியமாக ஸெல்லுலோசும், ஹெமி ஸெல்லுலோஸ் கலவைகளும் இருக்கின்றன. நார் ஸெல்கள் (Fibrecells), டிராக்கியரி ஸெல்கள் (Tracheary cells) ஆகியவற்றின் ஸெகண்டரி உறையில் மூன்று அடுக்குகள் உள்ளன. இவற்றின் வேதியியல் அமைப்பும், பௌதீகவியல் அமைப்பும் வேறுபட்டிருக்கும்.

பொதுவாக பிரைமரி உறையின் வளர்ச்சி முடிந்த உடனே ஸெகண்டரி உறை தோன்றுகிறது. ஸெகண்டரி உறைப் பரப்பு வளர்ச்சியைப் பெறுவதில்லை. ஸெகண்டரி உறை பிற்சேர்க்கை உறையாகும் (supplementary wall). இந்த உறை தாவரங்களுக்கு வலுவை அளிக்கிறது.

டெர்ஷியரி ஸெல்லுறையின் அமைப்பு (Structure of the tertiary wall).

அண்மையில் புச்சர் (Bucher, *1953*) டெர்ஷியரி உறையின் அமைப்பு, இருப்பு, சாயமேற்கும் பண்புகள் ஆகியவற்றைப் பற்றித் தெளிவாக்கினர். முதன் முறையாக ஹார்டிக் (Hartig, *1855*) என்ற வல்லுநர், ஸெகண்டரி உறையிலிருந்து வேறுபட்ட உள்உறையைக் கண்டாராய்ந்தார். அவர் இந்தச் சுவருக்குப் பிடைகோட் (Ptychode) என்ற பெயரை வழங்கினர். பின்னர் ஸானியோ (Sanio, *1860*). இந்த உறைக்கு டெர்ஷியரி உறை எனப் பெயரிட்டார். இதன் வடிவ அமைப்பை மின்நுண் ணோக்கி நிலைநாட்டியது. அபீஸ் (Abies) போன்ற தாவரத்தின் டிராக்கீடுகளில் பல புடைப்புகளுடைய டெர்ஷியரி உறை காணப்படுகிறது. இது போன்ற உறை பைனஸ் (Pinus) என்ற ஜிம்னோஸ்பர்மிலும் சில பூஞ்சைகளிலும் காணப்படுகின்றன. இந்த உறையின் வேதியியல் அமைப்பு இதுவரை தெளிவாக்கப்படவில்லை.

பிளாஸ்மோ டெஸ்மாடாவின் அமைப்பு
(Structure of Plasmo desmata)

செல்லுறை யின் நுண்ணோக்கியில் ஆராயும்போது செல்களுக்கு இடையே தொடர்புள்ளது என்பது புலனாகிறது. இந்தத் தொடர்பு குழிகள் (pits) வாயிலாக உண்டாகின்றது. குழிகளில் தொடர்பு இழைகளான பிளாஸ்மோ டெஸ்மாடா காணப்படுகின்றன. இவை புரோட்டோ பிளாசத்தினால் ஆகிய இழைகளே ஆகும். குழிகள் பெரும்பாலான உயர் தாவரத் திசுக்களில் உள்ளன என்று ஸ்ட்ராஸ்பர்கர் (Strasburger, 1898) மேயர் (Meyer, 1920), குஸ்டர் (Kuster, 1951) ஆகியோர் விளக்கினர். தாவர செல்களில் குழிகளின் அமைப்பும், எண்ணிக்கையும் வேறுபட்டிருக்கின்றன.

செல்லுறையின் வேதியியல் பண்புகள்
(Chemical properties of the cell wall)

1. செல்லுலோஸ் (Cellulose)

செல்லுலோஸ், செல்லுறையின் முக்கிய வேதியியல் உட்பொருள் ஆகும். பெக்டின், லிக்னின், ஹெமி செல்லுலோஸ் ஆகிய பொருள்கள் செல்லுலோசில் நிறைந்துள்ளன.

செல்லுலோஸ், ஒரு வீரிய அமிலத்தில் (strong acid) நீர்ச் சிதைவைப் பெறுகிறது. இதனால் குளுக்கோஸ் (glucose) உண்டாகிறது. குளுக்கோஸ் வேற்றுச் சுழற்சியுடைய மூலக்கூற்று (heterocyclic molecule) அமைப்புடையன என்று கருதப்படுகின்றன. இவ்வகைச் சுழற்சிகள் இணைகின்றன. அவற்றிலிருந்து ஒரு நீர் மூலக்கூறு நீக்கப்பட்டு டைசாக்கரைடு-செல்லோபியோஸ் (disaccharide cellobiose) தோன்றுகிறது.

செல்லுறையில் செல்லுலோஸ் மூலக்கூற்றுத் தொடரைத் தனிமைப் படுத்த இயலாது. ஆயினும் இவை ஒரு போக்குத் தொடரினால் ஏற்பட்டுக் கற்றைகளாக உள்ளன. இந்தக் கற்றைகளை நுண் நார் இழைகள் (microfibrils) என்பர். இவற்றில் சுமார் 2000 செல்லுலோஸ் மூலக்கூறுகள் தொடராக அமைக்கப்பட்டுள்ளன. இவை 100—125Å அகலம் உடையவை. சிறு கற்றைகளை மின் நுண்ணோக்கியில் பார்க்கும்போது, இவற்றில் பல மைக்ரான்கள் நீளமுடையனவும் ஒரு சீரான விட்டமுடையனவுமாகிய நார் இழைகள் உள்ளதைக் காணலாம். நுண்நார் இழைகள் படிக வடிவமுள்ள பகுதிகளைப்

பெற்றிருக்கின்றன. இப் பகுதிகளில் ஸெல்லுலோஸ் மூலக் கூறுகள் ஒரு சீராக மூன்று உருவளவைச் சார்ந்த முறையில் அமைந்துள்ளன. இதனை மைசெல்லே (micelle) என்பர். மேற்கூறிய கருத்தை ஃபிரை-வைஸ்லிங் (Frey-Wyssling, 1965) அறிவித்தார். மைசெல்லேக்களின் நீளமும் அகலமும் முறையே 10:1 என்னும் விதத்தில் உள்ளன.

நுண் நார் இழைத் திரள்களைப் பெரும் நுண் நார்கள் (macrofibrils) என்பர். ஒரு பெரும் நுண் நார் ·4 மைகுரான் அகலமுடையது. இதில் 500,000 ஸெல்லுலோஸ் மூலக்கூறுகள் உள்ளன.

2. ஹெமி ஸெல்லுலோஸ் (Hemicellulose)

இந்தத் தொகுதிப் பாலிசாக்கரைடுகள் பெக்டினுடனும் (pectin), லிக்னினுடனும் (lignin) சேர்ந்து அடிப்படைப் பொருளைத் (matrix) தோற்றுவிக்கின்றன. இந்தப் பொருளில் ஸெல்லுலோஸ், நுண் நார் இழைகள் புதைக்கப்பட்டிருக் கின்றன. உயர் தாவரங்களின் ஸெல்லுறைகளில் ஹெமி ஸெல்லுலோஸ் பரவலாகக் காணப்படுகிறது. பருத்தியில் (cotton) ஸெல்லுறைகள் குறைந்த அளவு ஹெமி ஸெல்லு லோசைப் பெற்றுள்ளன. கோலங்கைமாத் திசுவின் (collen-chyma tissue) உறைகளில் சுமார் 50% ஹெமி ஸெல்லுலோஸ் உள்ளது. ஹெமி ஸெல்லுலோஸ் சொல்லைப் (terminology) பற்றிப் பல வேறுபட்ட கருத்துகள் கூறப்படுகின்றன.

ஸைலான்கள் (Xyluns), மானன்களும், குளுக்கோமானனும் (Mannans and Gluco-mannas), காலக்டானும், அரபோகாலக் டானும் (Galactans and Arabo-galactans) ஆகிய மூன்று பாலி சாக்கரைடுகள், நொதிகளில், ஹெமி ஸெல்லுலோசில் காணப் படுகின்றன. ஸைலான்கள், மரத்திலும் (wood) வைக்கோலிலும் (straw) காணப்படுகின்றன. இவை இணைத்திறன் தொடர் களால் (valence chains) ஏற்பட்டவை. இவற்றில் பக்கத் தொகுப்பான CH_2OH இல்லை. பேரிச்சம் விதைகளில் மானன்கள் (manans) வகையைச் சார்ந்த ஹெமி ஸெல்லுலோஸ்கள் உள்ளன. கோனிஃபர் மரங்களில் (Coniferous woods) குளுக்கோ மானன்கள் மிகுதியாக உள்ளது. அவரைச் செடி களின் விதைகளில் காலக்டான்கள் காணப்படுகின்றன. இக் காலக்டான் தொகுதியில் பாலி சாக்கரைடுகள் மிகுதியாக இணைந்திருக்கின்றன. காலக்டான்கள் உணவுப் பொருள் களாகவும், உறைப் பொருள்களாகவும் காணப்படுகின்றன.

3. பெக்டிக் பொருள்கள் (Pectic substances)

பெக்டிக் பொருள்கள் இடை அடுக்கிலும், செகண்டரி உறையின் அடுக்குகளிலும், பிரைமரி உறையின் பக்கங்களிலும் காணப்படுகின்றன. இந்தப் பாலி சாக்கரைடில், காலக்டுரோனிக் அமிலம் (galacturonic acid), குளுக்குரோனிக் அமிலம் (glucuronic acid), அரபிநோஸ் (arabinose) ஆகியவை உள்ளன. இதில் முக்கியமாக COOH தொகுதி இருக்கிறது. இத் தொகுதி பெக்டிக் பொருள்களுக்கு நீர் விரும்பு தன்மையை அளிக்கிறது. மேலும் இத் தொகுதி கால்சியம் (calcium), மெக்னீசியம் (magnesium) ஆகியவற்றுடன் சேர்ந்து உப்புகளை உண்டாக்க உதவுகிறது. பெக்டிக் பொருள்கள் செல்லையும் தோற்றுவிக்க உதவுகிறது. இடை அடுக்கிலும், கோலங்கைமாத் திசுவின் ஓரத் தடிப்புகளிலும், செல்லுலோஸ் நுண் அடுக்குகளுக்கு இடையே, பெக்டிக் பொருள்கள் ஊடுருவுகின்றதைப் (incrustations) போல அமைந்துள்ளன.

4. லிக்னின் (Lignin)

செல்லுறையில், லிக்னின் தனியாக இராமல் மற்றைய உறை பொருள்களுடன் தொடர்பு கொண்டிருக்கிறது. முதிர்ந்த சைலத்திலும், தானிய நாற்றுகளின் (cereal seedlings), வளர் செல்களிலும், பைனின் (pine) மலர் மொட்டுகளிலும் லிக்னின் சிறப்பாகக் காணப்படுகிறது. லிக்னின் ஒரு பெரிய பாலிமெர் (polymer) ஆகும். இதன் அடிப்படை அலகுகள் ஒரு தரப் பட்டவை அல்ல. அண்மையில் கதிரியக்கக் குளுக்கோசைடுகளின் (Radio active glucosides) ஆராய்ச்சிகள் நடத்தப் பட்டன. திசுக்கள் லிக்னினைப் பெறும்போது செல்லைச் சார்ந்த β. குளுக்கோசிடேஸ் (β. glucosidase) என்ற நொதி இருப்பதை இந்த ஆராய்ச்சிகள் தெளிவாக்கின. இந்த நொதி குளுக்கோசைடு - டி கோனி பெரினைக் (glucoside de conifer) குளுக்கோசாகவும், கோனிபெரில் சாராயமாகவும் பிரிக்கிறது. பின்னர் கோனிஃபர்த் தாவரங்களில் சாராயம் லிக்னினாக மாற்றப் படுகிறது.

லிக்னிஃபிகேஷன் இடைஅடுக்கில் தொடங்கி செல்லுறை வரை பரவுகிறது. இந்த செல்கள் மிகத் தடிப்புடையவை. நீர்த் தாவரங்களில் லிக்னின் மிகக் குறைவாக உள்ளது.

5. கூட்டிகுலார் பொருள்கள் (Cuticular substances)

ஆஞ்ஜியோஸ்பர்முகளின் மேற்பரப்பில் மெல்லிய கூட்டிக்கல் அடுக்கு உள்ளது. இது தாவர செல்களை உலர விடாமல்

பாதுகாக்கிறது. கூட்டிக்குலார் பொருள்களாகிய ஸுபரின் (suberin), கூட்டின் (cutin) ஆகியவை நீர் வெறுக்கும் தன்மை வாய்ந்தன. இவற்றில் பல பெரும் பாலிமெர்கள் (polymers) உள்ளன. அவை, நிறையுற்ற (செறிவி) (saturated), செறிவியல்லாத (unsaturated) கொழுப்பு அமிலங்களும், ஆக்சிஜனையுடைய கொழுப்பு அமிலங்களும் போன்றவை ஆகும். கார்க்கிலும் (Bottle cork), உருளைக் கிழங்கின் மேல் தோலிலும் ஸுபரின் நுண் அடுக்குகளாக அமைந்துள்ளன.

6. கனிமப் படிவுப் பொருள் (Mineral deposit)

சில தாவர செல்லுறைகளில், கால்சியம் கார்பனேட்டு (calcium carbonate), சிலிகேட்டு (silicate) ஆகிய அனங்ககப் பொருள்கள் காணப்படுகின்றன. பல பசும் பாசிகளின் செல்லுறைகளிலும், குருசிஃபர் (crucifer), குகுர்பித்தா (cucurbita) ஆகிய தாவரங்களிலும் கால்சியம் (calcium) படிவுப் பொருள் சிறப்பாகக் காணப்படுகிறது. ஈக்விசிடேஸி (equisetaceae) கிராமினே (gramineae), ஸிபரேஸி (cyperaceae) ஆகிய பிரிவைச் சார்ந்த தாவரங்களின் செல்லுறையில் சிலிகா படிவுப் பொருள் உள்ளது.

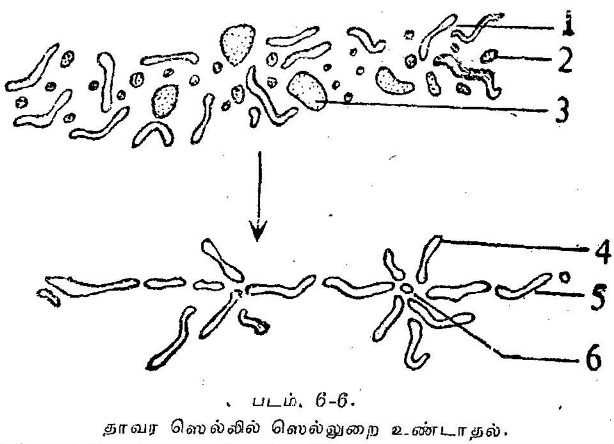
7. புரதங்கள் (proteins)

பிரைமரி செல்லுறைகளில் புரதத்திலிருந்து உண்டான நைட்ரொஜன் (nitrogen) உள்ளது என அளவறி பகுப்புகள் (Quantitative analysis) விளக்கின. புரதம், செல்லுறையில் நொதிகளைக் கட்டுப்படுத்துகிறது. இந்த நொதிகள் செல்லுறையில் செல்லுலோஸ் நுண் நார் இழைகளைச் சேர்க்கின்றன.

செல்லுறையின் தோற்றம் (Origin of cell wall)

செல் பகுப்பு முடிவு பெறும் நிலையில், எண்டோபிளாச வலை இடை அடுக்கையும் புது செல்லுறையும் உண்டாக்க முக்கியப் பங்கேற்கிறது. அலியம் சீபா (allium cepa) வேர் நுனிகளில் செல் பகுப்பு முடிவடையும் நிலையில் செல் தட்டுத் (cellplate) தோன்றுகிறது என்று மின் நுண்ணோக்கி ஆராய்ச்சிகள் நிலை நாட்டின. சேய் செல்களின் சைட்டோ பிளாசத்தைப் பிரிப்பதற்காக செல் தட்டும் பகுப்படையும் செல்லின் மையப் பகுதியில் தோன்றுகிறது. பின்னர் இது இடை அடுக்கைத் தோற்றுவிக்கிறது. சேய் செல்களின் இடை அடுக்கு உட் பரப்பில் ஒரு புதிய பிரைமரி உறை ஏற்படுகின்றது.

பகுப்படையும் செல்லின் எதிர்த் துருவங்களில் இரு குரோமோ சோம்களின் தொகுதி ஏற்படுகிறது. பின்னர் மூன்று வகை அமைப்புகள் செல்லின் மையத்தில் கூட்டமாகத் திரட்டப்படுகின்றன. அவை: (1) எண்டோபிளாச வலையின் சிறிய இருசவ்வு அலகுகளை செல்லின் புற எல்லையில் இருந்து இடப்பெயர்ச்சி செய்கின்றன. (2) சிறு குமிழிகள் (vesicles) செல்லின் மையத்தில் ஏற்படுகின்றன. இவை சுமார் 20 mμ அகலமுடையவை. இவ்வாறு ஏற்பட்ட குமிழிகள் படிப்படியாக செல்லின் குறுக்கில் வளர்ந்து சைட்டோபிளாசத்தை இரு பகுதிகளாகப் பிரிக்கின்றன. பின்னர் இவை இணைந்து ஒரு தொடர்பான சவ்வு போன்ற அமைப்பைப் பெறுகிறது. இவ்வாறு இடை அடுக்குத் தோன்றுகிறது. சிறு குமிழிகளில் பெக்டிக் பொருள்கள் உள்ளன. சேய் செல்களுக்கு இடையில் சில துளைகள் ஏற்படுகின்றன. பின்னர் இத் துளைகளில் பிளாஸ்மோ டெஸ்மாட்டா உள்ளன என்பது அறியப் பட்டது (படம். 6-6).



படம். 6-6.

தாவர செல்லில் செல்லுறை உண்டாதல்.

1, & 4. எண்டோபிளாச வலை, 2. 20mμ விசிகள், 3. பிராக்மோ பிளாசம், 5. செல் தட்டு, 6. பிளாஸ்மோடெஸ்மோ குழி.

3. செல் தட்டுத் தோன்றுவதற்கு முன்பு ஃபிராக்மோ சோம்கள் (phragmosomes) செல்லின் மையத்தில் தோன்று கின்றன. சிறிய குமிழிகளின் இரு பக்கங்களிலும் ஃபிராக்மோ சோம்கள் வரிசையாகத் தோன்றுகின்றன. இவை சைட்டோ பிளாசங்கள் பிரிந்த பின்னர் மறைந்து விடுகின்றன. எனவே இவை இடை அடுக்கினை உண்டாக்க ஓர் அளவிற்கு உதவு கின்றன. இவை சுமார் 250 mμ அகல முடையவை.

சோள வேர்களின் (maize roots) புறத்தோல் செல்களில் (epidermal cells) கோல்கிப் பொருள்கள் சிறுகுமிழிகளைத் தோற்றுவிக்கின்றன. ஃபிராக்மோஸோம்கள் எண்டோபிளாச வலைக் கூறுகளில் இருந்து தோன்றுகின்றன. கோல்கித் தொகுதி சில பொருள்களைச் சிறு குமிழிகளாகச் சுரக்கின்றது. இச்சிறு குமிழிகள் சைட்டோபிளாசப் பகுப்பின்போது செல் மையத்தில் அமைந்திருக்கின்றன. இந் நிலையில் இவை ஃபிராக்மோபிளாஸ்டைப் போலக் காணப்படுகின்றன. இவை பீப்பாய் வடிவ முடையவை என்றும் இவற்றை மின் நுண்ணோக்கியில் இவ் வடிவத்தோடு பார்க்க இயலவில்லை.

7. புரோட்டோபிளாசம்
(Protoplasm)

இராபர்ட் ஹுக் (Robert Hook, 1665), கண்டறிந்த,சிறிய அறைகளான ஸெல்களில் (cells) சில வகையான பொருள்கள் இருக்கின்றனவென்று 17ஆம் நூற்றுண்டில் தெளிவாக அறியப் பட்டது. நைட்டெல்லா, காரா (Nitella and Chara) போன்ற பாசிகளின் ஸெல் உறைகளுக்குள் சில இயக்கங்கள் காணப்படு கின்றன என்று கொர்டி (Corti, 1774) கூறினர். 19ஆம் நூற் ருண்டின் முதல் முப்பது ஆண்டுகளில் பல ஆய்வுகள் நடத்தப் பட்டன. அவற்றின் விளைவாக வடிவமற்றவையாகவும், எளிதில் புலப்படுகின்றனவையாகவும் உள்ள பொருள்கள் எல்லா ஸெல் களிலும் இருப்பதாகத் தெளிவுபடுத்தப்பட்டது. நூக்லியஸ் என்பது தாவர ஸெல்களில் சிறப்பு அமைப்பாக இருக்கிறது என்ற பொதுக் கருத்தினை இராபர்ட் பிரௌன் (Robert Brown, 1831) அறிவித்தார். விலங்கு ஸெல்லில் (animal cell) தடித்த, பாகு நிலையிலுள்ள (viscose), அமைப்பற்ற, மறைப்பற்ற (trans-parent) பொருள் உள்ளது என்றும், அதனைச் சார்கோட் (sarcode) எனலாம் என்று டுஜார்டின் (Dujardin, 1835) அறி வித்தார். இந்தப் பொருளுக்கு ‘புரோட்டோபிளாசம்’ என்ற சொல்லைப் பர்கின்ஜி (Purkinje, 1839) அளித்தார். தாவர புரோட்டோபிளாசமும், விலங்குப் புரோட்டோபிளாசமும் அடிப் படையாக ஒன்று என்று மோஹல் (Mohl, 1839), நகேலி (Nageli) கூறினர்.

புரோட்டோபிளாசம் உயிரின் பௌதீக அடைப்படை (Physical Basis of life) என்று ஹக்சிலி (Huxley, 1868) கருதி ஞர். இந்தக் கருத்தின்படி புரோட்டோ பிளாசம் உயிரினங் களில் ஒரு முக்கியப் பொருளாக இருக்கிறது என்று வலியுறுத்தப் பட்டது (கோன், 1850; விர்சொவ், 1858). பின்னர் புரோட்

டோபிளாசத்தில் சைட்டோபிளாசம் (Cytoplasm) (Kolliker, 1867), கெர்ன்பிளாசம் அல்லது நூக்லியோபிளாசம் (Kernplasm or nucleoplasm) (Strasburger, 1879) என்னும் இரு உட்பொருட்கள் கண்டுணரப்பட்டன.

பின்னர் புரோட்டோபிளாசத்தின் முக்கிய வேதியியல் பொருளடக்கம் 'புரோட்டின்' (புரதம்) என்று தெரியவந்தது. புரோட்டின் என்ற சொல்லுக்கு 'முதன்மை' என்று பொருள். இந்தச் சொல்லின்படி உயிருக்குப் புரோட்டோபிளாசம் முக்கியமான முதற்பொருள் என்று தெளிவாகிறது. உயிர்ப் பொருளாகிய புரோட்டோபிளாசத்தை 'ஸெல்' (Cell) என்று 1850ஆம் ஆண்டிலிருந்து வழங்கப்பட்டது. தாவர செல் உறை புரோட்டோபிளாசத்தின் ஒரு பகுதியேயாகும்.

ஒரு ஸெல்லின் புரோட்டோபிளாசத்தைப் புரோட்டோபிளாஸ்ட் (protoplast) எனக்கூறப்படுகிறது. இதனை பிளாஸ்மா சவ்வு சூழ்ந்திருக்கிறது. புரோட்டோபிளாசத்தில் உயிரற்ற பொருள்களும், பல உயிர் உள்ள பொருள்களும் காணப்படுகின்றன. உயிருள்ள பொருளாகிய புரோட்டோபிளாசம் மிகச் சிக்கலான அமைப்புடையது. உயிருக்குச் சிறப்பாக விளங்கும் சில செயல்களும், சில அமைப்புகளும் புரோட்டோபிளாசத்தில் காணப்படுகின்றன. 600—700Å புரோடோபிளாச நிறை பிழம்பில் (Protoplasmic mass) சுமார் 1.5-2 மில்லியன் அணுக்கள் (atoms) இருக்கின்றன. இவற்றில் 75-100 ஆயிரக்கணக்கான அமினோ அமில மூலக்கூறுகளோ (amino acid) நூக்லியோடைடுகளோ (Nucleotides) இருக்கின்றன. சுமார் 150—200 புரதம் அல்லது நூக்ளியிக் அமிலப் பெருமூலக்கூறுகள் (macro molecules) இருக்கின்றன.

ஸெல்லில் அடிப்படைத் திறமைகள் பல காணப்படுகின்றன. இவ்வடிப்படைத் திறமைகளில் (fundamental activities) புரோடோபிளாஸ்டின் பங்கு மிகக் குறைந்த அளவுக்கே இருக்கிறது எனப் பல உயிரியல் வல்லுநர்கள் (Biologists) கருதுகிறார்கள். ஸெல்களின் புரோடோபிளாசம், மாறுபட்ட சூழ்நிலையில் சீரான உள்மாற்றங்களைத் தொடர்ந்து நிகழ்த்துகிறது. இந்தச் செயலை ஹோமியோஸ்டாசிஸ் (homeostasis) என்பர்.

புரோடோபிளாசத்தின் பௌதீக-வேதியியற் பண்புகள் (Physico chemical nature of Protoplasm)

கரையக் கூடியதும் கரையாததுமான பல வேதிப் பொருள்கள் புரோடோபிளாசத்தில் இருந்தபோதிலும் அது இப்பொரு

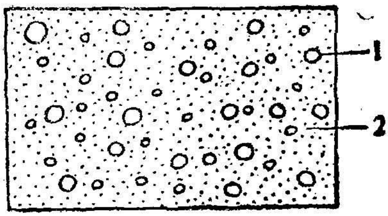
ளின் கலவையோ (mixture) கூட்டுப்பொருளோ அன்று. இப்பொருள்கள் புரோட்டோபிளாசத்தில் ஒரு குறிப்பிட்ட முறையில் அமைக்கப்பட்டுள்ளன. இத்தகைய அமைப்பே புரோட்டோபிளாசத்தின் உயிர்த் தன்மைக்குக் காரணமாக இருக்கிறது என்று கருதப்படுகிறது. எனவே புரோட்டோபிளாசப் பொருளடக்கத்தைவிட, அந்தப் பொருள்களின் அமைப்பைப் பற்றி அறிவது இன்றியமையாதது. இதற்கு நாம் முதலில், புரோட்டோபிளாசத்தின் கொல்லாயிடு அமைப்பைக் (Colloidal system) காணலாம்.

புரோட்டோபிளாசம் ஓர் உண்மையான கரைசல் அன்று. ஆயினும், பல கொல்லாயிடு தன்மைகள் இவற்றில் காணப்படுகின்றன என்று கருதப்பட்டது. கொல்லாயிடுகளுக்குக் குறிப்பிட்ட தனி வரையறை அளிக்க முடியாத நிலை இன்னும் உள்ளது. கொல்லாயிடுகள் ஒரு சடப்பொருளின் (matter) துணைப்பிரிவு நிலையே ஆகும். இவற்றிலிருக்கும் தனிப்பட்ட துகள்கள், பொது நிலையான மூலக் கூறுகளைவிடப் பெரியதாகவும், நுண்ணோக்கியில் பார்க்க இயலாத மிகச் சிறிய துகள்களாகவும் இருக்கின்றன என்று கொல்லாயிடுகள் வரையறுக்கப்பட்டுள்ளன.

புரோட்டோபிளாசத்தில், நீரில் கலக்க முடியாத பல பொருள்கள் கொல்லாயிடல் எமல்சன்போல (coloidal emulsion) அமைந்திருக்கின்றன. கொல்லாயிடு துகள்கள் (colloid particles) வடிவமற்ற (amorphous) துகள்கள் என்று கருதப்பட்டன. புரதங்கள் சிலவற்றிலும், நொதிகளிலும், வைரஸ்களிலும் (viruses) கொல்லாயிடு துகள்கள் ஒழுங்கான வடிவமுடையவைகளாகக் காணப்படுகின்றன. உகந்த சூழ்நிலையில் இவை படிகங்களை (crystals) உண்டாக்குமென்று அண்மைக் கால ஆய்வுகள் தெளிவாக்கியுள்ளன.

கொல்லாயிடு துகள்கள் சுமார் 1 மி. ம்யூ—500 மி. ம்யூ ($1m_\mu$—$500m_\mu$) வரை வடிவமுடையன. அண்மைக் காலத்தில் கொல்லாயிடுகளின் வடிவத்தை மில்லிமைக்கிரான்களில் அளவிடாமல் அணுக்களின் (atoms) எண்ணிக்கையில் அளவிட்டனர். கொல்லாயிடுகள் அயனிகள் (ions) போலச் செயலாற்றுகின்றன. ஏனெனில் கொல்லாயிடுகளின் துகள்வடிவங்கள் மின்னேற்றத்தைக் (electric charge) கொண்டிருக்கின்றன. மேலும் இத் துகள்கள் மின்தளத்தில் (electric field) இடமாறிச் செல்கின்றன (migrate).

ஒரு கொல்லாயிடு அமைப்புத் துகள்களையோ அல்லது துகளின் திரள்களையோ (aggregates) பிரிகை ஊடகத்தின் (dispersion medium) இயக்கமின்றி நிற்க வைக்கும்போது (suspend) அவை பிரிகை நிலையைப் (dispersed phase) பெறுகின்றன. இதற்குச் சான்றாக, களிமண் கொல்லாயிடின் ஒரு துளியைப் புடையொளி நுண்ணோக்காடியில் (ultramicrosope) வைத்துப் பார்க்கும்போது, அதில் தண்ணீர் ஒரு படலமாகப் படர்ந்திருப்பதையும், களிமண் துகள்கள் ஆங்காங்கே அப் படலத்தில் விரவிக் கிடப்பதையும் பார்க்கலாம் (படம். 7—1) இதில் தண்ணீர் பிரிகை ஊடகம் (dispersion medium) எனவும் களிமண் துகள்கள் பிரிகை துகள்கள் (dispersed particles) எனவும் கருதப் பட்டன. எனவே பிரிகை ஊடகத்தையும், விரவிய பொருளையும் கொண்ட ஓரளவு நிலையான இரு பொருள் அமைப்பே கொல்லாயிடு என்று வரையறுக்கப் பட்டது. கொல்லாயிடு தொகுப்புகளின் பண்புகள் 1828 ஆம் ஆண்டிலிருந்தே தெரிய வந்தன. ஆனால் இவற்றின் சிறப்பைப் பற்றிப் பின்னரே அறிவிக்கப்பட்டது.



படம் 7-1.
கொல்லாயடு
1. விரவிய பொருள்,
2. விரவு ஊடகம்.

முதன் முறையாக இராபர்ட் பிரௌன் (Robert Brown, 1828) நூக்ளியசைக் (nucleus) கண்டுபிடித்தார். முளைக்கும் (germinating) மகரந்தத்தூள்களில் (pollen grains) துகள்கள் தொடர்ந்து இயங்கி வருவதைக் கண்டார். இந்த இயக்கத்தையே பிரௌனியன் இயக்கம் (Brownian movement) என்று இப்பொழுது சொல்லப்படுகிறது. விரவு ஊடகத்தின் மூலக்கூறுகளின் இயக்கமே இதற்குக் காரணமாக இருக்கிறது. விரவு ஊடகத்தின் மூலக்கூறுகளைவிடக் கொல்லாயிடு துகள்கள் பெரிதாக உள்ளன. தொடர்ந்து இயங்கிக் கொண்டிருக்கும் விரவு ஊடகத்தின் மூலக்கூறுகள் கொல்லாயிடு துகள்களின் மேல் மோதி, அவற்றை இயங்கச் செய்கின்றன. பிரௌனியன் இயக்கமானது, துகள்களின் அளவு மற்றும் ஊடகத்தின் (medium) குழைம நிலையைச் (viscocity) சார்ந்திருக்கும். உயர்ந்த தட்பவெப்ப நிலைகளில், துகள்களின் இயக்கம்

அதிகரிக்கும். ஆகையினுல் அடிக்கடி துகள்களுக்கிடையே மோதல் ஏற்படுகிறது.

கொல்லாயிடு கரைசலில் (colloidal solution) ஒளிக் கதிர்கள் கடந்து செல்லும்போது ஒளியின் வழி (Path of light) தெளிவாகத் தெரிகிறது. இதனை 'டின்டல் விளைவு' (Tyndoll effect) என்பர். கொல்லாயிடு துகள்களின் மேற்பரப்பிலிருந்து ஒளி சிதறிப் பரவுதலால் டின்டல் விளைவு ஏற்படுகிறது. இவ் விளைவு ஒளி ஆற்றல் (intensity of light) ஒளிவிடுகதிர்கள் விழு கின்ற முறை, துகள்களின் அளவு, ஊடகம் போன்றவற்றைச் சார்ந்திருக்கும். நீர் விரும்பு கொல்லாயிடுகளின் (hydrophillic colloids) ஒளிவிலக்க எண்ணில் (refractive index) வேற்றுமை இல்லாதபோது 'டின்டல் விளைவு' மறைந்து விடுகிறது. இந்தப் பண்புகளைப் புரோடோபிளாசக் கொல்லாயிடுகள் பெற்றிருக்கின்றன.

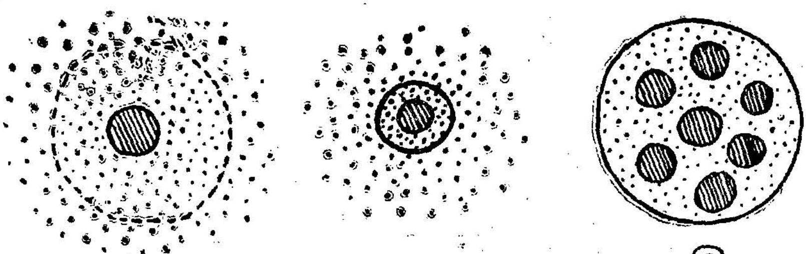
கொல்லாயிடு துகள்களுக்கு மின்ஏற்றம் உண்டு. இரண்டு வேறுபட்ட மின்ஏற்ற (opposite electrical charge) அடுக்குகள் கொல்லாயிடு துகள்களைச் சுற்றியிருப்பதாகக் கருதப்படுகிறது. உள் மின்ஏற்ற அடுக்கானது துகள்களுடன் வலிமையாக (strongly) ஒட்டிக் கொண்டிருக்கிறது. வெளி மின்அடுக்கு நிலை யற்றது (labile). உள் அடுக்கு எதிர் மின்னேற்றத்தைப் பெறும்போது, வெளி அடுக்கு ஹைடிரோஜன் அயனிகளைக் (hydrogen ions) கொண்டிருக்கும். உள் அடுக்கு நேர் மின்னேற்றத்தைப் பெறும்போது வெளி அடுக்கில் ஹைற டிராக்சில் அயனிகள் (hydroxyl ions) காணப்படுகின்றன. ஒரு கொல்லாயிடில் விரவிய பொருளின் துகள்கள் அனைத்தும் ஒரே மின்னேற்றத்தைப் பெற்றுள்ளன. விரவு ஊடகம் அதற்கு எதிரான மின்னேற்றத்தைக் கொண்டுள்ளது. சான்ருகக் களிமண் கொல்லாயிடில் களிமண் துகள்கள் எதிர் மின்னேற்றத் தைப் (negative charge) பெற்றுள்ளன. தண்ணீர் நேர் மின்னேற்றத்தைப் (positive charge) பெற்றுள்ளது. ஒரு கொல்லாயிடை மின்வெளியில் (electrical field) வைத்தால், துகள்கள் தாம் பெற்றுள்ள மின்னேற்றத்திற்கு எதிர் துருவத் தைச் சென்று அடைகின்றன. இந்தச் செயல் மின்பிரிதல் (electrophorosis) எனப்படுகிறது.

புரோடோ பிளாசத்தில் பல பொருள்கள் எமல்சன் (emul sion) வடிவத்தில் இருக்கின்றன. எண்ணெய், கொழுப்பு (fat) முதலிய பொருள்கள் நீரில் கலவையாக இருப்பதும் நீர் எண்

ணெய் கலவை போன்றவை எமல்சனுக்குச் சான்றுகளாக இருக்கின்றன. இவை இரண்டும் நீர்மமாக இருந்தபோதிலும் விரவிய பொருள் (dispersed phase) விரவு ஊடகத்துடன் (dispersion med'um) ஒன்று சேராது. ஆகையினால் எமல்சன்களை 'லையோ ஃபோபிக்' கொல்லாயிடுகள் (lyophobic colloids) என்பர். இத்தகைய இயல் நிகழ்ச்சியை ஜாக்குயஸ் லோப் (Jacques loeb) கண்டறிந்து, எமல்சன்களைப் பாதுகாப்புக் கொல்லாயிடுகள் (protective colloids) என்று பெயரிட்டிருக்கிறார். சிறு எண்ணெய்த் துளிகள் அல்லது கொழுப்புப் பொருள்கள் நீர் கலந்த நிலையில் (aqueous phase) தேங்கும்போது பாதுகாப்புக் கொல்லாய்டுகளால் (protective colloids) நிலைப்படுத்தப்படுகின்றன. இந்நிலையில் புரோட்டோபிளாசத்தில் எமல்சன்கள் காணப்படுகின்றன. இதனைப் புடையொளி நுண்ணோக்காடியில் பார்க்கலாம். அகார் அகார் (agar agar) நீர் கரைசலில் (solution) நீர், விரவிய நீர்மமாக (dispersing liquid) அமைந்து நீரை ஏற்றுக்கொள்கிறது. இந்தக் கொல்லாயிடுகளை நீர் விரும்பு கொல்லாயிடுகள் (hydrophillic colloids) என்பர். நீர் விரும்பு கொல்லாயிடுகள், நீர் விரும்பாக் கொல்லாயிடுகளைவிட (hydrophobic colloids) நிலையானவை.

ஒன்றுபட்ட புரத மூலக்கூறுகளுக்கு அல்லது புரதம் போன்ற பொருள்களின் கூட்டுச் சேர்க்கைக்குக் கோஅசர்வேட்டுகள் (coacervates) என்று பெயர். இவை சூழ்நிலையிலுள்ள நீர்மத்தில் (liquid) சிறு துளிகளாக (droplets) இணைக்கப்படுகின்றன. கோஅசர்வேட் என்ற சொல் அசெர்வுஸ் (acervus) என்னும் லத்தீன் (Latin) வேர்ச் சொல்லிலிருந்து தோன்றியுள்ளது. அசெர்வுஸ் என்ற சொல்லுக்குக் குவியல் (heap) அல்லது கூட்டம் (cluster) என்று பொருளாகும். கோஅசர்வேட்டுகளின் சிறப்புப் பண்புகளை அறிய, அயனிகளின் கோட்பாடு தேவைப்படுகிறது. ஓர் அணுவிலிருந்து (atom) ஓர் எலக்ட்ரான் (electron) தனியாக இழுக்கப்பட்டு மற்றோர் அணுவுடன் சேர்கிறது. அச் சமயத்தில் அணு, நேர் மின்னேற்றத்தையும், எதிர் மின்னேற்றத்தையும் பெறுகிறது. பின்னர் ஒவ்வோர் அணுவும் அயனி (ion) எனப்படுகின்றன. அதே போன்று ஓர் மூலக்கூறிலிருந்து (molecule) ஓர் எலெக்டிரான் இழுக்கப்பட்டு மற்றொரு மூலக்கூறுடன் ஒட்டிக்கொள்கிறது. இரண்டு மூலக்கூறுகளிலும், மின்னேற்றம் அல்லது அயனி மாற்றம் உண்டாகிறது. இதற்குச் சான்றுகப் புரதம் நீரில் கரையும்போது புரத மூலக்கூறுகளின் ஒரு பகுதியில் அயனி மாற்றம் நேர்கிறது. அதாவது, அவை ஒரு மின்னேற்றத்தையும் உண்டாக்கிக் கொள்கின்றன. இவ்வாறு மின்னேற்றம் அடைந்த

மூலக்கூறுகள் நீர் மூலக்கூறுகளை ஈர்க்கின்றன. அதன் விளைவாகப் பெரிய புரத மூலக் கூறுகளைச் சுற்றியும், நீர்மூலக்கூறுகள் குவலயம் போல (sphere) அமைகின்றன. இவ்வாறு தனிக் கோஅசர்வேட்டுகள் (simple coacervates) ஏற்படுகின்றன. இது போன்று பல பெரிய மூலக்கூறுகளைச் சுற்றியும், நீர்மூலக்கூறுகள் ஒரு குவலயம் போல அமைகின்றன. இதனைக் கூட்டுக் கோஅசர் வேட்டுகள் (complex coacervates) என்பர் (படம். 7-2). உயிர்த்



அ ஆ இ

படம் 7-2
கோ அசர்வேட்டின் முறை.
அ. கொல்லாய்டு துகளுடன் குறைந்த நீர் இணைதல்,
ஆ. நீர் இணைந்த அடுக்கு குறைத்தல்,
இ. கோஅசர்வேட்டு முறை தொடக்கம்.

தோற்றத்தில் கோஅசர்வேட்டுகள் முக்கியப் பங்கேற்கின்றன என்று ஓபரின் (Oparin, 1924) கருதுகிறார். கோஅசர்வேட்டுகள் சில செல் உயிர்ப் பொருள்களைப் (celll inclusions) போன்றோ செல் நுண் அங்கங்களைப் (cell organelles) போன்றோ இருக்கின்றன. அது போன்ற அமைவுகள், புரோடோபிளாசத்தின் கோஅசர்வேட்டினால் ஏற்படுகின்றன. இழைபுரதத்தின் (fibrou protein) கோஅசர்வேட்டினை டாக்டொய்டுகள் (Tactoids) என்பர்.

புரோட்டோபிளாசக் கொல்லாயிடுகள், ஸால், ஜெல் (sol, gel) போன்ற சிறப்புப் பண்புகளைப் பெற்றிருக்கின்றன. ஒரு கொல்லாயிடின் கரைசலே (colloidal solution) ஸால் (sol) எனப்படுகிறது. இதில் ஒரு விரவு ஊடகமும் கொல்லாயிடு பொருளும் இருக்கின்றன. ஓரளவு திடப்பொருளாக உள்ள கொல்லாயிடு ஜெல் (Gel) எனப்படுகிறது.

ஜெல்லின் அமைப்பு: (Structure of Gel)

ஒரு ஜெல்லிலுள்ள துகள்கள் நீள வடிவமுடையவை. இத் துகள்கள் ஒன்றோடொன்று ஓரளவு இணைந்து, ஒழுங்கற்ற குவிய

லாக உள்ளன. இத்தகைய அமைப்புத் தூரிகைக் குவியல் (brush heap) எனப்படுகிறது. இத் துகள்களுக்கு இடையே உள்ள இடைவெளிகளில் நீர் உள்ளது. இது போல ஒரு ஜெல்லில் விரவிய பொருளுக்கும், விரவு ஊடகத்திற்கும் இடையே ஓரளவு இணைப்பு இருப்பதால் தான் ஜெல் திட நிலையில் உள்ளது. ஜெல்லுடன் தண்ணீர் சேர்த்துச் சிறிதளவு வெப்பப்படுத்தினால் அது மீண்டும் ஸால் ஆகிறது. ஸாலைக் குளிர வைக்கும் போது ஜெல் ஆகிறது. இதுபோல மீண்டும் மீண்டும் மாறக் கூடிய தன்மையுடைய கொல்லாயிடுகள் மீளுங்கொல்லாயிடுகள் (rever sible colloids) எனப்படுகின்றன.

ஸால் → ஜெல்
←

ஸால் நிலையிலுள்ள ஒரு கொல்லாயிடை வேகவைக்கும் போது ஜெல் ஆகிறது. இந்த ஜெல் எந்த முறையிலும் மீண்டும் ஸாலாக மாறமுடியாது. இது ஒரு நிரந்தரமான மாற்றம். இவ்வாறு ஒரு நிலையிலிருந்து மற்றொரு நிலைக்கு மீண்டும் மாற முடியாத கொல்லாயிடுகளை மீளாக் கொல்லாயிடுகள் (irreversible colloids) என்பர். சில மீளுஞ் ஜெல்களில் (reversible gels) குழைமநிலை (viscocity) மாற்றமடைந்து மீளும் ஸால் தோன்று முறை (solation) ஜெல் தோன்று முறையைக் காட்டுகிறது. இந்த மாற்றமானது தானே இயங்கும் ஆற்றலாகிய (mechanical force) குலுக்கல் (shaking) போன்ற செயல் வினையினால் ஏற்படுகிறது.

இவ்வாறு புரோட்டோபிளாசம் பல்வேறான முரண் கூறுகளைக் கொண்ட கொல்லாயிடு அமைப்பாகக் (heterogenous colloidal system) கருதப்படுகிறது. இதுபோன்ற அமைப்பு இழைகளின் வரைச் சட்டம் (framework of filaments), சவ்வுகள் (membranes), இணை நுண் கால்வாய்கள் (canaliculi) போன்றவை நீர் ஊடகத்தில் சிதறப்படுவதனால் உண்டாகின்றன. இந்த வரைச் சட்டத்தில், நீண்ட மூலக் கூற்றுத் தொடர்களோ (molecular chains) அல்லது மைசெல்லே (micellae) எனப்படும் மூலக் கூறு கூட்டங்களோ இருக்கின்றன. பொதுவாக மைசெல்லே $\cdot 01 - \cdot 1$ ம்யூ (1ம்யூ $(\mu) = 1/1000$ மி.மீட்டர்) அளவில் இருக்கலாம். எந்தப் பொருளையும் இந்த அளவுக்குச் சிறிதாக்கும் போது, அது கொல்லாயிடு நிலையை அடையும். எனவே கொல்லாயிடு என்பது பொருளின் அளவைச் சார்ந்த ஒரு நிலையே (state) தவிர, பொருளின் ஒரு வகை (kind) அல்ல.

ஹைட்ரஜன், ஆக்ஸிஜன், நைட்ரஜன், கார்பன், ஃபாஸ் ஃபரஸ் முதலிய வேதிப் பொருள்கள் புரோடோபிளாசத்தில் மிகுந்த அளவில் காணப்படுகின்றன. கால்சியம், மெக்னிசியம், பொட்டாசியம், சோடியம், இரும்பு, கந்தகம், குளோரின் போன்ற பொருள்கள் குறைந்த அளவில் காணப்படுகின்றன. புரோடோபிளாசத்தில் பல வகைப்பட்ட கூறுகள் (elements) அங்கக (Organic) அனங்கக (inorganic) கூட்டுப் பொருள் வடிவத்தில் இருக்கின்றன. இப் பொருள்கள் பற்றிய விளக்கம் இந் நூலின் 'செல் வேதியியல்' என்னும் அத்தியாயத்தில் விவரிக்கப்பட்டுள்ளது.

கொல்லாயிடுகளின் பண்புகளைப் போன்று புரோடோ பிளாசப் பண்புகளும் இருக்கின்றன. புரோடோபிளாசம் எமல் சன் வடிவிலுள்ள நீர் விரும்பு கொல்லாயிடு எனக் கருதப் பட்டது. இதில் சர்க்கரை, அனங்ககப் பொருள்கள் ஆகிய வற்றாலான ஒரு கரைசல் விரவு ஊடகமாகவும், புரதம், கொழுப்புப் போன்ற பொருள்கள் விரவிய பொருளாகவும் இருக் கலாம் எனக் கருதப்படுகிறது. இதற்கு ஆதரவான பண்புகள் (1) புரோடோபிளாசத்தில் தண்ணீர் அதிகமாக உள்ளது. (2) புரோடோபிளாசம் ஒரு நீர்மத்தைப் போன்று பாய்வுப் போக்கு அசைவு (streaming movement) காட்டுகிறது. இந்த அசைவு வளர்சிதை மாற்றங்கள் குறையும்போது குறைந்து விடுகிறது.

புரோடோபிளாசம் ஓர் உண்மையான நீர்மமில்லை என் பதைச் சில பண்புகள் காட்டுகின்றன. சான்றாக, புரோடோ பிளாசம் நீருடன் கலப்பதில்லை. புரோடோபிளாசத்தின் இழுக்கும் திறன் நீர்மத்துக்கு இல்லை. எனவே புரோடோபிளா சத்தில் கண்ணிற்குப் புலனாகாத ஓர் உள் அமைப்பு, அல்லது பின்னணி அமைப்பு இருக்க வேண்டுமென்று கருதப்படுகிறது. புரோடோபிளாசம் ஜெல்லாக இருப்பதற்கு வாய்ப்பில்லை. ஏனெனில் இது ஜெல்லாக இருந்திருந்தால் அசைவு இயக்கங்கள் தோன்றா.

எனவே புரோடோபிளாசத்தை ஒரு நெகிழ்வுடைய அமைப் பாகக் கொள்ள வேண்டும். அதில் விரவியுள்ள இழைகள் ஒரே சீரான அமைப்பைப் பெறவில்லை. எனவே புரோடோபிளா சத்தை இயக்கச் சமநிலையிலுள்ள (dynamic equilibrium) பௌதீக வேதியியல் அமைப்பாகக் கருதுவது உகந்ததாகத் தோன்றுகிறது.

8. பிளாஸ்மா சவ்வு
(Plasmamembrane)

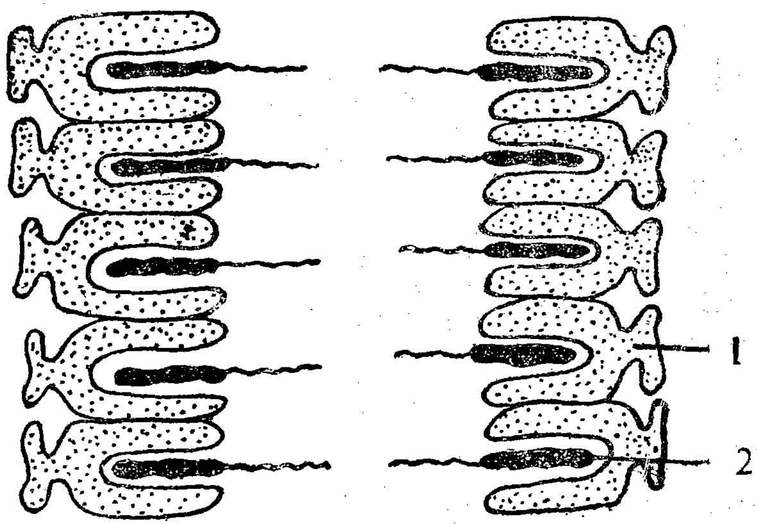
பிளாஸ்மா சவ்வு, ஸெல்களை அவற்றின் சூழ்நிலையுடன் செயலாற்றச் செய்கிறது. சிலர் இதற்கு ஸெல் சவ்வு அல்லது பிளாஸ்மா லெம்மா (plasma lemma) என்றும் பெயரிட்டிருக்கிறார்கள். சுமார் 1850 இல் ஸெல் சவ்வு, உட்புகு திறனுடையது என்றும் (permeability), சில மூலக் கூறுகளைச் (molecules) ஸெல்லுக்குள்ளே செலுத்தும் திறனும், வெளியேற்றும் திறனும் உடையது என்று கருதப்பட்டது. ஸெல் சைட்டோபிளாசத்திற்கும், அதனுடைய வெளிப்புறத்துக்கும் இடையே சவ்வூடு பரவலை (osmosis) நிலை நிறுத்தவும், அயனி மாற்றத்தினைச் (ion exchange) சமநிலையாக்கவும், பிளாஸ்மா சவ்வு உதவுகிறது என்று அண்மைக்கால ஆராய்ச்சிகள் தெளிவு படுத்துகின்றன. பிளாஸ்மா சவ்வில் அயனிகளின் நிலை மாற்றம் எலெக்ட்ரான் நிலை சாதனத்தை (electron potential) உண்டாக்குகிறது. இதுவே சவ்வுகளின் பௌதிகச் சிறப்புப் பண்பாகும். இறுதியாக, பௌதீக வேதியியல் (Physical chemistry), உயிர் வேதியியல் (Biochemistry) ஆராய்வுகள் சவ்விற்கு மூலக் கூறு உருப் படிவத்தை (molecular model) வழங்கியது. தாவர ஸெல்களில் பிளாஸ்மா சவ்வு, செல் உறை சைட்டோபிளாசம் ஆகியவற்றிற்கு இடையே இருக்கிறது. பல விலங்கு ஸெல்களில், சவ்வு, சைட்டோபிளாசத்துக்கு எல்லைக் கோடாக அமைந்திருக்கிறது.

வரலாற்றில் முதன் முறையாக ஓவர்டன் (Overton, 1895), பிளாஸ்மா சவ்வின் அமைப்பைப் பற்றியும், தாவர ஸெல்களில் கரைவங்களின் (solutes) உட்புகு திறனைப் பற்றி ஆராய்ந்தார். இந்த ஆய்வுகளின் விளைவாக ஸெல் சவ்வில், லிபிட் பொருள் தொடர்ந்த அடுக்காக அமைந்திருக்கிறதென்று ஓவர்டன் தெளி

வாக்கினர். கிரிஜன்ஸ், ஹெடின் (Grijns and Hedin, 1897) என்போர் பிளாஸ்மா சவ்வில் மூலக் கூற்றினது (molecules) உட்புகு திறன் (permeability) சவ்வின் லிபிட் கரை திறனுடன் (solubility) தொடர்புற்றிருக்கு மெனத் தெளிவாக்கினர். பின்னர், கொலான்டர் என்பவரும் (Collander, 1933) வேறு சிலரும் பிளாஸ்மா சவ்வில் சிறிய மூலக்கூறுகள் தாமாகவே இயங்கி வருகின்றன என்றும் லிபிட் கரையும் தன்மைக்கும் (lipid solubility) இவற்றிற்கும் தொடர்பு இல்லை என்றும் தெளிவாக்கினர். இதனால், சவ்வு 'மூலக்கூறு சல்லடை போலச்' (molecular sieve) செயல் புரிகிறது. நீர், எலெக்ட்ரொலைட் அற்றவை (non-electro lyte), அயனிகளின் உட்புகுதிறன் ஆகியவை பௌதீக வேதியியல் முறையில் ஆராயப்பட்டன.

பிளாஸ்மா சவ்வின் வடிவ அமைப்பு
(morphology of plasmamembrane)

பாலூட்டி விலங்குகளில் நூக்ளியஸ் அற்ற எரித்திரொஸைட் செல்கள் (erythrocyte cells) உள்ளன. அவற்றின் சவ்வைப்



படம் 8-1.
பிளாஸ்மா சவ்வின் அமைப்பு.
1. புரதம், 2. லிபிடு.

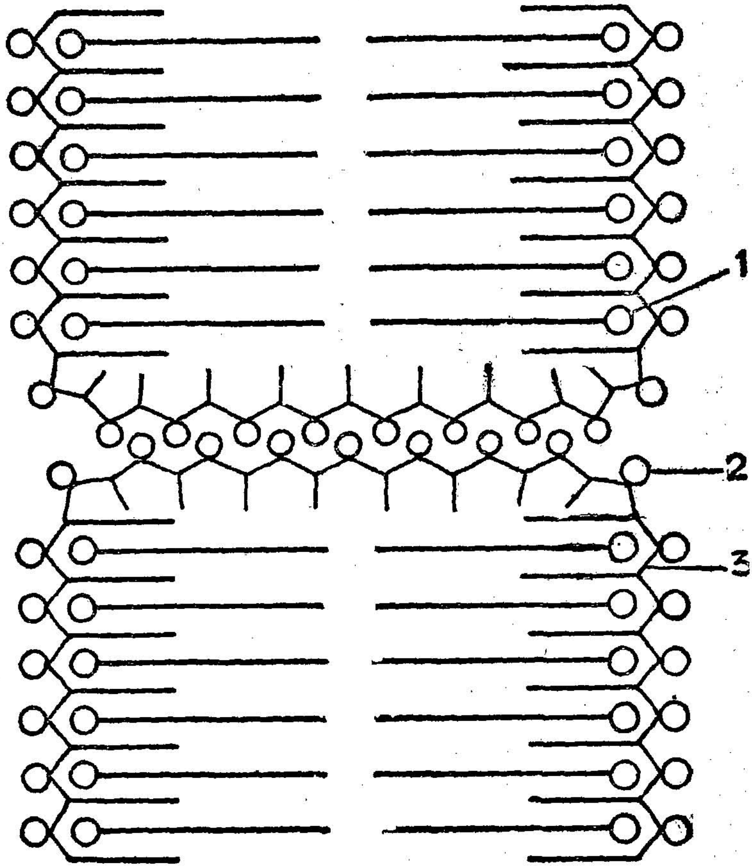
பற்றிப் பல ஆராய்ச்சிகள் நடத்தப்பட்டன. தாவரங்களில் பிளாஸ்மா சவ்வு மிகுந்த அடர்த்தியுடனும், சரி சீரமைப்புடைய

தடிப்புகளைக் கொண்ட இரு கரு நிறக் கோடுகள் போலவும் தோன்றுகின்றன. இளம் பூஞ்சை செல்களில் பிளாஸ்மா சவ்வு, செல் உறையுடன் நெருக்கமாக ஒட்டிக்கொண்டிருக் கிறது. ஆயினும், சில முதிர் செல்களில் வளைவாகவும், குவிந்து உள் நோக்கித் திரும்பிய பரப்பு உடையவைகளாவும் காணப்படு கின்றன (ஹாவ்கர், 1965). அபுடிலானில் (Abutilon) தேன் சுரப்பி இழை செல்கள் கசிகின்றன. இந் நிலையில் பிளாஸ்மா சவ்வு சுருண்ட (convoluted) அமைப்பைப் பெறுகிறது.

மின் நுண்ணோக்கி ஆய்வுகள் பிளாஸ்மா சவ்விற்கு மூலக் கூற்று உருப் படிவத்தை அளித்தன (படம். 8-1). டேனியல்லி, டேவ்சன் (Danielli and Davson, 1935) முதலியவர்கள் கருத் தின்படி பிளாஸ்மா சவ்வின் மையப் பகுதியில் லிபிட் (lipid) மூலக் கூறுகளும், வெளி உள் பரப்புகளில் புரத மூலக்கூறுகளும் இடை யீட்டப்பம் (sandwitch) போல அமைந்திருக்கின்றன (படம், 8-2). முதலில் ஓவர்டன் (Overton, 1895) என்பவர், பிளாஸ்மா சவ்வு, கொழுப்புப் பொருட்களைக் (lipid) கொண்டி ருக்கிறதென்று கூறினர். கொழுப்பில் கரையும் பொருள்கள் மிக எளிதாக இதனுள் ஊடுருவிச் செல்வதைக் கண்டு, ஓவர்டன் இக் கருத்தினை வெளியிட்டார். பின்னர் லாங்மூர் (Longmuir, 1917), கொழுப்பு மூலக்கூறுகளின் அமைப்புப் பற்றி ஆராய்ந் தார். அவர், நீர் காற்று ஆகியவற்றுக் கிடையே கொழுப்புகள் அமையும் போது, அவை ஒற்றை அமைப்புடன் இருப்பதாகக் கூறினர். அப்போது அவற்றின் மூலக் கூறுகளின் துருவ நுனி (Polar end) நீர்ப் பகுதியையும், துருவமில்லா நுனி (non-polar end) காற்றை நோக்கியும் இருப்பதாக அவர் அறிவித்தார். இக் கருத்துகள், பிளாஸ்மா சவ்வு பற்றிய அண்மைக்காலக் கோட்பாடுகளுக்கு அடிப்படையாக விளங்குகின்றன வென்று கருதலாம்.

பெரும்பான்மையான செல்களின் பிளாஸ்மா சவ்வு 150-300Å (10000 Å - 1 μ) தடிப்புடையது (ஹில்லியர் (Hillier), 1953). சில செல்களின் சவ்வு 600Å தடிப்புடையது என்று பாண்டர் (Ponder, 1961) அறுதியிட்டார். பிளாஸ்மா சவ்வின் ஈரடுக்கு லிபிடுகள் 30Å அளவுள்ளனவாகும், புரதம் 20Å அளவுள்ளதாகவும் இருக்கு மெனக் கருதினர்கள். பிளாஸ்மா சவ்வில் மிகச் சிறிய துளைகள் காணப்படுகின்றன. ஒவ்வொரு துளையும் 4Å-4·25Å ஆரை (radius) உடையன. இத் துளைகள் பொருள்களை எடுத்துச் செல்வதற்கு (transport of materials) உதவுகின்றன. இச் செயல் நிகழும் போதும், வளர்

சிதை மாற்ற நிலைகளிலும் துளைகள் மூடித் திறப்பதினால் அவற்றின் ஆரை (radius) வேறுபட்டிருக்கிறது.



படம் 8-2.

பிளாஸ்மா சவ்வின் மூலக்கூறு அமைப்பு.

1. லிபிடு மூலக் கூறு, 2. துருவ நுனி, 3. புரத மூலக்கூறு.

அலகுச் சவ்வு (Unit membrane)

மின் நுண்ணோக்கியில், மேலும் சில நுணுக்கமான முறைகளைக் கையாண்டு, பிளாஸ்மா சவ்வுகளில் மூன்று அடுக்குகள் இருப்பதைக் கண்டனர். இராபர்ட்சன் (Roberison, 1959) கண்டுரைத்த அலகு சவ்வில் இரு நெருக்கமான அடுக்குகள் காணப்படுகின்றன. இதில் ஒவ்வொரு அடுக்கும் 25Å அளவுள்ளது. நடு அடுக்கு மற்ற இரண்டையும் விட அடர்த்தி

குறைந்ததாகத் தெரிகிறது. இத்தகைய அமைப்புக்கு 'அலகு சவ்வு' (Unit membrane) என்று பெயர். இந்த அடுக்குகளில் சமச்சீர் இன்மை (asymmetrical), தடிப்பு வேற்றுமை, வேதிக் கூட்டமைப்பு வேறுபாடு ஆகியவை இருக்கின்றன என்று சிலர் கண்டறிந்தனர். சில அலகு சவ்வில் அடர்த்தி மிக்க அடுக்குகள் தொடர்பற்றுக் காணப்படுகின்றன. இந்த அடர்த்தி குறைந்த இடங்களே நுண்ணிய துளைகளாகக் கருதப்படுகின்றன. அலகு சவ்வு, பிளாஸ்மா சவ்வின் மூலக்கூற்றின் அமைப்பைத் தெளிவாக்குகிறது. இக்கால ஆராய்ச்சிகளின் விளைவாகக் கிடைத்த இம்முடிவு மிகச் சிறந்த முடிவு.

பிளாஸ்மா சவ்வின் பௌதிகத் தன்மைகள்
(Physical properties of the cell membrane)

1. பரப்பு மின்னேற்றம் (Surface charge)

பிளாஸ்மா சவ்வில் பரப்பு மின்னேற்றம் (electrical charge) இருப்பது நிறுவப்பட்டுள்ளது. ஸெல்களை மின்னோட்டம் செலுத்தப்படும் ஒரு கரைசலில் வைக்கும்போது அவை யாவும் நேர் மின் முனைக்கு (anode) நகர்வதைக் காண்கிறோம். இது ஸெல் பரப்பு எதிர் மின்னேற்றத்தைக் (Cathode) கொண்டுள்ளது. என்பதைக் காட்டுகிறது. ஆனால் சில ஸெல்களில் உதாரணமாக இரத்த வெள்ளை அணுக்களில் ஸெல் சவ்வு நேர் மின்னேற்றத்தைக் கொண்டுள்ளது. பிளாஸ்மா சவ்வில் மின்னேற்றம் அதன் புரதப் பகுதியில் (Protein) ஏற்றுக்கொள்ளப்படுகிறதென்று பொதுவாக நம்பப்படுகிறது.

2. பரப்பு இழுவிசை (Surface tension)

பொருள்கள் நீட்சியடையும் எதிர்க் கூட்டிய ஆற்றலையே விசை (tension) என்கிறோம். பொதுவாக இயற்கையில் ஒத்த மூலக்கூறுகளிடையே கவர்ச்சி ஆற்றல் காணப்படுகிறது. இந்தக் கவர்ச்சி ஆற்றலைக் கூட்டிணைவு (cohesion) என்கிறோம். இந்தக் கூட்டிணைவு ஆற்றலே ஒரு பொருளின் பரப்பில் உள்ள மூலக் கூறுகள், நீட்சியடைவதற்குத் தடையாக உள்ளது. இதனையே பரப்பு இழுவிசை என்கிறோம்.

பிளாஸ்மா சவ்வில் புரத மூலக் கூறுகள் இருப்பதால் அது மிகக் குறைவான பரப்பு இழுவிசையும், நெகிழ்ச்சித் தன்மையும் (elastic) கொண்டுள்ளது.

பிளாஸ்மா சவ்வின் வேதியியல் தன்மைகள்
(Chemical Properties of Plasma membrance)

எரித்திரோசைட் கோஸ்டுகள் (Erythrocyte ghosts) பற்றிய வேதி ஆய்வுகளும் ரோகர்ஸ் (Rockers, 1963); நிகர்சன் (Nickerson, 1964), பாக்டீரியாவின் புரோடோபிளாசம் பற்றிய உயிர் வேதிப் பகுப்பாய்வுகளும் (Biochemical analysis) (ரோபினொள (Robinor, 1960) பிளாஸ்மா சவ்வின் வேதித் தன்மைகளைத் தெளிவாக்குகின்றன.

பிளாஸ்மா சவ்வில் லிபிடும், புரதமும் 1:1.60-1·82 விகிதத்தில் காணப்படுகின்றன என்று எரித்ரோசைட் கோஸ்டுகளின் பகுப்பாய்வுகள் தெரிவித்தன. பலவகை லிபிடுகள் பிளாஸ்மா சவ்வில் இருக்கின்றன என்று கண்டுணரப்பட்டது. பிளாஸ்மா சவ்வில் கோலெஸ்டிரால் 30% (Cholesterol), சிபாலின் 46% (Cephalin), லெசிதின் 11% (Lecithin), ஸ்பின்கோமைலின் 8% (Sphingomyelin) ஆகியனவும், கணக்கிடாத லிபிடுகள் 5% போன்ற லிபிட் வகைகளும் இருக்கின்றன என்று மாஸ்கோவிட்சும், கால்வினும் (Moskowitz and Calvin, 1952) தெளிவாக்கினர். அயனிகள் (ions) லிபிட் அடுக்குகளில் மிகச் சிக்கலோடு ஊடுருவிச் செல்கின்றன. இதன் விளைவாக, பிளாஸ்மா சவ்வில் மின் ஆற்றலின் (electricity) கடத்து திறன் (Conduction) குறைக்கப்பட்டுத் தடுப்பாற்றல் (resistance) அதிகரிக்கிறது.

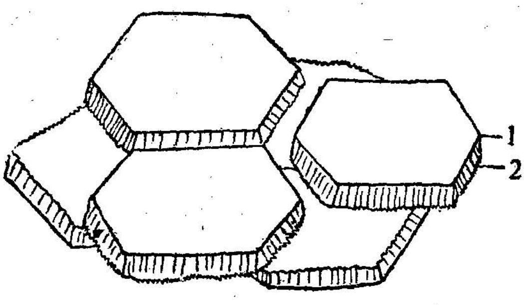
பிளாஸ்மா சவ்வில் காணப்படும் புரதக் கூறுகளில் பல கூறுகளைப் பற்றிய பண்புகள் தெளிவாக்கப் பட்டிருக்கின்றன. ஜோர்பஸ் (Jorpes 1932), ஸ்ட்ரோமாடின் (stromation) என்னும் புரத இழையை (fibrons protein) எரித்ரோசைட் கோஸ்டுகளில் இருப்பதாகக் கண்டறிந்தார். பின்னர் காலவின், மாஸ்கோவிட்ஸ் (Calvin and Moskowitz, 1952) ஸ்ட்ரோமின் (stromin), கோல்வடிவ எலினின் (elenin) என்னும் இரு வகைப்படும் புரதக் கூறுகளை ஆராய்ந்தார்கள்.

புரத உறை, வளர்ச்சிதை மாற்ற எதிர் வினைகளில் வினையூக்கிகளாகச் செயல் புரிகின்றது. உயிர்ப்புக் கடத்துதலின் போது (active transport) பிளாஸ்மா சவ்வு மூலக்கூற்று சல்லடைகளாக அமைந்து வினை யூக்குகின்றது. இச்சவ்வு இதனோடு வேறு சில செயல்களையும் செய்து வருகிறது. இந்தப் புரத உறையினுடைய மூலக்கூறுகளின் உருவரையைத் (molecular Configuration) தெளிவுப்படுத்தச் சில கொள்கைகள்

வெளிவந்தன. ஹெக்டர் (Hechter, 1965) என்பவர் புரத உறைக்குப் பீடா உருவரை (Beta Configuration), அறுபக்க உருவரை (hexagonal configuration), இரு மூலக்கூறு (molecular) உருவரைகளை அளித்தார்.

பீடா உருவரையில் (Beta configurtaion) புரதத்தின் பெப்டைடு பிணைப்புகளில் (peptide bonds) லிபிடுகளின் துருவக் கூட்டங்கள் (polar group) உள்ளன. இவற்றிடையே மிகுதி யான இடைவினை (interaction) நிகழ்கின்றது. இவ்வினையில் புரதங்கள் முழுமையாக மடிக்கப் பெறாத (unfolded) இருப்பத னால் பெப்டைடு பிணைப்புகள் சுருண்டு முடிச்சுகளாகவும் (knots) சிறு கோளங்களாகவும் (globules) இருக்கின்றன.

அறுபக்க உருவரையில், செல் சவ்வு, ஆறுபக்க (hexagonal) புரத வில்லைகளைக் (protein discs) கொண்டிருக் கின்றது. (ஹெக்டர்-Hechter, 1965). இந்த உருவரையில் எல்லாப் பெப்டைடுகளும் அமைப்பொழுங்கு உடையதாகவும், இழுவிசையற்ற (strainless) ஆறு பக்கங்களுடைய முன் வரைவு களாகவும் (pattern) அமைக்கப் பட்டிருக்கின்றன (படம் 8-3). இவ்வகைப்பட்ட அறுபக்க வடிவங்களில், நீர் விரும்பி



படம் 8-3.
ஆறு பக்க புரத அலகுகளின் அமைப்பு
1. நீர் விரும்பும் பரப்பு. 2. நீர்வெறுக்கும் பரப்பு.

(hydrophilic), நீர் ஒதுக்கி (hydrophobic) என்கின்ற தனிப் பரப்புகள் காணப்படுகின்றன. பிளாஸ்மா சவ்வு கலையும் பொழுது ஆறு பக்கங்களுடைய முன் வரைவுகளைக் கொண்ட துணை அலகுகள் மூலக் கூற்று உருவரையை மாற்றிக் கொள் கின்றன.

தோற்றம் (Origin)

பிளாஸ்மா சவ்வின் தோற்றத்தை விளக்க மூன்று முக்கிய கொள்கைகள் உள்ளன. பிளாஸ்மா சவ்வு பௌதிக அமைப்பினால் தோன்றியது என்பது முதற் கொள்கை. இதன்படி பரப்பில் வினைபுரியும் லிபோ புரதங்கள் ஒன்று சேர்ந்து, சைட்டோபிளாசப் பரப்பில் பிளாஸ்மா சவ்வாக மாறுகிறது. இரண்டாவது கொள்கை, பிளாஸ்மா சவ்வை ஒரு தனிச் சவ்வாகவும், தானாக இயங்கும் உரிமை பெற்ற உறுப்பாகவும் விளக்குகிறது. கோல்கி நுண்பை (Golgi vesicle) வரம்புகளின் சவ்விலிருந்து பிளாஸ்மா சவ்வு தோன்றியிருக்குமெனக் கூறுகிறது மூன்றாவது கொள்கை.

பிளாஸ்மா சவ்வின் செயல்கள்

பிளாஸ்மா சவ்வு, செயலியல் (Physiology) சிறப்பு வாய்ந்தது. இது செல்லைச் சூழ்ந்து காணப்படும் பாதுகாப்பு அடுக்காக இருப்பதோடு மட்டுமல்லாமல், செல்லுக்கு உள்ளேயும், வெளியேயும் பொருள்கள் சென்று வருவதைக் கட்டுப்படுத்தும் அமைப்பாகவும் உள்ளது.

இச்சவ்வு, எல்லாப் பொருள்களும் செல்லுக்குள் செல்வதைத் தடுக்கிறது. சில பொருள்களின் மூலக்கூறுகள் தன்னூடே செல்ல அனுமதிக்கிறது. ஆனால் அதே சமயத்தில் வேறு சில பொருள்களின் மூலக்கூறுகள் தன்னூடே செல்ல அனுமதிப்பதில்லை. எனவே இதனை ஒரு அரை செலுத்துச் சவ்வு (semi-permeable membrane) எனக் கூறுகின்றனர். பிளாஸ்மா சவ்வை அரை செலுத்துச் சவ்வு எனக் கூறுவது முற்றிலும் பொருத்தமுடையதன்று. ஏனெனில் பிளாஸ்மா சவ்வு தன் செல்லுக்கேற்றவாறு எப்பொழுதும் மாறி இயங்கக் கூடிய தன்மை உடையது. குறிப்பிட்ட ஒரு சில நிலைகளில், சில பொருள்களை இதனூடே செல்ல அனுமதிக்கிறது. மாறுபட்ட நிலைகளில், அதே பொருள்களைத் தன்னூடே செல்ல அனுமதிப்பதில்லை. எனவே செல்லின் நிலைக்கேற்றவாறு, தேவைக்கேற்றவாறு மாறி இயங்கிப் பொருள்களைத் தேர்ந்தெடுத்துத் தன்னூடே கடத்துவதால், பிளாஸ்மா சவ்வை ஒரு தேர்வு செலுத்துச் சவ்வு (selectively permeable membrane) என அழைப்பதே பொருத்தமுடையதாகும். இந்தச் செயலினையே பிளாஸ்மா சவ்வின் தேர்வு செலுத்து திறன் (selective permeability) என்கிறோம்.

பிளாஸ்மா சவ்வினூடே பொருள்கள் மும்முறைகளில் கடத்தப்படுகின்றன. அவை: 1. உயிர்ப்பற்ற கடத்தல்

(passive transport) 2. உயிர்ப்புக் கடத்தல் (active transport) 3. செல் குடித்தல் (pinocy tosis) 4. செல் விழுக்கம் (phagocy tosis) என்பன.

1. உயிர்ப்பற்ற கடத்தல் (Passive transport)

இம்முறையின் மூலம் செல் சவ்வினூடே பொருள்கள் கடத்தப்படுவதற்கு ஆற்றல் செலவழிக்கப் படுவதில்லை. பௌதீக ஆற்றலாகிய பரவுதல் (diffusion), சவ்வூடு பரவல் (osmosis) முதலியவற்றின் வாயிலாக உயிர்ப்பற்ற கடத்தலின் போது பொருள்கள் கடத்தப் படுகின்றன.

பொருள்களின் மூலக்கூறுகள் தங்கள் செறிவு மிகுந்த ஊடகத்திலிருந்து (high concentration), செறிவு குறைந்த ஊடகத்தை (low concentration) நோக்கிப் பரவும் செயலைப் பரவுதல் எனப்படும். இவ்வாறு மூலக்கூறுகளின் செறிவுகளுக்கு இடையே உள்ள வேறுபாடுகளின் விளைவாகவே (concentration gradient), காற்றும் (air), நீரும் கடத்தப்படுகின்றன. இச் செயல் பரவுதல் முறையில் அடங்கும். நீரில் வேறு சில பொருள்கள் கரைந்திருக்குமெனில், நீர் மூலக்கூறுகள் செல் சவ்வினூடே கடத்தப்படும் செயல், செல்லுக்கு உள்ளேயும் வெளியேயும் உள்ள கரைசல்களின் செறிவு வித்தியாசத்தை மட்டுமல்லாமல் செல் சவ்வின் செலுத்து திறனையும் பொறுத்து அமையும். ஒரு கரைசலின் கரைப்பானை (solvent) நோக்கி, ஓர் அரை செலுத்து சவ்வு வழியாகப் பரவும் செயலையே சவ்வூடு பரவல் (osmosis) என்பர். எனவே, பரவுதல் (diffusion), சவ்வூடு பரவுதல் எனும் இரு செயல்களின்போதும் மூலக்கூறுகள் பிளாஸ்மா சவ்வினூடே கடத்தப்படுவது, அவற்றின் செறிவு மிகுந்த பகுதியிலிருந்து செறிவு குறைந்த இடத்தை நோக்கி நிகழ்கிறது.

பிளாஸ்மா சவ்வின் மின்னேற்றமானது (electron transport) உயிர்ப்பற்ற கடத்தலுக்கு மற்றோர் ஆற்றலை வழங்குகிறது. பிளாஸ்மா சவ்வு மின்னேற்றம் கொண்டுள்ளதென்பதைக் கண்டோம். புரத மூலக்கூறுகள் நேர் மின்னேற்றம் (positive charge), எதிர் மின்னேற்றம் (negative charge) கொண்டிருக்கும் ஆற்றல் வாய்ந்தவை. எனவே, அவற்றை இரு முனை மின் அயனிகள் (zwetterions) என்கிறோம். பிளாஸ்மா சவ்வில் உள்ள ஃபாஸ்ஃபோலிபிடுகளும் இரு பண்பைக் கொண்டுள்ளன. எனவே புரதம், ஃபாஸ்ஃபோலிபிடுகளாலான பிளாஸ்மா சவ்வு இருவகை மின்னேற்றம் கொண்டிருக்கிறது. ஆதலால் நேர்

மின்னேற்றம், எதிர் மின்னேற்றம் கொண்ட இருவகை அயனிகளும் அந்தந்தப் பகுதிகளின் வழியே கடத்தப்படுகின்றன.

2. உயிர்ப்புக் கடத்தல் (Active transport)

ஸ்டீன் (Stein, 1960) வரையறையின்படி உயிர்ப்புக் கடத்தல், மேலோங்கும் மின் வேதி (electrochemical) சரிவு வாட்டத்தின் (gradient) எதிர் திசையை நோக்கி மூலக்கூறுகள், அல்லது அயனிகள் கடத்தப்படுகின்றன. இந்த முறையினால் செல் ஆக்கக் கூறுகள், அதனுடைய சூழ்நிலையிலிருந்து வேறுபட்டிருப்பதை மெய்ப்பிக்கிறது. இதனால் செல் தன் சூழ்நிலையிலிருந்து தனித்தியங்க நேர்கிறது.

செறிவு குறைந்த இடத்திலிருந்து செறிவு மிகுந்த இடத்திற்குப் பொருள்களின் மூலக்கூறுகளும், அயனிகளும் கடத்தப் படுவதற்கு ஆற்றல் செலவழிக்கப்பட வேண்டியுள்ளது. இவ்வாறு பொருள்கள் கடத்தப் படுவதனை உயிர்ப்புக் கடத்தல் என்கிறோம். செல்களுக்குள்ளாக ஒரு சில அயனிகள் அதிக அளவில் சேமித்து வைக்கப்படுகின்றன. சான்றாகச் சில செல்களுக்குள் சுற்றியுள்ள ஊடகத்தைவிட, அதிக அளவு பொட்டாசியம் (potassium) அயனிகள் உள்ளன. இது எவ்வாறு நடைபெறுகிறது என்பது திட்டவட்டமாகத் தெரியவில்லை. ஆனால் உயிர்ப்புக் கடத்தலை விளக்கும் வகையில் பல கருத்துகள் கூறப்பட்டுள்ளன.

விட்டாஸ் (Vittas), ரோசென்பெர்க் (Rosenberg), வில்பிராண்ட் (Wilfrond, 1954) போன்றோர் கொள்கைப்படி சில பொருள்கள் கடத்திகளாகப் (carriers) பணி புரிகின்றன. எஸ்கிரீசிய கோலி (Escherichia Coli) என்னும் பாக்டீரியத்தில் புரதத்தினாலான, சில கடத்திகள் கண்டறியப்பட்டன. இவ்வாறு கண்டுபிடிக்கப்பட்ட கடத்திகளுக்குப் பெர்மியேஸ்கள் (Permeases) என்னும் டிரான்ஸ்லொகேஸ்கள் (Translocases) என்னும் பெயரிடப்பட்டது. இந்தக் கூடுதலான நொதிச் செயல் உயிர்ப்புக் கடத்தலுக்குத் தேவைப்படுகிறது.

கடத்திகள் (carriers) செயல் சவ்வினூடே செல்லுக்கு உள்ளேயும், வெளியேயும் சென்று வருவதின் காரணமாக செல்லிலிருந்து வெளியேற்றப்பட வேண்டிய அயனிகளை வெளியே கொண்டு செல்வதற்கும், செல்லுக்குள்ளாகக் கடத்தப்பட வேண்டிய அயனிகளை உள்ளே கடத்துவதற்கும் ஏற்ற கடத்திகளாகச் செயல்புரிகின்றன என்று இக் கொள்கைகள் விளக்குகின்றன.

அண்மைக் காலத்தில் கூறப்பட்ட மற்றொரு கருத்து பிளாஸ்மா சவ்விலுள்ள சில பொருள்களே, கடத்திகளாகச் செயல்புரிகின்றன எனத் தெரிவிக்கின்றது. இதன்படி கடத்தப் படவேண்டிய அயனி அல்லது மூலக்கூறு முதலில் ஒரு குறிப் பிட்ட நொதி செயல்படுவதன் விளைவாகப் பிளாஸ்மா சவ்வின் வெளிப்புறத்தில் உள்ள ஒரு பொருளுடன் இணைகிறது. இதனால் இப்போது அயனி கடத்தி இணைந்த ஒரு கூட்டுப்பொருள் உண் டாகிறது. இக்கூட்டுப் பொருள் சவ்வினூடே கடத்தப்பட்டு செல்லின் உட்பகுதியை அடைகிறது. அங்கு மற்றுமொரு நொதி செயல்படுவதன் காரணமாகப் பிரிகின்றன. தனியே பிரிந்த கடத்தி மீண்டும் பிளாஸ்மா சவ்வின் வெளிப்பக்கத்தை அடைந்து, மற்றோர் அயனியை மேற்கொள்கிறது. இத்தகைய கடத்தலின்போது அயனிக் கடத்தி இணைவதற்கும், பின்னர் அவை தனித்தனியே பிரிவதற்கும் குறிப்பிட்ட நொதிகள் செயல்படுவது அவசியமாக உள்ளது.

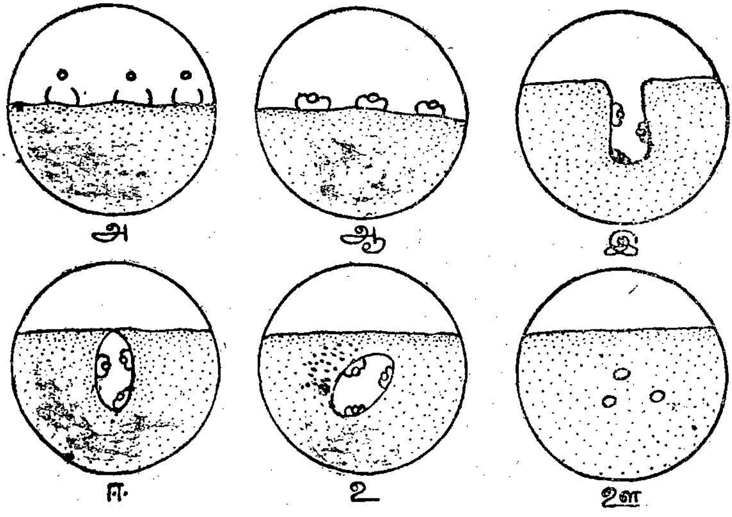
மின் வேதி சரிவு வாட்டத்தை எதிர்த்து சோடியம் அயனி களில் (Sodium ions) கடத்தலுக்குச் ‘சோடியம் பம்ப்’ (Sodium pump) தொகுப்புத் தேவைப்படுகிறது. இந்தப் பம்பு ஒரு கடத்தியாகச் செயல் புரிகிறது. இதுபோன்ற ‘பம்புத் தொகுப்புத்’ தாவரங்களிலும் காணப்படுகின்றன. தாவரங் களில் சாற்றுக் குழி உறையிலிருந்து (tonoplast) சாற்றுக் குழிக்குக் (vacuole) குளோரின் (chlorine) கடத்தலானது குளோரின் பம்பு முறையினால் நடைபெறுகிறது.

3. செல் குடித்தல்

பைனோசைடோசிஸ் (Pinosytosis)

செல்லினூடே பொருள்கள் கடத்தப்படும் மூன்றாவது முறை செல் குடித்தல் மூலம் நிகழ்கிறது. சாதாரணமாக செல் சவ்வினூடே கடத்த இயலாத பொருள்கள் செல்லுக்குள்ளாகச் செல்வதற்கு இம்முறை ஏற்றதாக உள்ளது. பைனோசை டோசிஸ் என்ற இந்தச் சொற்றொடர் முதன் முதலாக W.H. ஜீவிஸ் (W.H. Zewis, 1931) என்பவரால் கையாளப்பட்டது. குறிப்பிட்ட ஒரு சில நிலைகளில் பிளாஸ்மா சவ்வு குறிப்பிட்ட சில பகுதிகளில் உள் மடங்கி செல்லுக்குள்ளாகப் பை போன்ற அமைப்புடையதாக (intracellular vesicle) மாறலாம். திரவத் துளிகள் அல்லது பொருள்களின் துகள்கள் செல் சவ்வின் மீது விழும் இடங்களில், பிளாஸ்மா சவ்வில் இத்தகைய பைகள் தோன்றி, அதற்குள்ளாகத் திரவத்துளிகளோ அல்லது துகள்

களோ இடம் பெறுகின்றன. பின்பு இந்தப் பையின் இரு முனை களும் நெருங்கி வந்து, ஒன்ருக இணைவதன் மூலம் இப்போது செல்லுக்குள்ளாக இடம் பெற்ற துகளைச் சுற்றி பிளாஸ்மா சவ்வுப் பகுதி சூழ்ந்திருப்பது தெரிகிறது. பின்பு சூழ்ந்துள்ள சவ்வு மறைந்து இத்துகள் சைட்டோபிளாசத்தின் பகுதியாக அமைகின்றன. இந்த நிகழ்ச்சிக்குப் பைனோசைட்டோசிஸ் (செல் குடித்தல்) என்று பெயர் (படம் 8-4).



படம் 8-4.
செல் குடித்தல்.
அ—ஆ. பிளாஸ்மா சவ்வுடன் துகள்கள் ஒட்டிக் கொள்ளுதல்.
உ. நுண் குழியாக மாறுதல்.

4. செல் விழுக்கம் (Phogocytosis)

ஃபேகோசைடோசிஸ்

ஃபேகோசைடோசிஸ் போன்ற மற்ருெரு நிகழ்ச்சி சில விலங்கு செல்களில் நடைபெறுகிறது. இதற்கு ஃபேகோசை டோசிஸ் (செல் விழுக்கம்) என்று பெயர். அமிபாவில் (Amoeba), ஒரு துகளைப் போலிகால் நீட்சிகள் (psendopodia) சுற்றிக்கொள்கின்றன. பின்னர், இது செல்லினுள் கூடி இணை கிறது. இவ்வாறு பிளாஸ்மா சவ்வின் ஒரு பகுதி உணவுக் குழியின் (food vacuole) சவ்வாக மாறுகிறது. இந்த நிகழ்ச்சி யின் மூலமாக அதிக மூலக்கூறு எடையுடைய பெரும் துகள்கள் செல்லுக்குள்ளாகக் கடத்தப்படுகின்றன.

இறுதியாகப் பல முறைகள் மூலம் பல பொருள்கள் செல்லினுள் புகுந்து, வெளியேறிக் கொண்டிருக்கின்றன. இவற்றில் சில சிக்கலான முறைகள், பிளாஸ்மா சவ்வில் பௌதீக வேதி மாற்றங்களை ஏற்படுத்துகின்றன. பிளாஸ்மா சவ்வு, நிலையான ஒரு குறித்த செயல் புரிவது அன்று. ஒரு பொருள் எல்லா நேரங்களிலும் செல் சவ்வின் உட்புகுவதில்லை. மற்றும் பல நேரங்களில் பல பொருள்கள் ஊடுருவ இடந்தருவதில்லை (impermeable). பெரும்பாலான நேரங்களில் மற்றைய பொருள்கள் ஊடுருவுகின்றன.

9. எண்டோ பிளாஸ வலை
(Endoplasmic reticulum)

அண்மைக்கால செல் உட்பொருள் ஆராய்வுகளில் எண் டோப்பிளாஸவலையின் துறைச் சொல் (terminology) ஐயப்பாட் டிற்குரியதாக இருக்கிறது. எண்டோபிளாஸவலையின் பல்வேறு வடிவங்களே இந்த ஐயப்பாட்டிற்கு முக்கிய காரணங்களாக இருக்கின்றன. இரு சவ்வு (double membrane) வலையை எண் டோப்பிளாஸ வலை என்பர். இது சைட்டோபிளாசத்தில் பர வலாக, வலை போன்று அமைக்கப் பட்டிருக்கின்றது என ஆய் வுரை ஒன்று கூறுகிறது. எண்டோப்பிளாச வலை என்பது ஒரு சிக்கலான, தெளிவாகக் கிளைத்த வேகியோல் தொகுப்பு ஆகும். இது நூக்ளியசிலிருந்து, சைட்டோ பிளாசம் முழுவதிலும், செல் விளிம்பு வரை பரவலாக அமைக்கப்பட்டிருக்கிறது என்று போர்டர் (Porter, 1961) விளக்கியிருக்கிறார். இரு சவ்வுகளுக் கிடையே இருக்கும் இடைவெளி (space) வேகியோல் தொகுப் பாகும் (vacuolar system). இவ்வாறு எண்டோபிளாஸ வலையில் தொடர்புள்ள, தொடர்பற்ற குழிகளைப் பெற்ற சவ்வுகள் உள்ளன.

முதன் முறையாக, கார்னியர் (Garnier, 1897), இழை போன்ற பொருள்கள் (fibrillar material) சுரப்பு செல்களின் (gland cells) அடிப் பகுதியில் இருப்பதாகக் கண்டறிந்தார். இவற்றை எர்காஸ்டோப்பிளாசம் (ergastoplasm) என்று கூறினர். எண்டோபிளாஸ வலை என வழங்கப்படும் தொகுப் பில் எர்காஸ்டோப்பிளாஸம்] ஒரு பகுதியாகக் காணப்படுகிறது. பின்னர் இதனை, போர்டர், தாம்ப்சன் (Porter, Thompson, 1947) என்னும் இருவர் மின் நுண்ணோக்கி ஆய்வுகளின் வாயி லாகத் தெளிவு படுத்தினர். கார்னியரின் கருத்தை மறுத்து சாம்பை (Champy, 1911) என்பவர் எர்காஸ்டோப் பிளாசமும்,

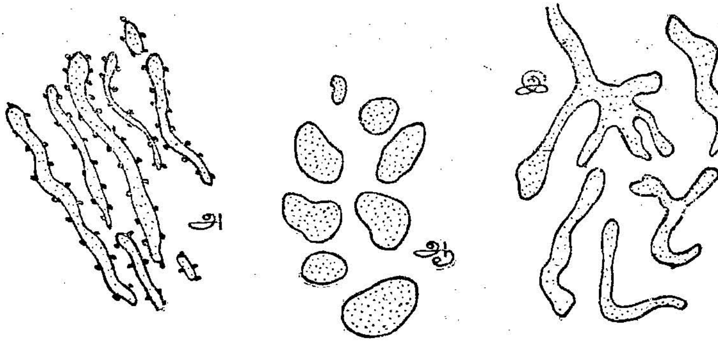
மைட்டோ காண்டிரியாவும் ஒன்று என அறிவித்தார். பின்னர் மோரெல் (Morelle,1927) என்பவர் சைட்டோப்பிளாசத்தின் உருமாற்றமே எர்காஸ்டோப் பிளாச மென்றும், இது இழை வடிவத்தில் இல்லை என்றும் தெரிவித்தார். இறுதியாக, கார்னியரின் கருத்தாகிய மைட்டோகாண்டிரியா, எர்காஸ்டோப்பிளாசம் ஆகியவை தனி உறுப்புகள் என்பது ஏற்றுக் கொள்ளப்பட்டது. ரீஸ் (Rees, 1940) என்பவர் முனைப்படுத்து நுண்ணோக்கியை (polarizing microscope) உபயோகித்து, எர்காஸ்டோப்பிளாசம் என்பவை உயிர் செல்களின் சைட்டோப்பிளாசத்தில் இருக்கும் ஒருதரப்பட்ட (homogeneous) இழைகள் என்று தெளிவாக்கினார். பின்னர் ஹில்லியர் (Hillier, 1950), டால்டன் (Dalton) போன்றவர்களின் மின் நுண்ணோக்கி ஆராய்ச்சிகள் சைட்டோப்பிளாசத்தில் மெல்லிய இழைகள் இருக்கின்றன வென்று உறுதிப்படுத்தின. இந்த இழைகள் சுமார் 100Å தடிப்புடையவை.

போர்டர், பாலடே (Porter, Palade et.al, 1957) எண்டோப்பிளாஸ வலை, தாவர, விலங்கு செல்களின், நிலையான உட்பொருள் என்று விளக்கிக் காட்டினர். மின் நுண்ணோக்கி ஆராய்ச்சிகள் எண்டோப்பிளாஸ வலையை, யூகேரியோடிக் செல்களின் (Eukaryotic cells) அடிப்படை அமைப்புகளாகக் காட்டின. இந்த வலையில், ஒன்றோடொன்று பின்னி இணைந்த நுண்குழாய்த் தொகுப்புகள் (tubules) அடிப்படையாகக் காணப்படுகின்றன. பௌதீக முறைகளாலேயும் (Physical methods) நுண்ணோக்கி இயல் முறைகளாலேயும் எண்டோப்பிளாஸ வலையின் வாழ்க்கை வழியைப் பற்றி ஆராய்ந்தனர்.

வடிவ அமைப்பு (Morphology)

சவ்வு அலகுகளால் ஆகிய எண்டோப்பிளாஸ வலையானது சைட்டோப்பிளாசஅடிப்படைப்பொருளில்(cytoplasmic matrix) பதிக்கப் பெற்றிருக்கிறது. பல செல் வகைகளிலும், ஒரு வகைப்பட்ட செல்லிலும் எண்டோப்பிளாஸ வலை பல வடிவத்தில் காணப்படுகிறது. பாலூட்டிகளின் எரித்திரோசைட்டுகளிலும் (mammalian erythrocytes) தாவர செல்களிலும், எண்டோப்பிளாஸ வலை காணப்படுகிறது. இவற்றுக்கெனத் தனி நூக்ளியஸ் இல்லை. அதுவுமின்றி, மிகச் சிறப்பாக எண்டோப்பிளாஸ வலை நூக்ளியஸ் உறையுடன் தொடர்பு கொண்டிருக்கிறது. இவ்வாறன்றி, சில செல்களில் நூக்ளியஸைச் சூழ்ந்தும் காணப்படுகின்றது. திட்ட வட்டமான நூக்ளியஸ் இல்லாத உயிரினங்களாகிய பாக்டீரியா (Bacteria), நீல பசும் பாசிகள் (Blue-

green algae) போன்றவற்றில் எண்டோப்பிளாஸ வலை இல்லை. மூன்று முக்கிய வகை சவ்வுகள் எண்டோபிளாஸ வலையில் காணப்படுகின்றன. அவை குழாய்கள் (cisternae), குமிழிகள் (vesicles), நுண்குழல்கள் (tubules) ஆகியனவாகும் (படம் 9-1).

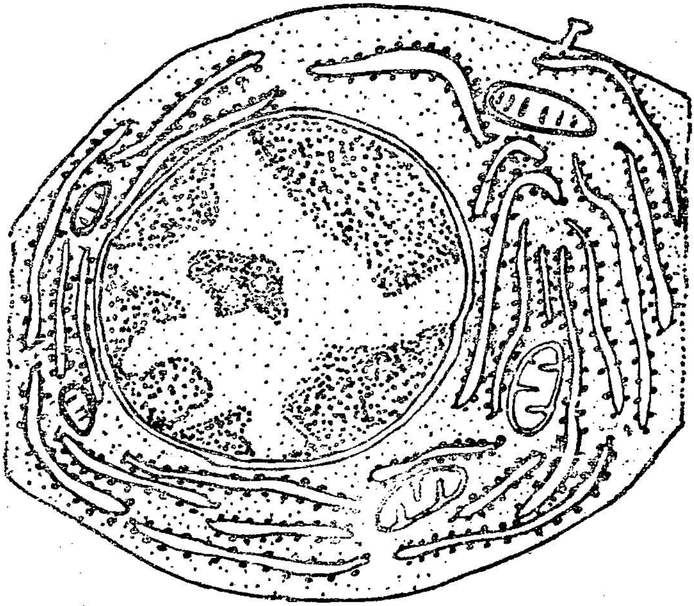


படம் 9-1.
எண்டோபிளாஸ வலையின் வடிவ அமைப்பு.
அ. சிஸ்டர்னே 40-50 $m\mu$ தடிப்பு மேற்பரப்பில் ரிபோசோம்கள்
ஆ. விசிகள்கள் 25-500 $m\mu$ விட்டம்
இ. டூப்யூல்கள் 50-100 $m\mu$ விட்டம்

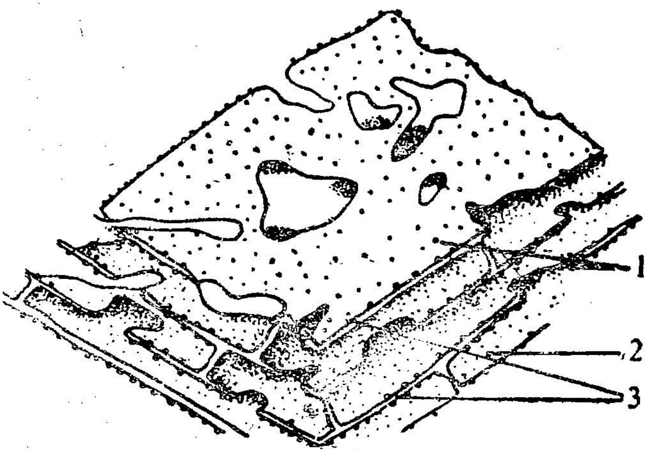
குழாய்கள் நீளமுடைய தட்டையான அலகுகளாகும். இவை 40-50 $m\mu$ தடிப்புடையவை. இவை இணைப்போக்கு அடுக்குகளாக (parallel stacks) அமைக்கப்பட்டிருக்கின்றன (படம் 9-2, 9-3). இவ்வகை அமைப்பு, மிகச்சிறப்பாகப் புரதச் சேர்க்கை நடை பெறுமிடங்களாகிய கணையம் (pancreas) போன்றவற்றில் காணப்படுகின்றன. குமிழிகள் வட்டமாகவும், 25-500 $m\mu$ வரை அகலத்தில் (diameter) வேற்றுமை உடையதாக இருக்கின்றன. குழாய்கள், குமிழிகள் ஆகியவற்றின் வடிவம், நுண்குழல்களின் வடிவத்திலிருந்து வேறுபட்டிருக்கின்றது. இவை 50-100 $m\mu$ வரை விட்டமுடையவை. இந்தச் சவ்வுகளுக்கிடையே இருக்கும் இடைவெளி, குழித் தொகுப்பினை (vacuolar system) ஏற்படுத்துகிறது (போர்டர், 1960). சில செல்களிலோ, சில செல்களின் சில இடங்களிலோ, சவ்வுகள் தொடர்புள்ள வரிசையான, இணைக்கும் கூறுகளாகத் தோன்றுகின்றன. இவ்வாறு ஏற்பட்ட குழித் தொகுப்புகள் மூலக்கூறுகளை இயக்கிச் செல்லும் குழாய்களாக அமைகின்றன.

எண்டோபிளாஸ வலையின் சவ்வு அலகு, பிளாஸ்மா சவ்வு போல அமைந்திருக்கிறது. ஆயினும் எண்டோபிளாஸ

வலைக்கும், பிளாஸ்மா சவ்விற்கும் உள்ள தொடர்பு இதுவரையில் தெளிவாக ஆராயப்பட வில்லை. இவற்றின் ஒப்புமைக்குச்

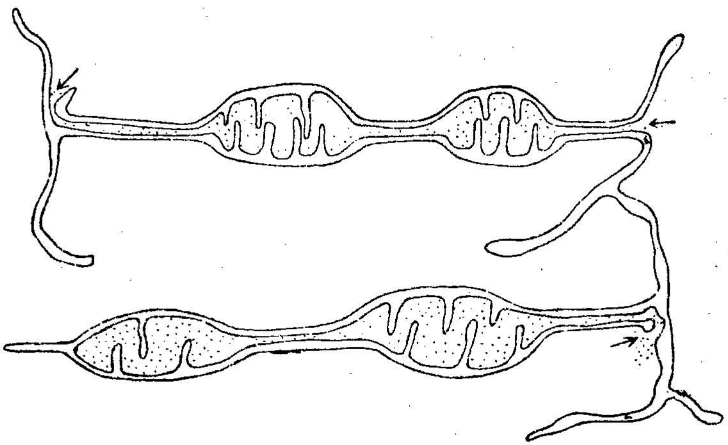


படம் 9-2.
எண்டோபிளாஸ வலையின் ஒரு போக்கு குவியல் அமைப்பு.



படம் 9-3.
எண்டோபிளாஸ வலை—மூன்று உருவளவைச் சார்ந்த காட்சி.
1. ரிபோ சோம்கள், 2. இடையீட்டுப் பொருள், 3. சவ்வுகள்.

சான்ருக இருக்கக்கூடியது இந்தச் சவ்வுகளின் வேதி அமைப்பே ஆகும். இதுவுமின்றி, சில இடங்களில் எண்டோபிளாஸ வலை நூக்ளியஸ் உறையுடனே அல்லது பிளாஸ்மா சவ்வுடனே தொடர்பைப் பெற்றிருக்கின்றது. இந்தச் சவ்வுகள் சவ்வூடு மாற்றங்களுக்கு (Osmotic Changes) உட்பட்டவை. எண்டோ பிளாஸ சவ்வுக்கும் நூக்ளியஸ் உறைக்கும் உள்ள தொடர்பானது நூக்ளியஸ் உறையின் ஒரு பகுதியை உண்டாக்குகிறது என்றும், நூக்ளியஸ் உறையானது தனிச் சவ்வுத் தொகுப்பாக இல்லை என்றும் புலனுகின்றன. எண்டோபிளாஸ வலைக்கும் மைட்டோகாண்டிரியா சவ்வுக்கும் இடையில் அமைப்பொப் புவமை (homology) காணப்படுகிறது என்று குறிப்பிட்டிருக் கிருர்கள் (படம். 9-4). மேலும், எண்டோபிளாஸ வலை



படம் 9–4.
எண்டோபிளாஸ் மிக் வலைச் சவ்வு,
மைட்டோகாண்டிரியான் சவ்வின் அமைப் பொப்புமை.

சவ்வுக்கும், மற்றைய நுண் அங்கங்களின் சவ்விற்கும் இடையே பல வேறுபாடுகள் காணப்படுகின்றன. இச் சவ்வுகளின் ஃபாஸ் ஃபோலிபிட் வகையும், பரிமாணமும் இந்த வேற்றுமைக்குக் காரணங்களாக இருக்கின்றன.

எண்டோபிளாஸ வலை சவ்வு, பிளாஸ்மா சவ்வு போல லிபோபுரதங்களால் (Lipoproteins) ஆகியது. மற்றும், உட்புகு திறன் (Permeability) உடையது. இந்தச் சவ்வு அலகுகளுக் கிடையே இருக்கும் இடைவெளியில் நீர் போன்ற பாய்மம்

(fluid) இருக்கிறது. இதனை என்கிளீமா (enchylema) என்று ஃபிரே—விஸ்லிங் (Frey-Wyssling, 1964) பெயரிட்டிருக்கிறார்.

எண்டோபிளாச வலையின் மூன்று வடிவங்களும், ஒரு தனி ஸெல்லின் ஸெல் சுழற்சியின் போதோ அல்லது பல்வேறு சமயங்களிலோ காணப்படுகின்றன. எண்டோபிளாஸ வலைக் கூறுகளில் சில வடிவ வேற்றுமை இருப்பது இவற்றின் சிறப்புப் பண்பாகும். சில வலைக் கூறுகளின் மேற் பரப்புச் சமமாகவும் (smooth surfaced), சிலவற்றில் சமமற்றதாகவும் (rough-surfaced) காணப்படுகின்றன. சமமான மேற் பரப்புடைய கூறுகளில் அதிக ரிபோ நூக்ளியக் அமிலமும், தீவிரமான உப்பு மூல விரும்பிகளாக (basiphilic) இருக்கின்றன. இந்தச் சவ்வுகள் கடினமானவை அல்ல. ஆயினும் இவற்றின் மேற் பரப்பிலிருக்கும் மிகச் சிறிய ஆக்கக் கூறுகளின் தொடர்பினால் இவை கடினமாகக் காணப்படுகின்றன. ஆக்கக் கூறுகள் 100-150Å விட்டமுடையவை. இவற்றை ரிபோசோம்கள் அல்லது ரிபோ நூக்ளியோ புரதத் துகள்கள் எனக் கூறுகின்றனர். சிஸ்டர்னு வகையைச் சார்ந்த எண்டோபிளாச வலையில் பெரும்பாலும் ரிபோசோம்கள் இருக்கின்றன. இவை புரதச் சேர்க்கைச் செயல் திறமுடைய ஸெல்களில் காணப்படுகின்றன. பைனசில் (Pinus) கணிகங்களைச் சுரக்கும் ஸெல்களைச் சுற்றியும் எண்டோபிளாச வலை காணப்படுகிறது. சைட்டோபிளாசத்தை நோக்கியிருக்கும் எண்டோபிளாச சவ்வின் மேல் ரிபோசோம்கள் காணப்படுகின்றன. மேலும் கணிகத்தை நோக்கியிருக்கும் எண்டோபிளாஸ சவ்வு மென்மையாக இருக்கும் ஊடிங் (Wooding), நார்த்கோட் (Northcote, 1965). தாவரங்களில், ஒரே ஸெல்லில், சமமற்ற பரப்புடையதும் சமமான பரப்புடையதுமாகிய இருவகை வலைச் சவ்வுகள் காணப்படுகின்றன. இவை இரண்டும் ஒன்றோடொன்று தொடர்பு கொண்டிருக்கின்றன. (போர்டர் - Porter, 1961). ஸெல் உறைக்கு அருகிலிருக்கும் எண்டோபிளாஸ வலை சமமற்ற மேற் பரப்புடையதாகவும், சைட்டோ பிளாசத்திலிருக்கும் வலை சமமான மேற் பரப்புடையதாகவும் காணப்படுகின்றன என புவாட் (Buvat, 1963) கண்டறிந்திருக்கிறார்.

சமமான எண்டோபிளாஸ வலை சவ்வுகளின் மேற்பரப்பில் ரிபோசோம்கள் இல்லை. ஆகையால் இவை சமமான மேற் பரப்புடையதாகக் காணப்படுகின்றன. சில குழாய்கள் மற்றும் குமிழிகள் வகைகளைச் சார்ந்த எண்டோபிளாஸ வலை சமமாக இருக்கும். கேம்பியம் தோற்றுவிகளில் (Cambial initials),

குளிர்ப் பருவத்தில் (winter) சமமான தகடு போன்ற எண்டோபிளாஸ்மிக் வலையும், கோடைக் காலத்தில் (summer) சமமற்ற எண்டோபிளாஸ வலையும் தோன்றுகின்றன என்று ஸ்ரீ வஸ்தவா, ஓ' பிரியன் ஆகியோர்(Srivastava and O' 'Brien' 1966) கூறினர்கள்.

தோற்றம் (Origin)

நூக்ளியஸ் உறையிலிருந்து சைட்டோபிளாச எண்டோ பிளாஸ வலை தோன்றியிருக்கும் என்று, சில ஆராய்ச்சிகள் காட்டியிருக்கின்றன. நூக்ளியஸ் உறையின் மேற் சவ்வின் குமிழி (bleb) போன்ற வளர்ச்சியினுல் எண்டோபிளாஸ வலை ஏற்பட்டிருக்கும் என்று பட்ரோஸ் (Buttrose, 1963) கருதுகிருர். பின்னர் இவ் வளர்ச்சிகள் நூக்ளியஸ் உறையிலிருந்து தனித்து, தட்டையான பை போன்ற அமைப்புடைய (sac like) சவ்வுகளால் மாறுகின்றன. முதிர்ந்த ஃபெர்ன் முட்டைச் ஸெல்களில் (Fern egg cells) நூக்ளியஸ் உறையிலிருந்து குழல் வடிவ உறுப்பு அகப்புறமாக மாறி (evaginate) சைட்டோ பிளாஸத்தில் சவ்வுத் தொகுப்பை உண்டாக்குகிறது. இந்தச் சவ்வுத் தொகுப்பிலிருந்து கணிகங்கள், மைட்டோகாண் டிரியாக்கள், எண்டோ பிளாஸ வலை ஆகியவை தோன்றி யிருக்கும் என்று பெல், முல்லிதாலெர் (Bell and Muhlethaler, 1962) முதலியோர் ஆராய்ந்திருக்கிருர்கள்.

எல்லா ஸெல்களிலும் எண்டோபிளாஸ வலை இருப்பதால் எண்டோபிளாஸ வலையிலிருந்தே எண்டோபிளாஸ வலை ஏற்பட்டிருக்கும் என்று சிலர் கருதுகிருர்கள். உயிர் ஸெல்களில் சைட்டோபிளாசத்தினின்றும் வேறுபடுத்தப்படாத பரப்புகள் எண்டோபிளாஸ வலையாக மாறியிருக்கலாம் என்பது தேய்ன்யின் (Thaine, 1965) புனைவுகோள் ஆகும்.

செயல் (Function)

எண்டோபிளாஸ வலையின் வடிவம், இட அமைப்பு ஆகிய வற்றிற்கு ஏற்ப அதன் செயல் அமைந்திருக்கிறது.

எண்டோபிளாஸ வலை சவ்வின் செயல், ரிபோசோம்களின் வடிவ் அமைப்பு, வேதி அமைப்பு, ஆகியவற்றைப் பொறுத்து அமைகிறது. எண்டோபிளாஸ வலையின் மேற்பரப்பிலிருக்கும் ரிபோசோம்களால் புரதச் சேர்க்கை பெருமளவுக்கு நடைபெறு கிறது என்று கதிரியக்கமுடைய ஓரிடத் தனிம ஆராய்ச்சிகள் (Radio-active Isotope) முடிவு செய்கின்றன நுண் குழல்கள்

வகையைச் சார்ந்த மெல்லிய எண்டோபிளாஸ வலை, கொலஸ்டிரால் (cholesterol), கிளிசிரைடுகள் (glycerides) போன்ற பொருள்களின் சேர்க்கையில் ஈடுபடுகிறது. தாவர செல்களில் புதிய செல்லுறைகளை உருவாக்குவதில் எண்டோ பிளாஸ வலை முக்கிய பங்கேற்கிறது. இவ்வாறு எண்டோபிளாஸ வலை செல் வளர்சிதை மாற்றங்களில் செயல் புரிகிறது.

ரிபோசோம்களில் புரதச் சேர்க்கை செவ்வன் நடைபெற எண்டோபிளாஸ வலை சவ்வுகள் ஓர் அளவுக்கு உதவி புரிகின்றன. புரதச் சேர்க்கையினால் ஏற்படும் பொருள்களை, எண்டோபிளாஸ வலை ஒருங்குகூட்டி, செல்லுக்கு வெளியே அனுப்புவதிலேயோ அல்லது சேமித்து வைப்பதிலேயோ முக்கியப் பங்கேற்கிறது. மேலும், செல்களுக்கிடையே பொருள்கள் இயங்கி வருவதிலேயும், செல்களிலிருந்து பொருள்கள் விடுபடுவதிலேயும், எண்டோபிளாஸ வலை முக்கியப் பங்கேற்கிறது. விலங்கு எண்டோபிளாஸ வலை சவ்வு கூறுகளில் மின்வேதிப் பண்புகள் (electro-chemical properties) இருப்பதாகத் தெரிய வந்தது. இவை, தசை நார்களின் (muscle fibres) கிளர்ச்சிச் செயல்களைப் பக்க வாட்டத்தில் செலுத்துகின்றன.

பல வகைப்பட்ட செல்களில் எண்டோபிளாஸ்மிக் வலையின் அமைப்பு வகை போன்றவை இன்னும் தெளிவாக்கப் படவில்லை. எண்டோபிளாஸ வலையின் பல்வேறு செயல்கள், அதன் அமைப்பு, மற்றைய நுண் அங்கங்களுடன் அதன் தொடர்பு முதலியவை, அது சைட்டோபிளாசக் கங்காளமாக (cytoskeleton) இருக்கிறது என்பதனை வலியுறுத்துகின்றன.

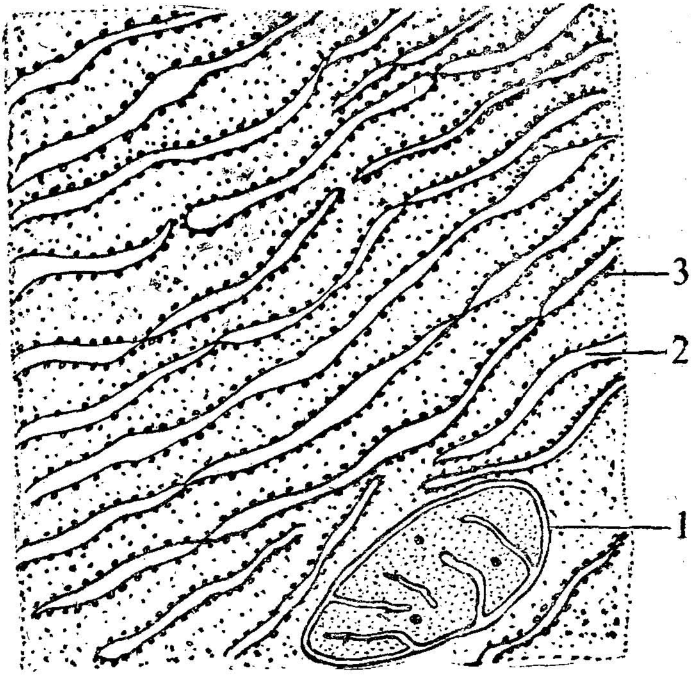
10. ரிபோசோம்கள்
(Ribosomes)

ரிபோசோம்கள் மிகச் சிறிய துகள்கள். இவை, செல்களின் புரதச் சேர்க்கை நிலையங்களாகக் கருதப்படுகின்றன. முதன் முறையாக, ராபின்சன், பிரவுன் (Robinson & Brown, 1953) ஆகிய இருவர் தாவர செல்களில் மைகுரோசோம் கூறுகளையும் (microsomal fractions) எண்டோப்பிளாஸ வலைத் துணுக்குகளையும் மைய விலக்கு முறையினால் (centrifuge) ஆராய்ந்தனர். இவை மிகச் சிறியனவாக இருப்பதனால், இவற்றை, அமைப்பு உறுப்புகளாக (structural entities) கருதவில்லை. பின்னர் மின் நுண்ணோக்கி ஆராய்ச்சிகள், ரிபோசோம்களின் பண்புகளைப் பற்றி விளக்கின.

ரிபோசோம்கள் சிறிய, வட்ட முடைய எலெக்டிரான் அடர்த்தித் திரள்களாகும் (electron dense bodies). இவ்வாறு எலெக்டிரான் சிறு வரைக் கட்டங்கள் (electron micrographs) காட்டின. அனைத்து விலங்குகளிலும், தாவரங்களிலும், புரோகேரியோட்டுகளிலும் (procaryotes) ரிபோசோம்கள் பரவலாகக் காணப்படுகின்றன. முதிர்ந்த பாலூட்டி எரித்ரோசைட்டுகளில் (mammalian erythrocytes) மட்டும் ரிபோசோம்கள் இல்லை. ரிபோ சோம்கள் 150-200Å அகலமுடையன (பாலடே Palade, 1955) (படம். 10-1).

பெரும்பாலும் ரிபோசோம்கள் எண்டோபிளாஸ வலையை ஒட்டிக் காணப்படுகின்றன. ரிபோசோம்கள் வலை சவ்வினி லிருக்கும் ரி நூ அத்தினால் ஒட்டப்பட்டிருக்கின்றன என்று மைகுரோ சோம்களின் வெட்டிய கூறுகள் (microsomal sections) காட்டின. பற்றுதலில்லாத (unattached) ரிபோ சோம்கள் சைட்டோப்பிளாசத்தில் இருக்கின்றன. இவை தனி

யாகவோ அல்லது கூட்டங்களாகவோ பாலிரிபோசோம்கள் (Poly ribosomes) காணப்படுகின்றன. புறத் தோலுக்கு அருகில் உள்ள செல் அடுக்கிலும், கரு செல்களிலும் (embryonic cells) எண்ணற்ற ரிபோசோம்கள் இருக்கின்றன (பாலடே Palade, 1955)



படம் 10-1.

ரிபோசோம்கள் எண்டோபிளாஸ வலையை ஒட்டியிருக்கும் காட்சி.

1. மைட்டோ காண்டிரியான், 2. எண்டோ பிளாச வலை, 3. ரிபோசோம்கள்.

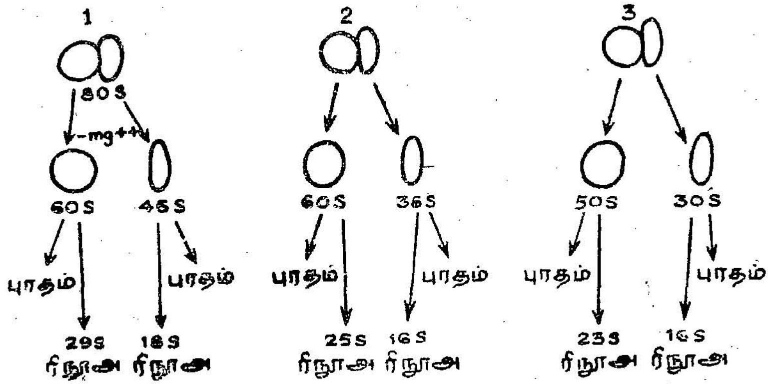
எண்டோ பிளாஸ வலையுடன் ஒட்டியுள்ள ரிபோசோம்கள் புரதச் சேர்க்கையில் ஈடுபடுகின்றன. அதற்கு மாறாகக் கரு செல்களில் இருக்கும் ரிபோசோம்கள் புரதச் சேர்க்கையைச் செய்து புரோட்டோப்பிளாச வளர்ச்சியில் ஈடுபடுகின்றன. நூக்ளியஸ்களிலும், கணிகங்களிலும் (பச்சையம்), மைட்டோகாண்டிரியாவிலும் ரிபோசோம்கள் இருக்கின்றன. ஒவ்வொரு செல்லிலும் சுமார் அரை மில்லியன் (half million) ரிபோசோம்கள் இருக்கின்றன.

அமைப்பு (structure)

மின் நுண்ணோக்கியில், ரிபோசோம்கள் இரண்டு பகுதிகளைக் கொண்ட சம பாகங்களாகக் காணப்படுகின்றன. எஸ்கிரீயா கோலி என்னும் (Escherichia coli) பாக்டீரியாவின் ரிபோசோம் களின் அமைப்புப் பற்றி நன்கு ஆராயப்பட்டுள்ளது. இவற்றின் வீழ்படிவு நிலை எண் 70 S ஆகும் (sedimentation constant). இவை சுமார் $3 \cdot 6 \times 106$ மூலக் கூற்று எடை உடையன (டிஸ் சைர், 1959). உயர் நிலை உயிரினங்களில் ரிபோசோம்கள் 80 S மற்றும் $4 \cdot 1 \times 10^6$ மூலக்கூற்று எடையுடையன. பின்னர், பாக்டீரி யம்மில், மைட்டோ காண்டிரியா, யூகேரியோட்டுகள் முதலிய வற்றின் துகள்களில் இரு துணை அலகுகள் (sub units) இருக் கின்றன. இத்துணை அலகுகளைப் பல்வேறு முறைகளைக் கையாண்டு பிரிக்க முடியும். சான்றாக, ரிபோசோம்களின் சூழ் நிலையில் mg^{++} அடர்த்தியை (Concentration), 0·001 M-க்கு குறைக்கும்போது வடிவ வேற்றுமையுடைய இரு துணை அலகு களாகப் பிரிகின்றன (கெயோ - chao, 1957). 70 S அலகு சிறிய 30 S உடைய துணை அலகாகவும், 50 s உடைய பெரிய துணை அலகாகவும் பிரிக்கப்படுகிறது. 30 S துணை அலகின் மூலக் கூற்று எடை (molecular weight) $0 \cdot 7 \times 10^6$ என்றும் 50S துணை அலகின் மூலக் கூற்று எடை $1 \cdot 8 \times 10^6$ என்றும் குர்லாண்ட் (Kurland, 1960) காட்டியுள்ளார். ரிபோசோம்களின் ரி நூ அ மூலக் கூறுகளில் உள்ள ஃபாஸ்ஃபேட் (phosphate) கூட்டங் களின், பிரைமரி இணைப்புச் (primary linkage) செயலிணை மக்னீசியம் (magnesium) நடத்துகிறது (லிடர்பர்க்-Leaderberg, 1961). பொதுவாக, ரிபோசோம்களின் அளவை மைய விலக் கத்தின் போது (centrifuge) வீழ் படிவாக மாறும் வேகத்தைப் பொறுத்து முடிவு செய்யப்படுகிறது. இவ்வாறு அளக்கும் வேகத்தின் அலகு, ஸ்வெட்பெர்க் அலகு (Svedberg Unit) அல்லது 'S' என வழங்கப்படுகிறது.

ரிபோசோம் துணை அலகுகளின் ஃபீனால் பிரித்தலை (phenol extraction) பின்பற்றி, ரிபோசோம்களின் ரி நூ அ உட்பொருளை ஆராய்ந்தார்கள். எஸ்கி ரீசியா கோலியின் (Escherichia coli) 30 S துணை அடுக்கு 16s ரி நூ அ வை அளிக்கிறது. 50S துணை அடுக்கு 23 s ரி நூ அ வை அளிக்கிறது (வாட்சன் - watson, 1963; ஹுல்டின் - Hultin, 1964). இவற்றின் மூலக் கூற்று எடை வேறுபட்டிருக்கிறது. ரிபோசோம்களின் ஒரு துணை அலகிலிருந்து அதிகப்படியான மக்னீசியம் நீக்கப்படுமேயாயின் மீண்டும் இரண்டு அலகுகளாகப் பிரிகின்றன.

அதிக மைய விலக்கு (centrifugation) முறையில் ஏற்பட்ட வீழ் படிவு நிலை எண்ணின் (sedimentation constant) காரண மாக, ரிபோசோம்களை மூன்று பிரிவுகளாக வேறுபடுத்திக் கண்டறிந்தனர். அவை 1. விலங்கு சைட்டோப்பிளாச ரிபோ சோம்கள் 2. தாவர சைட்டோப்பிளாச ரிபோசோம்கள் 3. நுண் அங்கங்கள், பாக்டீரியா ரிபோசோம்கள் என்பவை. இவற்றின் வேற்றுமை படம் 10-2ல் தெளிவுபடுத்தப்பட்டிருக்

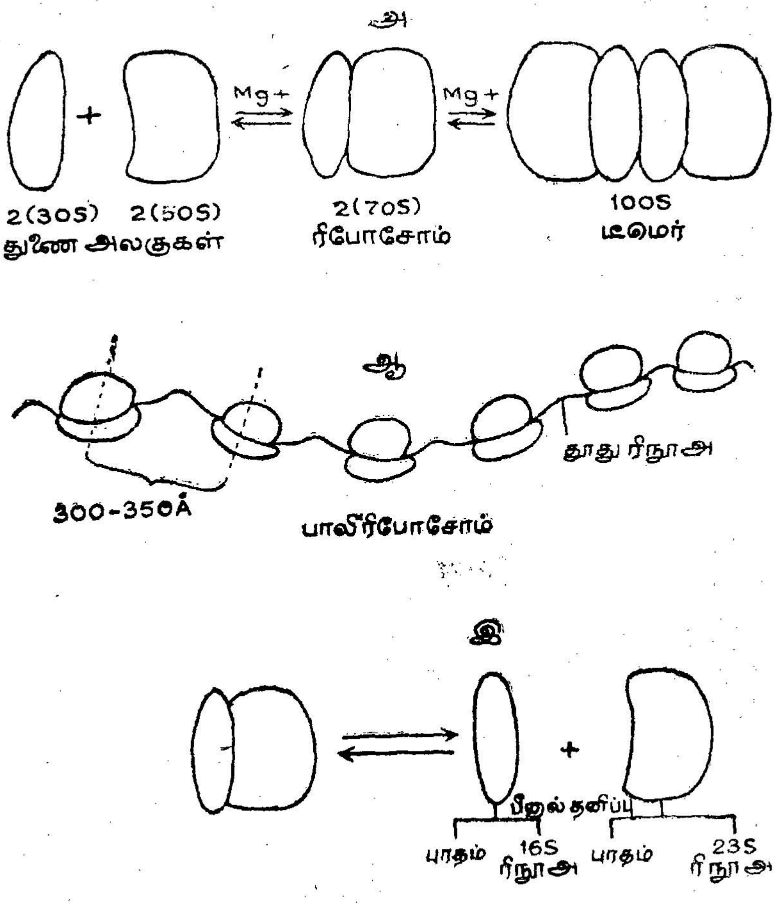


படம் 10-2.
மூவகை ரிபோசோம்கள்.

கிறது. 80 S அல்லது 70 S துணை அலகு ஒவ்வொன்றிலும் ரி நூ அ வும், புரதமும் இருக்கிறது. பல செல்களில் 5 s ரிபோ சோம் ரி நூ அ, பெரிய துணை அலகிலிருந்து உண்டாகிறது; அதுவுமின்றி, இவை புரதச் சேர்க்கையில் முக்கியப் பங்கேற் கின்றன என்று அண்மைக் காலத்தில் கண்டறியப்பட்டிருக் கிறது.

எஸ்கி ரீசிய கோலி ரிபோசோம்களை மின் நுண்ணோக்கியில் ஆராய்ந்த போது மிகு பரவலாயுள்ள சம மற்ற (asymmetrical) நீள் உருண்டை வடிவமுடைய (ellipsoid) 30 S துகள்கள் காணப்பட்டன. இத் துகள்கள் சுமார் 95×170Å அளவுடையன. இவை ஓர் முனையில் உட்குழிந்த (concave) வடிவத்தில் இருக் கின்றன. இதற்கு மாறாக 50 S துணை அலகு சற்றேறப்ப வட்ட மாகவும், அதன் ஒரு பக்கம் தட்டையாகவும் இருக்கிறது. இதனுடைய விட்டம் சுமார் 170×140Å அல்லது 140× 160Å அளவில் இருக்கும் ஜுபே (Zubay), ஹக்ஸிலி (Huxley, 1960). அளவில் வேறுபட்ட இரு துணை அலகுகள் 70 s ரிபோசோமில்

இருக்கின்றன. அவை 30 s மற்றும் 50 s துகள்கள். பெரிய 50 S துணை அலகின் தட்டையான (flattened) பகுதி, சிறிய 30 S அலகுடன் தொடர்புக் கொண்டிருக்கிறது (படம் 10-3). 100 S துகளை மின் நுண்ணோக்கியில் பார்க்கும்போது, இரண்டு 70 S துகள்களுக் கிடையே சிறிய இரண்டு 30 S துணை அலகுகள் எதிராக அமைக்கப்பட்டிருப்பது புலனாகிறது (படம் 10-3).



படம் 10-3.

அ. மெக்னீசியம் அயனிகளின் பங்கு. ஆ. பாலிரிபோ சோம்கள். இ. ரி நூ அ. உட்பொருள் – 30S – 50S துணை அலகு.

ரிபோசோம்களில் ரி. நூ. அ. மும், புரதமும் 1:1 விகிதத்தில் அமைக்கப்பட்டிருக்கிறது. சில தாவரங்களில் இந்த விகிதம்

வேறுபட்டிருக்கும். சான்ருக, எஸ்கி ரீசிய கோலி என்னும் பாக்டீரியத்தில் 67% ரி. நூ. அ. இருக்கிறது. இதற்கு மாருகப் பட்டாணி விதை நாற்றில் (Pea seedling) 47% ரி. நூ. அ. இருக்கிறது. புரத ஆக்கக் கூறுகள் மிகச் சிக்கலான அமைப்புடையவை. இவற்றில் அமினே அமிலங்கள் (amino acids), அலானின் (alanine), கிளேசின் (glycine), புரூலேன் (pruline), சிரைன் (serine) முதலிய பொருள்கள் அடங்கி இருக்கின்றன. இதுவுமல்லாமல் ரிபோநூக்ளியஸ் (ribonuclease) என்ற நொதி 30S துணை அலகில் காணப்படுகின்றன.

தோற்றம் (Origin)

ரிபோசோம் ரி. நூ. அ. நூக்ளியசில் சேர்க்கப்படுகிறது. அவ்வாறு சேர்க்கப்பட்ட ரி. நூ. அ. நூக்ளியோலஸ் பகுதியில் காணப்படுகிறது. நூக்ளியஸ்களை ஒளிப் பிறக்கம் (irradiate) செய்த போது நூக்ளியஸ் பகுதியில் ரிபோசோம்கள் தோன்றவில்லை. எனவே ரிபோசோம்கள் நூக்ளியோலஸில் சேர்க்கப் படுகின்றன. அல்லது அவை ஒன்ருகத் திரட்டப் படுகின்றன எனக் கொள்ளலாம். ரிபோசோம் ரி. நூ. அ. வின் துகள்கள் பல பகுதிகளில் சேர்க்கப்படுகின்றன. எஸ்கி ரீசியா கோலி பாக்டீரியாவில் 40S, 60S துகள்களின் கூட்டம் நூக்ளியோலஸில் நடைபெருமல், சைட்டோபிளாசத்தில் நடைபெறுகிறது. நூக்ளியோலஸின் டி. நூ. அ. வின் கட்டுப்பாட்டினுல் ரிபோசோம்கள் தோன்றியிருக்குமென யான்கோவாப்ஸ்கியும், ஸ்பைகல்மெனும் (Yankofsky and Spiegelman, 1962) கருதுகிருர்கள். ரிபோசோம்கள் மிகக் குறுகிய வாழ்க்கை வரலாறு உடையவை.

பாலிசோம்கள் (Polysomes)

ரிபோசோம்கள், புரதச் சேர்க்கை நடைபெறும் இடமாக இருந்த போதிலும், செல்களின் உயிர் உருச் சேர்க்கைக்குச் (biosynthesis) செயல் அலகுகளாகச் (Functional unit) செயல் படுகின்றன. ரிபோசோம் தொகுதிகள் இந்தச் செயலைச் செய்து வருகின்றன. இவை பாலிசோம்கள் (polysomes) அல்லது பாலிரிபோசோம்கள் (polyribosomes) அல்லது இர்கோசோம்கள் (ergosomes) என வழங்கப் படுகின்றன. பாலிசோம்களில் ரிபோசோம்கள் ஒரு தூது ரி. நூ. அ. வைப் (messenger RNA) பற்றிக் கொண்டிருக்கின்றன. தூது ரி. நூ. அ. வில் ஓர் இழை ரி. நூ. அ மூலக்கூறுகள் இருக்கின்றன. ஒரு குறிப்பிட்ட புரதத்தைச் சேர்ப்பதற்கான மரபுத் தகவல்கள் (genetic informations) ரி. நூ. அ. மூலக் கூறுகளில் இருக்கின்றன (படம் 10-3ஆ).

சில 170 S பாலிசோம்களில், ஐந்து பாலிசோம்கள் சேர்ந்து தனிக் கூட்டங்களாக அமைந்திருக்கின்றன. ரிபோசோம் அலகுகளில் மைய இடைவெளி சுமார் 300-350 Å அளவில் இருக்கும். இந்த ரிபோசோம்கள், 10-20 Å தடிப்புடைய இழைகளால் ஒன்ருக இணைக்கப்பட்டிருக்கின்றன. பொதுவாகப் பாலிசோம்களில், ரிபோசோம்களின் எண்ணிக்கை தூது ரிநூஅவின் நீளத்தைப் பொறுத்தே அமையும் (பென்மேன் - Penman, 1963).

செயல் (Function)

ரிபோசோம்களில் சுமார் 85% ஸைட்டோரப்பிளாச ரிநூஅ இருக்கிறது. ரிபோசோம் துகள்களின் மேற்பரப்புகளில் புரதச் சேர்க்கை நடைபெறுகிறது என்ருல் அது மிகையாகாது. பின்னர், ரிபோசோம்களைப் பற்றிக் கொண்டிருக்கும் தூது ரிநூஅவிஞல் (m-RNA) புரதச் சேர்க்கை தொடர்பு படுத்தப் படுகிறது என்று தெரிய வந்தது.

ரிபோசோம்களின் 50S அல்லது 60S துகள்களின் பரப்புகளில் புரதச் சேர்க்கை திறமுடன் நடைபெறுகிறது. ரிபோசோம்களின் 40S-60S அல்லது 30S-50S துகள்களுக்கிடையே தூது ரிநூஅ பற்றிக் கொள்கின்றன. மெக்னீசியம் குறைப்பின் போது தூது ரிநூஅ ரிபோசோம்களைத் துணை அலகுகளாகப் பிரிப்பதைத் தடுக்கிறது. மாற்று ரிநூஅ (transfer RNA) 50S துகள்களின் மேற்பரப்புடன் எதிர் செயலாற்றுகின்றது. ரிபோசோம்கள் குறைப்புக் குறியிடங்களாகக் கருதப்படுகின்றன. எனவே ஒரு குறிப்பிட்ட அசில்-அமினே மாற்று ரிநூஅ (acyl-amino t-RNA) வின் அமினே அமிலம் (amino acid) பெப்டைட் தொடருக்குச் (peptide chain) செலுத்தப் படுகிறது. மேலும் புரதச் சேர்க்கையில் ஈடுபட்டிருக்கும் ரிபோசோம்கள், இரண்டு அல்லது மூன்று மாற்று ரிநூஅ-க்களை, தன்னுள் கட்டுப் படுத்துகின்றன. இது மூன்று நிலைகளில் ஏற்படுகிறது. அவை:

1. சங்கேதப் பிரி இடங்களில் (decoding site) குறிப்பிட்ட சங்கேதத்திற்குப் (code) பொருந்தக் கூடிய, ஓர் மாற்று ரிநூஅவினை ஏற்றுக் கொள்ளப்படுகிறது.

2. மாற்று ரிநூஅ தோன்று நிலை பாலிபெப்டேடுடன் (nascent polypeptide) ஒட்டிக் கொள்கிறது. இதுவே குறைப்பிடமாகக் கருதப்படுகிறது. இந்த இணைப்பு 50S துகள்களின் மேல் ஏற்படுகிறது. இந்த இணைப்பு, தூது ரிநூஅ இல்லாத போதும் நிகழக் கூடும் (ஜில்பர்ட் Gilbert, 1963).

3. ஒரு ரிபோசோம் ஆக்கக் கூறு, ரிநூஅ விடும் இடமாகக் காட்சி அளிக்கிறது. சங்கேதங்களை (codes) அமினே அமிலத்திற்கு அளிப்பதைப் பற்றி நிரென்பெர்க் (Nirenberg, 1963) கொரானு (Khorana, 1968) ஆகியோர் ஆய்ந்தனர். இருபது பொது அமினே அமிலங்களுக்குக் குறி (code) அளிக்கக் கூடியவை 64 மூன்றன் தொகுதிகளே ஆகும் (triplets). இதன் விளைவாகப் பல அமினே அமிலங்களுக்கு மாறுபடும் தன்மையுடைய குறிகள் ஏற்படுகின்றன. எஞ்சிய மூன்று குறிகள் பாலிபெப்டைட் தொடரை வரையறைப் படுத்துவதில் முக்கியப் பங்கேற்கின்றன.

11. கணிகங்கள்
(Plastids)

உயிரினங்களின் அங்கக மூலக்கூறுகள் போன்றவற்றில் ஆக்சிஜன் முக்கியப் பங்கேற்றுச் செயலாற்றி வருகிறது. தாவரங்களின் உயிர் இயக்கத்திற்கு ஒளிச்சேர்க்கை என்னும் உயிரியல் முறை நேரடியாகவோ மறைமுகமாகவோ அடிப்படையாக உள்ளது. சிறிய, எளிய அமைப்புடைய பாக்டீரியாவிலும், நீலப் பசும் பாசிகளின் (Blue green algae) தொல்லுயிர்ச் சின்னங்களிலும் (fossils), ஒளிச்சேர்க்கை நடத்தும் சவ்வு போன்ற அமைப்புகள் இருப்பது முதன் முறையாகக் கண்டறியப் பட்டது. நீலப் பசும் பாசி செல்களின், முன் சைட்டோபிளாசத்தில் (Procytoplasm) ஒளிச் சேர்க்கை சவ்வுகள் பரவலாகக் காணப்படுகின்றன. ஒளிச் சேர்க்கைப் பாக்டீரியா சிலவற்றைத் தவிர மற்றைய ஒளிச் சேர்க்கைத் தாவரங்கள் அனைத்திலும், இந்தச் சவ்வானது, கணிகங்கள் என்னும் பெரிய சைட்டோபிளாச அமைப்புக்குள் வைக்கப்பட்டிருக்கிறது. ஆதலால் கணிகங்கள் என்பவை பெரிய சைட்டோபிளாசத் திரள்களே ஆகும். இவை தாவர செல்களின் வளர்சிதை மாற்றங்களுடன் தொடர்பு கொண்டிருக்கிறது. குறிப்பாகத் தாவர செல்களில் காணக்கூடிய செல் உறுப்புகளில் கணிகங்கள் முக்கியமானவையாகும்.

கணிக வகைகள் (Types of plastids)

பொதுவாகக் கணிகங்கள் இருவகைகளாகப் பிரிக்கப் பட்டிருக்கின்றன. அவை வண்ணக் கணிகங்கள் அல்லது குரோமேடோஃபோர்கள் (Chromatophores), வெளிர்க் கணிகங்கள் (Leucoplasts) என்பன. இவற்றுள் வண்ணக் கணிகங்களை ஒளிச் சேர்க்கைத் திறமுடையன, ஒளிச் சேர்க்கைத் திறமற்றன என இருவகைகளாகப் பிரிக்கலாம்.

அ. ஒளிச் சேர்க்கைத் திறமுடைய வண்ணக் கணிகங்கள்

இவ்வகைப் பட்ட வண்ணக் கணிகங்களில், பச்சையம் (Chlorophyll) என்கிற நிறமிகள், கரோட்டினாய்டுகள் (Carotenoids), ஃபைகோபிலின்கள் (phycobilins) முதலியவை இருக்கின்றன.

1. பசுங்கணிகங்கள் (chloroplasts)

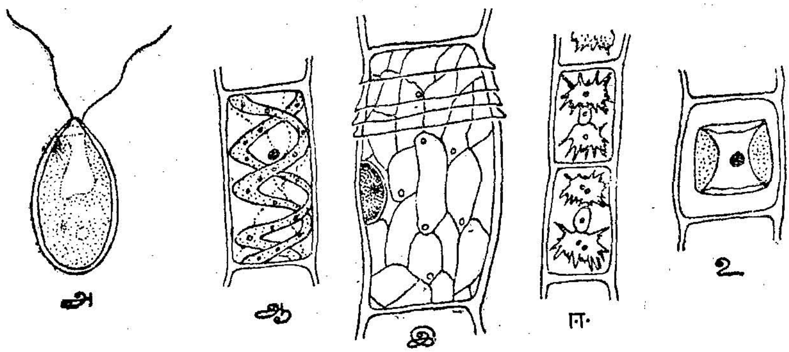
உயர் தாவரங்களிலும் (higher plants), பசும் பாசிகளிலும், பெரும் பான்மையாகப் பசுங்கணிகங்கள் காணப்படுகின்றன. இவற்றில் பச்சையம் (chlorophyll) என்ற நிறமிகள் இருக்கின்றன. பாசிகளில் (algae) பசுங்கணிகங்களின் வடிவமும், எண்ணிக்கையும் வேறுபட்டிருக்கின்றன. பாசிகளின் சில சிற்றினங்களின் செல்களில், ஒன்று அல்லது இரண்டு பசுங் கணிகங்களும், மற்றைய சிற்றினங்களில் பத்து அல்லது அதற்கு மேற்பட்ட பசுங்கணிகங்களும் இருக்கின்றன. குளோரெல்லா (Chlorella), கிளாமிடோமோனஸ் (Chlamydomonas) போன்ற பாசிகளில் பசுங்கணிகம் கிண்ணம் போன்ற (Cuplike) அமைப்புடையது. ஸ்பீரோகைராவில் (Spirogyra) பசுங்கணிகம் தட்டையான நாடா போன்ற (flat ribbon shaped) சுருளமைப்பில் (spiral) அமைந்திருக்கிறது. ஊடோகோணியத்தில் (Oedogonium) ஒழுங்கற்ற வலை போன்றும் (irregular net work) ஸிக்னீமாவில் (Zygnema) நட்சத்திர (star shaped) வடிவத்திலும், ஊலோத்திரிக்சில் (Ulothrix) ஒட்டியான வடிவத்திலும் (Girdle shaped) பசுங்கணிகங்கள் காணப்படுகின்றன (படம் 11-1).

உயர் தாவரங்களில் (higher plants) பசுங் கணிகங்கள், ஒரு புறத்தில் தட்டையாகவும், மற்றொரு புறத்தில் உட்குழிவு உடையதாகவும் (Planoconvex) காணப்படுகின்றன. இவை சுமார் 5 மைக்கிரான்கள் வட்டமுடையதாகவும். 2-3 மைக்கிரான்கள் தடிப்புடையதாகவும் இருக்கின்றன. சூழ்நிலை, மரபு வழி (inheritance) போன்றவற்றுக்கு ஏற்பப் பசுங்கணிகத்தின் அமைப்பும், வடிவமும் வேறுபடுகின்றன. எண்ணற்ற சிறு பசுங்கணிகங்களும், குறைந்த அளவில் பெரும் பசுங்கணிகங்களும் ஒவ்வொரு செல்லிலும் உள்ளன.

2. ஃபியோபிளாஸ்டுகள் (Pheoplasts)

இவை பழுப்புநிற பாசிகளிலும்(algae), டையாடம் (Diatom) போன்ற பாசிகளிலும் பழுப்பு நிறத்திலோ மஞ்சள் நிறத்திலோ

கணிகங்களாகக் காணப்படுகின்றன. இவற்றிலுள்ள பச்சையத்தின் (Chlorophyll) பசும் நிறம் பழுப்புக் கரோடினொய்டுகளால் (brown carotenoids) மூடப்பட்டிருக்கிறது. இந்தப் பழுப்பு



படம் 11-1.
பசுங்கணிகங்களின் வடிவ வேற்றுமை.

அ. கிளாமிடோ மோனஸ் — கிண்ண வடிவம்.
ஆ. ஸ்பீரோ கைரா — நாடா வடிவம்
இ. ஊடோ கோனியம் — ஒழுங்கற்ற வலை வடிவம்.
ஈ. ஸிக்னீமா — நட்சத்திர வடிவம்.
உ. உலோதிரிக்ஸ் — ஒட்டியான வடிவம்.

நிறமிகளை ஃபூகோஸாந்தின் (Fucoxanthin) எனப் படுகிறது. இந் நிறமிகள் ஒளி ஆற்றலை ஈர்த்துப் பச்சையத்துக்கு அளிக்கின்றன.

3. ரோடோபிளாஸ்டுகள் (Rhodoplasts)

ரோடோஃபைசி வகையைச் சார்ந்த பாசிகளில் இவ் வகைச் சிவப்பு நிறக் கணிகங்கள் உள்ளன. இந்தக் கணிகங்களில் ஃபைகோஎரித்திரின் (phycoerythrin) என்ற சிவப்பு நிறமிகள் இருக்கின்றன. இவை பழுப்பு நிறமிகளைப் போல ஒளி ஆற்றலை ஈர்த்துப் பச்சையத்திற்கு அளிக்கின்றன.

4. நீலப் பசுங்கணிகங்கள் (Blue-green plastids)

இந்தக் கணிகங்களில் ஃபைகோசயனின் (phycocyanin), ஃபைகோஎரித்திரின் (phycoerythrin) போன்ற நிறமிகள் இருப்பதால் நீலப் பச்சை நிறத்தைப் பெறுகின்றன. இந்த நிறமிகள் பச்சையத்துடன் தொடர்பு கொண்டு ஒளிச் சேர்க்கைக்கு உதவுகின்றன.

5. ஒளிச் சேர்க்கைப் பாக்டீரியக் கணிகங்கள்

சில சிறப்பு கரோடினுய்டுகளால், சிலவகைப் பாக்டீரியங்கள் சிவப்பு நிறத்தைப் பெறுகின்றன.

ஆ. ஒளிச் சேர்க்கைத் திறமற்ற வண்ணக் கணிகங்கள்

வண்ணக் கணிகங்களில், பொதுவாகக் கரோடினுய்டுகள் இருக்கின்றன. இவற்றில் பச்சையம் இல்லை. வண்ணக் கணிகங்கள் சிவப்பு, மஞ்சள் நிறங்களைப் பெற்றுள்ளன. இவற்றில் பல வடிவ வேற்றுமை காணப்படுகிறது. வண்ணக் கணிகங்கள் மலர்களுக்கும், கனிகளுக்கும் பல நிறங்களை அளிக்கின்றன. பசுமை நிறமுடைய மலர்களும், கனிகளும் முதிர்ந்தபோது பச்சையம் மறைந்து, நிறமாற்றம் ஏற்படுகிறது. இவ்வகைப்பட்ட புதிய நிறமிகள், தனிப்பட்ட கரோடினுய்டுகளால் (special carotenoids) தோற்றுவிக்கப்படுகின்றன. இவை தாவரங்களின் பசும் பாகங்களில் காணப்படுவதில்லை. மலர்களிலும், கனிகளிலும் பல ஸாந்தோஃபில்கள் (xanthophylls), அவற்றின் ஹைட்ராக்சில் கூட்டங்கள் கொழுப்பு அமிலங்களுடன் (fatty acids) எஸ்ட்டர் ஆக்கல் (esterified) செய்யப்பட்டு காணப்படுகின்றன. லைகோபீன் (lycopene) என்ற கரோடினுய்டுகள் தக்காளிக் கனிகளில் காணப்படுகின்றன. மிளகாயில் காப்சாந்தின் (capsanthin) என்னும் கரோடினுய்டு இருக்கிறது. பூஞ்சைகளிலும் (Fungi) பாக்டீரியாவிலும் (Bacteria) கரோடினுய்டுகள் காணப்படுகின்றன. நீரோஸ்பொரா கிராஸ்ஸாவில் (neurospora crassa) லைகொபீன் (lycopene), கரோடின் (carotene), ஸ்பைரில்லோஸாந்தின் (spirilloxanthin) முதலிய கரோடினுய்டு கலவை காணப்படுகிறது. பாக்டீரியாவில் ஸாந்தோஃபில் (xanthophyll) என்ற கரோடினுய்டுகள் இருக்கின்றன.

காரட்டின் வேர்களிலிருக்கும் (roots of carrot) வண்ணக் கணிகங்கள், வெளிர்க் கணிகங்களிலிருந்து தோன்றியவை. இவற்றினுள் புரதம் இருக்கிறது. கரோடினுய்டுகளின் அடர்வாக்கம் (concentration) பெருகும்போது, புரதம் மறைந்து விடுகிறது. முதிர்ந்த வண்ணக் கணிகங்கள், பெரிய, தட்டையான தட்டுகளைக் கொண்ட இணைவக (parallelogram) வடிவங்களாகவோ, படிக வடிவமுள்ள (crystalline) ஊசிகள் (needles) போன்றோ காணப்படுகின்றன. வண்ணக் கணிகங்களை, இரட்டை ஒளி முறிவு உடையவை (Birefrigent) என்றும், இரு வண்ண ஒளிக் கோட்டமுடையவை என்றும் (diehroic) ஃபிரேவிஸ்லிங் (Frey-Wyssling, 1935) கருதுகிறார்.

இ. வெளிர்க் கணிகங்கள்

முதிர்ச்சி, நிறம், சவ்வு அமைப்பு ஆகியன இல்லாத கணிகங்கள் வெளிர்க் கணிகங்கள் எனப்படுகின்றன. இக் கணிகங்கள் தரசம், புரதம், எண்ணெய் போன்றவற்றைச் சேமித்து வைக்க உதவுகிறது. இதற்கேற்ப, இவை மூன்று வகைகளாகப் பிரிக்கப்பட்டுள்ளன. அவை தரசக் கணிகங்கள் (amyloplasts), எண்ணெய்க் கணிகங்கள் (elaiplasts) புரதக் கணிகங்கள் (proteinoplasts) என்பன.

1. தரசக் கணிகங்கள் (Amyloplasts)

முதிர்ந்த தரசக் கணிகங்களில் தரச மணிகள் (starch grains) நிரம்ப உள்ளன. இவை சேமிப்புக் கிழங்குகளிலும் (storage tubers), விதை இலைகளிலும் (cotyledons), விதை சூழ் தசைகளிலும் (endosperm) காணப்படுகின்றன. உயர் தாவரங்களிலும், பசும் பாசிகளிலும், நிறமுள்ளதும் இல்லாததும் ஆகிய கணிகங்களிலும் தரசம் சிறப்பாகக் காணப்படுகிறது. ஸ்பைரோகைரா (Spirogyra), கிளாமிடோமோனஸ் (Chlamydomonas) போன்ற பாசிகளில் பைரினாய்டுகளைச் (pyrenoids) சுற்றியும் தரசம் (starch) சேமிக்கப்படுகிறது. கணிகத்தின் மேற்பரப்பிலிருந்து ஃபுளோரிடன் தரசம் (floridean starch) சிவப்புப் பாசிகளில் உண்டாகிறது. தரச மணிகளைச் (starch grains) சேமிப்புத் தரசம் (reserve starch), தன்மயமான தரசம் (assimilation starch) என இரு வகைகளாகப் பிரிக்கலாம். ஒளிச் சேர்க்கைப் பசுங் கணிகங்களில் தன்மயமான தரசம் மிகுதியாகக் காணப்படுகிறது. ஒரு கணிகத்தில் தரச மணிகள் அதிகமாக உண்டாகின்றன. ஆயினும் இவை தொடர்ந்து சர்க்கரையில் (sugar) கரைந்து மற்றைய பகுதிக்கு அனுப்பப்படுவதால், சிறியதாகவே இருக்கின்றன. சேமிப்புத் தரசம், சேமிப்பு உறுப்புகளில் (storge organs) காணப்படுகின்றன. இதற்குச் சான்று உருளைக்கிழங்கின் (potato) தரச மணிகளாகும். உருளைக்கிழங்கில் தரச மணிகள் ஒரு மையத்தைச் சுற்றியும், ஒரே மையமுள்ள அடுக்குகளாக (concetric layers) அமைக்கப் பட்டிருக்கின்றன.

2. எண்ணெய்க் கணிகங்கள் (Elaioplasts)

எண்ணெய் மிகுந்துள்ள கணிகங்கள், எண்ணெய்க் கணிகங்கள் எனப்படுகின்றன. பல ஒருவித்திலைத் தாவரங்களில், பச்சையம் இழந்த பழைய பசுங் கணிகங்களில் எண்ணெய்

காணப்படுகிறது. பழுப்புப்பாசிகளின் (brown algae) எண்ணெய் ஒரு சேமிப்புப் பொருளாக இருக்கிறது.

3. புரதக் கணிகங்கள் (Proteinoplasts)

இக் கணிகங்கள் நிறமற்றவை. மிகுந்த புரதமுடையவை. பல தாவர விதைகளில், புரத நுண்மணிகளும் (protein granule), புரதப் படிகங்களும் (protein crystals) உண்டாகின்றன. இவையேயன்றி, எண்ணெய் தரும் விதையான ரிஸினுஸ்ஸில் (Ricinus) புரதக் கணிகங்களும் இருக்கின்றன. புரதச் சேர்க்கையில் இக் கணிகம் முக்கியப் பங்கேற்கின்றது. கணிகங்களின் வகை, செயல் போன்றவை அட்டவணை-11-1 இல் காட்டப்பட்டிருக்கின்றன.

வண்ணக் கணிக, வெளிர்க் கணிகங்களின் தோற்றம் (Origin of Chromoplasts and Leucoplasts)

வண்ணக் கணிகங்களும், வெளிர்க் கணிகங்களும் முன் கணிகத்திலிருந்து (proplastid) தோன்றியவை. வேர்களில், முன் கணிகங்கள் நீண்டு வெளிர்க் கணிகங்களை உண்டாக்குகின்றன. பின்னர் இவை வளர்ச்சியைப் பெறுவதில்லை. ஸீயா மைஸ் (Zea mays), விஸியா ஃபாபா (Vicia faba) போன்றவற்றின் கணிகங்களில் 10-20 வரை வட்டமான அல்லது நீள் வட்டமான சிறு குமிழ்கள் (vesicles) இருக்கின்றன. இவை 300-400 Å விட்டமுடையவை. இவை நீண்ட வரிசையாகவோ, சிறிய கொத்துகளாகவோ அமைந்திருக்கின்றன. இவை இணைந்து, ஒன்றிலிருந்து மூன்று வரை நீண்டு தனி முறுக்கிழைகளை (strands) உண்டாக்குகின்றன. தரசக் கணிகங்களிலிருந்து முதிர்ந்த பசுங் கணிகம் ஏற்படுகிறது.

முதிர்ந்த அல்லது முதிராத வெளிர்ப் பசும் கணிகத்திலிருந்து வண்ணக் கணிகங்கள் தோன்றுகின்றன. வண்ணக் கணிகங்கள் கொழுப்புக் கணிகச் சிதைவு (fatty plastid degeneration) உரு மாதிரி அமைப்புகள் போலக் காணப்படுகின்றன. இவற்றில் கொழுப்பும், கரோடினொய்டுகளும் அதிகரித்துச் சிறு துளிகளாகத் திரட்டப்படுகின்றன. இறுதியாக இவை உருவச் சிதைவடைந்து மஞ்சள் நிற எண்ணெய்த் துளிகளை சைட்டோபிளாசத்தில் சேர்க்கின்றன. காரட்டில் (carrot) கரோடினொய்டுகள் இரட்டை ஒளி முறிவு உடைய தட்டுகளாகப் (birefringent plates) படிகமாக்கப்பட்டுள்ளன.

அட்டவணை 11-1.
கணிக வகையும், இருக்குமிடங்களும்

கணிக வகை	முக்கிய நிறமி	இருப்பிடம்	செயல்
வண்ணக் கணிகம்			
பசுங் கணிகம்	பச்சையம் ஏ, பி.	பாசிகள், உயர் தாவரங்கள்	ஒளிச் சேர்க்கை
ஃபீயோபிளாஸ்டு	ஃபூகோஸாந்தின்	பழுப்புப் பாசிகள் டையடம்	ஒளியை ஈர்க்கின்றன
ரோடோபிளாஸ்டு	ஃபைகோ எரித்திரின்	சிவப்புப் பாசிகள்	ஒளியை ஈர்க்கின்றன
குரோமாடொர்ஃபோர்			
நீலப்பச்சை	ஃபைகொசைனின் ஃபைகொ எரித்திரின்	நீலப் பசும் பாசிகள்	ஒளிச் சேர்க்கை
பாக்டீரியாவின்	பாக்டீரிய பச்சையம் பாக்டீரியோ விரிடின்	ஊதா சல்ஃபர் பாக்டீரியா பச்சை ஃசல்பர் பாக்டீரியா	ஒளிக் கதிர்களில் சிவப்புப் பகுதியை ஈர்த்தல்
கரோடினாய்டு	லைகோபின் காப்சாந்தியா	தக்காளி, சிவப்பு, மிளகு, மலரின் பாகங்கள், பூஞ்சை பாக்டீரியா	
வெளிர் கணிகம்			
தரசக் கணிகம்	நிறமிகள் இல்லை	உணவு சேமிப்பு செல்	தரசம் சேமித்தல்
எண்ணெய்க் கணிகம்	இல்லை	சில ஒரு வித்திலை	எண்ணெய் சேமிப்பு
புரதக் கணிகம்	இல்லை	விதைகள்	புரத சேமிப்பு

பசுங் கணிகங்கள் (Chloroplasts)

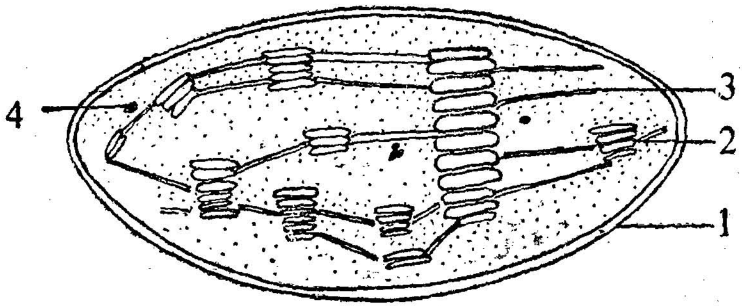
ஒளி ஆற்றல் இல்லாமல் உயிர் ஏற்படுவதற்கான வாய்ப் பில்லை. ஒளி ஆற்றல் ஈர்க்கப்படுவதினாலும், பயன்படுத்தப் படுவதனாலும் உயிர் படிப்படியாகத் தோன்றியிருக்குமென்று, பல ஆண்டுகளாகக் கருதப்பட்டு வந்தது. இந்த முறையை ஒளிச் சேர்க்கை என்பர். தாவர செல்களில் உள்ள பசுங் கணிகம் முழு 'ஒளிச் சேர்க்கைச் சவ்வாக'க் (Photosynthetic unit) கருதப்பட்டது. பசுந் தாவரங்கள் காற்றிலிருந்து கரிமில வாயுவை (carbon di-oxide) உறிஞ்சுகின்றன. கார்பனைத் தம்முள் நிறுத்திக் கொண்டு, பிராணவாயுவை (oxygen) வெளியேற்றுகின்றன. இந்தக் கருத்தை 1779 ஆம் ஆண்டு ஜான் இங்கென் ஹவுஸ் (Jan Ingen house) வெளியிட்டார். முதிர்ந்த பசுங் கணிகங்களை, ஆற்றல் திரள்களாகவும், வளர் சிதை மாற்றச் செயலில் தன்னாட்சி உரிமையுடையவை களாகவும் (metabolically autonomous) கருதப்பட்டு வந்தன. பசும் கணிகத்தின் சில சிறப்புப் பண்புகள், இதற்குச் சான்று களாக விளங்குகின்றன. அவையாவன: பசுங் கணிகம் ஒளிச் சேர்க்கையின்போது ஒளி ஆற்றலை உயிரினங்களுக்குத் தேவைப்படும் ஆற்றலாக மாற்றுகிறது. இவற்றில் டிநூஅ, ரிநூஅ போன்ற நூக்ளியக் அமிலங்கள் உள்ளன. இவற்றில் புரதச் சேர்க்கை ரிபோசோம்களால் தொடர்பு படுத்தப்படுகிறது.

லிபோ புரதங்களின் (lipoprotein) சவ்வு அமைப்புப் பசுங் கணிகங்களின் சிறப்புப் பண்பாகும். இந்த அமைப்பு, ஒளிச் சேர்க்கைக்கான மின் மாற்றம் (electron transport), பிராண வாயு (oxygen) வெளியேறுதல், ஆகிய செயல்கள் நடைபெறும் இடமாக விளங்குகின்றது.

பசுங் கணிகங்களின் அமைப்பு (Structure of Chloroplasts)

தேர்வு செலுத்துத் திறனுடைய இரு சவ்வுகளுக்குள்ளே பசுங் கணிகம் அமைக்கப் பட்டிருக்கிறது. ஒவ்வொரு சவ்வும் 35-50 Å தடிப்புடையது. இந்தச் சவ்வுகளுக்குள்ளே புரதத்தி னலான ஸ்ட்ரோமா (stroma) காணப்படுகிறது. 50-250 Å விட்டமுடைய சிறு நுண் மணிகளும், பல 50-5000 Å விட்ட முடைய சவ்வூடு பரவல் விரும்பிகளாகிய (osmophilic) சிறு துளிகளும் (droplets), தரச மணிகளும் (starch grains) ஸ்ட்ரோமாவில் (stroma) உள்ளன. இரு சவ்வுகளாலான நுண் அடுக்குகள் (lamellae) ஸ்ட்ரோமாவில் வரிசையாகப் பதிக்கப் பெற்றுள்ளன. நுண் அடுக்குகள், ஒன்றின்மேல் ஒன்றாகக்

குவிந்து கணிகத்தின் அகலப் பரப்பில் அமைக்கப்பட்டிருக்கின்றன. நுண் அடுக்குகளே, ஸ்ட்ரோமா நுண் அடுக்குகள், (stroma lamellae), கிரான நுண் அடுக்குகள் (grana lamellae) என இரு வகைகளாக வேறுபடுத்தப் பட்டிருக்கின்றன. ஸ்ட்ரோமா நுண் அடுக்குகளில் பச்சையத்தின் அடர்த்தி குறைந்தும், கிரான நுண் அடுக்கில் அடர்த்தி மிகுந்தும் காணப்படுகிறது. கிரான நுண் அடுக்குகளின் சவ்வு ஒவ்வொன்றும் 40-60 Å தடிப்புடையது. ஸ்ட்ரோமா நுண் அடுக்கின் சவ்வு 20-30 Å தடிப்புடையது. ஒவ்வொரு கிரானவிலும் வட்டத் தகடுகள் (discs) நீள் உருளையாகக் (cylindrical) குவிக்கப் பட்டிருக்கின்றன. ஒவ்வொரு வட்டத் தகடும் $0.3\text{-}1.0\mu$ விட்டமுடையது (படம் 11-2).



படம் 11-2

பசுங் கணிகத்தின் அமைப்பு.

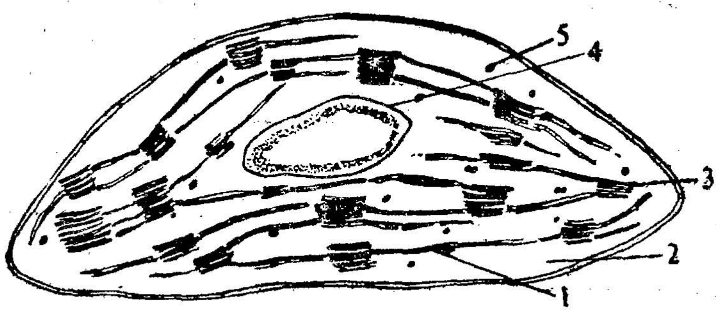
1. இரு சவ்வு, 2. கிரான நுண் அடுக்கு, 3. ஸ்ட்ரோமா நுண் அடுக்கு, 4. சவ்வூடு பரவல் விரும்பும் துளி.

பசுங்கணிகங்களின் நுண் அமைப்பு

(Fine structure of chloroplast)

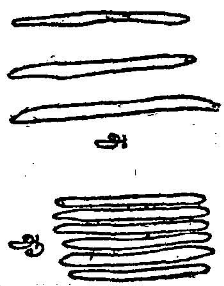
பசுங்கணிகங்களின் நுண் அமைப்பை மின் நுண்ணோக்கி ஆராய்ச்சிகள் தெளிவாக்கின. இரு சவ்வுகளைக் கொண்ட நுண் அடுக்குகளுக்குத் தைலகாய்டு (Thylakoid) என்ற மற்றொரு பெயரும் உள்ளது. கிரான நுண் அடுக்குகளில், சிறிய தைலகாய்டுகளின் அடுக்குக் குவிக்கப் பட்டிருக்கின்றன. ஸ்ட்ரோமா நுண் அடுக்குகளின் பெரிய தைலகாய்டுகள், அடுக்குக் குவியல்களுக்கிடையே தொடர்பளிக்க உதவுகின்றன (படம் 11-3). பசுங்கணிகங்களிலுள்ள தைலகாய்டுகளின் அமைப்புப் பல்வேறு தாவரங்களில் வேறுபட்டிருக்கிறது. நீலப் பசும் பாசிகளிலும், சிவப்புப் பாசிகளிலும், தைலகாய்டுகள் ஓர் அலகுகளாக அமைக்

கப்பட்டிருக்கின்றன. மற்றைய பாசி வகைகளிலும், உயர் தாவரங்களின் பசுங்கணிகங்களிலும் தைலகாய்டுகள் ஒன்றாக



படம் 11-3.
பசுங் கணிகத்தின் நுண் அமைப்பு
1. நுண் அடுக்கு, 2. ஸ்ட்ரோமா, 3. கிரானா, 4. தரசமணி, 5. பிளாஸ்டோ குளுப்புலி.

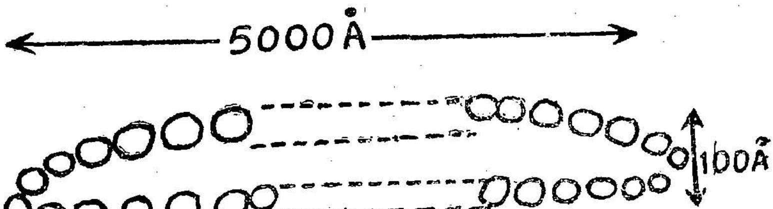
இணைந்த குவியலாகக் காட்சியளிக்கின்றன. இந்தக் குவியலைக் கிரானா (Grana) என்பர் (படம் 11-4). இவற்றில் பசுங் கணிகத்திற்கான நிறமிகள் (Chloroplast pigments) இருப்பதாக அறியப் படுகிறது. ஸ்பினாச்சின் (Spinach) இலை இடைத் திசுவின் (mesophyll tissue) பசுங்கணிகங்களில் சுமார் 40-60 கிரானா இருக்கின்றன. கிரானிக் (Granick), போர்டர் (Porter, 1947). இவை அடர்த்தியான, தட்டையான நாடா (wafer) வடிவமுடைய திரள்களாகக் காணப்படுகின்றன. ஒவ்வொரு கிரானாவும் 800 Å தடிப்புடனும், 6000 Å விட்ட முடையதாகவும் இருக்கின்றன. கிரானா புரதத்தை உட்கொண்டிருக்கும் அடிப்படைப் பொருளாகிய (matrix) ஸ்ட்ரோமாவில் பதிக்கப்பெற்றுள்ளன. ஒரு பசுங்கணிகத்திலிருந்து மற்றொரு பசுங்கணிகத்தின் கிரானாவின் விட்டம் வேறுபட்டிருக்கிறது. இதற்குச் சான்றாகப் புகையிலை (Tobacco) பசுங்கணிகங்கள் ஒவ்வொன்றிலும் 40-80 கிரானா இருக்கின்றன. இவை நீள் உருளை வடிவத்தில் (cylindrical) உள்ளன. ஒவ்வொரு கிரானாவும் 0·3-0·4 மைக்கிரான் ($1\mu = 10{,}000$ Å) விட்ட முடையது. கிரானாவின் சவ்வுகள், சவ்வூடு பரவலை விரும்பும் (Osmophilic) தன்மை உடையது.



படம் 11-4.
அ. ஒரு தைலக்காய்டு.
ஆ. ஒரு கிரானம்.

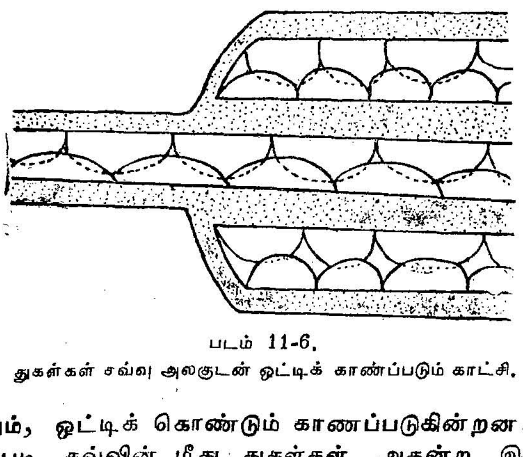
கிரானு சவ்வுகளில் பச்சையம் (Chlorophyll) என்கிற நிறமிகள் இருப்பதினுல், இந்தச் சவ்வு மிகத் தடிப்புடையதாகக் காணப் படுகிறது என்று ஹொட்ஜே(Hodge, 1959) கருதுகிருர்.

கிரானு சவ்வுகளைப் பற்றி இரு வேறு பட்ட கருத்துகள் இருக் கின்றன. முதன் கருத்தினைப் ஃபிரை-வைஸ்லிங் (Frey-Wyssling) வெளியிட்டார். இதன்படி, கிரானு சவ்வுகளில் துகள்கள் (particles) மணி இழை போல (string) அமைக்கப் பட்டிருக்கின்றன (படம் 11-5). இவற்றின் வெளிப்புறம் லிபிட்



படம் 11-5.
கிரானுவின் மணி இழைப் போன்ற துகள்கள்.

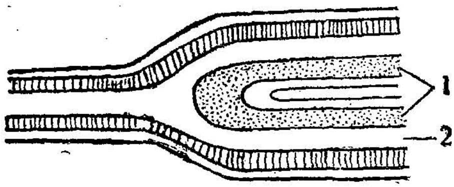
அடங்கிய அடர்த்தியான பகுதியாகக் காணப்படுகிறது. இதன் உட்பகுதியில் புரதம் காணப்படுகிறது. இரண்டாவது கருத்தை முஹ்லித்தாலர், பார்க், போன் (Muhlethaler, Park and Pon, 1965) வெளியிட்டனர். இந்தக் கருத்தின்படி துகள்கள், (படம் 11-6)-ல் காண்பித்தவாறு, சவ்வு அலகுகளின் உள்



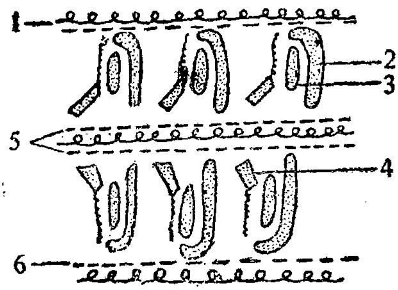
படம் 11-6.
துகள்கள் சவ்வு அலகுடன் ஒட்டிக் காணப்படும் காட்சி.

நுழைந்தும், ஒட்டிக் கொண்டும் காணப்படுகின்றன. இந்தக் கருத்தின்படி சவ்வின் மீது துகள்கள் அகன்ற இடைவெளி யுடன் அமைக்கப் பட்டிருக்கின்றன. எதிர்ச் சவ்வுகளில் துகள்

கள் ஒன்றின்மேல் ஒன்ருகக் குவிந்திருக்கின்றன. கிரானுவில் ஒளி வண்ணமுடைய பச்சைய மூலக்கூறுகள் (Chlorophyll molecules) அடுக்குகளாக அமைக்கப் பட்டிருக்கின்றன என்று கருதப்படுகிறது. எலெக்டிரான் வழங்கிகள் (electron donors), எலெக்டிரான் ஏற்பிகள் (electron acceptors), ஆகியவற்றுக் கிடையே பச்சைய மூலக் கூறுகள் இடையீட்டாப்பம் போல் (sandwitch) அமைக்கப் பட்டிருக்கிறது (படம் 11-7).



படம் 11-7 அ.
கிரானுவில் பச்சையத்தின் இருப்பிடம்.
1. பச்சையம். 2. புரதம்.

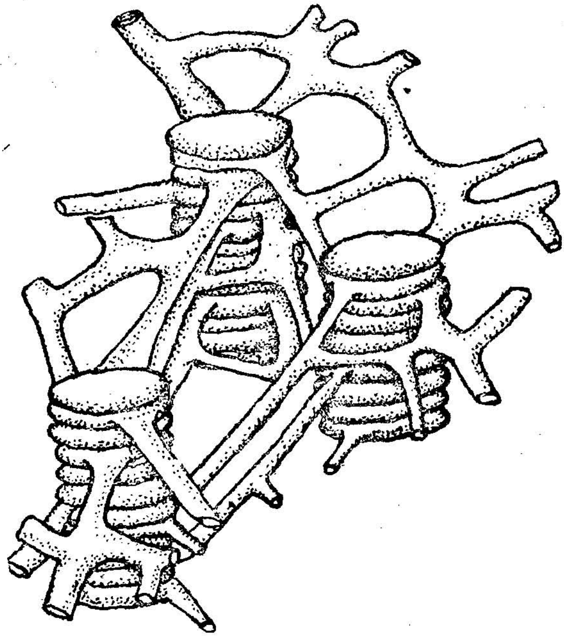


படம் 11-7 ஆ.
பச்சைய மூலக்கூற்றின் அமைப்பு.
1. புரதம், 2. பாஸ்போலிபிடு, 3. கரோடினுய்டு, 4. பச்சையம், 5. எலக்டிரான் ஏற்பிகள், 6. எலக்டிரான் வழங்கி.

பச்சையத்தினுல் ஒளி ஆற்றல் ஈர்க்கப்படுகிறது. இதன் விளைவாகப் பச்சைய மூலக்கூறுகளில் எலெக்ட்ரான் ஓட்டம் ஒரே சீராக நடைபெறுகிறது.

வெயர் (Weier, 1967) ஸ்ட்ரோமா நுண் அடுக்குகளை ஃபிரட் (Fret) என்ற பெயரிட்டிருக்கின்றனர். இவை தட்டையான (flat) குழல் வடிவமுடையன. இவ்வகைக் குழல் வடிவ வாய்க்கால்கள் (tubular channel), அருகில் உள்ள கிரானுவை இணைக்கின்றன (படம் 11-8). பசுங்கணிகத்தில் காணப் படும் சவ்வுகள் தொடர்ச்சியாக (continuum) இருக்கின்றன

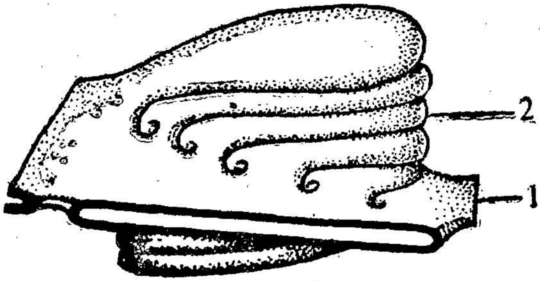
என்று அண்மைக் கால ஆய்வுகள் தெளிவு படுத்துகின்றன. கிரானுவின் உட்குழிகள் (loculi) ஃபிரட் (Fret) இணைப்புகளின் வாயிலாகத் தொடர்பு ஏற்படுத்திக் கொள்கின்றன.



படம். 11-8.
பசுங் கணிகத்தின் மூன்று உருவளவைச் சார்ந்த படம்.
ஃபிரெட்டுகள் கிரானுவை இணைக்கும் காட்சி.

(படம் 11-9). ஸ்ட்ரோமா நுண் அடுக்குகளின் சவ்வுகள் சவ்வூடு பரவலை வெறுக்கும் பண்புடைய அடுக்குகளாகக் (osmiophobic layer) காணப்படுகின்றன. ஸ்ட்ரோமா நுண் அடுக்குகள் சுமார் 20-30Å தடிப்புடையவை. சில சிற்றினங் களில் கிரானு, ஸ்ட்ரோமா நுண் அடுக்குகளின் எண்ணிக்கையும், அவற்றின் உருவளவும் வேறுபட்டிருக்கும். பசும் பாசிகளில் இரு வகைப்பட்ட நுண் அடுக்குகளும் காணப்படுகின்றன. குளோரெல்லா (Chlorella), யூக்லீனு (Euglena) போன்ற பாசிகளில் நுண் அடுக்குகள் கரடுமுரடாகக் (coarse) காணப் படுகின்றன. மற்றொரு வகை மென்மையான சவ்வுகள் கிளாமிடோமோனஸ் (Chlamydomonas) ஸ்பீரோகைரா (Spirogyra) போன்ற பாசிகளில் காணப்படுகின்றன. சாகர், பாலேட் (Sagar, Palade, 1954) கிளாமிடோமோனஸ் ரியன்

ஹார்ட்டியின் (Chlamydomonas reinhardi) கிண்ண வடிவப் பசுங் கணிகத்தைக் கூர்ந்து ஆராய்ந்தனர். இப்பசுங் கணிகம், உயர் தாவரங்களின் பசும் கணிகங்களைப் போல இருசவ்வு



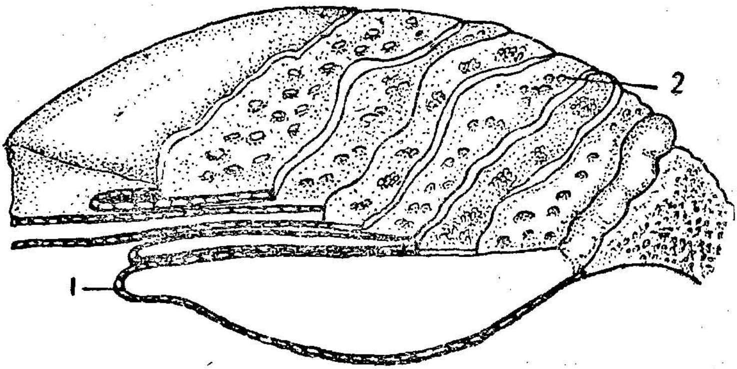
படம் 11-9.
ஸ்ட்ரோமா நுண் அடுக்கு கிரானம் தைலகாய்டுகளுக்கிடையே தொடர்பு
1. ஸ்ட்ரோமா நுண் அடுக்கு, 2. கிரானம்.

களால் சூழ்ந்திருந்தன. சுமார் பத்து, இரு சவ்வுகளுடைய நுண் அடுக்குகள் (lamellae) சவ்விற்கு இணையொத்த (parallel) அமைப்பில் காணப்படுகின்றன. இரு சவ்வு நுண் அடுக்கின் ஒரு விளிம்பு (edge) பசுங்கணிகச் சவ்வுடன் ஒட்டிக்கொண்டும், மற்றைய விளிம்பு சுயேச்சையாகவும் (free) கிடக்கின்றன.

தைலகாய்டு சவ்வுகளின் மேற் பரப்பிலோ, சவ்வின் உட் பரப்பிலோ, சிறிய வட்டமான அலகுகள் உள்ளன என்று பல அறிவியல் வல்லுநர்கள் கண்டு ஆராய்ந்தனர். இவை பெரும் பான்மையாகத் தைலகாய்டு அடுக்குக் குவியல்களில் காணப் படுகின்றன. இந்தக் குவியலில் இரு சவ்வுகள் அடுத்தடுத்துப் படிதல் முறையில் (apposition) அமைக்கப் பட்டிருக்கின்றன. இந்தத் துகள்களின் அமைப்பைக் காட்டும் உருப் படிவத்தை (model) படம் 11-10இல் காணலாம்.

சவ்வுத் துணை அலகுகள் (sub units) சராசரி 90Å விட்டம் உடையவை. சில சிற்றினங்களில் துணை அலகுகள் சிறியதாகக் காணப்படுகின்றன. ஒவ்வொரு துணை அலகிலும் புரதமும், லிபிடும் காணப்படுகின்றன. புரத அடிப்படைப் பொருள் (protein matrix), பச்சையம் (chlorophyll), லிபிடு (lipid) போன்றவற்றை இறுகப் பற்றிக் கொண்டிருக்கிறது. ஒவ்வொரு துணை அலகும் பருத்தோ (swell) அன்றிச் சுருங்கியோ (shrink) காணப்படும். இந்தப் பண்பானது உப்பு அல்லது சர்க்கரைப் பொருள்கள் அடங்கிய ஊடகத்தினது (medium) ஊரமூட்டுந் தன்மையின் (tonicity) வேற்றுமையின் மறு விளையினால்

ஏற்படுகிறது. தைலகாய்டு சவ்வில் நான்கு துணை அலகுகள் ஒன்று சேர்ந்த செயல் உட்பொருளாக (functional entity) அமைக்கப் பட்டிருக்கின்றன. இது குவான்டோசோம் (Quantasome) எனப்படுகிறது. ஒவ்வொரு குவான்டோசோமும்



படம் 11-10.
தைல காய்டுகளில் துகள்களின் அமைப்பைக் காட்டும் உருப்படிவம்.
1. தைலகாய்டு. 2. மடிப்புகள்.

180Å நீளமும், 150Å அகலமும், 100Å தடிப்பும் உடையது. குவான்டோசோமானது ஒளியின் ஒரு கிராம் மூலக்கூறு (mole) குவான்டத்தை (Quantum) ஈர்க்கக் கூடிய திறமுடைய உரு வடிவ அலகு என வரையறுக்கப்படுகிறது. இவை சுமார் 200 மில்லியன் மூலக்கூறு எடையும், 230 பச்சைய மூலக் கூறுகளும் பெற்றுக் காணப்படுகின்றன (அட்டவணை 11-2).

குவான்டோசோம்கள் ஒளிச் சேர்க்கையின் அலகுகள். இவை மைட்டோ காண்டிரியாவின் அடிப்படைத் துகள்களின் (elementary particles) அமைப்பைக் கொண்டவை. இவ்விரு துகள்களிலும், எலெக்ட்ரான் கடத்தல் அமைப்பானது, சவ்வு அலகுகளுடன் நடைபெறுகிறது. மூவகைப்பட்ட குவான்டோ சோம்கள் தைலகாய்டு சவ்வுகளில் கண்டறியப்பட்டன. ஒரு சிறிய ஒளி மின் செல்லும் (photo electric cell), சேமிப்பு மின்கல அடுக்கும் (battery) குவான்டோசோமில் ஒன்றாக இணைக்கப்படுகின்றன எனக் கருதப்படுகிறது. ஒளி ஆற்றல், எலெக்ட்ரான் ஓட்டத்தை உண்டாக்குகிறது. பின்னர் அது வேதி ஆற்றலாக மாறிச் சேமிக்கப்படுகிறது. இந்தச் சீரான எலெக்ட்ரான் ஓட்டம் நுண் அடுக்கின் அமைப்பைச் சார்ந்திருக் கிறது.

அட்டவணை 11-2.

குவாண்டோசோமின் மூலக்கூற்றை விளக்கும் விவரப்பட்டியல் (Molecular Inventory of a Quantosome)

	மூலக்கூற்று எடை	
லிபிடு 1 கூட்டமைப்பு, கிராம் மூலக்கூறுகள் (mole) மோல் குவாண்டோசோம்.		
230 பச்சையங்கள் (chlorophylls)		206,000
160 பச்சையம் ஏ	143,000	
70 பச்சையம் பி	63,400	
48 கரோடினாய்டுகள் (carotenoids)		27,400
14 β-கரோடின் (carotene)	7,600	
22 லுடியன் (lutein)	12,600	
6 வயோல சாந்தின் (violaxanthin)	3,600	
6 நியொ சாந்தின் (neoxanthin)	3,600	
46 குயுனோன் சேர்மம் (quinone compounds)		31,800
16 பிளாஸ்டோ குயுனோன் ஏ (plastoquinone A)	12,000	
8 பிளாஸ்டோகுயுனோன் பி	9,000	
4 பிளாஸ்டோகுயுனோன் சி	3,000	
9 £-டொகொபெரால் (£-tocopherol)	3,800	
4 £-டொகாபெரில் குயுனோன் (£-tocophryelquinone)	2,000	

அட்டவணை 11-2. (தொடர்ச்சி)

குவாண்டோசோமின் மூலக்கூற்றை விளக்கும் விவரப்பட்டியல் (Molecular Inventory of a Quantosome)

	மூலக்கூற்று எடை	
4 வைட்டமின் கெ$_1$ (vitamin k_1)	2,000	
116 ஃபாஸ்ஃபோலிபிடுகள். (phospholipids)		90,800
144 டைகாலக் டோசில் டை கிளசரைடு (digalactosyldiglyceride)		134,000
346 மோனோ கலாக் டோசில் டை கிளசரைடு (monogalactosyldiglyceride)		268,000
48 சல்ஃபொலிபிடு (sulfolipid)	41,000	
ஸ்டிரால்ஸ் (sterols)	15,000	
அடையாளம் கண்டுணரப்படாத லிபிடுகள்	175,600	990,000
புரதம் (Protein)		
9,380 நைட்ரொஜன் அணுக்களைப் போன்ற புரதம்	928,000	
2 மாங்கனீஸ் (manganese)	110	
12 இரும்பு (iron)	672	
6 செம்பு (copper)	218	
		930,000
லிபிடும், புரதமும்.		1,920,000

சில பாசிக் கணிகங்களில் வேறுபாடுடைய பகுதிகள்
(Differentiated regions of some Algal plastids)

1. கண் போன்ற பகுதி (Eye spot)

கண் போன்ற பகுதி ஆரஞ்சு சிவப்பு நிறத்தைப் பெற்றிருக்கிறது. இதில் கரோட்டினும், சிறு துளிகளும் இருக்கின்றன. சில இயங்கு பாசிகளில் (mobile algae) கண் போன்ற பகுதி கணிகத்தின் ஒரு பகுதியாக விளங்குகிறது. கிளாமிடோமோனஸ் ராய்ன்ஹார்டியில் (Chlamydomonas reinhardi) கண் போன்ற பகுதி, பசுங் கணிகத்தில் ஒரு சிறிய பகுதியாகக் காணப்படுகிறது. கண் போன்ற பகுதியில் அடர்த்தியான, ஒரே வடிவமுடைய சிறு துளிகள் இரண்டு இணைப்போக்கு அடுக்குகளில், ஆறு பக்கங்கள் உடையதுபோல நெருக்கமாக அமைக்கப் பட்டிருக்கின்றன.

2. பைரிணுய்டுகள் (Pyrenoids)

பைரிணுய்டுகள் என்பவை அடர்த்தியான, வட்டமான திரள்களே ஆகும். சில பாசி சிற்றினங்களின் பசுங் கணிக அடிப்படைப் பொருளில், பைரிணுய்டுகள் புதைக்கப்பட்டிருக்கின்றன. சாதாரணமாக பைரிணுய்டுகளைச் சுற்றியும் தரச மணிகள் காணப்படுகின்றன. எளிய பண்புடைய (simple characters) ஆந்தோசிராஸ் (Anthoceros), மாஸ் (Moss) போன்ற தாவரங்களின் பசுங் கணிகத்தில் பைரிணுய்டு இருக்கிறது. மற்றைய பிரையோஃபைடுகளிலும், உயர் தாவரங்களிலும் பைரிணுய்டுகள் இல்லை.

கிளாமிடோமோனஸில் (Chlamydomonas) பைரிணுய்டுகளைச் சுற்றியும் புரதத் தகடுகள் (protein plates) ஓர் உறையாக அமைந்திருக்கிறது. ஒவ்வொரு பைரிணுய்டும் பெரியதாகவும், 1·5-2 மைக்கிரான் விட்டமுடையதாகவும் காணப்படுகின்றது. இவை பசுங் கணிகத்தின் பிற்பகுதியில் புதைக்கப்பட்டிருக்கின்றன. ஸ்பீரோகைராவில் (Spirogyra) பசுங் கணிகத்தின் நுண் அடுக்குகளில் பைரிணுய்டுகளின் வழியாக இணைப்போக்குத் தொடர்பு உண்டாகிறது.

3. காரியோடுகள் (Karyods)

காரியோடுகள், ஸ்பீரோகைராவின் (Spirogyra) சுருள் கணிகத்தின் உட்பரப்பில் காணப்படுகின்றன. இவற்றை மின் நுண்ணோக்கியில் பார்க்கும்போது இரு சவ்வுகளைக் கொண்ட

பத்து அடுக்குகள் காணப்படுகின்றன. ஒவ்வோர் அடுக்கும் 70Å தடிப்புடையன. காரியோடுகளின் செயல் இதுவரை ஆராயப்படவில்லை.

பசுங் கணிகங்களின் வேதிக் கூட்டமைப்பு (Chemical Composition of Chloroplasts)

பசுங்கணிகங்களின் வேதிக்கூட்டமைப்பு மிகச் சிக்கலானது. இவற்றின் வேதிக் கூட்டமைப்பு ஐயமின்றி விளக்கப்படவில்லை. ஆயினும் பசுங் கணிகத்திற்கு ஒரு தெளிவான, பொது அமைப்பு அளிக்கப்பட்டிருக்கிறது. பசுங் கணிகங்களில் பெருமளவு நீர் இருக்கிறது. பசுங் கணிகங்களின் 70%-80% நீரின் காரணமாகவே உண்டாகிறது. உலர் பசுங் கணிகங்களில் சுமார் 50% புரதமும், 35% லிபிடும், 5-10% நிறமிகளும் காணப்படுகின்றன.

1. புரதம் (Protein)

தக்காளி இலைகள், புகையிலைகள் (Granick, 1938), சூடான் புல் (Sudan grass) (Hanson, 1941), ஓட்ஸ் (Oats) இலைகள் (Galston, 1943) ஆகியவற்றின் முதிர்ந்த பசுங் கணிகங்களின் உலர் எடையில் 35-55% புரதம் காணப்பட்டது. இந்தப் புரத ஆக்கக் கூறுகள் இரு பகுதிகளாகப் பிரிக்கப் படுகின்றன. ஸ்ட்ரோமோவில் நொதிகள் என்கிற இரண்டாவது புரதப் பகுதி உள்ளது. முதல் புரதப் பகுதி, நீரில் கரையாத் தன்மை (insoluble) உடைய லிபோ புரதங்களே ஆகும். இவை, நுண் அடுக்குகளில் காணப்படுகின்றன. இரண்டாம் வகையான புரதங்கள் ஸ்ட்ரோமாவின் நொதிகளில் இருக்கின்றன. இவை கரை திறனுடையவை (soluble). புரதங்களில், லிபோ புரத பல்கூட்டுத் தொகுதியில் (Lipoprotein complex) நொதிகளும் உள்ளன என்று கண்டறியப்பட்டது. இங்கு ஒளிச் சேர்க்கை ஒளி நிலைகள் இருந்த போதிலும், இந் நொதிகளைப் பற்றித் தெளிவாகக் கண்டறியப் பட வில்லை. ஸ்ட்ரோமாவின் கரைத்திறனுடைய புரதங்களைப் பற்றித் தெளிவாக ஆராயப்பட்டிருக்கிறது. குறிப்பாக, ஒளிச் சேர்க்கையின் போது இவற்றின் முக்கிய செயல் பற்றியும் தெளிவாக்கப் பட்டிருக்கிறது. ஒளிச் சேர்க்கையின் பைரிடின் நுக்ளியோடைட் ரிடக்டேஸை (Pyridine nucleotide reductase) படிக வடிவத்தில் தனிமைப் படுத்தப் பட்டிருக்கிறது. ரிபுலோஸ் 1 (Ribulose 1), 5-டைஃபாஸ்பேட் கார்போக்சிலேஸ் (5-diphosphate carboxylase), கிளிசரால்டிஹைட் 3 ஃபாஸ்ஃபேட் டி ஹைட்ரொஜினேஸ் (Glyceraldehyde 3-phosphate dehydrogenase), அல்டொலேஸ் (Aldolase),

ஃபாஸ்ஃபொரிலேஸ் (Phosphorylase), இரண்டு ஃபிரக்டோஸ் (two Fructose), 6-டைஃபாஸ்ஃபடேஸ் (6-di-phosphatase), ஆகிய பல நொதிகள், பசுங்கணிகத்தின் கரையும் புரதங்களில் (soluble proteins) உள்ளதாகத் தெரிவிக்கப் பட்டிருக்கிறது.

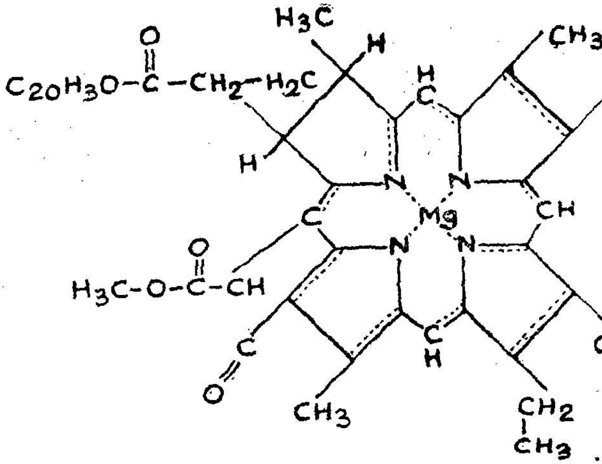
2. லிபிடுகள் (Lipids)

பசுங்கணிகங்கள் மிகச் சிக்கலான லிபிடு தொகுப்பைப் பெற்றிருக்கின்றன. இவற்றில் பலவற்றுக்கு, நீர்வெறுக்கும் (hydrophobic) தன்மையோ, நீர் விரும்பும் (hydrophilic) தன்மையோ உள்ளன. இவை நுண் அடுக்குகளின் லிபோபுரதங்களுக்குக் கட்டுப்பட்டவை. உயர் தாவரங்களில் முக்கியமாக ஃபாஸ்ஃபடைடில் கிளிசரால் (Phosphatidyl glycerol) சல்ஃபொலிபிடு (Sulpholipid), ஓரிரு காலக்டோசில் டை கிளிசிடைடு (mono and digalactosyl diglyceride) ஆகிய லிபிடுகள் இருக்கின்றன. லெசிதின் (lecithin), ஸெஃபாலின் (cephalin) போன்ற லிபிடுகள் மிகக் குறைந்த அளவில் உள்ளன. பசுங்கணிகங்களின், எஸ்ட்டர் வடிவமுடைய (ester form) கொழுப்பு அமிலங்களில். (fatty acids) லினொலியக் அமிலமும் (Linoleic acid, 11-29%), α லினொலியக் அமிலமும் (α Linoleic acid, 44-71%) பெருமளவிற்குக் காணப்படுகின்றன. லிபிடுகள், பிளாஸ்டோ குவெனோன்கள் (Plasto-quinones), ஃபில்லோ குவெனோன்கள் (phylloquinones), வைட்டமின் கே$_1$, (vitamin K_1), போன்றவற்றையும் பெற்றிருக்கின்றன. பசுங்கணிகத்தின் ஒவ்வொரு கிராம் பச்சைய மூலக் கூற்றிலும் சுமார் 0.1 கிராம் பிளாஸ்டோ குவெனோன் மூலக் கூறு உள்ளது.

3. நிறப்பொருள்கள் (Pigments)

பச்சையம், கரோடினாய்டுகள் என்கிற இரண்டு நிறப் பொருட்கள் பசுங்கணிகத்தில் காணப்படுகின்றன. உயர் தாவரங்களில் பச்சையம் ஏ, பச்சையம் பி, என்ற நிறப் பொருள்கள் உள்ளன. நிழல்வாழ் தாவரங்களில் (shade plants) பச்சையம் பி-இன் அளவு ஒளித் தாவரங்களைவிட (sun plants) மிகுதியாகக் காணப்படுகின்றது. இவ்விருவகை நிறப் பொருள்கள் பசும் பாசிகளில் மட்டும் இருக்கின்றன. பழுப்புப் பாசிகளில் பச்சையம் சி, சிவப்புப் பாசிகளில் பச்சையம் டி ஆகிய நிறப் பொருள்கள் உள்ளன (படம் 11-11). பச்சையம் ஏ-வின் அமைப்பு, மைட்டோகாண்டிரியாவின் ஸைட்டோகுரோம் அமைப்புடன் தொடர்புக் கொண்டிருக்கிறது. பார்ஃபைரின் வளையம் (porphyrin ring) இரட்டைப்

பிணைப்புடன் (double bond) மாறி மாறி அமைந்து உடன் இசைவுக்கு (*resonance*) வழி காட்டுகிறது (படம் 11-11). சைட்டோகுரோம்களில் இரும்பு அணுவிற்குப் (iron atom)



படம் 11-11.
பச்சையம் ஏ வின் அமைப்பு

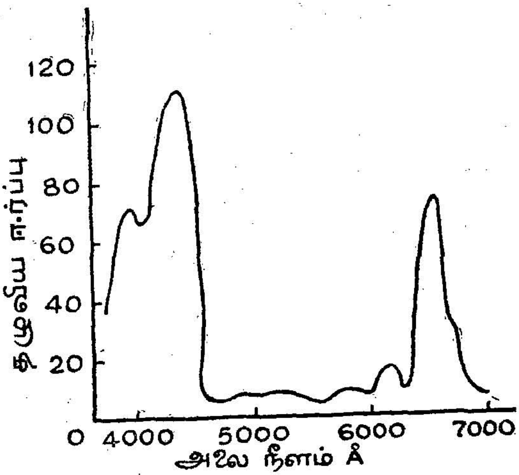
பதிலாக மக்னீசியம் அணு (Magnesium atom) காணப்படுகிறது. இந்த வளையத்தின் ஒரு பக்கச் சங்கலித் தொடர்கள் (side-chains) பெருமளவிற்கு நீளுவதால் பச்சைய மூலக்கூறு (chlorophyll molecule) தலைப் பிரட்டை (tadpole like) வடிவத்தைப் பெறுகிறது.

பச்சையம், ஒளி நிறமாலையின் (Light spectrum) சிவப்புப் பகுதியை ஈர்க்கிறது (படம் 11-12). மற்றைய நிறப் பொருள்களான கரோடினாய்டுகளில் கார்பன் சங்கிலித் தொடர் (carbon chain) காணப்படுகிறது. இத்தொடர் இரட்டைப் பிணைப்புடனும் (double bond) ஒற்றைப் பிணைப்புடனும் (single bond) மாறி மாறி அமைக்கப் பட்டிருக்கிறது. இதனுடைய இறுதித் தொகுப்பு அயனோன் வளையங்களை (ionone rings) பெற்றிருக்கின்றன. உயர் தாவரங்களிலும், பாசிகளின் பசுங்கணிகங்களிலும், β-கரோடின் (β-Carotene), லுடின் (Lutein), வயோலாஸாந்தின் (Violaxanthin), நியோஸாந்தின்(Neoxanthin) ஆகிய கரோடினாய்டுகள் உள்ளன. கிரிப்டோஸாந்தின் (Cryptoxanthin), ஸியாஸாந்தின் (zeaxanthin) ஆகிய இரு கரோடினாய்டுகளும் குறைந்த அளவிற்குக் காணப்படுகின்றன. பச்சையமும்,

கரோடினுய்டுகளும் சவ்வு அமைப்புகளுடன் தொடர்பு கொண்டிருக்கின்றன. கரோடினுய்டுகள் முக்கியமாக, பச்சைய ஈர்ப்பு நிறமாலையைச் (absorption spectrum of chlorophyll) சிறிதளவு மாற்றி அமைக்கும் செயலில் ஈடுபடுகின்றன.

4. பசுங்கணிகங்களின் சில உலோகங்கள் (Some metals in Chloroplasts)

ஸ்பினச் (Spinach) இலையின் பசுங்கணிகத்தில் 80%க்கு அதிகமான இரும்புச் சத்து (iron) உள்ளதாக லீபிச் (Liebich,



படம் 11-12.
பச்சையத்தின் ஈர்ப்பு நிறமாலை.

1941) கண்டறிந்தார். வேர், தண்டு ஆகியவற்றின் வளர் நுனிகளிலும், பச்சையம் இன்னும் தோன்றாத இலையின் வளர்ச்சியிலும் ஹெமி நொதிகள் (heme enzymes) உள்ளன. இந்த நொதிகளின் செயலாற்றலுக்கு இரும்புச் சத்துத் தேவைப்படுகிறது. பசுங்கணிகங்கள் வளர்ச்சி அடையும் போது இரும்புத் தேவையும் அதிகரிக்கிறது. முதிர்ந்த பசுங்கணிகங்களில், இரும்பு, சைடோகுரோம்-எஃப் (cytochrome-f) முதலியவை இருக்கின்றன. பசும்பாசிகளில் இரும்புச் சத்துக் குறையும் போது, ஒளிச் சேர்க்கை குறைக்கப்பட்டுக் குளோரோசிஸ் (chlorosis) என்கிற சோகை நோய் ஏற்படுகிறது.

பசுங்கணிகங்களில் தாமிரம் (copper) அதிக அடர்த்தியில் உள்ளது. இக் கணிகங்களில் தாமிரத்தின் செயல், தெளிவாகப்

புலப்படவில்லை. பசுங்கணிகங்களில் துத்தநாகம் (Zinc) குறையும் போது குளோரோசிஸ் என்ற சோகை நோய் ஏற்படுகிறது. துத்தநாகம் பைரிடைன் நூக்ளியோடைட் நொதிகளில் (pyridine nucleotide enzymes) செயல்படுகிறது. பசிங்கணிக வளர்ச்சிக்கும், ஒளிச்சேர்க்கையின் இருட் செயலுக்கும் (dark reaction) துத்தநாகத்தின் செயல் தேவைப் படுகிறது.

பசுங்கணிகங்களில் மாங்கனீஸ் (Manganese) குறையும் போது ஒளிச் சேர்க்கையின் வேகமும் குறைகிறது. ஒளிச் சேர்க்கையின் போது பிராணவாயு (Oxygen) விடுவிக்கப்படுகிறது. இதற்குத் தேவைப் படுவது மாங்கனீஸ் என்று கெஸ்லர் (Kessler, 1957) காட்டியிருக்கிருர். பாசிகளில் மாங்கனீஸ் குறைவதால் பெருமளவிற்குப் பாதிப்பு உண்டாவதில்லை. ஆயினும் உயர் தாவரங்களில் குளோரோசிஸ் (Chlorosis) என்ற சோகை நோய் உண்டாகிறது.

பல ஃபாஸ்ஃபரீகரண (Phosporylation) எதிர் வினைகளில் மக்னீசியம் இணை நொதியாகச் செயல் புரிகிறது. மக்னீசியக் குறைவு குளோரோசிஸ் என்ற சோகை உண்டாக்குகிறது.

நூக்ளியிக் அமிலங்கள் (Nucleic acids)

அண்மைக் கால ஆராய்ச்சிகள், பசுங்கணிகங்களில் நூக்ளியக் அமிலங்கள் இருக்கின்றன என்று தெளிவாக்கின. இதுவுமல்லாமல் இக் கணிகங்களில் ரிபோசோம் துகள்கள் காணப்பட்டன. இதற்குச் சான்ருகப் புகையிலையில் (Tobacco) 70 S ரிபோசோம்களும், பாலி ரிபோசோம்களும் பசுங்கணிகத்தில் உள்ளன. இவை புரதச் சேர்க்கையைத் திறம்படச் செய்கின்றன. பட்டாணி விதை நாற்றுகளின் (Pea seedlings) தைலகாய்டு நுண் அடுக்குகளில் பாலிரிபோசோம்கள் காணப்படுகின்றன என்று ஐ. ஐ. பிலிப்போவிச், ஏ. ஐ. ஒபாரின் (I. I. Philippovich and A.I. Oparin, 1973) அண்மையில் நிறுவினர். ஊக்லீனுவின் (Euglena) பசுங்கணிக டிநூஅ-த்தில் ரிபோசோம் ரிநூஅ சேர்க்கை நடைபெறுகிறது. பசுங்கணிக ரிநூஅ-வில், அடினைன், குவானைன் (adenine, guanine) ஆகியவற்றின் அளவு நூக்ளியஸ் ரிநூஅ வை விட மிகுதியாக உள்ளது.

பசுங்கணிகங்களின் வேதிக் கூட்டமைப்பில் ரிநூஅ வும், டிநூஅ வும் வழக்கமாகக் காணப்படுகின்றன. டிநூஅ இழைகள் சுமார் 25Å விட்டமுடையவை. பசுங்கணிக டிநூஅ-த்தின் மூலக்கூற்று எடையை எளிதில் முடிவு கட்ட இயலாது. ஆயினும்

இவற்றின் மூலக்கூற்று எடை, மைட்டோகாண்டிரியானின் டிநூஅ வை விட 300 மடங்கு அதிகமாகக் காணப்படுகிறது. நூற்றுக் கணக்கான ஜீன்களுக்கு (genes) குறியீடுகளை அளிக்கும் அளவிற்கு டிநூஅ கள் பசுங்கணிகத்தில் இருக்கின்றன. அசடபுலேரியாவில் (Acetabularia) சுமார் $1 \times 10-16g$ டிநூஅ ஒவ்வொரு கணிகத்திலும் காணப்படுகிறது. நூக்ளியஸ் இல்லாத நிலைகளிலும் அசடபுலேரியாவில் பசுங்கணிக டிநூஅ சேர்க்கப் படுகிறது.

பசுங்கணிகங்களின் தோற்ற வளர்ச்சிகள்
(Origin and Development of Chloroplasts)

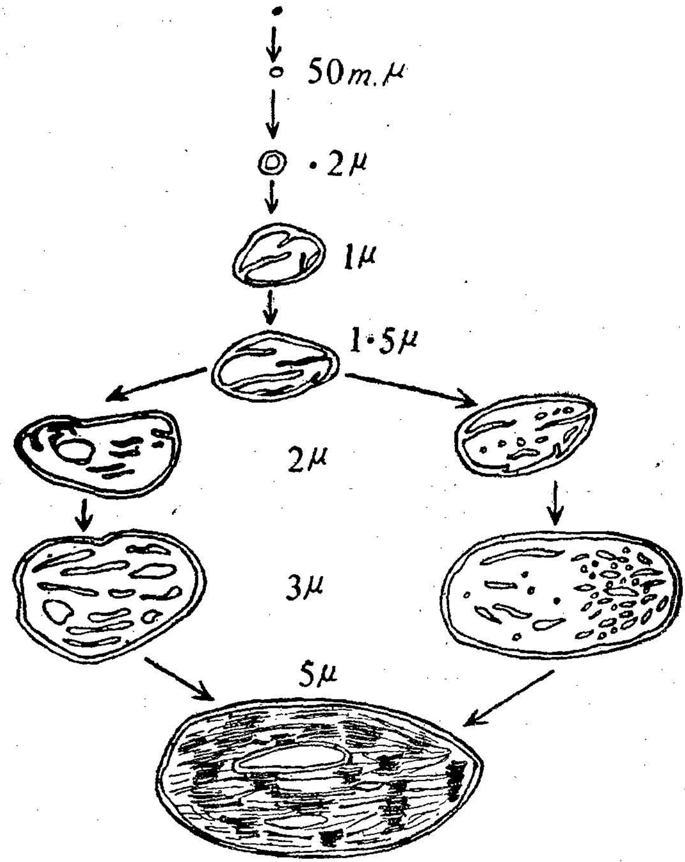
ஆக்குத் திசு செல்களில் உள்ள முன் கணிகத்திலிருந்து (Proplastid) பசுங்கணிகங்கள் உண்டாகின்றன. முன் கணி கங்கள் அமிபா வடிவமுடையவை; இவை ஓர் மைக்கிரான் விட்டத்தைப் பெற்றிருக்கின்றன. இவற்றில் வடிவமற்ற அடிப் பொருளைச் சுற்றியும் இருசவ்வுகள் காணப்படுகின்றன. முன் கணிகங்கள், முதிர்ந்த பசுங்கணிகங்களாக வளர்கின்றன. இந்த வளர்ச்சியின் போது தைலகாய்டுகள் உண்டாகின்றன. தைலகாய்டு வளர்ச்சியை விளக்க இருவகைக் கருத்துகள் கூறப்பட்டுள்ளன. முதற்கருத்தின்படி முன்கணிகங்களில் உள்ளிழுத்தல் (invagination) ஏற்படுகிறது. பின்னர் உள்ளிழுத் தல்களில் வளர்ச்சி தடைப்பட்டுத் தைலகாய்டுகளாக மாறு கின்றன. இரண்டாவது கருத்தின்படி, பசுங்கணிகங்கள், முன் கணிகங்களிலுள்ள முன் நுண் அடுக்குத் திரள்களிலிருந்து (Prolamellar bodies) உண்டாகின்றன. ஒவ்வொரு முன் நுண் அடுக்கிலும் மிகச் சிக்கலான அமைப்புக் காணப்படுகிறது. இவற்றில் பின்னல் அமைப்புடைய சவ்வும், ரிபோசோம்களும் உள்ளன. இச்சவ்வு படிக வடிவத்தில் உள்ளது. முன் கணி கங்களை ஒளி விளக்கம் செய்யும் போது (Illumination) முன் நுண் அடுக்குத் திரள்கள் உருமாற்றமடைந்து இரு நுண் அடுக்குத் தகடுகளாக மாறுகின்றன. இரு நுண் அடுக்குகள் அல்லது தைலகாய்டுகள் எவ்வாறு கிரானுவாக வளர்கிறது என்பது இன்னும் புரியாத புதிராகவே உள்ளது (படம் 11-13).

பசுங்கணிகங்களின் செயல்கள் (Functions of Chloroplasts)

ஒளிச் சேர்க்கை, பசுங்கணிகங்களின் முக்கிய செயலாகும். ஒளிச்சேர்க்கையின் போது பசுந்தாவரங்களில், நீர் மூலக்கூறு கள் பிரிக்கப் படுகின்றன. மைட்டோகாண்டிரியாவில் எலெக்ட் ரான் தொடர் மாற்றங்கள் நடைபெறுவது போலப் பசுங்கணி

கங்களிலும் நடைபெறுகிறது. ஆயினும் இவற்றின் தொடர் மாற்றங்கள் உண்டாகும் இடங்கள் வேறுபட்டிருக்கின்றன. ஒளிச் சேர்க்கைக்கான எதிர்வினைகள் யாவும் பசுங்கணிகத்தில் நடைபெறுகின்றன என ஆர். ஹில் (R. Hill, 1937) தெரிவித்தார்.

ஒளிச் சேர்க்கை எதிர் வினைகளுக்குப் பல நொதி வினையூக்கிகள் (catalyzing enzymes) தேவைப்படுகின்றன. பசுங்

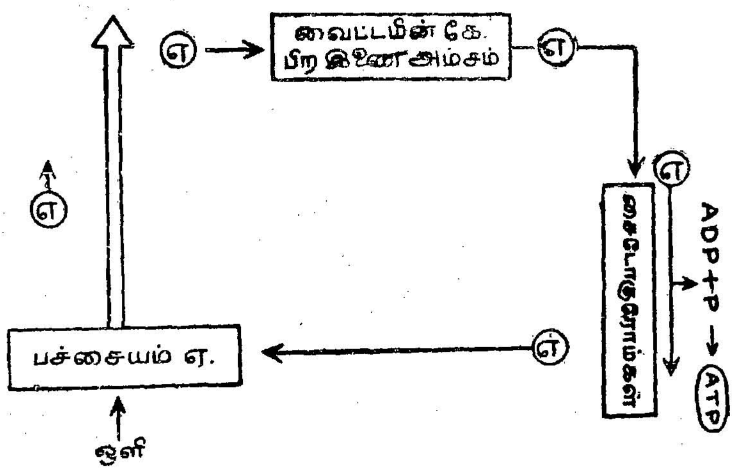


படம் 11-13.
முன் கணிகத்திலிருந்து பசுங்கணிகத் தோற்றம்.

கணிகங்களின் ஸ்ட்ரோமாவில், கரைதிறனுடைய நொதிகள் (soluble enzymes) உள்ளனவென்று கருதப்படுகிறது. இந்நொதிகள் கரிமிலவாயுவைச் (carbon di-oxide) சர்க்கரையாகவும், தரசமாகவும் குறைக்கப் பயன்படுகின்றன. நுண் அடுக்கு

களில் (lamellae) நொதிச் செயலினுல் ஒளி ஆற்றல், வேதி ஆற்றலாக மாற்றப்படுகிறது. பின்னர் ஏற்படும் எதிர்வினை களின் ஒரு பகுதி நுண் அடுக்குகளிலுள்ள பச்சையத்தினுல் தொடர்பு படுத்தப்படுகிறது.

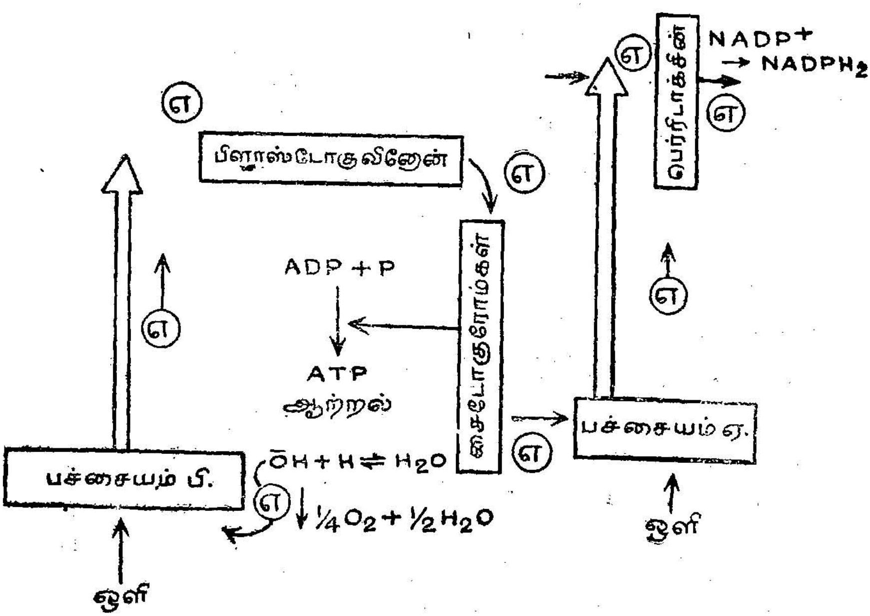
ஒளிக் குவாண்டாக்களை (Light quanta) ஈர்க்கும் அலகு களாகக் குவாண்டோசோம்கள் செயல் புரிகின்றன. இங்குப் பச்சையம் லிபிடுடன் தொடர்பு கொண்டுள்ளது. இவ்வாறு ஈர்க் கப்பட்ட ஒளி ஆற்றல், எலெக்ட்ரான் ஏற்பிகளாக மாற்றப் படு கிறது. இச் செயல் ஒளி ஆற்றலினுல் நடைபெறுவதால், ஒளிச் செயல் எனப்படுகிறது. இச் செயலில் பல வேதியியல் மாற்றங் கள் நடைபெறுகின்றன. முதலில், பச்சையம் ஒளியின் ஆற்றலை ஈர்க்கிறது. அச்சமயம் பச்சைய மூலக் கூற்றை விட்டு ஓர் எலெக்ட்ரான் வெளியேறுகிறது. அந்த எலெக்டிரான் ஆற்றலை இழந்து மீண்டும் பச்சைய மூலக் கூற்றை நேரடியாக வந்து அடைகிறது. பச்சையத்திலிருந்து வெளியேறும் எலெக்ட்ரான் உடனடியாக வைட்டமின்-கே வுக்கோ அல்லது ஒரு வகைப் பட்ட இணை அம்சத்திற்கோ (co-factor) மாற்றப்படுகிறது. எலெக்ட்ரானது ஆற்றல் குறைக்கப்படும் போது, இந்த ஆற்றல் ஏ டி பி (ADP) யிலிருந்து ஏ டி பி (ATP) யை விளைவிக்கிறது. இங்குப் பச்சையத்தை விட்டு நீங்கும் எலெக்ட்ரான், ஒரு சுற்றுச்



படம் 11-14.
சுழற்சிப் பாஸ்பரிகரணம்.

சுற்றி மீண்டும் பச்சையத்தையே வந்து அடைவதால் இது சுழற்சிப் பாஸ்பரிகரணம் (Cyclic phosphorylation) எனப்படு கிறது (படம் 11-14).

பசும் தாவரங்களில், பச்சையம் ஏவும், பச்சையம் பியும் ஒளிக்குவாண்டங்களை ஈர்க்கின்றன. முதலில் தண்ணீர் H^+ ஆகவும் OH^- ஆகவும் பிரிக்கப் படுகிறது. பச்சையத்துக்குத் தேவையான ஓர் எலெக்ட்ரான் OH^- லிருந்து அளிக்கப்படுகிறது. OH^- ஓர் எலெக்ட்ரானை இழந்து தன்னுரிமை ராடிகல் (radical) ஆகிறது. பச்சையத்திலிருந்து வெளியான உயர் ஆற்றலுடைய எலெக்ட்ரான், பிளாஸ்டோ குவினோன் (plasto-quinone) என்னும் பொருளால் ஏற்படுகிறது. இந்த எலெக்ட்ரான் ஒரு சைடோகுரோம் தொடருக்கு (cytochrome chain) அளிக்கப் படுகிறது. இங்கு இதனுடைய ஆற்றல் இரண்டு மூலக்கூறு ஏ டி பியை (ATP) உண்டாக்க உதவுகிறது. பச்சையம் ஏ வினால் ஈர்க்கப்படும் ஒளி ஆற்றல் எலெக்டிரானை மீண்டும் உயர்ந்த குறைப்பு ஆற்றல் மட்டத்திற்கு உயர்த்துகிறது. உயர்ந்த ஆற்றல் உள்ள எலெக்ட்ரானைப் ஃபெர்ரிடாக்சின் (ferredoxin) என்னும் பொருள் ஏற்கிறது. ஃபெர்ரிடாக்சின், நிகோடின மைட் அடினைன் டை நுக்ளியோடைட் ஃபாஸ்ஃபேட்டை (NADP) NADPH ஆகக் குறைக்கிறது. இந்தச் சுழற்சியைச்



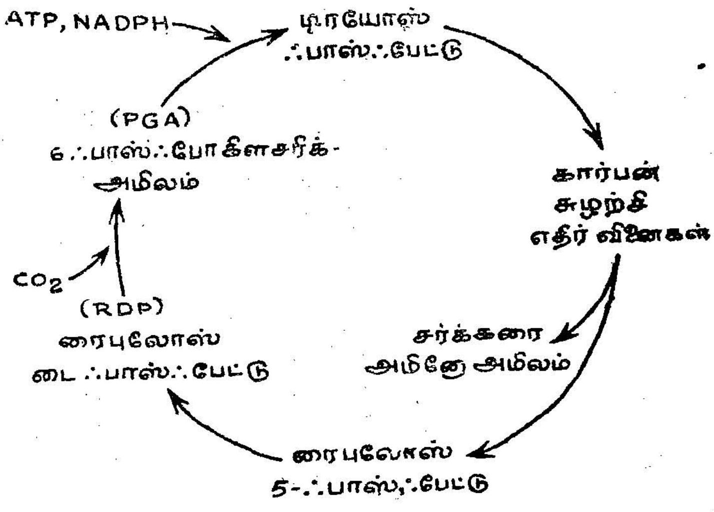
படம் 11-15.
சுழற்சியிலாப் ஃபாஸ்ஃபரீகரணம்.

சுழற்சியிலாப் ஃபாஸ்ஃபரீகரணம் எனப்படுகிறது. (Non Cyclic phosphorylation) (படம் 11-15). இவ்விரு

ஃபாஸ்ஃபரிகரணங்களும் குவாண்டோசோம்களில் நடைபெறுகின்றன.

ஒளிக் கிரியையில் உண்டான NADPH ம், ATP யும் கரிமில வாயு நிலைநிறுத்தும் சுழற்சியில் (Carbon di-oxide fixation) ஈடுபடுகின்றன. இந்தச் சுழற்சி இருட்செயல் (dark reaction) எனப்படுகிறது. ரூபன், காமென் (Ruben and Kamen, 1940) ஆகியோர் இருட் செயலில் கரிமில வாயு (Carbon di-oxide) நிலைநிறுத்தத்தைத் தெளிவாக்கினர். இவர்கள் முதன் முறையாக ^{14}C என்ற ஓரிடத்தனிமத்தை உபயோகித்துக் கரிமில வாயு நிலைநிறுத்தத்தை ஆராய்ந்தனர்.

இருட் செயலின் போது கரிமிலவாயு (Carbon di-oxide), பச்சையத்திலுள்ள ரைபுலோஸ் - டை - ஃபாஸ்ஃபேட்டுடன் (ribulose-di-phosphate) இணைந்து, ஆறு கார்பன்களைக் கொண்ட ஓர் இடைப் பொருளாகின்றது (படம் 11-16).



படம் 11-16.
இருட் செயல்.

இவ்வாறு பசுங்கணிகத்தில் பலதரப்பட்ட நொதிகளின் செயலால், செல்லுக்கு அடிப்படையாகத் தேவைப்படும் பொருள்கள், சர்க்கரை, கார்போஹைட்ரேட்டுகள், புரதங்கள், லிபிடுகள் முதலியவை சேர்க்கப்படுகின்றன.

12. மைட்டோ காண்டிரியா
(Mito-chondria)

மைட்டோ காண்டிரியா அல்லது காண்டிரியோசோம்கள் (chondriosomes), எல்லா செல்களிலும் காணப்படுகின்றன. இவை செல் வளர் சிதை மாற்றங்களில் (cellular metabolism) முக்கியப் பங்கேற்கின்றன. மைட்டோ காண்டிரியாவில் உள்ள நொதி தொகுப்புகள் (enzyme systems), ஆற்றலை (energy) உண்டாக்குவதால், இவை செல்லின் 'ஆற்றல் நிலையங் களாகக்' (power houses) கருதப்படுகின்றன. மைட்டோ காண்டிரியா போன்ற சைட்டோ பிளாசத் துகள்களை (cytoplasmic granules) தசைச் திசுக்களில் (muscle tissues) கொல்லிகர் (Kollicker, *1850*) கண்டறிந்தார் என்று நோவி கொஃப் (Novikoff, *1961*), லெஹ்னின்கர் (Lehninger, *1964*) ஆகியோர் குறிப்பிட்டுள்ளனர்.

இவற்றை முதன் முறையாக ஆல்ட்மென் (Altman, *1890*) என்பவர் ஆய்ந்து கண்டறிந்தார். எனவே, இவற்றுக்கு ஆல்ட் மென் துகள்கள் என்ற பெயர் கொடுத்தார். மேலும், தம் ஆய்வின் பயனாக, உயிர் நுண்மம் (Bioblast) என்னும் கோட் பாட்டை வெளியிட்டார். பின்னர் பென்டா (Benda, *1897*) என்பவர் செல்களுக்கு மாற்றுச் சாயமிட்டு (crystal violet staining) மைட்டோகாண்டிரியாவைத் தெளிவாக ஆராய்ந்தார். அதன் விளைவாக 'மைட்டோ காண்டிரியா' என்னும் பெயரினை இவற்றுக்கு வழங்கினர். இவற்றுக்குப் பல பெயர்கள் இருந்த போதிலும் மைட்டோகாண்டிரியான் என்ற பெயரே வழக்கிலிருக் கிறது. மைட்டோ காண்டிரியான் என்பது இரண்டு கிரேக்க (Greek) சொற்களின் அடிப்படையில் பிறந்த பெயர். இவை இழை, துகள் என்கிற பொருளைத்தரும் (mitos = filament = இழை, chondros = granule = துகள்). பென்டா தமது முடிபாக,

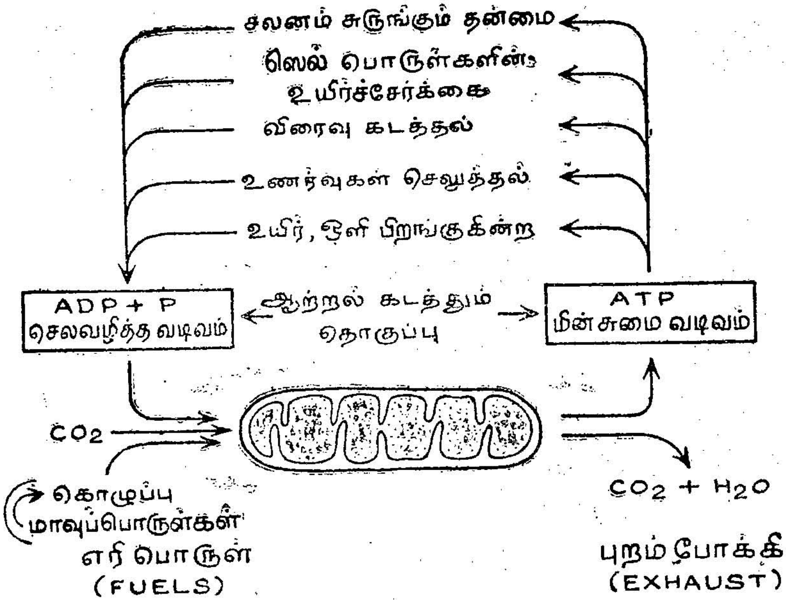
மைட்டோ காண்டிரியா என்பவை, செல்களின் நிரந்தரமான உறுப்புகளே எனவும், இவை மரபியலின் போதும் (Heredity), திசுக்களுண்டாகும் போதும்(Histogenesis),முக்கிய பங்கேற்றுப் பல தனிப்பட்ட அமைவுகளைப் பெறுகின்றன எனவும் கூறினர்.

மைக்கேலிஸ் (Michaelis, 1900) என்பவர் மைட்டோ காண்டிரியான் 'ஜேனஸ் பச்சை பி' (Janus green B) என்ற சாயமிட்டு (stain) எல்லா உயிருள்ள செல்களிலும் மைட்டோ காண்டிரியான்கள் இருக்கின்றன என்பதனைக் கண்டறிந்தார். பின்னர் லிவிஸ், லிவீஸ் (Lewis and Lewis, 1914) ஆகிய இருவரும் சேர்ந்து, உயிருள்ள செல்களாகிய தாவரங்களிலும், விலங்குகளிலும், மைட்டோ காண்டிரியான்கள் இருத்தலைக் கண்டறிவித்தனர். அவர்கள் முடிவாக மைட்டோ காண்டிரியான்கள் வளர்ச்சி நிலைகளை ஏற்கத் தக்கவாறு உள்ளன எனக் கண்டறிந்தனர்.

மைட்டோ காண்டிரியான்களின் சிறப்பு, செல்லியல் வல்லுநர்களால் மட்டும் அன்றி உயிர் வேதியியல், பௌதீகவியல் வல்லுநர்களாலும் ஆராய்ந்து கூறப்பட்டுள்ளது. கிங்ஸ்லி (Kingsly, 1912) என்பவர், மைட்டோகாண்டிரியான்கள், செல் ஆக்ஸிகரண (cell oxidation) இடங்களாக அமைந்திருக்கின்றன என்று கூறினர். பின்னர் கிரீன் (Green, 1948) தொடக்கமான பல வல்லுநர் முயல் சிறுநீரகத்தில் (rabbit kidney) ஸைக்லோ ஃபொரேஸ் (cyclophorase) முறையை உண்டாக்கினர்கள். இந்த முறையில் சிட்ரிக் அமிலச் சுழற்சி (citric acid cycle) ஸைடோகுரோம் தொடருடன் (cytochrome chain) இணைகிறது. இதன் பயனாக பைருவிக் அமிலமும் (pyruvic acid), கரியமிலவாயுவும் (Carbon-di-oxide), நீரும் water) ஆக்சீகரணிக்கப்படுகின்றன.

சுவாசச் செயல் (respiratory activity) மைட்டோகாண்டிரியான்களுடன் நெருங்கிய தொடர்பைப் பெற்றிருக்கின்றது என்று முதன் முறையாக ஹொகுபூன் (Hogeboon, 1948) முதலானோர் தெளிவாக விளக்கினர். மைட்டோகாண்டிரியான்களைப் பற்றிய பல முற்போக்கான கருத்துகள், மின் நுண்ணோக்கியின் (Electron microscope) வளர்ச்சியின் காரணமாக வெளிவந்தன. பாலெட் (Palade, 1953),ரோடின் (Rhodin, 1953),ஸ்சோஜஸ்டிரான்ட் (Sjostrand, 1953) ஆகியோர் மைட்டோ காண்டிரியாவின் நுண் அமைப்பை(fine structure) நிலைநாட்டினர்கள். கிரீன், ஹாடிபி (Green, Hatefi, 1961) ஆகிய இருவரும், மைட்டோ

காண்டிரியா என்பவை உயிரியல் இயந்திரங்கள் (Biological machine) எனவும், இவற்றால் வேதி ஆற்றலானது, பயன்படக் கூடிய பெரும் நுண் கூறுகளாக (macro molecules) மாற்றப் படுகின்றன எனவும் கண்டறிந்தனர். இவ்வாறு மைட்டோ காண்டிரியா ஒவ்வொரு செல்லிலும், அமைப்பு, செயல் போன்ற வற்றின் ஒருமைப்பாட்டினை (structural, functional integration) எடுத்துக்காட்டுகின்றன (படம் 12-1).



படம் 12-1.
மைட்டோ காண்டரியான், செல்லின் 'ஆற்றல் நிலையம்' என்பதனை விவரிக்கும் படம்.

வடிவ அமைப்பு (Morphology)

எல்லா உயிர் செல்களிலும் மைட்டோகாண்டிரியா காணப் படுகின்றன. இவற்றைப் ஃபேஸ் காண்டிராஸ்ட் மைக்கிராஸ் கோப் (phase contrast microscope) வாயிலாகப் பார்க்கலாம். பொதுவாக மைட்டோகாண்டிரியான்கள் கோல் வடிவத்திலேயோ (rod shaped), இழை வடிவத்திலேயோ (filamentous structures) காணப்படுகின்றன. பல செல்களில், சைட்டோப் பிளாசத்தின் (cytoplasm) எல்லாப் பகுதிகளிலும் மைட்டோ காண்டிரியா காணப்படுகின்றன. மைட்டோகாண்டிரியா சில

செல்களில் குறிப்பிட்ட இடங்களில் மட்டும் காணப்படுகின்றன. சான்ருக, சிறுநீரகச் சிறு குழாய்களின் (kidney tubules) பிளாஸ்மா சவ்வின் (plasma membrane) அடிப்பகுதியில் மைட்டோ காண்டிரியான்கள் காணப்படுகின்றன. மற்றைய செல்களில், மைட்டோகாண்டிரியா நூக்ளியஸ் உறையுடன் (nuclear envelope) தொடர்பு கொண்டிருக்கின்றன. பாரமீசியத்தில் (paramaecium) பொதுவாக மைட்டோகாண்டிரியா, செல்லின் அடிப்பகுதியிலும், சில மைட்டோகாண்டிரியா சைட்டோபிளாசத்தின் மையப் பகுதியிலும் காணப்படுகின்றன.

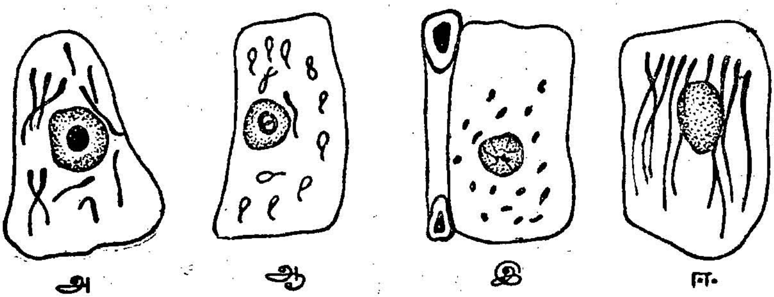
சில விலங்கு செல்களில் (animal cells) மைட்டோகாண்டிரியா, வடிவம், இருப்பிடம் (shape and position) ஆகியவை மாற்றத்தைப் பெறுகின்றன என்று லிவிசெஸ் (Lewises, 1914) விளக்கினூர். பின்னர் ஃபிரட்ரிக் (Frederic, 1958) இந்தப் பண்பைக் காட்டும் நுண்ணிய திரைப்படங்களைத் (cinemato-micrograph) தந்திருக்கிறூர். மைட்டோகாண்டிரியாவின் வடிவம் (shape) பத்துநிமிடங்களுக்குள் (10 minutes) பதினைந்திலிருந்து இருபது முறை மாற்றமடைகின்றது. வெப்பம் (heat), கரிமில வாயு (carbon dioxide), அமிலங்கள் (acids), கொழுப்புக் கரைமம் (fat solvent), பொட்டாசியம் பர்மாங்கனேட் (potassium permanganate), சவ்வூடு பரவலின் மாற்றம் (osmotic change) போன்றவற்றுக்கு, மைட்டோகாண்டிரியா எளிதில் மாறுகிற (plastic) தன்மையைப் பெற்றிருக்கின்றன. பல வேறுபட்ட பூஞ்சனங்களில் (variety of fungi) மைட்டோகாண்டிரியா வடிவம் (shape), தடிப்பு (thickness), கிளைத்தல் (branching) முதலியன மாறுகின்றன என்று குல்லியர் மாண்ட் (Guillier-mond, 1941) விரிவாகக் கூறியிருக்கிறூர். தாவர செல்களில் மைட்டோகாண்டிரியா பகுப்படைகின்றன என்று சோரேகின் (Sorokin, 1941) விவரித்திருக்கிறூர்.

சைட்டோப் பிளாசப் பாய்வு இயக்கத்தின் வாயிலாக (cytoplasmic streaming movement) மைட்டோகாண்டிரியா செல்லில் ஒரு பகுதியிலிருந்து மற்ருெரு பகுதிக்கு இடப்பெயர்வைப் பெறுகின்றன. இதன் காரணமாக இவற்றின் செயலாற்றல் அதிகரிக்கிறது. சலன மற்ற மைட்டோகாண்டிரியா குறிப்பிட்ட தனி வேலையைச் செய்து வருகின்றன.

ஒரு குறிப்பிட்ட செல்லில் மைட்டோகாண்டிரியா எண்ணிக்கை நிலையானதாக இருக்கிறது. காயஸ் காயஸ் என்ற அமீபாவின் (chaos chaos) சிற்றினத்தில் சுமார் 500,000 மைட்டோகாண்டிரியா இருக்கின்றன என்று ஆண்டர்சன் (Andressen,

1956) கண்டறிந்தார். கடல் அர்ச்சின் (Sea Urchin) முட்டையில் (egg) 14,000-15,000 மைட்டோகாண்டிரியா இருக்கின்றன என்று அஃப்ஜீலியஸ் (Afzelius, 1957) மதிப்பிட்டிருக்கிறுர். மைட்டோகாண்டிரியாவின் எண்ணிக்கை ஒரே திசுவில் (tissue) வேறுபட்டிருக்கின்றது. லொவே (Lowe, 1955). தாவரங்களில் சோளத்தின் (maize) வேர் மூடி செல்களில் (root cap cells) சுமார் 100-3000 மைட்டோகாண்டிரியா பார்க்கப்பட்டன. ஆக்குத்திசு செல்களில் (meristematic cells) இவை மிகக் குறைவாகக் காணப்படுகின்றன.

மைட்டோகாண்டிரியா அளவிலும் (size) மாறுபாடு காணப்படுகின்றது. இவை குறுக்களவில் 0.2-2 மைக்கிரான்களும், நீளத்தில் 3-40 மைக்கிரான் அளவில் (1 மைக்கிரான் = 1000 மி. மீ.) இருக்கக் கூடும். மைட்டோகாண்டிரியா வடிவத்தில் வேறுபட்டிருக்கின்றன. பெரும்பான்மையாக இவை இழை வடிவத்திலோ (filamentous), கோல் வடிவத்திலோ (rod shaped) சிறிய துகள்களாகவோ (grains) காணப்படுகின்றன. மீன்களின் (fishes) ஈரல் செல்களில் (liver cells) உணவு அருந்திய பின்னர் (ingestion) மைட்டோகாண்டிரியா குண்டாந்தடி வடிவத்தையும் (club shaped) மட்டை வடிவத்தையும் (racket shaped) பெறுகின்றன. அவை சில மணிகளுக்குப் பிறகு தம்முடைய முன்னைய வடிவத்தைப் பெறுகின்றன (படம் 12-2).



படம் 12-2.

மைட்டோ காண்டிரியான்களின் வடிவ மாற்றம்.

அ. நீண்ட மைட்டோகாண்டிரியா, ஆ. கதை வடிவ மாற்றம், இ. குறுகிய மைட்டோகாண்டிரியா, ஈ. நீண்ட வடிவம்.

நுண் அமைப்பு (Fine structure)

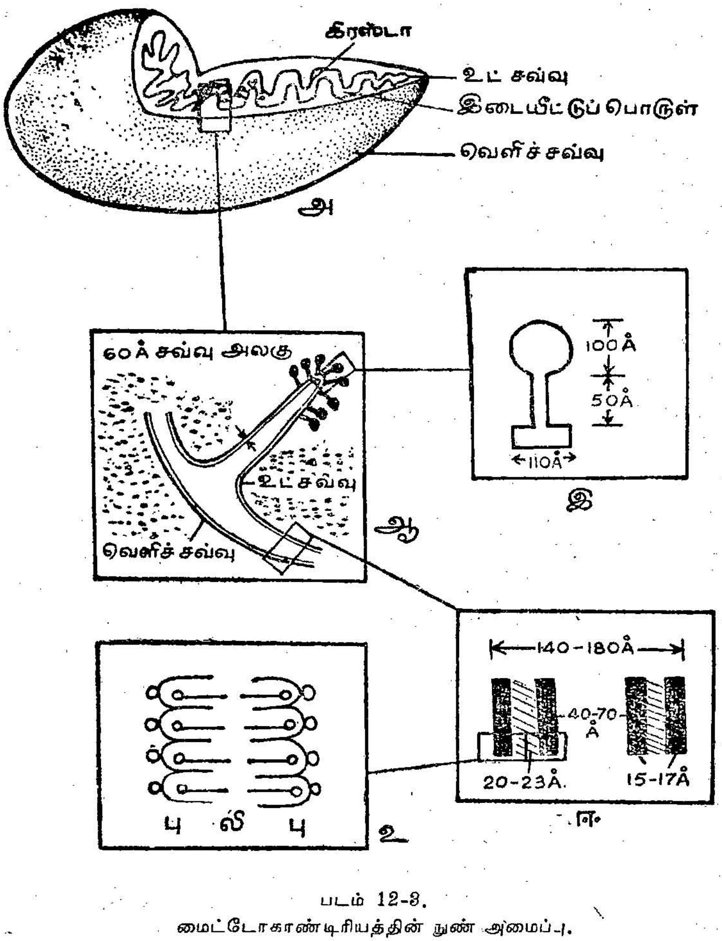
மைட்டோகாண்டிரியாவின் அமைப்பு மற்றைய செல் நுண் உறுப்புகளின் அமைப்பைவிட (cell organelle) வேறுபட்

டிருக்கிறது. ஒரு மைட்டோகாண்டிரியானில் அடிப்படை ஆக்கக் கூறுகளாக இருக்கக் கூடியவை சவ்வு அலகுகளே ஆகும் (Unit membranes). மின் நுண்ணோக்கி (electron microscope) ஆராய்ச்சிகள் இவற்றின் நுண் அமைப்பைக் காட்டுகின்றன. ஒவ்வொரு மைட்டோகாண்டிரியானிலும், இரண்டு பொதுமையம் கொண்டுள்ள சவ்வுகள் (concentric membranes) சுற்றி இருக்கின்றன. வெளிச் சவ்வு (outer membrane) சமமானதாகவும் (smooth), உட்சவ்வு (inner membrane) முறுக்கப்பட்டதாகவும் காணப்படுகின்றன. இதனை பாலடே (Palade, 1952) என்பவர் கண்டறிந்தார்.

வெளிச் சவ்வு சுமார் 60 Å (1Å=1/10mμ) தடிப்புடையதாகக் காணப்படுகிறது. இந்தச் சவ்விற்குள்ளே, குறைந்த நெருக்கமான (less dense), 20-60 Å தடிப்புடைய பகுதி உட்சவ்வையும், வெளிச் சவ்வையும் பிரிக்கிறது. உட் சவ்வின் விட்டம் (diameter), வெளிச்சவ்வின் விட்டத்தைப் போலவே இருக்கும். இந்தச் சவ்வு வரிசையான பல மடிப்பு வடிவில் (infoldings) மைட்டோ காண்டிரியானின் உட் குழியில் (cavity) காணப்படுகின்றன. இந்த மடிப்புகளை கிரஸ்டே (cristae) என்பர்(Palade, 1952). இவை மைட்டோகாண்டிரியானின் அடிப் பொருளில் (matrix) ஊடுருவி அமைந்திருக்கின்றன. ஒவ்வொரு மைட்டோகாண்டிரியானிலும் இரு சவ்வு அமைப்பினையும் (double membrane system), இடைப்பட்ட இடைவெளியினையும் (intermediate space) பெற்றிருக்கின்றது. ஒவ்வொரு கிரஸ்டாவின் மொத்த பருமன் 140-180 Å ஆக இருக்கும். (Hanzon and Sjostrand, 1954). மைட்டோ காண்டிரியானில் இரண்டு உட் குழிவு அமைப்புகள் (cavity system) காணப்படுகின்றன. சிறு மணி போன்ற அடிப் பொருள் (granular matrix) வெளி, உட் சவ்வுகள் ஆகியவற்றுக்கிடையே குழிவுத் தொகுப்பு அமைக்கப் பட்டிருக்கும். பல செல்களில் மைட்டோ காண்டிரியான் சவ்வுகளுக்கு இடையே தொடர்புகள் காணப்படுகின்றன (படம் 12-3).

எல்லா கிரஸ்டாக்களின் அமைப்பு முறையும் ஒரே மாதிரியாகக் காணப்படாமல் மாறுபட்டிருக்கின்றது. இவை சிறு குமிழ்களாக (vesicle) அமைந்து, பலவாகக் கிளைத்துக் காணப்படுகின்றன. இந்தக் கிளைகள் இணைந்து ஒரு வலை போன்ற (net work) அமைப்பினைப் பெறுகின்றன. உதாரணம்: சோளம் (ஆண்டிரி-Andrey, 1959). தாவர ஆக்குத் திசு செல்களில்

(plant meristematic cells) கிரஸ்டாக்கள் குழாய் வடிவமான அமைப்பினைப் (tubular arrangement) பெற்றிருக்கின்றன.

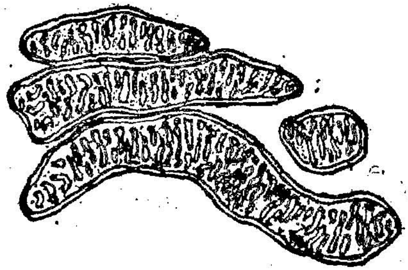


படம் 12-3.
மைட்டோகாண்டிரியத்தின் நுண் அமைப்பு.

அ. மூன்று உருவளவைச்சார்ந்த காட்சி, ஆ. ஒரு பகுதி, இ. அடிப்படைத் துகளின் அளவு, ஈ. கிரஸ்டாவின் பரப்பு, உ. சவ்வின் மூலக்கூறு அமைப்பு. பு. புரதம். லி. லிபிடு.

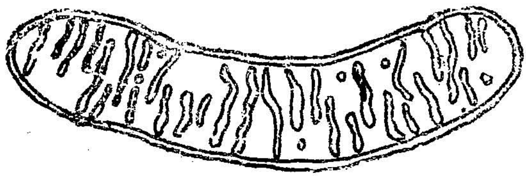
(படம் 12-4). இந்த அமைப்புச் சில விலங்கு செல்களிலும், (மால்பிஜியன் குழாய்கள்), சில விந்து செல்களிலும், மைட்டோகாண்டிரியா அடிப் பொருளில் உள்ள கிரஸ்டாக்கள் ஒரே மைய முள்ளதாக (concentric) அமைக்கப் பட்டிருக் கின்றன. செல்லின் வகை அல்லது சிற்றினத்தின் (species)

பண்புகளுக் கேற்ப கிரஸ்டாக்கள் அமைக்கப்பட்டிருக்கின்றன. இந்த அமைப்பு மைட்டோ காண்டிரியாவின் பரப்பை (surface) அதிகரித்து, நொதிகளின் செயலை (enzymatic activity) மிகுதி யாக்குகிறது (படம் 12-5; 12-6). கிரஸ்டாக்களின் எண்ணிக்கை குறைவாக இருந்தால் மைட்டோ காண்டிரியாவின் அடிப்பொருள் (mitochondrial matrix) அதிகமாகக் காணப்படும். கிரஸ்டாக்கள் மிக அதிகமாக இருந்தால் அடிப் பொருள் குறைவாக இருக்கும்.



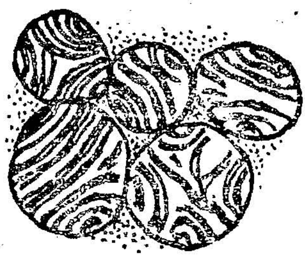
படம் 12-4.
மைட்டோகாண்டிரியானின் குழாய் வடிவக் கிரிஸ்டாக்கள்.

மின் நுண்ணோக்கி இயலுக்காகப் (Electronmicroscopy) ஃபாஸ்ஃபொடங்ஸ்டேட்டுடன் (phosphotungstate) எதிர்



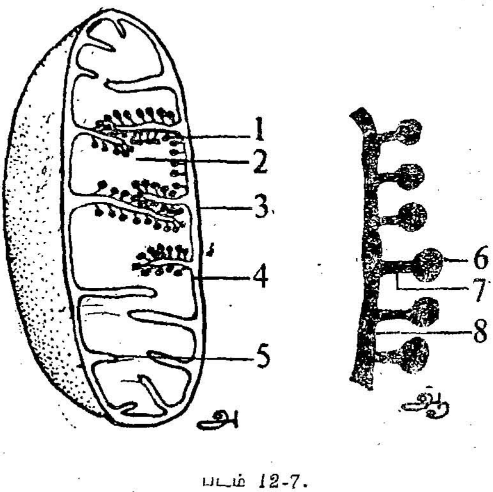
படம் 12-5.

மறைச் சாயமிடப்பட்டது (negative staining). அப்போது மைட்டோகாண்டிரியாவின் மூலக் கூற்றின் பண்புகள் ஆராயப் பட்டன. அப்போது, மைட்டோ காண்டிரியாவின், உட் சவ்வின் மேல் பல சிறு துகள்கள் (small particles) காணப்பட்டன. பெர்னண்டஸ்-மோரான் (Fornandez-Moran, 1964) முதன் முறையாக இத் துகள்களைக் கண்டுபிடித்து, இவற்றை அடிப் படைத் துகள்கள் (elementary particles) என்று பெயரிட்டார். ஒவ்வொரு மைட்டோ காண்டிரியானிலும் 10,000-ல் இருந்து



படம் 12-6.
படம் 12-5; 12-6. செல்லின் பண்புகளுக்கேற்ப மைட்டோகாண்டிரியானின் பல்வேறு அமைப்பு.

100,000 அடிப்படைத் துகள்களைப் பெர்னன்டஸ்-மோரன் (Fernandez-Moran, 1964), ஓடா (Oda, 1963), பிளேயர் (Blair, 1963), கிரீன் (Green, 1963) ஆகியோர் கணக்கிட்டிருக்கின்றனர். ஒவ்வோர் அடிப்படை துகளுடைய மூலக்கூற்றின் எடை (molecular weight) சுமார் இரண்டு மில்லியன். இவற்றில் சக்சினேட் ஆக்சீகரணத்திற்கான (succinate oxidation) முழு எலெக்ட்ரான் தொடர் மாற்றத் தொகுப்பு (electron transfer) இருக்கிறது என்று கிரீன், பிளெச்சர் (Green and Fletcher, 1963) ஆகியோர் கண்டறிந்தனர். இந்தத் துகள்களின் வட்டமான தலை (spheroid head) கிரஸ்டாக்களுக்கிடையே, அடிப் பொருளில் துருத்திக் கொண்டிருக்கின்றது. இவற்றை ஏ டி பி யேஸ் (ATP ase) என்ற நொதிச் செயல் நடை பெறும் இடமென்று ராக்கர் (Racker, 1965) கருதுகிறார். ஒவ்வோர் அடிப்படைத் துகளிலும் தலை (head), காம்பு (stalk), அடித்தளம் (base) ஆகிய மூன்று பாகங்கள் இருக்கின்றன.



படம் 12-7.

மைட்டோகாண்டிரியக் கிரிஸ்டாக்களின் அடிப்படைத் துகள் அமைப்பு.

அ
1. துகள்கள்,
2. இடையீட்டுப் பொருள்,
3. வெளிச் சவ்வு,
4. உட் சவ்வு,
5. கிரஸ்டா;

ஆ
6. தலை,
7. காம்பு,
8. அடித்தளம்.

தலை, பல பக்க வடிவத்தைப் பெற்று (polyhedral), 80-100Å விட்டத்தில் இருக்கின்றது. காம்பு 30-40 Å அகலம் உடையது. இதன் அடித்தளம் கன சதுர வடிவமுடையது (cuboid), இது 40-110 Å அளவில் இருக்கின்றது. அடித்தளம் உட்சவ்வின் மேற்பரப்பின் ஒரு பகுதியே ஆகும் (படம் 12-7). மைட்டோகாண்டிரியானின் வெளி மேற்பரப்பிலும் (outer surface) துகள்கள் (particles) காணப்படுகின்றன என்று டி. இ. கிரீன் (D. E. Green, 1964) கூறியிருக்கிறார். இத் துகள்கள் ஆக்சீ

கரணம் செய்து, எலக்ட்ரான்களை வழங்கி ஏ டி பி சேர்க்கையை (A T P synthesis) விரைவு படுத்துகின்றன. துகள்களின் ஒவ்வொரு மூலக் கூற்றிலும், நிகோடினமைட் அடினைன் டை நுக்ளியோடேட் டி ஹைடிரோஜினேஸ் (Nicotinamide adenine di nucleotide de hydrogenase), சக்சினிக் டி ஹைடிரோஜினேஸ் (Succinic de hydrogenase), சைட்டோகுரோம்கள் ஏ, பி, சி, $சி_1$ (cytochromes a, b, c, c_1) ஆகிய நொதிகள் இருக்கின்றன. சான்ஸ், பார்சன்ஸ் (Chance and Parsons, 1963) ஆகியோர், சுவாசித்தலில் ஃபாஸ்ஃபோரிலேஷனை (phosphorylation) இணைக்கச் செய்யும் காரணக் கூற்றுக்கு (factor) ஆக்சிசோம் (Oxysome) என்று பெயரிட்டனர்.

வேதியியல் கூட்டமைப்பு (Chemical Composition)

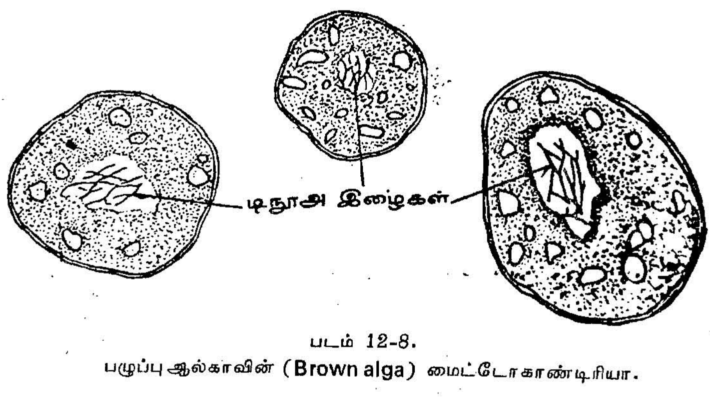
மைட்டோ காண்டிரியாவின் சவ்வுத் தொகுப்பை (membrane system) யொட்டியும், நொதித் தொகுப்புகளின் (enzyme systems) அடிப்படையை ஒட்டியும் அதன் வேதியியல் கூட்டமைப்புக் காணப்படுகிறது.

சவ்வுத் தொகுப்புகளின் கூட்டமைப்புப் பிளாஸ்மா (plasma) எண்டோபிளாஸ சவ்வு (endoplasmic membrane) முதலியவற்றின் அமைப்புப் போல அமைக்கப்பட்டிருக்கிறது. சவ்வுகளில் லிபிட் (lipid) மூலக்கூறுகள், இரு புரத (protein) மூலக்கூறுகளுக்கிடையே இடையீட்டப்பம் போல் (sandwitch) அமைக்கப்பட்டிருக்கின்றன (படம் 12-3). மைட்டோகாண்டிரியானின் உலர் எடையில் (dry weight) 90% ஃபாஸ்ஃபோலிபிட்களால் (phaspholipids) ஆகியது. கொலெஸ்டிரால் (cholesterol), கரோடினுய்டுகள் (carotenoids), வைட்டமின் இ (vitamin E) முதலியனவும், வேறு சில பொருள்களும் 10% இருக்கின்றன. மற்றும் கந்தகம் (sulphur), இரும்பு (iron), செம்பு (copper), சில வைட்டமின்கள் போன்றவை சிறிதளவு நொதிச் செயலுடன் தொடர்பு கொண்டிருக்கின்றன. சில ஈரல் செல்களின் மைட்டோகாண்டிரியானில் வெள்ளி (silver) காணப்படுகிறது.

ஒரு மைட்டோகாண்டிரியானில் சுமார் 70 நொதிகளும், துணை நொதிகளும் (coenzymes) ஒரே சீராகச் செயல் புரிகின்றன. இத்துடன் இணை அம்சங்கள் (cofactors), வைட்டமின்கள் (vitamins), உலோகங்கள் (metals) ஆகியவை மைட்டோகாண்டிரியா செயற்படுவதற்குத் தேவைப்படு கின்றன. டிஹைட்ரோஜினேஸஸ்கள் (dehydrogenases)

என்னும் நொதிகள் சுவாசத் தொடரில் (respiratory chain) முக்கியப் பங்கேற்கின்றன. இவற்றோடு நான்கு சைடோ-குரோம்கள் (cytochrome), இணை நொதி கியு (co-enzyme Q) ஆகியன இந்தத் தொடரில் செயல் புரிகின்றன.

மைட்டோகாண்டிரியாவில் நூக்ளியக் அமிலமும் (nucleic acid) இருக்கின்றது. சான்றாக ரிநூஅ (RNA), சுமார் 0·5%—6% மைட்டோகாண்டிரியானின் உலர் எடையில் (dry weight) காணப்படுகிறது. மைட்டோகாண்டிரியாவில் டிநூஅ (DNA) இழைகளும் காணப்படுகின்றன என்று முதன்முறையாக நாஸ் (Nass and Nass, 1963) கூறினர். பின்னர், லூக் (Luck, 1964), ரீச் (Reich, 1964) என்னும் இருவர் சில உயிர் வேதியியல் முறைகளின் வாயிலாக (biochemical techniques) நூரோஸ்பொரா (Neurospora) என்னும் பூஞ்சையிலிருந்து (fungi) மைட்டோகாண்டிரியான் டிநூஅ-த்தினை (DNA) தனிப்படுத்திக் காட்டினர். சோளத்தின் வேர் நுனிகளில் (root tips of maize) முதிராத செல்கள் உள்ளன. அந்த செல்களின் மைட்டோகாண்டிரியாவில் குறைந்த எலெக்ட்ரான் நெருக்கமுடைய (low electron density) பகுதிகள் உள்ளன. இப்பகுதிகளில் இழைகள் காணப்பட்டன. நாஸ், ஆப்லியஸ் (Nass, Afzelius 1965). இந்த இழைகள் டிநூஅ மாக இருக்கக் கூடும் என்று கருதப்பட்டன. இவ்வகைப் பட்ட இழைகள்,



படம் 12-8.
பழுப்பு ஆல்காவின் (Brown alga) மைட்டோகாண்டிரியா.

சில பாசிகளிலும் (algae), பூஞ்சைகளிலும் (fungi) காணப்பட்டன. இவ்விழைகளின் விட்டம் (diameter) சுமார் 25-100Å வரை இருக்கும். இவை மைட்டோகாண்டிரியான்களின் அடிப்பொருளின்தெளிவான பகுதிகளில் காணப்பட்டன (படம் 12-8).

சில சமயங்களில், இழைகள் உள் மைட்டோகாண்டிரியா சவ்வுடன் (inner mitochondrial membrane) தொடர்புள்ளதாகக் காணப்படுகின்றன.

பொதுவாக, உயிரினங்களைப் பொறுத்தமட்டில், மைட்டோ காண்டிரியா டிநூஅ வில் குவானைன் (quanine), சைட்டோசின் (cytosine) போன்ற உட்பொருள்கள் உள்ளன. அவை நூக்ளியஸ் டிநூஅவில் (nucleus DNA) உள்ள உட்பொருள் களிலிருந்து வேறுபட்டிருக்கின்றன. மைட்டோகாண்டிரியா டிநூஅ மிக நெருக்கமுடையதாகக் காணப்படுகிறது. (அட்ட வணை 12-1).

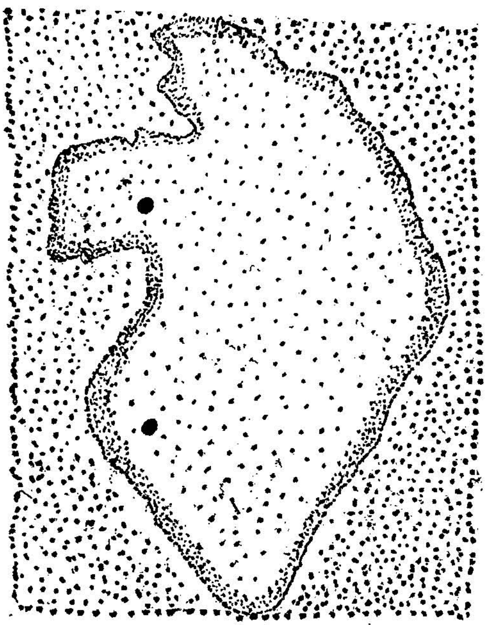
நூக்ளியஸ், மைட்டோகாண்டிரியா ஆகியவற்றின் டிநூஅ வின் வீழ்படிவுப் பண்புகள்.

அட்டவணை 12-1.

உயிரினம்	நூக்ளியஸ் டி என் ஏ g/cm^3	மைட்டோகாண் டிரியான் டிநூஅ g/cm^3
ஸக்காரம் செர்ரிவிஸே (ஈஸ்ட்) (Saccharomyces cervisiae) (yeast)	1.697	1.682
பாரமீசியம் அரிலியா (Paramecium aurelia)	1.689	1.702
அல்லியம் சீபா (வெங்காயம்) (Allim cepa) (onion)	1.688	1.706
ஐபோமியா படாடாஸ் (Ipomoea batatas) (Sweet Potato) சக்கரை வள்ளிக்கிழங்கு	1.692	1.706

மைட்டோகாண்டிரியான் டிநூஅ, பொதுவாக வட்ட வடிவத்தில் காணப்படுகின்றது. இது சுமார் 5μ சுற்றளவும், 9-10 மில்லியன் மூலக்கூற்று எடையும் (molecular weight) பெற்றிருக்கின்றது. ஈஸ்ட் (yeast) சைட்டோகுரோம் பி$_2$ (cytochrome b$_2$) டிநூஅ வின் மூலக்கூற்று எடை சுமார் 10,000-20,000 ஆகும் (படம் 12-9).

மைட்டோகாண்டிரியான்கள் புரத சேர்க்கைக்கு (protein synthesis) உதவுகின்றன. மைட்டோகாண்டிரியாவில் ரிநூஅ, தூது ரிநூஅ வாக (messenger RNA) செயல் புரிகிறது. புரத சேர்க்கைக்கான குறியீடுகளை (codes) மைட்டோகாண்டிரியா வின் தூது ரிநூஅ எடுத்துச் செல்கின்றது. நூரோஸ்பொரா



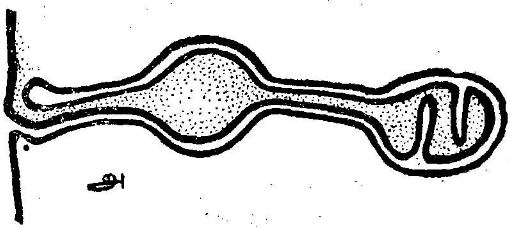
படம் 12-9.
மைட்டோகாண்டிரியானின் டிநூஅ.

(Neurospora) மைட்டோகாண்டிரியானிலும் தூது ரிநூஅ மூலக் கூறுகள் (molecules) இருக்கின்றன. மைட்டோகாண்டிரியா செயல்கள் எல்லாம் மைட்டோகாண்டிரியாவினுள்ளேயே நடை பெறுகின்றன.

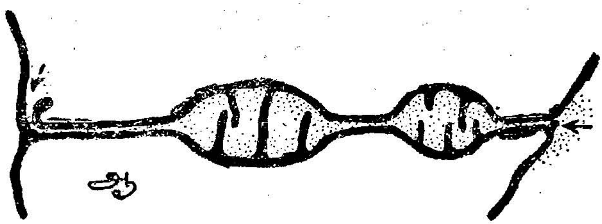
தோற்றம் (Origin)

மைட்டோகாண்டிரியா கணிகங்களிலிருந்து தோன்றி யவையோ அல்லது கணிகங்களைத் தோற்றுவிப்பவையோ அல்ல என்பதை நாம் தெளிவாக மனத்தில் வைத்துக்கொள்ள வேண்டும். மைட்டோகாண்டிரியா தாமாகவே ('de novo',

தோன்றி இருக்கும் என்று அறிஞர் பெக்வித் (Beckwith, 1914), ஆர்வே (Harvey, 1953) ஆகியோர் கருதுகிறார்கள். பிளாஸ்மா சவ்வின் உட்குழிதலினால் (invagination) மைட்டோகாண்டிரியா தோன்றி இருக்கும் அல்லது எண்டோபிளாஸ்மிக் வலையின் (Endoplasmic reticulum) வளர்ச்சியினால் மைட்டோகாண்டிரியா தோன்றி இருக்கலாம் என்று ராபர்ட்சன் (Robertson, 1961) தெரிவித்தார் (படம் 12-10). நூக்ளியஸ் உறையி



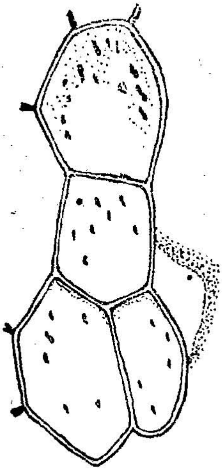
படம் 12-10 அ.
பிளாஸ்மா சவ்விலிருந்து மைட்டோகாண்டிரியா தோற்றம்.



படம் 12-10 ஆ.
எண்டோபிளாஸ்மிக் வலையிலிருந்து மைட்டோகாண்டிரியா தோற்றம்.

லிருந்தும் (nuclear envelope) மைட்டோகாண்டிரியா தோன்றி இருக்கும் எனச் சிலர் கருதுகிறார்கள். இத்தகைய பிறப்புக்கான சான்றுகள் இன்மையால் மைட்டோகாண்டிரியான்கள் சவ்வி லிருந்து (membrane) தோன்றி இருக்கலாம் எனக் கருதப் படுகிறது.

இலோடியாவில் (Elodea), பகுப்படையும் செல்கள் (dividing cells) மடிப்புகளாக (replication) மாறுகின்றன. அதனால் தடுப்புறை (septa) உருவாகி முதிர்ந்த மைட்டோ

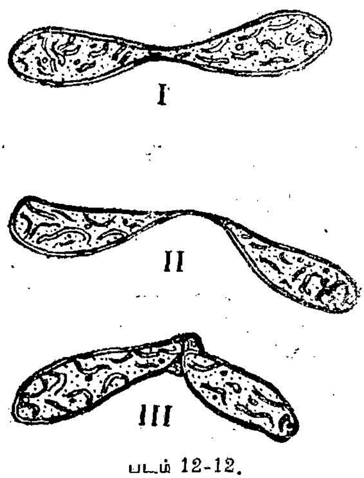


படம் 12-11.
இலோடியாவில் - மைட்டோகாண்டிரியானில் குறுக்குச் சுவர் தோன்றல்.

காண்டிரியா ஏற்படுகின்றன (படம் 12-11). சில ஸெல்களில் மைட்டோகாண்டிரியா சுருக்கத்தினால் (constriction), ஸெல்கள் பகுப்படைகின்றன (படம் 12-12). சில வேறுபாடு அடையாத ஸெல்களில் (undifferentiated cells), மைட்டோகாண்டிரியா மொட்டு விடுகின்றன (budding). இம் முறையினால், மைட்டோகாண்டிரியாத் தோற்றுவிகள் (initials) உண்டாகின்றன. மைட்டோ காண்டிரியாவின் தோற்றமும் வளர்ச்சியும் படம் 12-13-ல் விவரிக்கப்பட்டிருக்கின்றன.

வளர்சிதை மாற்ற வழி முறைகள் (Metabolic pathways)

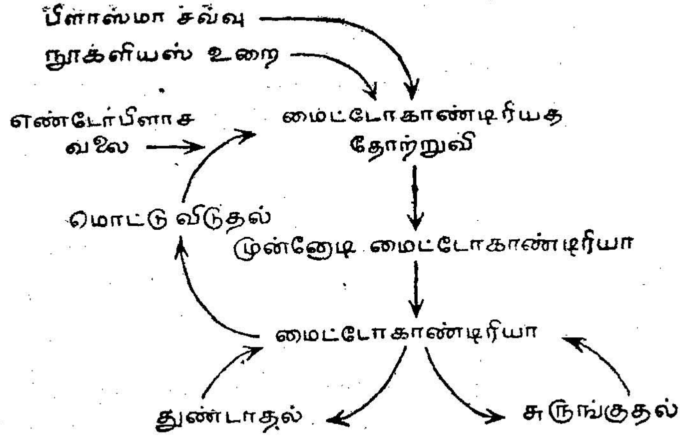
சுவாசித்தல் சுழற்சியின்போது சர்க்கரைப் பொருள்கள் (carbohydrates), கொழுப்பு அமிலங்கள் (fatty acids), அமினோ அமிலங்கள் (amino acids) ஆகியவை சிதைக்கப்பட்டு ஆற்றல் (energy) விடுவிக்கப்படுகிறது. இதனுடன் கரியமில



படம் 12-12.
மைட்டோகாண்டிரியான் சுருக்கத்தினால் பகுப்படையும் நிலைகள்.

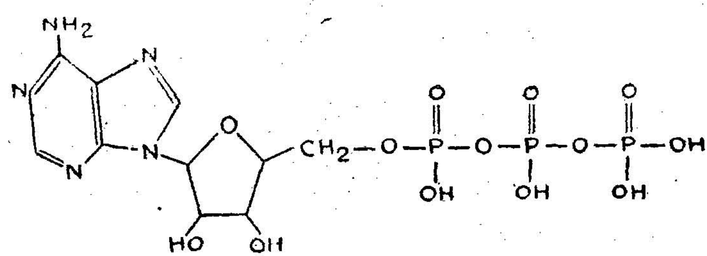
வாயுவும் (carbon di-oxide) நீரும் ஆக்ஸிகரணிக்கப்படுகிறது. இந்தச் சுழற்சியில் பல சிக்கலான (complex) உயிர் வேதித்

தொடர் மாற்றங்கள் (series of biochemical actions) நடைபெறுகின்றன. ஆற்றல் அடிஃபா (ATP) என்ற பொருள்



படம் 12-13.
மைட்டோகாண்டிரியாவின் தோற்றம்.

வடிவத்தில் (chemical structure) சேமித்து வைக்கப்படுகிறது (படம் 12-14). அடிஃபா (ATP) மைட்டோகாண்டிரியாவில்

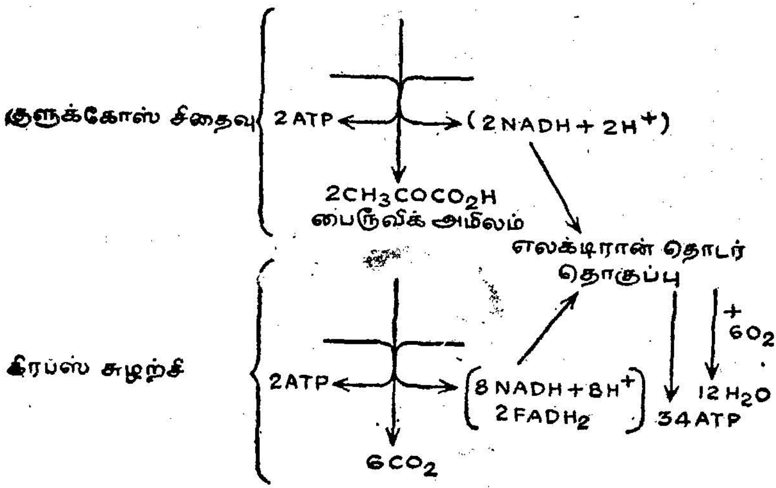


படம் 12-14.
அடினைசைன் டிரைபாஸ்ஃபேட்டின் அமைப்பு.

உண்டாக்கப்பட்டு, மைட்டோகாண்டிரியான்களின் வெளி உட்பகுதிகளில் செலவழிக்கப்படுகிறது.

செல் சுவாசித்தலின் மாற்றங்கள் வரைபடம் 12-15-ல் காட்டப் பட்டிருக்கின்றன. இந்த மாற்றங்களுக்குத் தேவைப்படும் நொதிகள் ஹையாலோப்பிளாசத்தில்

(hyaloplasm)இருக்கின்றன. ஆனல் மைட்டோகாண்டிரியானில் கிடையாது. பைருவிக் அமிலம் (pyruvic acid) குளுக்கோஸ் சிதைவினுல் (Glycolysis) ஏற்படுகிறது. இந்தச் சிதைவிற்குக்



படம் 12-15.
செல் சுவாசித்தலின் மாற்றங்கள்.

குளுக்கோஸ் (glucose) முதற் பொருளாக விளங்குகிறது. இது ஃபாஸ்ஃபரிகரணிக்கப்பட்டு (phosphorylated), இறுதியாக மூன்று கார்பன் கூட்டுப் பொருளான பைருவிக் அமிலமாக (pyruvic acid) சிதைவடைகிறது. இந்தச் செயல் முறையில் குறைந்த அளவுக்கு ஆற்றல் விடுவிக்கப்படுகிறது.

கிரெப்ஸ் சுழற்சி (Kreb's Cycle)

இந்தச் சுழற்சிக் கண்டுபிடிப்பு, உயிர் வேதியியல் (Biochemistry) வரலாற்றில் ஒரு திருப்பு முனையை விளைவித்தது. இந்தப் பிரச்சினையை முதலில் சன்ட்-கியோர்கி (Szent-Gyorgi), மாரிடஸ் (Maritus) ஆகியோர் ஆராய்ந்தனர். பின்னர் ஸர் ஹான்ஸ் கிரெப்ஸ் (Sir Hans Krebs, 1937), தெளிவாக ஆராய்ந்து கூறினர். கிரெப்ஸ் சுழற்சியின் நிலைகள் கீழ் வருவனவாகும்:

1. குளுக்கோஸ் சிதைவில் (glycolysis)ஏற்பட்ட பைருவேட் (pyruvate), அசிடைல்-இணை நொதி ஏ ஆக (acetyle-

coenzyme A) மாற்றப்படுகிறது. இந்த மாற்றம் இணை நொதி ஏ வுடன் (coenzyme A) சேருவதால் ஏற்படுகிறது. இந்த முதல் மாற்றம் ஆக்சீகரண டி கார்பாக்சிலேஷன் முறையினுல் (Oxidative de carboxylation) நிகழ்கிறது.

2. ஆக்சலோ அசிடேட் (Oxalo-acetate) அசிடைல் இணை நொதி ஏ வுடன் (acetyle coenzyme A) இணைந்து சிட்ரேட்டை (citrate) உண்டாக்குகிறது.

3. சிட்ரேட் ஒரு நீர் மூலக் கூறை (water molecule) இழந்து, அகோனிடேட்டை (aconitate) உண்டாக்குகிறது. இந்த மாற்றம், அகோனிடேஸ் (Aconitase) என்ற நொதியின் வினை ஊக்கத்தினுல் (Catalysis) ஏற்படுகிறது.

4. பின்னர் இத்துடன் நீர் சேர்ந்து ஐசோசிட்ரேட்டாக (isocitrate) மாற்றப்படுகிறது. இந்த மாற்றம் ஐசோசிட்ரேட் டி ஹைறட்ரோஜினேஸ் (isocitrate de hydrogenase) நொதியின் வினை ஊக்கத்தினுல் நடைபெறுகிறது.

5. ஐசோசிட்ரேட் ஆக்சீகரணமடைந்து, ஆக்சலோ சக்சினேட்டை (Oxalosuccinate) உண்டாக்குகிறது. இந்த நிலையில் NAD^+ என்பது NADH ஆகக் குறைக்கப்படுகிறது. ஓர் ஐசோ சிட்ரிக் நொதியின் (isocitric enzyme) வினை ஊக்கத்தினுல் இந்த மாற்றங்கள் ஏற்படுகின்றன. NADH-ன் மூலக் கூறுகள் மற்ற மைட்டோகாண்டிரியான்களின் எதிர் வினைகளில் ஈடுபட்டு ஏ டி பி-யை (ATP) உண்டாக்குகிறது.

6. ஆக்சலோ சக்சினேட் (Oxalosuccinate) கார்பன் டை ஆக்ஸைடை இழந்து α ஆக்சோகுளுடரேட் (α Oxoglutarate) தோன்றுகிறது. இந்த மாற்றமும் ஐசோசிட்ரிக் நொதியின் வினை ஊக்கத்தினுலேயே ஏற்படுகிறது.

7. மற்ருேர் எதிர் வினையின் காரணமாக, இணை நொதி 'ஏ' யைப் பயன்படுத்தி (coenzyme A) NAD^+-லிருந்து NADH தோன்றுகிறது. கார்பன் டை ஆக்சைடு வெளியேற்றப்பட்டு, சக்சினல் இணை நொதி 'ஏ' (Succinyl coenzyme A) ஏற்படுகிறது. இந்த மாற்றங்கள் α ஆக்சோ குளுடரேட் ஆக்சிடேஸ் (α Oxo-glutarate Oxidase) என்ற நொதியின் வினை ஊக்கத்தினுல் ஏற்படுவதே யாகும்.

8. சக்சினல், இணை நொதி ஏ-வைச் சக்சினேட்டாக (succinate) மாற்றும்போது, குவானேசின் டை பாஸ்ஃபேட்டி

லிருந்து (guanosine di phosphate) ஒரு மூலக் கூறு குவானோசின் டிரை பாஸ்ஃபேட்டாகத் (guanosine tri phosphate) தோன்றுகிறது. மற்றும் இணை நொதி ஏ (coenzyme A) விடுவிக்கப்படுகிறது. இந்த மாற்றங்களுக்குச் சக்சினேட் தயோகைனேஸ் (Succinate thiokinase) என்ற நொதியின் செயல், முக்கியக் காரணமாக இருக்கிறது.

9. இவ்வாறு ஏற்பட்ட சக்சினேட்டில் ஒரு பகுதி பின் நிலைகளில் ஏ டி பி-யை உண்டாக்க உதவுகிறது. எஞ்சியுள்ள சக்சினேட், சக்சினேட் டிஹைட்ரோஜினேஸ் நொதிகளால் (Succinate dehydrogenase) ஃபியூமரேட்டாக (fumarate) மாறுகிறது.

10. பின்னர் நீர் சேரும்போது ஃபியூமரேஸ் (fumarase) நொதிகளால் மாலேட்டாக (malate) மாறுகிறது.

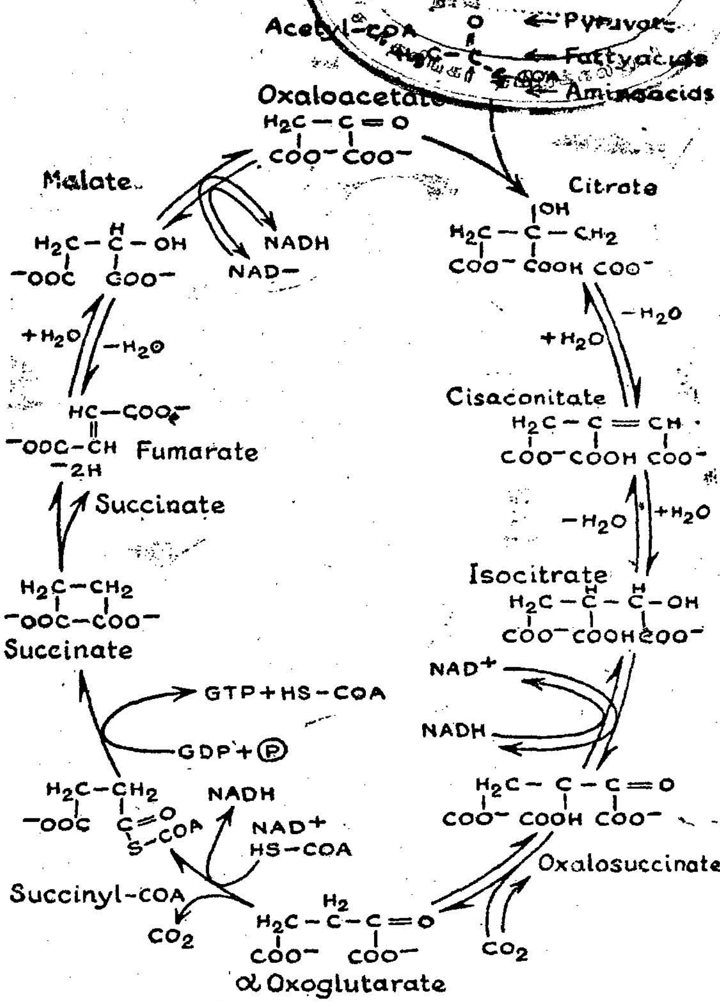
11. மாலேட் டி ஹைட்ரொஜினேஸ் நொதியின் (malate de hydrogenase) வினை ஊக்கத்தினால் மாலேட், ஆக்சலோ அசிடேட்டாக (oxalo-acetate) ஆக்ஸிகரணிக்கப்படுகிறது. இந்த மாற்றத்தின்போது NAD^{+}-ல் இருந்து மற்றொரு NADH மூலக்கூறு உருவாக்கப்படுகிறது.

இவ்வாறு சுழற்சி தொடர்கிறது. மீண்டும் ஆக்சலோ அசிடேட், அசிடைல் இணைநொதி ஏ-யுடன் இணைந்து, சிட்ரேட் தோன்றுகிறது. இந்தச் சுழற்சி பல சிக்கலான எதிர் வினைகளைக் கொண்டது (படம் 12-16). பல மைட்டோகாண்டிரியா நொதிகள் இந்த மாற்றங்களில் ஈடுபடுத்தப்படுகின்றன.

மைட்டோகாண்டிரியாவின் அமைப்பு அதன் செயலுடன் நெருங்கிய தொடர்புடையது. கிரெப்ஸ் சுழற்சியில் NADH மற்றும் சக்சினேட் ($^{-}OOC\text{-}CH_2\text{-}CH_2\text{-}COO^{-}$) உண்டாகிறது. இந்த மூலக்கூறுகள் மிகக் குறைந்த நிலையில் காணப்படுகின்றன. எனவே அவை சைட்டோப்பிளாசத்தின் ஆக்ஸிகரண சூழ்நிலைகளிலிருந்து பாதுகாக்கப்பட வேண்டும். இவை ஏற்படும் இடங்களின் மின்னூட்ட அளவு (potential), செல் சைட்டோப்பிளாசத்தைவிட, அதிக மின்னூட்ட அளவில் (redox potential) இருக்கின்றது. லிபிட் சவ்வின் (lipid membrane) பாதுகாப்புத் தன்மையினால், இது தொடர்ந்து செயலாற்றப்படுகிறது.

கிரப்ஸ் சுழற்சியின் பல்வேறு நிலைகளில், ஒரு பைருவேட் மூலக்கூறு, இரண்டு NADH மூலக்கூறுகள், ஒரு NADPH, ஒரு

குவானேசின் டிரைபாஸ்ஃபேட் (guanosine triphosphate) மூலக்கூறு, ஒரு சக்சினேட் மூலக்கூறு ஆகியவை உண்டாக்கப்



படம் 12-16.

கிரப்ஸ் சுழற்சி—நொதிகள்.

படுகின்றன. இவை அனைத்தும் ஆற்றலை (energy) எடுத்துச் செல்லப் பயன்படுகின்றன. இறுதியில், ஏடிபி-யில் ஆற்றல் சேமித்து வைக்கப்படுகிறது.

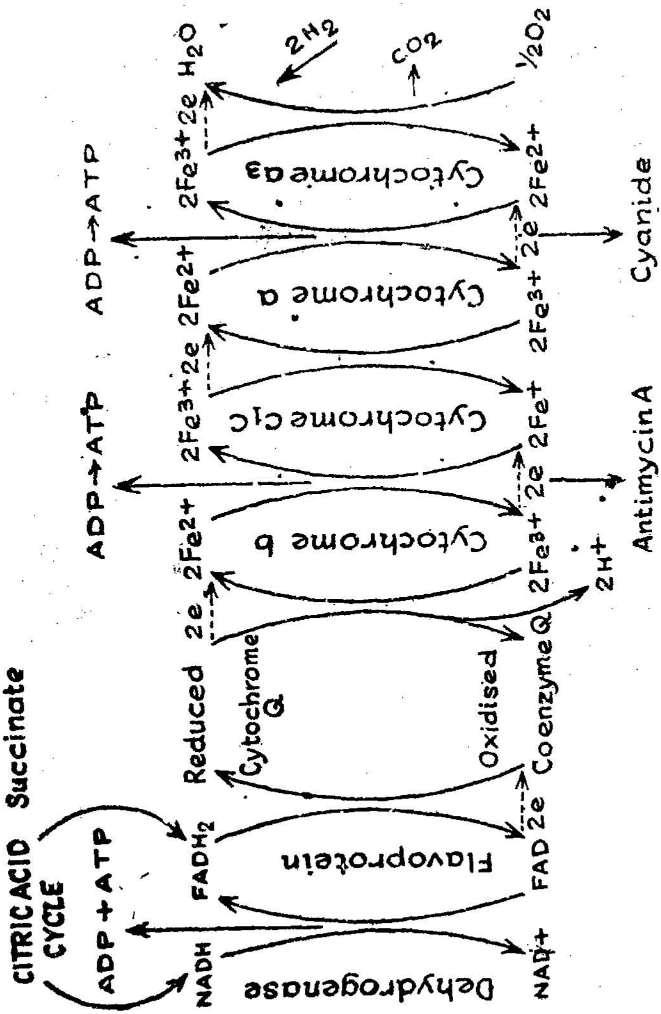
சுவாசச் சங்கிலி (Respiratory Chain)

சுவாசச் சங்கிலி, கிரப்ஸ் சுழற்சியின் நொதிகளிலிருந்து உண்டாகும் சக்சினேட்டையும், NADH ஐயும் ஏற்றுக் கொள்கிறது. இந்தச் சங்கிலியுடன் பிராணவாயுவும் (oxygen) சேர்ந்து, பல ஏடிபி மூலக்கூறுகளையும், கரிமில வாயுவையும் (carbon di-oxide) நீரையும் உண்டாக்குகிறது. NADH, சக்சினேட் இவற்றிலுள்ள எலெக்ட்ரான்கள் (electrons), சங்கிலியின் அருகில் செல்லும்போது ஆற்றல் விடுவிக்கப் படுகிறது. இந்த ஆற்றல் ADP யை ATP ஆக மாற்றுகிறது.

மொரான் (Moran, 1964), கியலின் (Keil'n, 1966), ஹார்ட்ரி (Hartree, 1965), கிங் (King, 1965), லினிங்கர் (Lehninger, 1964) முதலிய வேதியியல் வல்லுநர்கள் எலெக்ட்ரான் கடத்தி நொதிகள் (electron transport enzymes), மைட்டோகாண்டிரியாவின் உட்சவ்வில் இருக்கின்றன என்று தெளிவு படுத்தினர்கள். சுவாசச் சங்கிலியின் முதல் நொதியாகிய சக்சினேட் டி ஹைடிரோஜினேஸ் (succinate de hydrogenase) மைட்டோகாண்டிரியாவின் அடிப் பொருளில் (matrix) இருக்கிறது. ஐந்து நிலைகளில் தோன்றும் சைட்டோகுரோம் 'சி' நொதிகள் (cytochrome c), உட்சவ்வின் எதிர்ப் பக்கங்களில் அமைந்திருக்கின்றன (படம் 12-17).

இறுதியாக, ADP யுடன் ஒரு பாஸ்ஃபேட் இணைந்து ATP-ஐ உண்டாக்குகிறது. இந்த மாற்றத்தை வினை யூக்கக் கூடிய நொதிகளாகிய ஏடிபி யேஸ் (ATP ase), உட்சவ்வின் பக்கத்தில் காணப்படும் அடிப் பொருளின் (matrix) காம்புடைய துகள்களில் (stalked particles) அமைந்திருக்கின்றன. காம்புடைய மூலக்கூறுகளின் நொதிகளால் ஆக்சிகரணம் தொடர்ந்து படிப்படியாக நிகழ்கிறது. ஒவ்வொரு நிலையிலும் ஆற்றல் ஏடிபி மூலக்கூறுகளாக மாற்றப்படுகிறது. சுவாசச் சங்கிலி நிலைகள் கீழ்வருமாறு அமைந்துள்ளன:

1. மைட்டோகாண்டிரியானின் உள், வெளிச் சவ்வுகளுக் கிடையே NADH உம் சக்சினேட்டின் மூலக்கூறுகளும் புகுந்து செல்கின்றன. இவை, வெளியே உண்டாகும் கிரப்ஸ் சுழற்சி நொதிகளையும் இணையச் செய்கின்றன. NADH ஆக்சிகரணம் அடைந்து NAD^+ தோன்றுகிறது. மீண்டும் இது கிரப்ஸ் சுழற்சிக்குத் திரும்புகிறது. இவ்வாறு NADH, FAD (flavin-adenine dinucleotide) என்ற இணை நொதியாகக் குறைக்கப் படுகிறது. இது ஒரு நொதி வினை ஊக்கியுடன் நிரந்தரமாக



படம் 12-17. சுவாசச் சங்கிலி.

இணைக்கப்பட்டிருக்கிறது. இந்த நொதி ஃபிளேவோ புரதம் (flavo protein) எனப்படுகிறது.

2. அடுத்த நிலையில் இணை நொதி 'கியு' (coenzyme 'Q') செயல்படுகிறது. ஆனால், இந்த நிலையின் இயல்பு இதுவரை தெளிவாக்கப்படவில்லை.

3. மூன்றாவது நிலையில் இரும்பினைக் (iron) கொண்ட நொதிகளாகிய சைட்டோகுரோம்கள் (cytochromes) பங்கேற்கின்றன. விலங்குகளில் சைட்டோகுரோம் பி, சி$_1$, சி, ஏ, ஏ$_3$ ஆகிய ஐந்து வகை நொதிகள் ஈடுபடுகின்றன. இறுதி நிலையில் சைட்டோகுரோம் ஏ$_3$, ஆக்சிஜன் எலெக்ட்ரான்களை, முன்பு வெளியான ஹைட்ரஜன் அயனிகளுடன் (hydrogen ions) இணைக்கிறது. இதன் விளைவாக நீர் உண்டாகிறது. ஆக்சீகரண பாஸ்ஃபரிலேஷனின்போது (oxidative phosphorylation), ADP யுடன் பாஸ்ஃபேட் சேர்ந்து ATP உண்டாகிறது. இந்த மாற்றத்திற்கு ஆக்சிகரணத்தின் ஆற்றல் பயன்படுத்தப் படுகிறது. குளுகோசைப் பயன்படுத்தும் செல், ஒரு மூலக்கூறு குளுகோசுக்கு 38 மூலக்கூறுகளுடைய ஏ டி பி-யை உண்டாக்குகிறது.

கிளையோக்சிசோம்கள் (Glyoxysomes)

ஆமணக்கு, அவரை (castor, bean) விதைசூழ் தசையின் (endosperm) மைட்டோகாண்டிரியாவில் கிளையோக்சிசோம்துகள்கள் கண்டறியப்பட்டன. இவை வட்ட வடிவத்தில் உள்ளவை. இவற்றின் விட்டம் 0·5—1·0 மைக்கிரான் ஆக இருக்கும். இவற்றைச் சுற்றியும் ஒரு சவ்வு காணப்படுகிறது. இவற்றில், சுவாசச் சுழற்சிக்குத் தேவையான ஐசோசிட்ரேட் (isocitrate), டிஹைட்ரொஜினேஸ் (dehydrogenase) போன்ற நொதிகள் இருக்கின்றன. இவையன்றிச் சிட்ரேட் சிந்தடேஸ் (citrate synthetase), அகொனிடேஸ் (aconitase), மாலேட் டிஹைட்ரொஜினேஸ் (malate dehydrogenase), ஃபூமரேஸ் (fumarase) போன்ற நொதிகளும் இருக்கின்றன. கொழுப்புப் பொருள்களை, மாவுப் பொருள்களாக மாற்றுவதற்குக் கிளையோக்சிசோம்கள் வினை ஊக்கிகளாகச் செயல்புரிகின்றன.

மைட்டோகாண்டிரியா நூக்ளியஸில் இருந்து சைட்டோப்பிளாசத்திற்குப் பொருள்களைக் கடத்திச் செல்ல உதவுகின்றனவா, அல்லது சைட்டோப்பிளாஸத்திலிருந்து நூக்ளியஸுக்குப் பொருள்கள் கடத்தப்படுகின்றனவா என்பது விளக்கத்துக்குரிய கொள்கையாகவே உள்ளது. ஆயினும், இவ்வகைப்பட்ட செயல்களுக்கு ஆற்றலை வழங்கக்கூடிய இடமாக உள்ளது என்று நிர்ணயிக்கப்பட்டுள்ளது.

13. கோல்கி அமைப்புகள்
(Golgi bodies)

கோல்கி அமைப்புகள், முதன் முறையாகச் சில நரம்பு ஸெல்களில் (nerve cells) கண்டறியப்பட்டன. பின்னர் இவை தாவர, விலங்கு ஸெல்களின் செயல்களில் முக்கியப் பங்கேற்கின்றன என்று சிலர் கண்டறிந்தனர். அதுவுமின்றிக் கோல்கி அமைப்புகள், பாக்டீரியா (Bacteria), மைகோ பிளாஸ்மா (mycoplasma) ஆகிய ஸெல்கள் நீங்கலாக வேறு சில ஸெல்களின் ஸைட்டோபிளாசத்தில் சில சிறப்புச் செயல்களைப் புரிகின்றன.

கமில்லோ கோல்கி (Camillo Golgi, 1898) ஆந்தையின் (Owl) மூளையில் உள்ள பர்கிஞ்சி ஸெல்களிலிருந்து (Purkinje cells), இந்த அமைப்புகளின் இருப்பை முதன்முதலில் கண்டறிந்தார். பின்னர் இதனைக் கோல்கி அல்லது கோல்கி அமைப்புகள் என்று கூறத்தொடங்கினர். கோல்கி அமைப்புகள் வலை போன்று (network), ஸெல்லின் ஸைட்டோபிளாசத்தில் நூக்ளியஸைச் சுற்றியும் அமைக்கப்பட்டிருக்கின்றது. இவை வெள்ளி ஏற்பிகளாக (argentophilic) உள்ளன. சில்வர் நைட்ரேட்டைக் (Silver nitrate) குறைக்கக் கூடிய இந்தக் கோல்கிப் பொருள், முதுகெலும்பு உடைய விலங்குகள் (Vertebrates) புரோட்டோசோவன்கள் ஆகியவற்றின் ஸைட்டோபிளாசத்தில் காணப்படுகின்றன.

இவ்வகைப்பட்ட உறுப்பு சில பாசிகளைத் தவிர (Algae) மற்றைய தாவர ஸெல்களில் இல்லை என்று பூவட் (Buvat, 1963) மெய்ப்பித்துக் காட்டினார். கோல்கி அமைப்புகளைக் கோல்கி கண்டறிந்தவாறு எப்பொழுதும் நூக்ளியஸைச் சுற்றிக் காணப் படவில்லை.

பின்னர், பாரட்டும் பெயின்லிவியும் (Parat and Painleve, 1924) வாக்கோவும் கோட்பாட்டின் வாயிலாகக் (Vacuome theory) கோல்கி அமைப்புகள் வலை போன்று அமையவில்லை என்பதனைத் தெளிவுபடுத்தினர். உயிர்த் தொகுப்புகளில் கோல்கி அமைப்புகள், சாற்றுக் குழிகளாகவோ (vacuoles) சிறு துளிகளாகவோ (droplets) அமைந்திருக்கின்றன என்று பாரட்டும் பெயின்லிவியும் (Parat and Painleve, 1924) தெளிவு படுத்தினர். பேக்கர் (Baker, 1950), இவற்றில் லிபிடும் பாஸ்ஃபோலிபிட்களும் (lipids and phospholipids) இருப்பதனால் 'லிபோகாண்டிரியா' (lipochondria) என்று இவற்றிற்குப் பெயரிட்டார்.

மின் நுண்ணோக்கி (electron microscopy) ஆய்வுகள் தாவர செல்களில் கோல்கி அமைப்புகளின் அமைப்பைத் தெளிவு படுத்தின (பூவட்—Buvat, 1963). முதிர்ந்த சல்லடைக்குழாய் களில் (sieve tubes) கோல்கி அமைப்பு இல்லை என்று நார்த் கோட்டும் உட்டிங் என்பவரும்(Northcote and Wooding, 1966) கூறினார்கள். பிரையோஃபைட்டா, டெரிடோஃபைட்டாக் களின், விந்து செல்களில் கோல்கி அமைப்புகள் இல்லை என்று கருதப்படுகிறது (மாண்டன்—Manton, 1961). சில பூஞ்சை களில் (fungi) கோல்கி அமைப்பு தளர்ந்த சிறு குழாய்த் திரட்சி யாகக் (loose aggregation of tubules) காட்சியளிக்கின்றது (ஹாவ்கர், 1965).

விலங்கு செல்களைப் போலத் தாவர செல்களிலும் கோல்கி காணப்படுகின்றன. இவை டிக்டியோ சோம்கள் (Dictyosomes) என்ற தனிப் பெயருடன் வழங்கப்பட்டன. டிக்டியோசோம்கள் கூட்டங்களாகக் காணப்படுகின்றன. இந்தக் கூட்டங்கள் கோல்கி உறுப்புகள் (Golgi apparatus) எனக் கூறப்படுகின்றன. தாவர செல்களில், ஒன்று அல்லது பல கோல்கி உறுப்புகள் இருக் கின்றன என்று மொரியும், மொலென் ஹாவரும் (Morre and Mollenhauer, 1966) கண்டறிந்தனர். கோல்கி உறுப்புகளுக்குச் சுமார் 150 பெயர்கள் கொடுக்கப்பட்டிருக்கின்றன என ஹிர்ஷ் (Hirsch, 1939) அறிவித்தார். அவைகளில் சில கோல்கி உறுப்பு, கோல்கி அமைப்புகள், கோல்கிப் பொருள், கோல்கி, டிக்டியோசோம்கள், லிபோகாண்டிரியன்கள், பேகர்ஸ் திரள் (Baker's body) மற்றும் இடியோசோம்கள் (idiosomes) என்பனவாகும்.

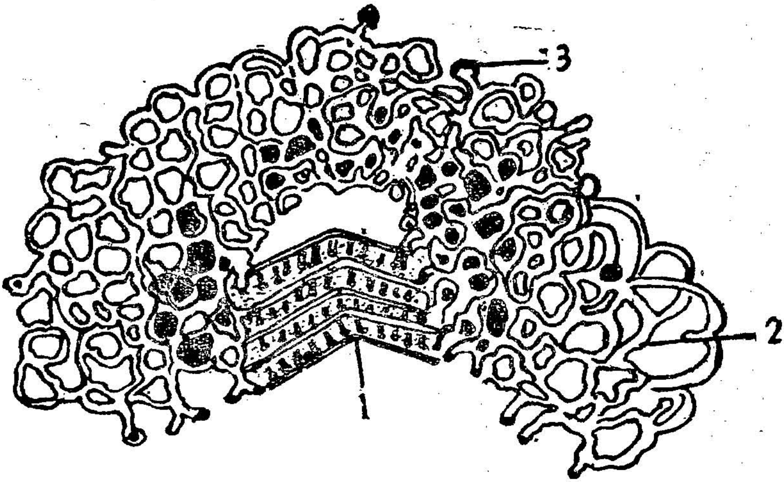
அமைப்பு (Structure)

சில பாலூட்டி ஸெல்களில் (mammalian cells), டிஃபானோஸ் சில்வர் (Defano's silver) அல்லது கொபிஸ்சிஸ் ஆஸ்மியம் (Kopisch's osmium) முறைகளாலும் ஒளி நுண்ணோக்கியின் உதவியினாலும் (light microscopy) கோல்கியின் செயல்கள் கண்டறியப்பட்டன. ஒரு வலைபோன்ற அமைப்பு (reticulate structure) நூக்ளியஸிலும் (nucleus) ஸைட்டோபிளாசத்தின் வெளிப்பரப்பிலும் காணப்படுகிறது. தாவர ஸெல்களில் டிக்டியோசோம்கள் (dictyosomes) ஸைட்டோபிளாசத்தில் பரவலாகக் காணப்படுகின்றன. ஆனால், விலங்கு ஸெல்களில் இவை நூக்ளியஸின் அருகில் அமைந்திருக்கின்றன. அசை இழைகளைக் கொண்ட (flagellate) தாவர ஸெல்களில் ஒரே ஒரு கோல்கித் திரள் நூக்ளியஸ் அருகிலோ, அசை இழையின் அடியிலோ அமைந்திருக்கிறது (மான்டன்-Manton, 1961). இது ஸைட்டோபிளாசத்தில் ஒரு திரளிலிருந்து (body) மற்றொரு திரளிற்கு இயங்கி வருகின்றது.

ஒவ்வொரு கோல்கிப் பொருளிலும் மூன்று வகைப்பட்ட சவ்வுகள் உள்ளன. இச் சவ்வுகள் (membranes) எல்லைகளாக அமைகின்றன. இவை செயல் அலகுகள் ஆகும் என மின் நுண்ணோக்கி ஆய்வுகள் (electron microscopic studies) தெளிவுபடுத்தின. இந்தக் கூட்டங்களின் சிறந்த பண்பு, நெருக்கமாக அமைக்கப்பட்டிருக்கும் இணைப்போக்கு சிஸ்டர்னே (parallel cisternae) ஆகும். பெரும்பான்மையாக ஒவ்வொரு கோல்கியிலும், நான்கிலிருந்து ஏழு வரை சிஸ்டர்னே (cisternae) அமைக்கப்பட்டிருக்கின்றன (படம் 13-1). சிஸ்டர்ணுக்களில் (cisternae) இணைப்போக்குச் சவ்வுகள் (parallel membranes) நெருக்கமாக அமைக்கப்பட்டிருக்கின்றன. ஒவ்வொரு சவ்வும் சுமார் 60Å தடிப்பு உடையது. சிஸ்டர்னேவின் முனைகளில், இரண்டு பக்க சவ்வுகள் இணைந்து ஒரு உட்குழிவு (cavity) ஏற்படுகிறது. இதன் அகலம் சுமார் 100-150Å ஆக இருக்கும். இந்தப் பல அடுக்குகளின் பக்கவாட்டில் பார்க்கும் பொழுது (profile) வளைந்த வடிவத்தினையோ (curved) முட்டை வடிவத்தினையோ பெற்று, மையச் சாற்றுக் குழிப் (vacuole) பகுதியினை உருவாக்குகிறது. சிஸ்டர்ணுக்களுக்கு இடையே தொடர்பு இல்லை என்று தெளிவுபடுத்தப்பட்டுள்ளது.

பல அடுக்குகளைக் கொண்ட சிஸ்டர்னே வரிசைகளோடு பல சிறு குமிழ்கள் (vesicle) இணைக்கப்பட்டிருக்கின்றன. இவை

சுமார் 400-800 Å அளவில் இருக்கின்றன. சிஸ்டர்னேவின் விளிம்புகளிலோ (rims) அவற்றின் வெளிப்பரப்பிலோ சிறு

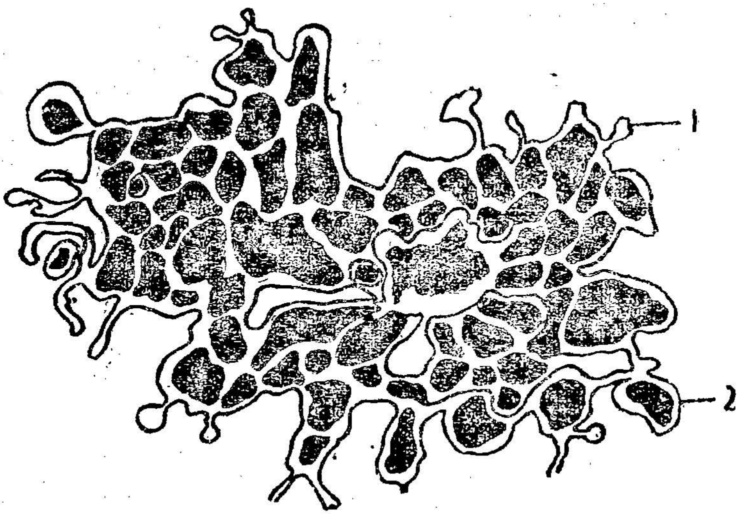


படம் 13-1.
தாவர டிக்டியோசோம்களின் அமைப்பு.
1. சிஸ்டர்னு, 2. சிறு குழாய், 3. சிறு குமிழ்.

குமிழ்கள் கொத்தாகக் காணப்படுகின்றன (படம் 13-2). ஆந்தோசிராசின் (Anthoceros) ஆக்கு ஸெல்களின் (Meristematic cells) சிஸ்டர்னேவில், சிறு குமிழ்களுக்கு மாருகச் சிறு குழாய்கள் (tubules) தோன்றுகின்றன (மான்டன்-Manton, 1960). இந்தச் சிறு குழாய்கள் (tubules) பின்னி இணைந்து (anastomose) கோல்கிப் பொருளைச் சுற்றியும் வலை போன்ற குஞ்சமாக (frills) அமைகின்றன. இவ்வகைப்பட்ட அமைப்பு வெங்காயத் தண்டின் (Stem of onion) ஸெல்களில் காணப்படுகின்றன. எல்லாச் சவ்வுகளின் ஆக்கக்கூறுகளும் கோல்கி அடித்தளப் பொருளில் (Golgi ground substance) பதிக்கப் பட்டிருக்கின்றன.

தாவர டிக்டியோசோம்கள் (plant dictyosomes) சுமார் இரண்டிலிருந்து ஏழு சிஸ்டர்னேஷன் குவியலால் ஆக்கப் பட்டிருக்கின்றன (Dictyo=வலை). இவ் வலைகள் தமக்கிடையே சிறிதளவு தொடர்பு பெற்ரோ அல்லது தொடர்பே இல்லாமலோ இருக்கலாம். இவற்றின் மையக் குவியலில் கிளைத்த, பின்னி இணைந்த சிறு குழாய்கள் இருக்கின்றன. இந்தக் குழாய்கள்

300 - 500 Å அகலத்தில் இருக்கின்றன. இரு வகைப்பட்ட சிறு குமிழ்கள் (vesicles) சிறு குழாய்களை இணைக்கின்றன. அருகிலுள்ள சிஸ்டர்னுக்களுக்கிடையே சிஸ்டர்னு இடைக்கூறுகள் (intercisternal elements) உள்ளன. இவை 70 - 80Å பரப்பை

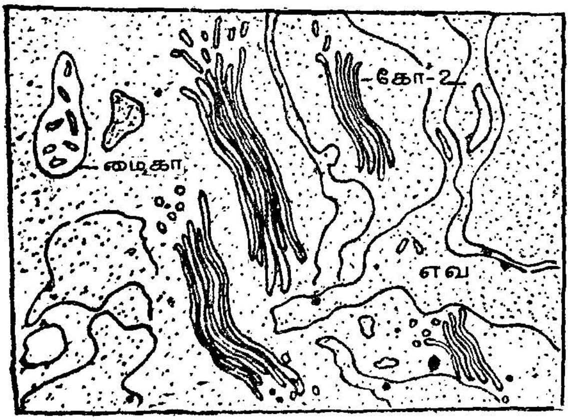


படம் 13-2.
ஒரு சிஸ்டர்னு அமைப்பு.
1. மெல்லிய சிறு குமிழ், 2. கரடுமுரடான சிறு குமிழ்.

உடையன. இவை இணைப்போக்கு இழைக்கூறுகளாகத்தோன்றி (Parallel fibrous elements) தனிப்பட்ட செயலின்றிக் காணப்படுகின்றன (படம் 13-1,-2). இவ்வகைப்பட்ட டிக்டியோசோம்கள் சில விலங்கு ஸெல்களிலும் கண்டறியப் பட்டிருக்கின்றன.

கோல்கி அமைப்பு, டிக்டியோசோம்களின் திரள்களைச் (aggregate of dictyosomes) சுட்டிக்காட்டுகிறது. இருப்பினும், டிக்டியோசோம்கள் ஸெல்லில் தொடர்பு பெற்றிருப்பது போலக் கோல்கி அமைப்பு தொடர்பு பெற்றிருக்கின்றனவா என்பது தெளிவாகத் தெரியவில்லை. அருகிலுள்ள டிக்டியோசோம்களுக்கிடையே குழாய் உள் தொடர்கள் (tubular interconnections) காணப்படுகின்றன (மொர்ரி, மோலென் ஹாவர் (Morre, Mollenhauer, 1966). குழாய் உள் தொடர்களின் காரணமாக ஸெல்லில் உள்ள டிக்டியோசோம்களிடையே சுரப்புச் செயல்

(secretory activity) மாற்றங்கள் ஒரே காலத்தில் நிகழ்கிறது. இதன் காரணமாக அருகில் உள்ள டிக்டியோசோம்களில் இயல்பான தொடர்புள்ளது என்று தெளிவாகிறது. ஸெல்களில் உள்ள ஒரு தனி டிக்டியோசோம் கோல்கி அமைப்பிற்குச் சமமாக இருக்கிறது. பின்னுலேரியா நோபிலிசிலும் (pinnularia nobilis), பருத்தி (cotton) சினர்ஜிட் ஸெல்களிலும் (synergid cells) பல்லாயிரக் கணக்கான டிக்டியோசோம்கள் ஒன்று சேர்ந்து, மூன்று வகைப்பட்ட செயல்களைச் செய்யக்கூடிய கோல்கி அமைப்பாக அமைகின்றன (டிரம், மொர்ரி, மோலென் ஹாவர் (Drum, Morre, Mollenhauer, 1966) (படம் 13-3).



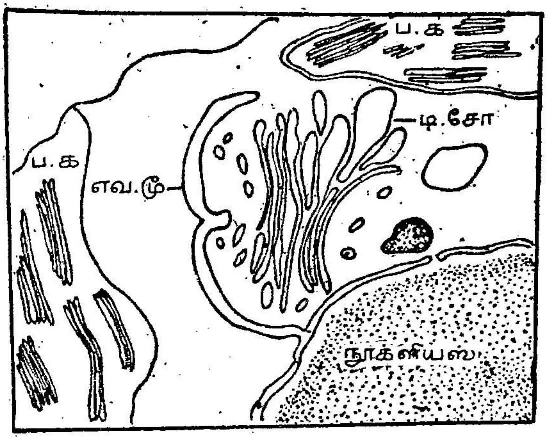
படம் 13-3.
இணைந்த கோல்கி உறுப்புகள்.
(Diatom).

கோ. உ. கோல்கி உறுப்பு. எவ. எண்டோபிளாஸ வலை. மைகா. மைட்டோகாண்ட்ரியான்.

பல பாசிகளிலும் (Algae), ஒரு வகைப்பட்ட பூஞ்சையிலும் (fungi), கோல்கி, எண்டோபிளாஸ வலை ஆகியவற்றின் அமைப்பு ஆம்பிலெக்சஸ் (Amplexus) எனப்படுகிறது. வெளி நூக்ளியஸ் சவ்விலிருந்து, அகன்ற, கிளைத்த தகடுகளாக (sheets) எண்டோபிளாஸ வலை தோன்றுகிறது. இவை மூடி போன்ற விரிவான சிஸ்டர்னுவாக மாறுகிறது. சிஸ்டர்னு மூடிக் குள்ளேயோ அல்லது நூக்ளியஸ் உறையின் அருகிலேயோ ஒன்று அல்லது இரண்டு டிக்டியோசோம்கள் காணப்படுகின்றன (படம் 13-4).

வேதியியல் கூட்டமைவு (Chemical Composition)

அண்மைக்கால ஆய்வுகள் கோல்கி சவ்வுகளில் லிபிட் (lipid), புரதம் (protein) போன்றவை சம அளவில் (equal parts) இருக்கின்றன என்பதை மெய்ப்பித்தன. இதுவுமின்றி இச் சவ்வில் பாலிஸாக்கரைடுகள் (polysacharides), லிபிட்



படம் 13-4.

பசும் பாசியில் டிக்டியோ சோம் – அமைப்பு.

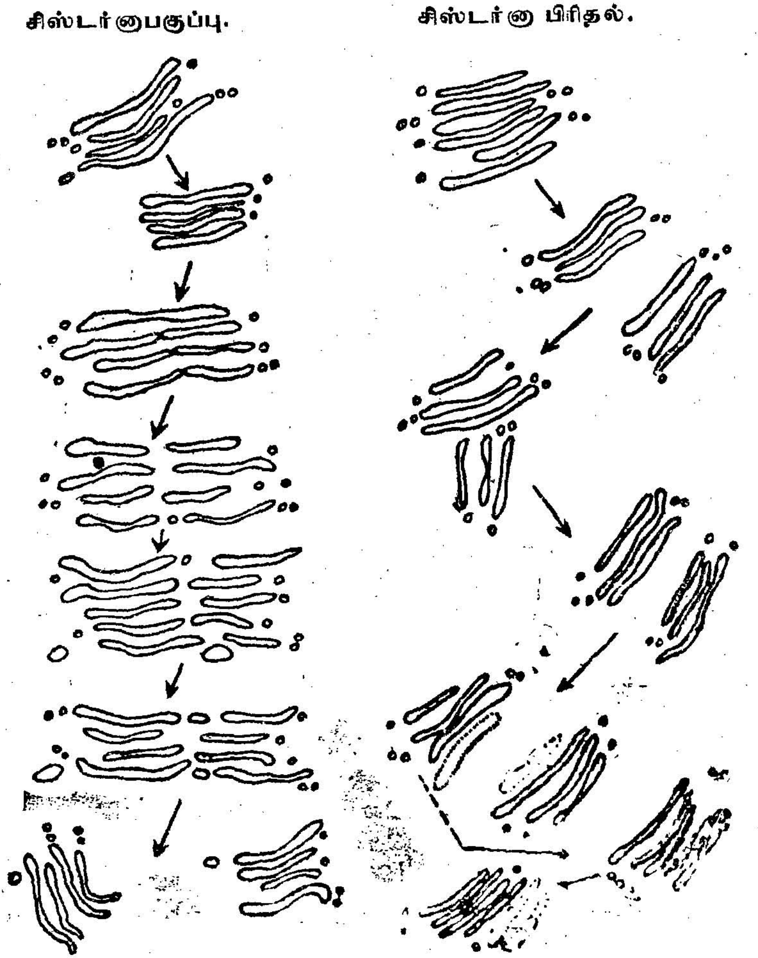
டிசோ. டிக்டியோசோம்கள். எவ. மூ. எண்டோபிளாஸ வலை மூடி. ப. க. பசுங் கணிகம்.

அறைகள் (lipid moiety) காணப்படுகின்றன டால்டன் (Dalton, 1954), பெர்லின் (Perlin 1967). இந்தச் சவ்வுகளில் RNA இருக்கிறதா என்பது கேள்விக்குரியதாக உள்ளது. கோல்கிப் பகுதிகளில் ஆல்கலைன் ஃபாஸ்ஃபடேஸ் (alkaline phosphatase) நொதியின் சிறு துகள்கள் காணப்படுகின்றன. கோல்கிப் பொருளில் அமில ஃபாஸ்ஃபடேஸ் (acid phosphatase) நொதி இருக்கிறதென்று மெய்ப்பித்திருக்கிறார்கள் (Santhaveerappa & Bourne, 1965). சில தாவர, விலங்கு செல்களின் கோல்கியில், யுரிடைனின் (uridine), டைஃபாஸ்ஃபேட்டுகள் (diphosphates), குவர்னோசைன் (guanosine), ஈனோசைன் (inosine) ஆகியவற்றின் நீர்ச்சிதைவு (hydrolysis) சில நொதிகளின் செயல்களால் ஏற்படுகின்றன.

தோற்றம் (Origin)

கோல்கியின் தோற்றத்தை விளக்கப் பல கொள்கைகள் உள்ளன. பூவட் (Buvat, 1963) என்பவர் கோல்கிப்

பொருள்கள் பகுப்படையும் செல்களிலிருந்து புதியதாகத் தோன்றியவை என்று கருதுகிறார். தாவர செல்களில், கோல்கிப் பொருள்களின் அமைப்புத் தனி ஒரு கோல்கியின்



படம் 13-5.
சிஸ்டர்னே தோற்றம்.

பகுப்பினால் (division) தோன்றுகிறது என்பதை பூவட் (Buvat, 1963) சுட்டிக் காட்டினார் (படம் 13-5). பைனசின் (Pinus) ஸைலம் செல்களில் சிஸ்டர்னே (cisternae) அடுக்குக் குவியலாக

இல்லாமல் பிரிவினையினால் புது தனிச் சிஸ்டர்னே தோன்று கின்றன (படம் 13-5). டிக்டியோசோம்களின் சிஸ்டர்னே என்டோபிளாஸ வலையிலிருந்து தோன்றியிருக்குமென்று குரோனோவும், அமெல்அனெக்சனும் (Gronau & Amelunxen, 1966) கருதுகிறார்கள்.

செயல் (Function)

தாவர, விலங்கு ஸெல்களில் கோல்கிப் பொருள்கள் சுரப்புச் (secretion) செயலில் ஈடுபடுகின்றன. குறிப்பாகத் தாவர ஸெல்களில், இவை ஸெல் உறை (cell wall) ஸெல்லின் புற அமைப்புகள் ஆகியவற்றைத் தோற்றுவிக்கின்றன. சீயா (Zea) வெளி வேர்முடி ஸெல்களில் கோல்கியின் சுரப்புச் செயல் முடிந்ததுமே அவை தம்முடைய முன் நிலையைப் பெறுகின்றன. டிரிடிகும் (Triticum) வேர்முடி ஸெல்களில் கோல்கிப் பொருள்கள், பாலிசாக்கரைடு இடப் பெயர்ச்சியில் (polysaccharide transport) முக்கியப் பங்கேற்கின்றன (நார்த்கோட்—Northcote, 1966).

தாவரங்களில் ஸெல் தட்டினைத் (cell plate) தோற்றுவிக்கக் கோல்கி பயன்படுகின்றன. கோல்கியிலிருந்து பெக்டிக் சிறு துளிகள் தோன்றி, பின்னர் இவை இணைந்து ஸெல் தட்டாக மாறுகின்றன (பொக், பானூர் மற்றும் கிரவுன்சா—Bouck, Bonner and Cronshaw, 1965). கோல்கியிலிருந்து தோன்றும் சிறு குமிழ்கள் (vesicles) ஸெல் பரப்புக்கு, இடம் பெயர்ந்து சென்று மகரந்தக் குழலினையும் (pollen tube), பிளாஸ்மா சவ்வினையும் (plasma membrane) உண்டாக்கப் பயன்படு கின்றன. கோல்கிப் பொருள்கள் என்டோபிளாஸ வலையி-லிருந்து சேர்க்கப்பட்ட புரதத்தைப் பிற பகுதிகளுக்கு எடுத்துச் செல்லும் செயலில் ஈடுபடுகின்றன. ரஃபானுஸ் (Raphanus) பேரினத்தின் வேர்த் தூவிகளிலுள்ள (root hairs) கோல்கி, சர்க்கரைப் பொருள்களையும் (carbohydrates), புரதத்தையும் (protein) சேமிக்கின்றன. பின்னர் இப் பொருள்கள் பிரிக்கப் பட்டுப் பெரிய வழவழப்பான சிறு குமிழ்களை (vesicles), சிஸ்டர்னேவிலிருந்து விடுவிக்கின்றன. இவற்றிலிருந்து சிறிய சிறு குமிழ்கள் ஏற்படுகின்றன. இவை, வேர்த் தூவிகளின் பரப்பில் ஸெல்லுறைச் சேர்க்கை ஏற்படும் பகுதிகளுக்குப் புரதத்தை எடுத்துச் செல்கின்றன. டயடாம்கள் (diatoms) என்று கூறப்படும் ஆல்கா பிரிவின் ஸெல்லுறை மேற்பரப்பில்

சிலிகா (silica) படிவத்தில் கோல்கி சிறு குமிழ்கள் ஈடு படுகின்றன.

இவ்வாறு பல ஆண்டுகளாக நிகழ்ந்த கருத்து மோதல் களின் பயனாக இன்று கோல்கி பற்றிய சில தெளிவான கருத்துகள் கிடைத்திருக்கின்றன. செல் உறுப்புகளுக்கிடையே கோல்கியின் அமைப்பு, கருத்து வேறுபாடுடையது. கோல்கி, எண்டோபிளாஸ வலை ஆகியவற்றின் உறவு, அவை ஆற்றும் பணி, செல்களில் கோல்கி அமைப்புகளின் செயல் ஆகியவை இன்னும் நமக்குக் கேள்விக்குறிகளாகவே இருக்கின்றன.

14. லைசோசோம்களும் அவற்றின் தொடர்பு திரள்களும்

(Lysosomes and Related Bodies)

சைட்டோபிளாஸத் துகள்களுக்கிடையே (cytoplasmic particles) லைசோசோம்கள் புதியதாகக் கண்டுபிடிக்கப் பட்டன. இதுவரை இவற்றின் அமைப்பு, செயல் ஆகியவை பற்றித் தெளிவான தீர்வு காணப் பெருத நிலையே உள்ளது. சென்ற சில ஆண்டுகளில் லைசோசோம்களைப் பற்றிய தகவல்கள் ஓரளவுக்கு ஆராயப்பட்டன. இவ்வாய்வுகள் சைட்டோபிளாஸ நுண்ணுறுப்புகளின் ஆய்வு மரபிலிருந்து வேறுபட்டிருக் கிறது. எங்ஙனம் எனில், எலிகளின் ஈரல் (liver) ஸெல்களிலுள்ள ஹைட்ராலிடிக் நொதிகளை (hydrolytic enzymes) ஆராய்வதற் காக அவற்றில் மையவிலக்கு முறை (centrifugation technique) பயன்படுத்தப்பட்டது (பாலாடி, பெர்கெட், டிடுவே-மற்றும் பலர்—Palade, Berthet, de Duve 1951). அப்பொழுது ஐந்து நொதிகளைக் கொண்ட சவ்வு ஆராயப்பட்டது. இதற்கு லைசோ சோம்கள் என்று பெயரிட்டு, இது பல விலங்கு ஸெல்களிலும் உள்ளது என்று விவரிக்கப்பட்டது. பின்னர் இது போன்ற அமைப்புகள் தாவர ஸெல்களிலும் உள்ளது என்று அறிந்தனர்.

லைசோசோம் பற்றிய டுவெவின் (Duve, 1959) கூற்றுப்படி வேதிக் குறிப்புகளை ஒட்டியே இதன் அமைப்பு முறை விளக்கப் படுகிறது. டிடுவே, பெர்தெட் (de Duve & Berthet, 1953) ஆப்பில்மென்ஸ் (Applemans, 1955) முதலியோர் ஸெல் துகள்களை உடல் சார்ந்த நீக்கம் (physical seperation) செய்தனர். அதன் விளைவாக, ஒளிக்கூறு (light fraction) அடங்கிய மூலக்கூறுகளில், அமில ஃபாஸ்ஃபடேஸ் செயல் (acid phophatase activity) மிகுதியாகக் காணப்படுகிறது

என்றும், மைட்டோகாண்டிரியாவுடன் இணைந்த ஸைட்டோ குரோம் ஆக்சிடேஸ் (cytochrome oxidase) செயல் இல்லை என்றும் தெளிவு படுத்தினர். இந்தக் கூறுகளில் β குளுகுரொனிடேஸ் (β-glucuronidase), காதப்சின் (cathapsin), டிநூஅஸ் (DNAase), ரிநூஅஸ் (RNAase) போன்ற நொதிகள் குறிப்பிடத் தக்க அடர்த்தியில் இருக்கின்றன. மைட்டோகாண்டிரியா நொதிகளும், மைகுரோசோமின் நொதிகளும் (microsomal enzymes) இல்லாத இந்தப் புதிய துகள்களுக்கு லைசோசோம்கள் என்று பெயரிடப்பட்டது.

தாவர உயிர் வேதியல் வல்லுநர்கள் (plant biochemists), விலங்கு உயிர் வேதியியல் வல்லுநர்களின் (animal biochemists) முறைகளைப் பின்பற்றி, தாவரங்களில் லைசோசோம்களின் இருப்பு, அமைப்புப் போன்றவற்றை ஆராய்ந்தனர். டக்லஸ் (Douglas, 1963) முதலியோர் காலிஃப்ளவர், பீன்ஸ் (cauliflower & Beans) ஆகியவற்றின் திசுக்களிலிருந்து லைசோசோம்களைத் தனிமைப்படுத்த முயன்றனர். ஆனால் லைசோசோம் போன்ற துகள்கள் இந்தத் தாவரங்களில் இல்லை. அறிவியல் வல்லுநர் மாடைலி (Matile, 1965) போன்றோர் ஸீயா மைய்ஸ் (Zea mays) அல்லது புகையிலை (tobacco) நாற்றுகளை (seedlings) மையவிலக்குச் (centrifuge) செய்தனர். அதன் பயனாக, சில லைசோசோம் நொதிகளைக் கண்டாராய்ந்தனர். பின்னர் (Martile, 1966) தானிய (corn) நாற்றுகளின் சிறு வேர்களில் சில சாற்றுக் குழிகளைத் தனியே பிரித்துக் காட்டினார். இவற்றில் லைசோசோம் நொதிகள் இருப்பதினால், இவை விலங்கு லைசோசோம்களுக்கு நிகராக இருக்கின்றனவென்று தெளிவு படுத்தினர்.

அமைப்பு (Structure)

மின் நுண்ணோக்கியினால் லைசோசோம்களின் அமைப்பை ஆராய்ந்தனர். லைசோசோம்களின் சுற்றளவு சுமார் $0{\cdot}4\mu$-$0{\cdot}8\mu$ வரை இருக்கும். பொதுவாக இவை வட்டமாகவோ அல்லது ஒழுங்கற்ற வடிவத்திலோ காணப்படுகின்றன. லிபோ புரதத்தினாலான சவ்வு ஒன்று லைசோசோமின் மேற்பக்கத்தில் இருக்கிறது. இந்தச் சவ்வில் மிக அடர்த்தியான ஃபெர்ரிடின் (ferritin) போன்ற துகள்கள் இருக்கின்றன. இவை சுமார் 60-70Å அகலமுடையவை.

லைசோசோம்களின் உள்ளமைப்பு வேறுபட்டிருக்கிறது. சில லைசோசோம்களில் அடர்த்தியான அல்லது திடமான

(solid) உட்பொருள் இருக்கிறது. சிலவற்றில் குறைந்த அடர்த்தியுள்ள உட்பிரிவும், வேறு சிலவற்றில் அடர்த்தி அதிகமாக உள்ள வெளி வட்டமும் இருக்கும். சிலவற்றில் சிறு மணிகள் கொண்ட பொருள்கள் அடங்கிய குழிகள் (vacuoles) இருக்கின்றன. இவை பொதுவாக ஸெல்லுள்பட்ட செரித்தலில் (intracellular digestion) ஈடுபட்டிருக்கின்றன. இரத்த ஸெல்கள் போன்று செரித்தல் செயலைச் செய்யக் கூடிய ஸெல்களில் பல லைசோசோம்கள் காணப்படுகின்றன.

வேதியியற் பண்பு (Chemical nature)

தாவர வேர்கள், பூஞ்சை, ஈரல், சிறுநீரகம், சுரப்பி ஸெல்கள் ஆகியவற்றில் அமில ஃபாஸ்ஃபடேஸின் (acid phosphatase) செயல் மிக அதிகமாகக் கோல்கிப் பகுதியில் காணப்படுகின்றது. இந்தப் ஃபாஸ்ஃபடேஸ்கள், லைசோ சோம்களுடன் தொடர்பு கொண்டிருக்கின்றன. இவற்றில் ஆக்ஸீகரண நொதிகள் (oxidative enzymes) இல்லை. இப்பொழுது லைசோசோம்களில் பத்து (10) நொதிகள் இருக்கின்றனவென்று கருதப்படுகின்றது (அட்டவணை 14-1). லைசோசோம்களின் லிபோ புரத சவ்வு உடையும் பொழுது எல்லா நொதிகளும் விடுபட்டுச் செயற்படுகின்றன.

தோற்றம் (Origin)

கோல்கிப் பொருள்களிலிருந்து லைசோசோம்கள் தோன்றியிருக்குமெனச் சிலர் கருதுகிறார்கள். லைசோசோம் நொதிகள், எண்டோபிளாஸ வலையில் தொடர்பு கொண்டிருக்கும் சில ரிபோசோம்களிலிருந்து உண்டாகின்றன. பின்னர் இந்த நொதிகள் லைசோசோம்கள் உண்டாகும் பகுதியான கோல்கிக்குச் செலுத்தப் படுகின்றன (படம் 14-1). கரடுமுரடான (rough) அல்லது வழவழப்பான (smooth) எண்டோபிளாஸ வலையின் இரு பகுதிகளிலிருந்து லைசோசோம்கள் தோன்றுகின்றனவென பிராண்டெஸ் (Brandes, 1965) கருதுகிறார். இவ்வாறு லைசோசோம்களின் அமைப்பு, வடிவம், இருப்பு, செயல் போன்றவற்றுக்கு ஏற்ப இவை பல வழிகளில் தோன்றுகின்றன.

செயல் (function)

லைசோசோம்களுக்குத் 'தற்கொலைப் பைகள்' (suicidal bags) என்று டி டுவே (de Duve, 1959) பெயரிட்டார். இப் பெயர் இவற்றின் செயலுக்கு ஏற்ப காணப்படுகிறது. இது லைசோசோம்களின் இரு பண்புகளை வலியுறுத்துகின்றன.

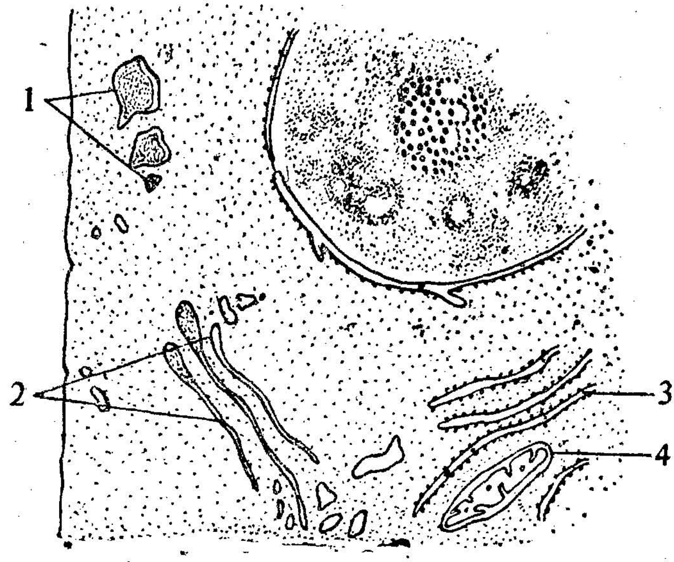
அட்டவணை 14-1.

கல்லீரல் (liver) லைசோசோம்களில் தனியே பிரிக்கப்பட்ட நொதிகள்

நொதி (Enzyme)	அடிப்படைப் பொருள் (Substrate)
டி ஆக்சி ரிபோ நூக்லியேஸ் (Deoxyribonuclease)	டிநூஅ. (DNA)
ரிபோ நூக்லியேஸ் (Ribo nuclease)	ரிநூஅ. (RNA)
அமில ஃபாஸ்ஃபடேஸ் (Acid phosphatase)	ஃபாஸ்ஃபேட் ஈஸ்டர் மற்றும் (Phosphate esters) ஒரு நூக்லியோ டைடுகள் (Mononucleotides)
ஃபாஸ்ஃபோ புரத ஃபாஸ்ஃபடேஸ் (Phospho protein phosphatase)	ஃபாஸ்போ புரதங்கள் (Phosphoproteins)
காதப்சின் (Cathepsin)	புரதங்கள் (Proteins)
α–குளுகொசிடேஸ் (α Glucosidase)	α-குளுகொசைடுகள் (α-Glucosides)
β-N-அசிடைல் குளுகொசமின்டேஸ் (β-N-Acetylglucosaminidase)	மியுகோபாலி சாக்ரைடுகள் (Muco polysaccharides)
β-குளுகொரொனிடேஸ் (β-Glucuronidase)	,,
α-மான்னொசிடேஸ் (α-Mannosidase)	,,
அரைல் சல்ஃபடேஸ் (Arylsulfatase	,,

அவை : 1. ஊடுருவ இடந் தராத (impermeable) வெளிச் சவ்வினால் (outer membrane) சிறு மணிகள் (granules) தனிப் படுத்தப்படுகின்றன (seqregation). தாழ்வு பெறுகிற செல் உட்பொருள்கள், ஹைட்ரொலைடிக் நொதிகளால் (hydrolytic enzymes) கட்டுக்கடங்காத முறையில் வைக்கப்படுகின்றன.

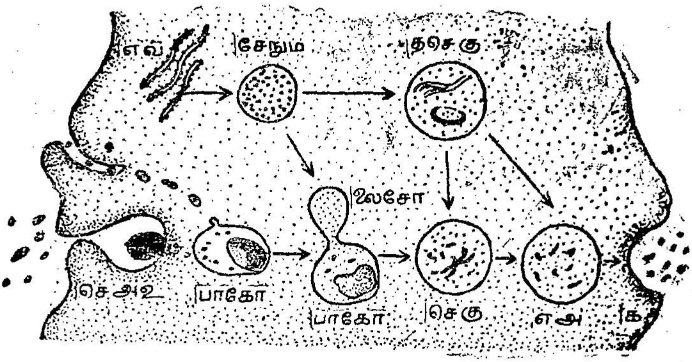
2. தன் அழிவும் (autolysis) செல் இறப்பும் (cell death) நடைபெறும்போது லைசோசோம்கள் பல மாற்றங்களைப் பெறுகின்றனவென்று எதிர்பார்க்கப் படுகிறது.



படம் 14-1.
லைசோசோம்களின் பிறப்பு.
1. லைசோசோம்கள், 2. கோல்கிப் பொருள்,
3. எண்டோ பிளாஸ வலை, 4. மைட்டோ காண்டிரியான்.

செல்லின் ஃபாகோசைடோடிக் (phagocytotic) செல் விழுக்கம் பினொசைடோடிக் (pinocytotic) ஆகிய முறைகளால் செரித்தல் குழிகள் தோன்றுகின்றன (digestive vacuoles). இந்த முறையினால் ஒவ்வாத புரதங்களும் (foreign proteins) பெரிய துகள்களும் (large particles) பிறவும் செல்லினுள் வளைந்து சூழப்படுகின்றன. இதனை எண்டோசைடோஸிஸ் (endocytosis) என்பர். இவ்வாறு சூழப்பட்ட துகள், பிளாஸ்மா சவ்வினால் ஏற்பட்ட ஒரு சவ்வினுள் அமைக்கப்படுகிறது. இதனால் உண்டாகும் குழிக்கு ஃபாகோசோம் (phagosome) என்று பெயர். ஃபாகோசோமும், லைசோசோமும் ஒன்றோடு ஒன்று அணுகும்போது இவற்றின் சவ்வுகள் இணைகின்றன. இதனால் பெரிய செரித்தல் குழி (digestive vacuole) தோன்றுகிறது (ஸ்டிராஸ், Strauss, 1964).

செரித்தல் குழியிலிருந்து, நொதி செரித்தலினால் ஏற்பட்ட பொருள்கள், சவ்வின் வாயிலாக சைட்டோப்பிளாசத்திற்குப் பரவுகின்றன (diffuse). சில பொருள்கள் செரிக்கப்படாமல், குழியில் தங்கி விடுகின்றன. இந்தக் குழிகளுக்கு எஞ்சிய திரள்கள் (residual bodies) என்று பெயர் (படம் 14-2).



படம் 14-2.
லைசோ சோமின் செயல்.

சே நு ம	—	சேமிப்பு நுண் மணி.
த செ கு	—	தன் செரித்தல் குழி.
லை சோ	—	லைசோ சோம்.
செ அ உ	—	செல் அக உள்ளிழுத்தல்.
பா கோ	—	பா கோசோம்.
செ கு	—	செரித்தல் குழி.
எ வ	—	எண்டோபிளாஸ வலை.
க	—	கழிவு.

இரத்த வெள்ளணுக்களில் (white blood corpuscles) ஃபாகோசைட் முறை நன்கு ஆராயப்பட்டிருக்கிறது. நியுடிரொஃபில்ஸ் (Neutrophils) போன்ற வெள்ளணுக்களில் ஏராளமான லைசோசோம்கள் அமைந்துள்ளன. வெள்ளணுக்கள் குழிகளை அமைத்துப் பாக்டீரியாவை விழுங்குகின்றன. பாக்டீரியா உள்ள குழிகளில் லைசோசோம் நொதிகள் விடுபடுகின்றன. இந்தச் செயலுக்குப் பின்னர் லைசோசோம்கள் மறைந்து விடுகின்றன. இதன் விளைவாகப் பாக்டீரியம் அழிக்கப் படுகிறது. முக்கிய செயலினைச் செய்த வெள்ளணு கடைசியாக இறக்கிறது.

செல்லினுள் செல்லும் நோய் நச்சுப் பொருள்கள் (toxins) லைசோசோம் சவ்வின் அமைப்பில் புல மாற்றங்களைச் செய்

கின்றன. இதனால் இத் துகள்கள் முறிந்து நொதிகள் விடுவிக்கப் படுகின்றன. சவ்வு முறிதல் (membrane rupture) பிராண வாயு (Oxygen) இல்லாத போது நடைபெறுகிறது. முதுமைப் படுதல் (ageing) அல்லது திசுச்சிதைவு (tissue degeneration) நடைபெறும் போது பிராணவாயு (oxygen) குறைவு ஏற்படு கிறது. லைசோசோமின் செயல் திசு, ஸெல்கள் முதலியவற்றின் அழிவில் முடிகின்றது.

ஸைட்டோலைசோம்கள் (Cytolysomes)

சவ்வை எல்லையாகக் கொண்ட ஸெல்லுட்பட்ட திரள்களை (intracellular bodies) ஸைட்டோசோம்கள் என்பர். படிப்படி யாக இனச் சிதைவடையும் மைட்டோகாண்டிரியாவும், மற்றைய ஸெல் பொருள்களும் ஸைட்டோலைசோம்களில் காணப் படுகின்றன. இவை அளவில் லைசோசோம்களைவிடப் பெரிய தாக இருக்கின்றன ($0 \cdot 8 - 1 \cdot 6 \mu$).

இவை முதன் முறையாக விலங்கு ஸெல்களில் கண்டறியப் பட்டன. பொதுவாக விலங்குகளின் ஈரல் திசு, சிறுநீரகத் திசு போன்றவற்றில் ஸைட்டோலைசோம்கள் இருக்கின்றன. ஸெல் நுண் அங்கங்களின் வளர்ச்சி நிலைகளின் போது அவற்றை ஸைட்டோலைசோம்கள் தாழ்வு படுத்துகின்றன. புரத நுண் மணிகள் (protein granules) உண்டாக்கவும், முதிர்ச்சி பெற்ற ஸெல்களில் (mature cells) முதுமைத் திரள்களை (senility bodies) உண்டாக்கும் பணியில் ஸைட்டோலைசோம்கள் முக்கியப் பங்கேற்கின்றன.

லோமாசோம்கள் (Lomasomes)

லோமாசோம்கள் ஸைட்டோபிளாசத்தைச் சுற்றி வெளிப் புறமாகவும், ஸெல் உறையுடன் தொடர்பு கொண்டும் அமைந் திருக்கின்றன. பூஞ்சை, பாசிகள், உயர்நிலைத்தாவரங்கள் ஆகியவற்றில் லோமாசோம்கள் காணப்படுகின்றன. இவை ஸெல்களை நிலைநிறுத்தப் பயன்படுகிற வேதிப் பொருள்களைப் (fixatives) பொறுத்து உயர்நிலைத் தாவரங்களில் வெவ்வேறு நிலைகளில் மாறுபட்டுக் காணப்படும் என்று ஈசா, ஷீடில், கில் (Esau, Cheadle & Gill, 1966) ஆகியோர் கண்டறிந்தனர்.

இதற்குச் சான்றாகப் பர்மாங்கனேட் பயன்படுத்தப்படும் போது லோமாசோம்கள் சமநிலையில் காணப்படுகின்றன. ஆஸ்மியம் (osmium) பயன்படுத்தினால், இவை வளைவு களுடைய வடிவங்களாகக் காணப்படுகின்றன. குளுட்டரால் டிஹைட் (glutaraldehyde) உபயோகிக்கும் போது இவை

ஒழுங்கற்ற வடிவங்களாகவும், பைகள் போன்ற அமைப்புடனும் ஸைட்டோபிளாசத்தில் இருக்கின்றன. இந்தப் பைகளில் சிறு குழற்திரள்கள் (tubules) காணப்படுகின்றன. செல் உறை விரிவாக்கும் செயலில் லோமாசோம்கள் ஈடுபடுகின்றனவென்று அரிகோணி, ரோசி (Arrigoni & Rossi, 1963) ஆகியோர் கருதுகிறார்கள். ஸைட்டோப்பிளாசத்தில் காணப்படும் நுண் குழல்களுக்கும் (microtubules) லோமாசோம்களின் சிறு குழல் களுக்குமிடையே உள்ள தொடர்பு என்னவென்று தெளிவாக்கப் படவில்லை. ஆயினும் இவை இரண்டும் செல் உறை உண்டாக்கும் வேலையில் ஈடுபடுகின்றன.

பெராக்சிசோம்கள் (Peroxisomes)

பெராக்சிசோம்களை முதன் முதலில் 'பிளவுற்ற பசுங்கணி கத்திலிருந்து' (broken chloroplast) டோல்பெர்ட்டும், அவருடைய சக ஊழியர்களும் (Tolbert & Co-workers, 1968) கண்டாராய்ந்தனர். பிளவுற்ற பசுங்கணிகங்களை அடர்த்தி சரிவு வாட்ட மைய விலக்குச் செய்யும் போது (density gradient centrifugation) அடர்த்தி மிகுந்த பெராக்சிசோம்கள், மைட் டோகாண்டிரியா, பசுங்கணிகம் ஆகியவை தனிப்படுத்தப் படுகின்றன. விலங்கு ஸெல்களிலும், முட்டை வடிவமுடைய அல்லது வட்டமான பெராக்சிசோம்கள் இருக்கின்றன.

பெராக்சிசோம்கள் $0 \cdot 5 - 1 \cdot 0 \mu$ அகலமுடையவை. இவற்றில் அடர்த்தியான ஸ்ட்ரோமா (Stroma) ஒன்று இருக்கிறது. இவை ஒரு சவ்வினால் ஆகியவை. தாவர, விலங்கு ஸெல்களில் பெராக்சி சோம்களின் எண்ணிக்கை குறைவாக இருந்தபோதிலும் இவை லைசோசோம்களைப் போன்ற வடிவமுடையவை.

பெராக்சிசோம்கள் மாவற்ற பொருளிலிருந்து (non-carbohy drates) மாவுப் பொருள்களைத் (carbohydrates) தயாரிக்கின்றன என்று டி டுவே (de Duve, 1965) கருதுகிறார். கிளைக்கோலேட் ஆக்சிடேஸ் (glycolate oxidase), கேடலேஸ் (catalase), குளுடாமேட் (Glutamate), கிளையொக்சிலேட் டிரான்சாமினேஸ் (glyoxylate transamminase), மாலேட் டிஹைடிரோஜினேஸ் (malate dehydrogenase) போன்ற நொதிகள் தேயிலைத் தாவரச் சிற்றினங்களின் (tea plant species) இலைகளில் இருக்கின்றன. ஒளிச் சேர்க்கையின் போது பசுங்கணிகங்களால் கிளைகொலேட் (glycollate) உண்டாக்கப்படுகிறது. கிளைகொலேட் வளர்சிதை மாற்றத்தில் பெராக்சிசோம்கள் ஈடுபடுகின்றனவென்று அண்மைக்கால ஆய்வுகள் சுட்டிக் காட்டியிருக்கின்றன.

ஸ்ஃபீரோசோம்கள் (Spherosomes)

ஸ்ஃபீரோசோம்கள் என்பவை வட்டமான சிறிய சைட்டோப்பிளாச அமைப்புகள் ஆகும். இவை தாவர செல்களில் ஏராளமாகக் காணப்படுகின்றன. ஸ்ஃபீரோசோம்கள் ஒரு சவ்விஞல் சூழப்பட்டு அதிகமான லிபிட் அடங்கிய குழிகளாகக் காணப்படுகின்றன. இவை $0{\cdot}5\text{-}1{\cdot}0\mu$ அகலமுடையவை. இவற்றை 'மைக்ரோ சோம்கள்' (microsomes) என்று ஹான்ஸ்டின் (Hanstein, *1880*) விளக்கினுர். ஸ்ஃபீரோசோம்களில் அமில ஃபாஸ்ஃபடேஸ் (acid phosphatase) இருக்கிறது. இதன் நொதிச் செயல் லிபிட் வளர்சிதை மாற்றத்தில் (Lipid metabolism) ஈடுபட்டிருக்கின்றனவென்று தெரிகின்றது. இவை அழிவு நொதிகளைச் சேமித்து வைக்கின்றன. இவை சேமிப்பு எண்ணெய்த் துளிகளாகத் தோன்றுகின்றன. இவற்றில் காணப்படும் புரத நுண்மணிகள் எண்ணெய்த் திரளாக மாற்றப்படுகின்றன. எண்ணெய்த் துளிகளில் சவ்வு இல்லாததால் ஸ்ஃபீரோசோம்கள் எண்ணெய்த்திரளாக மாறுவதில்லை என்று சொரோகின் (Sorokin, 1967) விளக்கினுர். ஸ்ஃபீரோசோம்களில் ஹைட்ரொலைடிக் நொதிகள் (hydrolytic enzymes) இருப்பதால் இவை லைசோசோம்களுக்கு இணையாக இருக்கின்றன.

15. நூக்ளியஸ்

(Nucleus)

லீயுவென்ஹொக் (Leeuwen hoek, 1700) சில இரத்த நுண் துகள்களின் மையப் பகுதியில் ஒளி விலகல் திரள்கள் (refractile bodies) உள்ளதைக்கண்டறிந்தார். இத் திரள்களே நூக்ளியஸுகளாக இருக்கலாம் என்று கருதப்பட்டது. நன்ருக அரைத்த (ground) கண்ணுடி வில்லைகளின் (lenses) வாயிலாக இத் திரள்களை ஆய்ந்துணர்த்தினர். இது போன்ற முட்டை வடிவமுடைய (oval shaped) திரள்களை ஃபான்டாஞு (Fontana, 1781), விலாங்கு மீனின் (Eel) தோல் செல்களில் (skin cells) உள்ளதைக் கண்டறிந்தார். ஆர்கிட் (Orchid) தாவர செல்களில், நூக்ளியஸ் என்ற முக்கியமான திரள்கள் உள்ளன என்று முதன் முறையாக இராபர்ட் பிரௌன் (Robert Brown, 1831) கண்டார். தாவர, விலங்கு செல்களில் சவ்விஞல் சூழப்பட்ட நூக்ளியஸ், நிலையாகக் காணப்படுகிறது என்ற கருத்தை ஷீல்டன், ஸ்சாவன் (Schleiden, Schwann, 1839) ஆகியோர் வலியுறுத்தினர். செல்கள் பகுப்படையும்போது, நூக்ளியஸும் பகுப்படைந்து இரண்டு சேய் நூக்ளியஸுகளை உண்டாக்குகிறது என்று ஹாப்மாய்ஸ்டர் (Hofmeister, 1840) அறிவித்தார்.

பின்னர், மீஸ்செர் (Miescher, 1871) உயிர் வேதிப் பகுப்புக்காக (biochemical analysis) நூக்ளியஸைத் தனிப் படுத்தி ஆய்ந்தார். பல ஆண்டுகளுக்குப் பின்பு, செல்லியல் வல்லுநர்கள் இந்தத் திரள்களுக்கு, அனலின் சாயங்களை (aniline dyes) நிறமிட்டு (stain) ஆய்ந்தார்கள். இவ்வாறு சாயமிட்ட திரள்கள் குரோமோசோம்கள் என்று வழங்கப் பட்டன. குரோமோசோம்களில் மரபியல் காரணிகள் (hereditary factors) அல்லது ஜீன்கள் (genes = மரபிகள்)

எடுத்துச் செல்லப்படுகின்றன என சூட்டான் (Sutton, 1903) கருதுகிறார்.

நூக்ளியஸ், செல்லின் வளர்சிதை மாற்றச் செயல்களுக்கு இன்றியமையாதது. இருப்பினும், எல்லா செல்களிலுமே நூக்ளியஸ் இருப்பதாகக் கூற இயலாது. இது புரோட்டோ பிளாசத்தின் ஒரு சிறப்புப் பகுதியே ஆகும். பொதுவாக, ஒவ்வொரு செல்லிலும் ஒரு நூக்ளியஸ் காணப்படும். ஆயினும் சில பாசி செல்களிலும், பூஞ்சை செல்களிலும் பல நூக்ளியஸ் கள் காணப்படுகின்றன. இதனை ஸீனோஸைட் நிலை (coenocyte) என்பர். முழுமையான செல்களை யூகாரியோட்டுகள் (eukaryotes) என்று வழங்கப்படுகின்றன. இந்த செல்களில் நூக்ளியஸ், மைட்டோகாண்டிரியா, எண்டோபிளாஸ வலை முதலியன உள்ளன. சில செல்களில், உறையற்ற நூக்ளியஸ் காணப்படுகிறது. இவை புரோகாரியோட்டுகள் (prokaryotes) என்று வழங்கப்படுகிறது.

தாவரங்களில் சல்லடைக் குழாய்களிலும் (sieve tubes) குறிப்பிட்ட பருவ காலத்திற்குப் பின்னர் நூக்ளியஸ் மறைந்து விடுகிறது. இது போன்று சில பாலூட்டி விலங்குகளில், முதிர்ந்த சிவப்பு இரத்த அணுக்கள் (red blood cells) நூக்ளியஸைப் பெற்றிருப்பதில்லை. இதுவுமின்றிப் பாக்டீரியா விலும் நீலப் பசும் பாசிகளிலும் திட்டவட்டமான நூக்ளியஸ் காணப்படவில்லை.

இடைநிலை நூக்ளியஸின் பகுதிப் பொருள்கள்
(Components of Interphase Nucleus)

செல்லில், தெளிவான நூக்ளியஸ் பகுப்பில் ஈடுபடாத போது, ஓய்வு நிலை நூக்ளியஸ் (resting nucleus) என்றோ வளர்சிதை நூக்ளியஸ் என்றோ (metabolic nucleus) அல்லது இடைநிலை நூக்ளியஸ் என்றோ (interphase nucleus) வழங்கப் படுகிறது. இந்த மூன்று சொற்களில், மூன்றாவது சொல்லான இடைநிலை நூக்ளியஸ், இந்தப் பாடத்திற்கு உகந்ததாகத் தோன்றுகிறது.

நூக்ளியஸில் ஐந்து வகைப் பகுப் பொருள்கள் அடங்கி உள்ளன. அவை நூக்ளியஸ் உறை, அல்லது நூக்ளியஸ் சவ்வு (nuclear envelope or nuclear membrane) குரோமாடின் (chromatin), நூக்ளியஸ் திரவம் அல்லது காரியோலிம்ஃபு (nuclear sap or karyolymph), நூக்ளியோலஸ் (nucleolus) என்பவையாகும். நூக்ளியஸைச் சுற்றியும் நூக்ளியஸ் சவ்வு

உள்ளது. இச்சவ்வின்மேல் பல நுண் துளைகள் (pores) உள்ளன. இவற்றை நூக்ளியஸ் நுண் துளைகள் (nuclear pores) என்பர். இவற்றை மின் நுண்ணோக்கியில்தான் காணமுடியும். நூக்ளியஸ் உறைக்குள் காரியோலிம்ஃபு அல்லது நூக்ளியஸ் திரவம் காணப்படுகிறது. இதில் ஒன்று அல்லது ஒன்றிற்கு மேற்பட்ட, சிறு வட்டமான வடிவங்கள் உள்ளன. இவற்றை நூக்ளியோலஸ் என்பர். நூக்ளியஸ் திரவத்தில் பல நுண்ணிழைகள் வலை போன்று அமைந்துள்ளன. இதனைக் குரோமாடின் (chromatin) என்பர். இவை ஒவ்வொன்றையும் தனித்தெடுத்து, அவற்றின் வேதியியல் பண்புகளை அறிய முடியும். நூக்ளியஸ் சவ்வைத் தவிர மற்றப் பகுதிப் பொருள் களின் இடையில் வரம்புகள் இல்லாமையால் ஒன்றுடன் ஒன்று கலந்து காணப்படுகின்றன.

செல் வகைகளுக்கும், சிற்றினங்களுக்கும் ஏற்றவாறு நூக்ளியஸின் வடிவம் வேறுபட்டிருக்கிறது. நூக்ளியஸ், தன் வடிவத்தில் ஒழுங்கற்றோ (irregular), வட்டமாகவோ (spherical), முட்டை வடிவத்திலோ (ellipsoid) காணப்படு கின்றது. பொதுவாக நூக்ளியஸ்களின் ஓரப்பகுதி ஒழுங்காகக் காணப்படுகின்றது. ஆயினும், சில செல்களில் நூக்ளியஸின் ஓரப்பகுதி ஒழுங்கற்று, ஓரப்பிளவு பெற்றோ, உள் மடிப்பு களைப் பெற்றோ (infoldings) காண்ப்படுகிறது. பொதுவாக, நூக்ளியஸின் வடிவம், செல் வடிவத்தோடு தொடர்பு கொண்டு இருப்பது இல்லை.

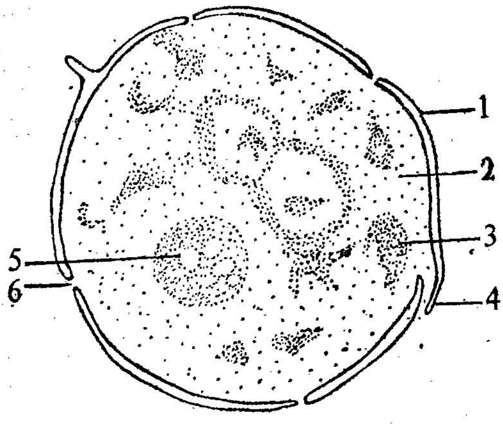
நூக்ளியஸ் எல்லா செல்களிலும் ஒரே அளவுடன் அமைவதில்லை. ஒரு குறிப்பிட்ட செல்லின் வாழ்நாள் முழுவதிலும், நூக்ளியஸ் ஒரே அளவில் இருப்பதில்லை. செல் செயற் சுழற்சியில் (cycle of cellular activities), நூக்ளியஸின் அளவு வேறுபட்டிருக்கும். சில பூஞ்சைகளில் ஒரு மைக்கிரான் அகலமுடைய மிகச் சிறிய நூக்ளியஸ்கள் காணப்படுகின்றன. அதற்கு மாறாகச் சில ஊசைடுகளில் (oocytes) பல நூற்றுக்கணக் கான மைக்கிரான்கள் விட்டமுடைய நூக்ளியஸ் இருக்கிறது.

நூக்ளியஸ் சவ்வு (அ) நூக்ளியஸ் உறை (Nuclear membrane (or) Nuclear envelop)

செல், அலகாகச் செயல்படுவதற்கு, உட்கரு உறையின் அமைப்பு இன்றியமையாதது. உட்கருச் சவ்வு மரபு பொருட் களைக் கொண்ட நூக்ளியஸையும், வளர்ச்சிச் செயல்களிலும் சுரப்புச் செயல்களிலும் ஈடுபடும் ஸைட்டோப்பிளாசத்தையும்

பிரிக்கும் எல்லையாக அமைந்திருக்கிறது. நூக்ளியஸ், சைட்டோபிளாஸம் ஆகியவற்றுக்கிடையே பொருள்களை எடுத்துச் செல்வதில் நூக்ளியஸ் சவ்வு முக்கியப் பங்கேற்கிறது. நூக்ளியஸ் உறை, எண்டோபிளாஸ வலை ஆகிய இரண்டிற்கிடையே தொடர்புகள் காணப்படுகின்றன. செல் பகுப்படையும்போது, எண்டோபிளாஸ வலைக் கூறுகளிலிருந்து நூக்ளியஸ் உறை தோன்றுகிறது என்பதை நிறுவச் சான்றுகள் பல உள்ளன. இப் பண்பின் காரணமாக, நூக்ளியஸ் உறையானது நூக்ளியஸின் பகுதியா அல்லது சைட்டோப்பிளாசத்தின் ஆக்கக் கூறுகளா என்கிற கேள்வி எழுந்தது. செல் தனிப் பாகங்களாக அமையாமல், ஓர் அலகாகச் செயல் புரிகிறது. ஆகையினால், இவ் வினாவிற்கு விடையளிக்க முடியவில்லை.

முதன் முறையாக, நூக்ளியஸ் உறையின் அமைப்பைப் பற்றிய கருத்துகளை, கால்லன், டோம்லின் (Callan and Tomlin, 1950) ஆகிய இரு அறிஞர்கள் வழங்கினார்கள். இவர்கள் நூக்ளியஸின் உறையில் இரு சவ்வுகள் உள்ளன என்று கண்டறிந்தனர். எனினும், நைட்ரொஜன் அற்ற நிலையில்



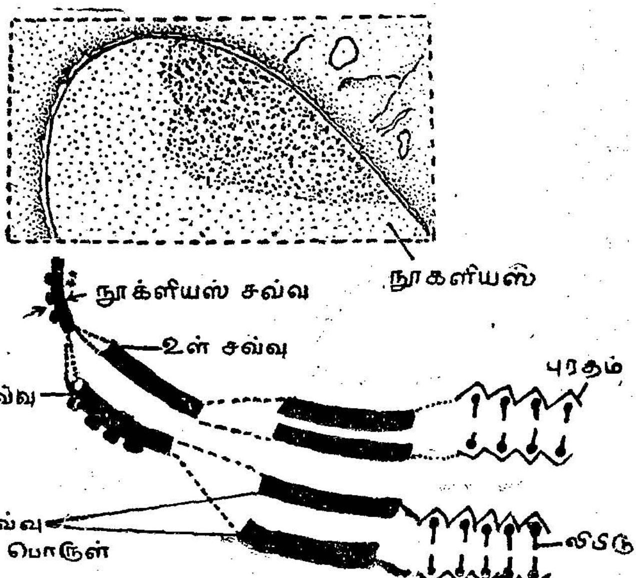
படம் 15-1.

இடைநிலை நூக்ளியசின் அமைப்பு

1. நூக்ளியஸ் உறை, 2. யுகுரோமடின், 3. ஹிடிரோகுரோமடின், 4. எண்டோ பிளாஸ வலையின் கூறு, 5. நூக்ளியோலஸ், 6. நுண் துளை.

வாழ்கின்ற சாக்கரோமைஸிஸில் (Saccharomyces) நூக்ளியஸ் உறை ஒரு சவ்வைப் பெற்றிருப்பதாகக் கூறப்படுகிறது. ஒளி நுண்ணோக்கியில் நூக்ளியஸ் சவ்வை மின் நுண்ணோக்கியில் இவ்விரு சவ்வுகளின் பல இடைவெளிகளில், நுண் துளைகளால் (pores) பிளவுற்றுக் காணப்படுகின்றன (படம் 15-1).

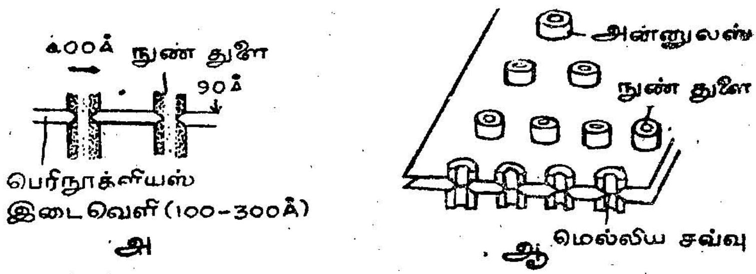
ஒவ்வொரு சவ்வும் சுமார் 90Å தடிப்புடையன. இச் சவ்வுகள் சவ்வு அலகுகளின் பண்புகளைப் பெற்றிருக்கின்றன. (படம் 15-2). நூக்ளியஸ் உறையின் வேதிப் பண்புகளைக்



படம் 15-2.
நூக்ளியஸ், நூக்ளியஸ் சவ்வின் மூலக்கூற்று அமைப்பு.

காலன், டோம்லின் (Callan and Tomlin, 1950) ஆகியோர் ஆய்ந்தனர். இவர்கள், வெளிச் சவ்வில் லிபிடும், புரதமும் உள்ளன என்று கண்டறிந்தனர். இவர்களுக்கு முன்பு, வெளிச் சவ்வில் லிபிடு உள்ளது என்று மொன்னே (Monne, 1942), பாண்ட் (Band, 1948), பெர்க் (Berg, 1951) ஆகியோர் கண்டறிந்தனர். சவ்வின் நுண் துளைகள் ஒவ்வொன்றும் 200-ல் இருந்து 400Å வரை அகலம் உடையன. வெளி, உள் சவ்வு அலகுகளிடையே உள்ள இடைவெளிப் பகுதி பெரி நூக்ளியஸ் இடைவெளி (perinuclear space) என்று வழங்கப்படுகிறது. இந்தப் பெரி நூக்ளியஸ் இடைவெளியின் அகலம் 100இல் இருந்து 300Å வரை உள்ளது. முதுகெலும்புடைய விலங்கினப் பிரிவின் (vertebrate) செல்களில் நூக்ளியஸ் உறையில், ஒரு மெல்லிய இழைபோன்ற அடுக்கு உட்சவ்வுடன் அழுத்தமாக அமைக்கப் பட்டிருக்கிறது (பிராசெட்—Brachet, 1966).

இரண்டு சவ்வு அலகுகளும், நுண் துளைகளின் ஓரப்பகுதி களில் விடாத் தொடர் இணைப்பைப் பெற்றுள்ளன. (படம் 15-3). பல இடங்களில் நூக்ளியஸ் சவ்வு, எண்டோ பிளாஸ வலைச் சவ்வுடன் இணைந்து காணப்படுகிறது. இதனால் நூக்ளியஸின் உறை எண்டோபிளாஸ வலை ஆக்கக் கூறுகளுடன்

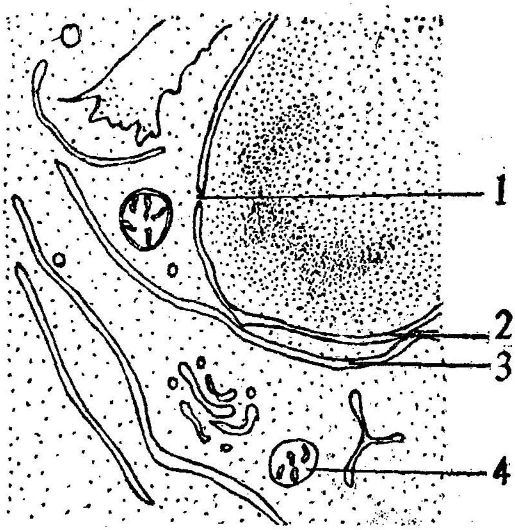


படம் 15-3.
நூக்ளியஸ் உறையின் நுண் அமைப்பு.
அ. இரு சவ்வும், துளைகளும். ஆ. அன்னுலஸ்கள்.

விடாத் தொடர்பைப் பெற்றுள்ளது என்பது புலனுகின்றது. நூக்ளியஸ் உறையில் நுண் துளைகள் இருப்பதால், இது எண்டோபிளாஸ சவ்விலிருந்து வேறுபட்டுக் காணப்படுகிறது. (படம் 15-4). ஆஸ்கோமைசீட் (ascomycetes) பிரிவைச் சார்ந்த மொல்லிசியா (Mollisia) என்னும் பூஞ்சையின் இனப் பெருக்க செல்களில் நூக்ளியஸ் உறையானது பிளாஸ்மா சவ்வுடன் நேரடியாகத் தொடர்பு கொண்டிருக்கிறது.

நூக்ளியஸ் உறையின் உட்புகுதிறனைப் பற்றிப் பல மாறுபட்ட கருத்துகள் அளிக்கப்பட்டுள்ளன. நூக்ளியஸின் உறையில் சுமார் 10 சத விகிதம் நுண்துளைகள் உள்ளன. ஈஸ்ட் (Yeast) செல் களில் 2 மைக்கிரான் அகலமுடைய நூக்ளியஸில், சுமார் 200 நுண் துளைகள் உள்ளன. ஆயினும் உயர் தாவரங்களில் இத்துளை கள் மிகுதியாகக் காணப்படுகின்றன. இதற்குச் சான்ருக, 8 மைக்கிரான் அகலமுடைய வெங்காயத்தின் நூக்ளியஸ்கள் ஒவ்வொன்றிலும் சுமார் 3000 நுண் துளைகள் இருப்பதனைக் காட்டலாம். இத் துளைகளின் வாயிலாக, நூக்ளியஸுக்கும், சைட்டோபிளாசத்துக்கும் இடையே பொருட் பரிமாற்றம் நடை பெறுகின்றது. இதனுல், நூக்ளியஸின்உறை, தேர்வு செலுத்துத் திறனுடையது (selectively permeable) என்று சர்னி (churney, 1941), அபேல் (Abele, 1951) ஆகியோர் அறிவித்தனர்.

பெரும் மூலக்கூறுகளுடைய சேர்மங்கள் (molecular compounds) தன்னை ஊடுருவ நூக்ளியஸ் சவ்வு இடந்தருவதில்லை. எல்லா மூலக்கூறுவகைகளும் நூக்ளியஸின் உறையில் உட்புகு திறனைப்



படம் 15-4.

நூக்ளியஸ் உறை, எண்டோபிளாஸ வலைச்சவ்வு—இவற்றின் விடாத் தொடர்பு.

1. நுண்துளை, 2. நூக்ளியஸ் உறை, 3. எண்டோபிளாஸவலை, 4. மைட்டோ காண்டிரியான்.

பெற்றிருக்கின்றன. இச்சவ்வு, உட்புகு திறனுக்கு இடையூறு அளிக்கும் வகையில் செயல்படுவதில்லை (டௌன்ஸ் Dounce, 1954).

நூக்ளியஸின் உறையின் நுண்துளைகளின், துணை அமைப்பு (sub structure) உள், வெளி சவ்வுகளுடன் தொடர்பு, மற்றப் பண்புகள் ஆகியவை குறித்துத் தெளிவான கருத்துகள் இதுவரை கூறப்படவில்லை. ஆயினும், பட்டாணிநாற்று களில் நூக்ளியஸ் சவ்வின் நுண்துளைகள், எண்கோணச் செவ்வொழுங்கைப் (octagonal) பெற்றிருக்கின்றன. இக் கருத்தினை யூ (Yoo,1967), பெய்லே (Bayley, 1967), கால் (Gall, 1967) ஆகியோர் வெளியிட்டுள்ளனர். எட்டு நெட்டுருளை வடிவமுடைய (spheroid) துகள்களில், நூக்ளியஸ் சவ்வின் நுண் துளைகள் எண்கோணச் செவ்வொழுங்கைப் பெறுகின்றன. ஒவ்வொரு துகளும் 70-80Å அகலமுடையவை. இவை

ஒரு வளையமாக ஒவ்வொரு நுண் துளையிலும் அமைக்கப் பட்டிருக்கின்றன.

நுண் துளைகளின் மையப்பகுதியில் பலவகைப்பட்ட பொருள் கள் உள்ளன என்று பல்வேறு செல்லியல் வல்லுநர்கள் அறிவித் திருக்கிறார்கள். அவற்றில் சில வருமாறு: நுண் துளைகளின் மையப் பகுதியில் ஒரு மெல்லிய அன்னுலஸ் சவ்வு (நுண் துளைச் சவ்வு) காணப்படுகின்றதென்று அஃப்ஸீலியஸ் (Afzelius, 1955), மெர்ரியாம் (Merriam, 1961) ஆகியோர் கூறுகின்றனர். உருவமற்ற மின்அடர்த்தியுடைய பொருள்கள் உள்ளன என்றும், ரிபோநூக்ளியோ புரதத் துகள்களும் காணப்படுகின்றன என்றும் கால் (Gall, 1954), ஸ்வ்ஃப்ட் (Swift 1966) ஆகியோர் கூறு கின்றனர்.

குரோமாடின் (Chromation)

குரோமோசோம்களின் வடிவ அமைப்பு, வேதிப் பண்புகள் ஆகியவை தனி அத்தியாயத்தில் தெளிவாக விளக்கப் பட்டுள்ளன. ஆயினும் இடைநிலை நூக்ளியஸின் குரோமாடின் பண்புகளை ஓரளவுக்குத் தெரிந்து கொள்ளலாம். முதன் முறையாக நூக்ளியஸைப் பற்றி ஆய்ந்தபோது இதனுள் ஒன்றும் இல்லை என்றும், நீர் உள்ளது என்றும் விரவிய நுண் மணிகள் (dispersed granules) உள்ளன என்றும், இழை போன்ற கூறுகள் (Fibrous segments) காணப்படுகின்றன என்றும் பலவிதமாகக் கூறினர். பின்னர்க் குரோமேடினைப் பற்றிய மின்நுண்ணோக்கி சிறு வரைக்கட்டங்களை (electron micrograph) பிரெட்சீனீட்டர் (Bretschneider 1952) வெளியிட் டார். இவரது கருத்துப்படி, குரோமாடினில், ஒழுங்கற்றதும் சிக்கலாகப் பின்னப்பட்டதுமாகிய இடைநிலை மென் கம்பி- இழைகள் உள்ளன. இவ்விழைகள் சுமார் 80-300Å அகல முடையவை.

அண்மைக் காலத்தில், ரீஸ் (Riss, 1963), கால் (Gall, 1963), டூப்ரா (Dupraw, 1966) ஆகியோர் சில தேர்ந்த முறைகளின் (refined techniques) உதவியால், நூக்ளியஸ்களில் 'ஆட்டி அலைக்கிற இழைகள்' (Bumpy fibers) உள்ளன என்று கண்டறிந் தனர். இவ்விழைகள் 200Å-க்குக் குறைவான, 300Å-க்கு அதிகமான அகலமுடையன. இந்த இழைக் கோணங்கள் நெடுகிலும் ஒழுங்கற்ற முறையில் முறுக்கேறிக் (twist) காணப் படுகின்றன. இம்முடிவான கருத்தினை ரீஸ் (Riss, 1963) தெரிவித்தார். இதன்படி ஒவ்வொரு 200Å இழையில், இரண்டு

100Å இழைகள் காணப்படுகின்றன. இதன் ஒவ்வொன்றிலும் இரண்டு 40Å இழைகள் உள்ளன. இவ்விழைகள், ஒரு டி நூ அ புரத மூலக்கூற்றுகளின் புற உருவத்தைப் பெறுகிறது. இவற்றுக்கு அடிப்படைக் குரோமோசோம் இழை (elementary chromosome fibril) என்ற பெயரை ரீஸ் (Riss, 1963) அளித்தார்.

இடைநிலை நூக்ளியஸைக்குச் சாயமிடும்போது குரோமாடின் பொருளில் (chromatin mass) சில பகுதிகள் மட்டும் கரு நிறத்தைப் பெறுகின்றன. இப் பகுதிகளில் குரோமோசோம் களின் ஈடுபாடு அதிகமாக உள்ளதால் இவை இவ்வாறு கரு நிறத்தைப் பெறுகின்றன. இந்தக் கருநிறப் பகுதிகள் ஹிட்டி ரோகுரோமாடின் (hetero-chromatin) என வழங்கப்படு கின்றன. இவை பொதுவாக ஸெண்ட்ரோமியர் அருகில் நூக்ளியோலஸ் தோன்றுமிடம், குரோமோசோம் முனைகள் ஆகிய இடங்களில் அமைந்திருக்கின்றன. ஆயினும் கருநிறம் இப் பகுதிகளுக்கு மட்டுமே உரியதாக வரையறுக்கப் படவில்லை. குரோமோசோமின் எல்லாப் பகுதிகளும் ஹிட்டிரோகுரோ மாடின் நிலையைப் பெறக்கூடியவை. குரோமாடின் பொருள்கள் அதிக அடர்த்தியாக அமைந்திருக்கும் இடங்களில் குரோமாடின் இழைகள் பெருமளவிற்குச் சுருங்குகின்றன. எனவே இப்பகுதி கள் கருநிறமாய் உள்ளன. குரோமோசோம்களின் நெடுகிலும் அடர்த்தியான பகுதிகள் உருள் மணித் திரள்கள் போலக் காணப்படுகின்றன (Bead like bodies). இவற்றைக் குரோமோ மியர்கள் (chromomeres) என்பர். ஹிட்டிரோகுரோமாடின் பகுதி ஜீன் செயலில் ஈடுபடுகிறது. குறைந்த நிறச் சாயத்தை ஏற்கும் பகுதியை யூகுரோமாடின் என்பர். இதில் மரபியல் செயல்கள் நடைபெறுகின்றன. குரோமோசோம்களைப் பற்றிய கால் (Call, 1963), டூப்ரா (Dupraw, 1965), கால்லன் (Callan, 1962), மக்கிரிகார் (Maegregor, 1958) ஆகியோரின் மின் நுண்ணோக்கி ஆய்வுகள், அவற்றில் டி நூ அ உள்ளது என்று தெளிவாக்கின. நீபெல், கவுலொன் (Nebel and coxlon, 1962) என்பவர்கள், இக் கருத்துக்கு முடிவு கூறும் வகையில், ஒவ்வொரு குரோமோசோமிற்கும் புரதம் முக்கிய அடிப்படை யாக இருக்கிறதென்று கூறினர். இதில், டி நூ அ பக்க வளையங் களாக அமைக்கப் பட்டிருக்கின்றது. இதன் டி நூ அ அளவு குரோமோசோம்களுக்கேற்ப நிலையாக உள்ளது. வளர்சிதை மாற்றத்தில் டி நூ அ நிலையாக இருக்கிறது. மைட்டோசிஸ் பகுப்பில் ஈடுபட்டிருக்கும் குரோமோசோம்களைப் பயன்படுத்திக் குரோமாடினில் உள்ள ரி நூ அ வைக் கண்டறிந்தனர். முதலில்

இவற்றில் மட்டுமே ரி நூ அ உள்ளதாகக் கருதப்பட்டது. ஆனால் காஃப்மன் (Kaufmann, 1961), இடைநிலை நூக்ளியசின் குரோமாடினிலும் ரி நூ அ இருப்பதைக் கண்டறிந்தார். ஆர் நூஅ, டி நூ அ இரண்டும் நெருக்கமான தொடர்புடையவை.

குரோமோசோம் இழைகளில் அயனிப் பிணைப்புகள் (ionic bonds) இணைப்பிகளாக (linkers) அமைந்துள்ளன. இவை தவிர ஹைட்ரொஜன் பிணைப்புகளும் இணைப்பிகளாக உள்ளனவென்று ஆம்புரோசும், கோபால் ஐயங்காரும் (Ambrose and Gopal Ayengar, 1953) குறிப்பிட்டுள்ளார்கள். டவுன்ஸ், சர்கார் (Dounce, Sarkar, 1960) ஹிஸ்டோன் அற்ற புரதமும் இணைப்பிகளாக உள்ளன என்று கருதுகிறார்கள். ஃபாஸ்ஃபோ கிளிசிரினும் இணைப்பியாகக் காணப்படுகிறது என்று டய்லர் (Taylor, 1963), பொரான்ஃப்ரீய்ன்ட் (Boren freund, 1964) ஆகியோர் குறிப்பிட்டிருக்கின்றனர்.

குரோமாடினில் மிகத் தெளிவற்ற முறையில், கொழுப்புப் பொருட்கள் இருக்கின்றன. இவற்றின் உலர் எடை 5-10% அளவாகும். நடுநிலைக் கொழுப்புகளைவிடப் (neutral lipids) ஃபாஸ்ஃபோ லிபிட்கள் மிகுதியாக உள்ளன. மேலும் உலோக நேர் அயனிகளான (cation) கால்சியம், மக்னீஷியம் ஆகியவையும் இருப்பதாக, மாசியா (Mazia, 1953) என்பவர் தெரிவித்திருக்கிறார். வாட்சனும், கிரிக்கும் (Watson and Crick, 1953) டி நூ அ மூலக்கூற்றின் அமைப்பைத் தெளிவாக்கிய பின்னர், அது மரபியலை உணர வாயிலாக விளங்குவதனை நன்கு உணர முடிகிறது.

நூக்ளியஸ் திரவம் (Nuclear sap)

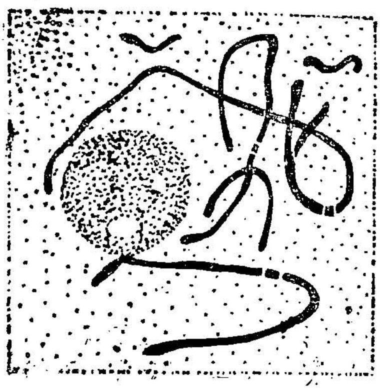
சாயமிடாத செல்களின் இடைநிலை நூக்ளியசில் ஒருதரப் பட்ட (homogeneous) துகளுடைய பொருள்கள் இருக்கின்றன என்று அறியப்பட்டது. இதில் தனிக் குரோமோசோம் திரள்களை நுணுகிக் காண இயலவில்லை. இந்நிலையில், நூக்ளியஸ் திரவத்தில் குரோமோசோம்களின் இருப்பினை, எளிதில் தெளிவாக்க முடியவில்லை. ஆயினும், நூக்ளியஸுக்குத் துளையிடும்போது ஒரு பாய்மம் திரவம் (fluid) வெளியேறுகிறது. நூக்ளியஸ் இடைவெளியை (nuclear space) இப் பாய்மம் நிரப்புகிறது. நூக்ளியோலசும், குரோமோசோம்களும் இப் பாய்மத்தால் சூழ்ந்து காணப்படுகின்றன.

நூக்ளியஸ் திரவத்தில் கொல்லாய்டுகள் இரு நிலைகளில் உள்ளன. ஒரு கொல்லாய்டு விரவிய பாய்ம நிலையிலும்

(disperse fluid), மற்றொன்று விறைப்புடைய (rigidity) வடிவக் கொல்லாய்டு நிலையிலும் (structural colloids) காணப்படுகின்றன. நூக்ளியஸ் திரவத்தில் முக்கியமாகப் புரதங்களும், அமினோ அமிலங்களும் உள்ளன. நூக்ளியஸ் திரவத்தில், அமில இயல்புடைய புரதம், டிநூஅ, ரிநூஅ ஆகிய வேதி மூலக்கூறுகள் உள்ளன.

நூக்ளியோலுஸ் (Nucleolus)

முதன் முறையாகப் ஃபாண்டானா (Fantana, 1781) என்பவர் ஒரு நூக்ளியஸில், ஒன்று அல்லது அதற்கு மேலான, முனைப்பும், அடர்த்தியும் உடைய துகள்கள் உள்ளன என்று அறிவித்தார். பின்னர், ஸ்லீடன் (Schleiden, 1839), ஸ்சாவன் (Schwann, 1839) ஆகியோர் நூக்ளியோலுஸ்களின் தோற்றத்தைப் பற்றிச் சில கருத்துகளை அறிவித்தனர். இந்தக் கருத்துகளின்படி நூக்ளியோலுஸ்கள் வடிவமற்ற கரு மூலப் பொருளிலிருந்து (blastema) திடீரென்று தாமாகவே தோன்றியன என்பது புலனாகின்றது. பெரும்பாலான இடைநிலை நூக்ளியஸ்களில் ஓர் அடர்த்தியான, உருண்டையான ரிநூஅ (RNA) புரதமுடைய அமைப்புக் காணப்படுகிறது. இந்த அமைப்பைப் பௌமன் (Bowman, 1840) நூக்ளியோலுஸ் என அழைத்தார் (படம் 15-5).



படம் 15-5.
கார்ன் (corn) செல்லின் நூக்ளியோலஸ்.

பல தாவர செல்களிலும், விலங்கு செல்களிலும் 2000 அல்லது அதற்கு மேற்பட்ட நூக்ளியோலுஸ்கள் உள்ளன. சிற்றினங்களுக்கு ஏற்றவாறு, குரோமோசோம்களின் எண்ணிக்கைக்கு ஏற்றவாறும் ஒவ்வொரு நூக்ளியஸிலும் நூக்ளியோலுஸ்கள் அமைந்துள்ளன. இதற்குச் சான்றாக, விஸியா ஃபாபாவில் (Vicia faba) ஒவ்வொரு இரட்டைமய நூக்ளியஸிலும் இரண்டு நூக்ளியோலுஸ்கள் காணப்படுவதைக் காட்டலாம். அசித்தாபுலேரியா (Acetabularia) என்ற பாசியின் வளர்ச்சி நிலைகளில், ஒரு பெரிய நூக்ளியஸில் கொத்திறைச்சிக் குழலப்ப வடிவமுடைய (sausageshaped)

நூக்ளியோலுஸ்களின் தொகுப்பு உள்ளன. இவை சுமார் 80μ வடிவமுடையவை.

மின் நுண்ணோக்கி ஆய்வுகள், நூக்ளியோலுஸில் சவ்வு உறை இன்றி, நூக்ளியஸின் மற்றைய பகுதியுடன் தொடர்பு கொண்டிருக்கிறது என்று தெளிவுபடுத்தின. நூக்ளியோலுஸின் நுண் அமைப்பு நான்கு உட்பொருள்களைக் கொண்டிருக்கும். அவை பார்டிகுலேட் (particulate), நுண்நார் இழை (fibrillar), வடிவமற்றவைகள் (amorphous), குரோமாடின் (chromatin) ஆகியவை. பார்டிகுலேட் பகுதியில் பெருமளவிற்கு ரிபொ நூக்ளியோ புரதங்கள் உள்ளன. இவற்றில் 150-200Å அகலமுடைய ரிபோசோம் போன்ற துகள்கள் ஒழுங்காக அமைந்துள்ளன. இந்த ரிபோசோம் துகள்கள் சைட்டோபிளாசத் துகள்களைவிட ஓரளவு சிறியனவாக உள்ளன. நுண் நார் இழைப் பகுதியில் 50-150Å அகலமுடைய இழைகள் உள்ளன. இவ்விரு பகுதிகளும் உட்குழி பகுதிகள் போன்று அமைந்துள்ளன. இவ்விரு பகுதிகளும் நூக்ளியோலோனிமா (nucleolonema) எனப்படுகின்றன. வடிவமற்ற (amorphous) பகுதியில் புரதமும், இறுக்கமான இழைகளும், துகள்களும் உள்ளன. ஸ்பீரோகைரா (Spirogyra) நூக்ளியோலுஸில், நூக்ளியோலுஸை உண்டாக்கும் குரோமாடின் தொடர்பு கொண்டிருக்கிறது (ஜோர்டன்-Jordon, 1965).

மைட்டோசிஸ் பகுப்பில் நூக்ளியோலுஸ் சிறப்புப் பங்கேற்கிறது. ஆயினும் ஸ்பீரோகைராவில் (Spirogyra) மைட்டோசிஸ் பகுப்புச் சுழற்சியின்போது நூக்ளியோலுஸ் மறைந்து விடுகிறது. இறுதியில் சேய் நூக்ளியஸ்களில் (daughter nucleus) நூக்ளியோலுஸ் மறு தோற்றத்தைப் பெறுகின்றது.

நூக்ளியோலுஸில் ரிநூஅ (RNA) இருப்பதை முதலில் பிராசெட் (Brachet, 1940) கண்டறிந்தார். இதற்கு வின்செண்ட் (Vincent, 1952) என்பவர் தகுந்த சான்றுகளை வழங்கினர். ரிநூஅ (RNA) மூலக்கூறுகளின் வளர்சிதைப் பண்புகளில் வேறுபட்டிருக்கிறது. இவற்றுள் ஒன்று, மாற்று ரிநூஅ (transfer RNA) ஆகும். மற்றொன்று தூது ரிநூஅ (messenger RNA) ஆகும். நூக்ளியோலுஸில் ரிநூஅ சேர்க்கை நடைபெறுகிறது. நூக்ளியோலுஸில் ரிநூஅ-த்தின் ஒரு பகுதி புரதத்துடன் சேர்வதாகத் தோன்றுகிறது. அண்மைக் கால ஆராய்ச்சிகள், நூக்ளியோலுஸில் டிநூஅ கூறு (DNA fraction) உள்ளது என்று தெளிவாக்கின. நூக்ளியோலுஸ்களில் குறைந்த

அளவுக்குப் ஃபாஸ்ஃபோலிபிடுகளும் உள்ளன. அமில ஃபாஸ் ஃபடேஸ் (acid phosphatase) நூக்ளியோசைடு ஃபாஸ்ஃபோரி லேஸ் (nucleoside phosphorylase) போன்ற நொதிகளும் நூக்ளியோலுஸில் காணப்படுகின்றன.

நூக்ளியோலுஸின் செயல் (Nucleolar function)

நூக்ளியோலுஸ் சைட்டோபிளாசப் புரதச் சேர்க்கையில் முக்கியப் பங்கேற்கிறது என்பது காஸ்பெர்ஸன் (Casperson) என்பாரின் கோட்பாடு. நூக்ளியோலுஸ்கள் நூக்ளியஸிலிருந்து, சைட்டோபிளாசத்திற்கு மரபு செய்தி மாற்றம் செய்கின்றன. இக் கருத்தினை ஹாரிஸ் (Harris, 1967) என்பவர் தெரிவித்தார். செல் பகுப்பைத் தொடங்குவதில் நூக்ளியோலுஸ் முக்கியப் பங்கேற்கின்றதென்று கால்டன், பெர்ரி (Gaulden and Perry, 1958) ஆகியோர் கருதுகின்றனர். நூக்ளியோலுஸ் ரிநூஅ - த்திலிருந்து ரிபோசோம் ரிநூஅ தோன்றியது என்ப தற்குச் சில சான்றுகளும் உள்ளன. செல் செயல்களைக் கட்டுப் படுத்தும் மையமாக, நூக்ளியோலுஸ் செயல் புரிகிறது என்று ஸ்டாகின்கர் (Stockinger, 1953) என்பவர் அறிவித்தார்.

நூக்ளியஸின் வேதியியல் பண்புகள் (Chemical properties of Nucleus)

நூக்ளியக் அமிலங்கள், புரதம் போன்ற வேதிப் பொருள்கள் பெருமளவிற்கு நூக்ளியஸில் உள்ளன. கார குணமுள்ள புரதங் களும், அமில இயல்புடைய புரதங்களும் நூக்ளியஸில் இருக் கின்றன. கார குணமுள்ள புரதங்களில் ஹிஸ்டோன்களோ (histones) அல்லது புரோடமைன்களோ (protomines) உள்ளன. இருவகைப் புரதங்களிலும் கார குணமுள்ள அமினோ அமிலங்களும் (basic amino acids), லைசின் (lysine), ஹிஸ்டிடைன் (histidine), ஆர்ஜினைன் (arginine) ஆகியவை யும் உள்ளன. நூக்ளியஸ்களின் அமில இயல்புடைய புரதங் களில் ஹிஸ்டோன் புரதங்களும் (histones) ஹிஸ்டோன்கள் அற்ற புரதங்களும் (non histones) இருக்கின்றன.

நூக்ளியஸ் மூலக் கூறுகளில் 20-40% நூக்ளியக் அமிலங் கள் (nucleic acids) இருக்கின்றன. முக்கியமாகக் குரோமாடி னில் டி நூ அ வும் (DNA) நூக்ளியஸைச் சுற்றியும் ரி நூ அ வும் காணப்படுகின்றன. நூக்ளியஸில், நூக்ளியக் அமிலங்களை விடப் புரத மூலக் கூறுகளின் எடை அதிகமாக உள்ளது. (அட்டவணை. 15-1).

அட்டவணை 15-1.

நூக்ளியஸில் டி நூ அ, ரி நூ அ, புரதம் ஆகியவற்றின் அளவு.

தாவரம்	புரதம் எடை%	டி நூ அ எடை%	ரி நூ அ எடை%
ஈஸ்ட் (Yeast)	88	3	9
பட்டாணி நாற்று (Pea seedlings)	74	14	12
பட்டாணி தண்டு (Pea stem)	76	16	8
பட்டாணி வேர் நுனி (Pea root tip)	61	20	19
பட்டாணி கரு (Pea embryo)	63	25	11
கோதுமை கரு (Wheat embryo)	53	5	4
வெங்காய வேர் நுனி (Onion root tip)	61	33	6

நூக்ளியஸ் டி நூ அ, குரோமோசோம்களில் உள்ளது என்று கருதப்படுகின்றது. நூக்ளியஸ் டி நூ அ உட்பொருள், குரோமோசோமின் எண்ணிக்கையுடன், செல் சுழற்சி நிலையுடனும் தொடர்பு பெற்றிருக்கின்றது. டி நூ அ வும், கார குணமுள்ள புரதங்களும், பெரும் அளவிற்கு குரோமோசோம் பொருள்களில் காணப்படுகின்றன. இவை செல் வகைகளுக்கு ஏற்றவாறு சில வேறுபாடுகளைப் பெற்றிருக்கின்றன. குரோமோசோம்களில் ரி நூ அ நிலையான அமைப்பில் இல்லை.

நூக்ளியஸ் பொருள்களில் அடுத்து அதிகமாகக் காணப்படுவன லிபிடுகளே ஆகும். நூக்ளியஸில் இவை 3-10% வரை உள்ளன. நூக்ளியஸில், குறிப்பாக லிசிதின் (Lecithin) என்னும் ஃபாஸ்ஃபோலிபிடுகள் (Phospholipids) இருக்கின்றன. நூக்ளியஸ் சவ்வு, நூக்ளியோலஸ், குரோமோசோம்கள் ஆகிய பகுதிகளில் லிபிடுகள் உள்ளன என்று அறிவிக்கப்பட்டது.

நொதிகள், நூக்ளியஸின் உட்பொருளாகும். இந்த நொதிகள் ரி நூ அ சேர்க்கை, டி நூ அ சேர்க்கை, புரதச் சேர்க்கை ஆகியவற்றுக்கு உதவுகின்றன. இச் செயலில் ஈடு படக் கூடிய நொதிகள் நூக்ளியோசைட் ஃபாஸ்ஃபொரிலோஸ் (nucleoside phosphorylose), ரிபோநூக்ளியேஸ் (ribonuclease) என்பவன ஆகும். நூக்ளியஸில் ரி நூ அ-த்தின் பெரும் பகுதி சேர்க்கப்பட்டு, பின்னர் சைட்டோபிளாசத்திற்கு அனுப்பப்படுகின்றன. ரி நூ அ பாலிமெரேஸ் (RNA polymerase), ரிபோநூக்ளியேஸ் (Ribonuclease) ஆகிய நொதிகள் மற்றைய பகுதிகளைவிட நூக்ளியோலுஸில் செயல்படுகின்றன. நூக்ளியோலுஸின் புறப்பகுதியில், டி ஆக்சி ரிபோநூக்ளியேஸ் (Deoxyribonucleases), அடினோசைன் டிரைஃபாஸ்ஃபடேஸ் பி (Adenosine triphosphatase B) போன்ற நொதிகள் உள்ளன. சுவாசச் சுழற்சியில் ஈடுபடும் சில நொதிகளும் நூக்ளியஸில் இருக்கின்றன.

அனங்ககப் பொருள்கள் நூக்ளியஸில் குறைந்த அளவிற்கு இருப்பினும், இவை உயிர் வேதியியல் சிறப்புடையவையாகும். கால்சியம் (Calcium), மக்னீசியம் (magnesium), இரும்பு (Iron), துத்தநாகம் (zinc) ஆகிய அனங்ககப் பொருள்கள் நூக்ளியஸில் காணப்படுகின்றன. இவை நொதிச் செயலுக்கு இன்றியமையாதன.

நூக்ளியஸின் வளர்ச்சி (Development of Nucleus)

மைட்டோசிஸ் சுழற்சியின்போது நூக்ளியஸ் தெளிவான வளர்ச்சியை அடைகிறது. நூக்ளியஸும், நூக்ளியோலுஸும், இடைநிலை முழுவதிலும் வளர்ச்சியைப் பெறுகின்றன. இந்த வளர்ச்சியின் போது புரதமும், நூக்ளியக் அமிலமும், குவிந்து பெரிய வடிவமுடைய நூக்ளியஸை முதல் நிலையின் (prophase) இறுதியில் ஏற்படுத்துகின்றன. இடை நிலையின் போது, நூக்ளியஸ் நீரை உட்கொள்ளுவதால் வளர்ச்சியைப் பெறுகிறது.

வேரின் செல்கள் முதிர்ச்சி அடையும் போது நூக்ளியஸ் உட் பொருள்களின் வளர்ச்சி குறைகிறது. வேர்களின் வளரும் செல்களில் சைட்டோபிளாசப் புரதமும், ரி நூ அ-வும் தொடர்ந்து அதிகரிக்கின்றன. ஆயினும் நூக்ளியஸ் புரதமும், ரி நூ அ வும் குறைந்த வளர்ச்சியைப் பெறுகின்றன.

நூக்ளியஸின் செயல் (Function of Nucleus)

ஆக்கு செல்களில் நூக்ளியஸ் உறை குரோமோசோம்களை வைத்திருக்கும் பையாகச் (bag) செயற்படுகிறது. இத்துடன்

நூக்ளியஸுக்கும் ஸைட்டோபிளாசத்துக்கும் இடையே, மூலக் கூறுகளின் பெயர்ச்சி, நூக்ளியஸ் உறையின் வாயிலாக நடை பெறுகிறது. நூக்ளியஸ் உறை, மைட்டோகாண்டிரியான்கள், பசுங் கணிகங்கள் ஆகியவற்றைத் தோற்றுவிக்க உதவுகிறது. பகுப்பு முடிந்த செல்களிலும், பகுப்படைவதற்கு முன் நிலைகளி லும், குரோமோசோம்களின் நகல் ஆக்கம் (replication) ஏற்படு கிறது. செல் பகுப்பின் போது நூக்ளியஸ் திரவம் இரட்டை ஒளிமுறிவு உடையதாகி கதிர் இழைகளைத் (spindles) தோற்றுவிக்கிறது.

செல்லில் ரி நூ அ சேர்க்கை முக்கியமாக நூக்ளியஸில் நடைபெறுகிறதென்று பல ஆய்வுகள் தெளிவாக்கின. ரி நூ அ சேர்க்கை குரோமாடினிலும், நூக்ளியோலுஸிலும் நடை பெற்ற போதிலும், குரோமாடின் சேர்க்கப்பட்ட ரி நூ அ நூக்ளியோலுஸுக்குச் சென்று, சேமித்து வைக்கப்படுகிறது. மாற்று ரி நூ அ (transfer RNA) சேர்க்கை நூக்ளியஸில் நடைபெறுகிறது. பெரும் அளவு தூது ரி நூ அ (messenger RNA) நூக்ளியஸில் காணப்படுகிறது. தூது ரி நூ அ நூக்ளிய ஸில் சேர்க்கப்படுகிறது. அது நூக்ளியஸிலேயே இருந்து, புரதச் சேர்க்கையில் ஈடுபடுகிறது.

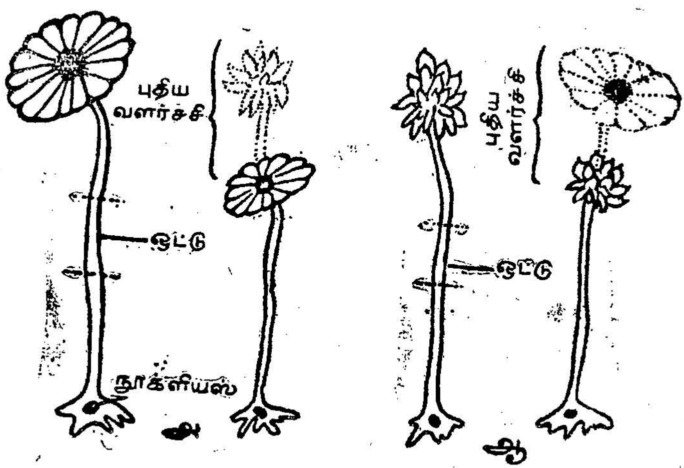
நூக்ளியோலுஸ், புரதச் சேர்க்கை நடைபெறும் இடமாகத் திகழ்கின்றது. அஸிடாபுலேரியா (Acetabu laria) என்ற பாசியில் வடிவ அமைப்புத் தோற்றுப் பொருள்களை (morphogene tic substances) உண்டாக்கும் செயலில் நூக்ளியஸ் முக்கியப் பங்கேற்கிறது. செல் ஆக்சீகரணங்கள் யாவும் நூக்ளியஸில் நடைபெறுகின்றன.

அஸிடாபுலேரியாவில் (Acetabularia) நூக்ளியஸ் இல்லாத நிலையிலும், மறு பிறப்புத் (regeneration) தொடர்கிறது. இதுவே ஹாமர்லிங் (Hammerling, 1934) என்பவரின் அடிப்படைக் கண்டுபிடிப்பாகும்.

ஹாமர்லிங்கும், அவருடைய உதவியாளர்களும், ஒரு செல் பாசியான அஸிடாபுலேரியாவில் (Acetabularia) பல முக்கிய மான ஆய்வுகளைச் செய்தனர். அஸிடாபுலேரியா ஆல்காவில், பசுங்கணிகங்கள் கொண்ட குறுகிய காம்பும், ரைசாயிடுகளும் உள்ளன. ரைசாயிடுகளில் ஏதாவது ஒன்றில், ஒரு நூக்ளியஸ் இருக்கிறது. இந்த நூக்ளியஸில் உப்பு மூல விருப்பமுடைய (Basophilic) நூக்ளியோலுஸ் காணப்படுகிறது. காம்பிற்கு

நுனியில், இனப்பெருக்கத்திற்குரிய 'தொப்பி' (Cap) ஒன்று அமைந்திருக்கிறது. அஸிடாபுலேரியா செல்லில், நூக்ளியஸைச் சார்ந்த வடிவ அமைப்புத் தோற்றுப் பொருட்கள் (morphogenetic substances) சேமிக்கப் படுகின்றன. இப் பொருள்கள் நூக்ளியஸ் அற்ற பகுதியின் வடிவ அமைப்பைத் தோற்றுவிக்கும் தகுதியை முடிவு செய்கிறது. ஹாமர்லிங் தம் ஆய்வின் முடிந்த கருத்தாக இதனைத் தெரிவித்தார்.

பின்னர், ஹாமர்லிங் (Hammerling, 1946), பெத் (Beth, 1943), மாஸ்சலன்கா (MaschlanKa, 1946) ஆகியோர் சிற்றின இடைக் கலப்பு (Interspecific), ஒட்டு (graft) போன்ற குறிப்பிடத்தக்க ஆய்வுகளைச் செய்தனர். இந்த ஆய்வுகளில் அஸிடாபுலேரியா மெடித்தரேனியா (Acetabularia mediterranea), அஸிடாபுலேரியா கிரினுலாத்தா (Acetabularia Crenulata), ஆகிய இரண்டு சிற்றினங்களுக்கிடையே ஒட்டுச் செய்யப்பட்டது (படம் 15-6). இவ்விரண்டு சிற்றினங்களிலும் 'தொப்பியின்' (Cap) வடிவம் வேறுபட்டிருக்கிறது. 'தொப்பிக்கும்', நூக்ளியஸுக்கும் இடையே உள்ள காம்பின் ஒரு பகுதியை



படம் 15-6.

அ-அஸிடாபுலேரியா மெடித்தரேனியா, ஆ-அஸிடாபுலேரியா கிரினுலேத்தா பாசிகளின் ஒட்டு முறைகள்.

நீக்கிய போது, இது மறுபிறப்பைத் தொடங்குகிறது. அஸிடாபுலேரியா மெடித்தரேனியாவின் ஒரு பகுதியை, தலை துண்டிக்கப்பட்ட மற்றோர் அஸிடாபுலேரியா கிரினுலாத்தாவுடன்

ஒட்டினர். இதே போன்று எதிரெதிர் மாறுகவும் ஒட்டினர். ஒவ்வொன்றிலும், 'தொப்பி' வழக்கமான வடிவத்தைப் பெற்றது. ஆயினும் முடிவாகத் தொப்பியின் வடிவம் மாறு கிறது. அடிப் பகுதி நூக்ளியஸின் பண்புக்கு ஏற்ற தொப்பியை உண்டாக்குகிறது (படம் 15-6). இந்த மாற்றத்திற்கு நூக்ளியஸினல் உண்டான வடிவ அமைப்புத் தோற்றுப் பொருள்களே காரணமாக உள்ளன. இவ்வகையில் நூக்ளியோ ஸைட்டோபிளாசத்தின் இடைவினை ஏற்படுகின்றது.

நூக்ளியஸின் அமைப்பு, ஸைட்டோபிளாசத்துடன் அதன் தொடர்பு, பாலிநூக்ளியோடைட் தொடருடன் அதன் இடை வினை (interaction), ஆகிய பண்புகள் யாவும் இனித் தெளி வாக்கப்பட வேண்டும்.

16. குரோமோசோம்கள்

(Chromosomes)

பல ஆண்டுகளாகக் குரோமோசோம்கள் ஸெல்லியல் வல்லுநர்களின் கவனத்தைக் கவர்ந்து வந்துள்ளன. ஹாப்மீஸ்டர் (Hofmeister, 1848) திராடெஸ்காந்தியா (Tradescantia) போன்ற தாவரங்களில் மகரந்த தாய் ஸெல்களில் (Pollen mother cells) குரோமோசோம்கள் இருப்பதை முதன் முறையாகக் கண்டறிந்தார். தாவர, விலங்கு ஸெல்கள் பகுப்படையும் போது, மென் கம்பி இழை போன்ற (thread like) குரோமோசோம் கூறுகள் ஏற்படுகின்றன என்று ஃபிலெம்மிங் (Flemming, 1880) கருதினுர். முதன் முறையாகக் குரோமோசோம் என்ற பெயரைச் சூட்டியவர் வால்டேயர் (Waldeyer, 1888) என்பவராவார். டீராபர்டிஸ் (DeRobertis, 1954) என்பவருடைய கருத்துப்படி குரோமோசோம்கள் என்பது நூக்ளியஸின் ஒரு பகுதி. யூகேரியோட்டில் (Eukaryote) பலவகைக் குரோமோசோம்கள் உள்ளன என்று டார்லிங்டன் (Darlington, 1937), ஒய்ட் (White, 1950) ஆகியோர் அறிவித்தனர்.

குரோமோசோம்கள் குறிப்பிட்ட அமைப்பையும் தனித்தன்மையையும், செயல் திறனையும் கொண்டவை. இவை இரட்டிப்புச் செய்யும் தன்மையுடையவை (self duplicating). தொடர்ந்து வரும் ஸெல் பகுப்பின் போது அவை தங்களுடைய வடிவ அமைப்பையும், செயலியல் பண்புகளையும் (physiological properties) ஒரே நிலையில் வைத்துக் கொள்கின்றன. குரோமோசோம்கள் ஸெல் பகுப்பின் போது மட்டுமே இருக்கின்றன என்றும், பின்பு இடைநிலையின் போது தன் உருவிழந்து மறைந்து விடுகின்றன என்றும் முன்பு கருதப்பட்டது. ஆனல் இன்று ஒரு ஸெல்லின் வாழ்நாள் முழுவதிலும் குரோமோசோம்கள் உள்ளன என்றும், ஸெல் பகுப்பின் போது மட்டும் தான்

நன்கு புலனுகின்றன என்றும், தங்களுடைய தனிப் பண்புகளை ஒருபோதும் இழந்து விடுவதில்லை என்றும் நிலைநிறுத்தியுள்ளனர். குரோமோசோம்கள் ஜீன்களைக் (genes) கொண்டு செல்பவை. இது குரோமோசோம்களின் சிறப்புப் பண்பு ஆகும். ஸெல்லின் மற்றைய உட்பொருள்களை விடக் குரோமோசோம்கள் பல முறைகளில் அதிகத் திடப்பற்றுடையவை (constancy). எல்லாத் தாவர ஸெல்களிலும் விலங்கு ஸெல்களிலும் ஒன்று அல்லது அதற்கு மேற்பட்ட குரோமோசோம்கள் அவற்றின் நூக்ளியஸ்களில் காணப்படுகின்றன. குறிப்பிட்ட குரோமோசோம்களின் அமைப்பும், அவற்றின் பல வேறுபாடுகளும், ஸெல் பகுப்புகளின் போது, அவற்றின் ஒழுங்கற்ற தன்மையும் பற்றி இந்த அத்தியாயத்தில் தெளிவாக்கப்பட்டிருக்கிறது.

குரோமோசோம்களின் எண்ணிக்கை

பொதுவாக, ஒரு சிற்றினத்தின் ஸெல்லில், குரோமோசோம்களின் எண்ணிக்கை நிலையானது. ஆனல் அண்மைக் கால ஆய்வுகள் இந்தக் கருத்து முற்றிலும் சரியானதன்று எனத் தெளிவாக்கின. இதற்குச் சான்ருகக் கிளெய்த்தோனிய விர்ஜீனியாக்கா (claytonia virginiaca) என்னும் இனத்தில் மட்டும் குரோமோசோம்களின் அமைப்பு வேறுபாட்டுடன், சுமார் 50 வகைகளான ஸைட்டோடைப்புகள் (cytotypes) இருப்பது கண்டுபிடிக்கப்பட்டுள்ளது.

வழக்கமாகப் பூக்கும் தாவரங்களில் 12 ஒற்றைமய (haploid) குரோமோசோம்கள் காணப்படுகின்றன. இதில் சில பிரிவுகளில் எட்டிலிருந்து பதினறுவரை ஒற்றைமயக் குரோமோசோம்கள் இருக்கின்றன. அதைப் போலவே பூஞ்சைகளிலும் 3-8 ஒற்றைமயக் குரோமோசோம்கள் உள்ளன. ஒவ்வோர் அடிப்படை ஒற்றைமயக் குரோமோசோமும் (Basic haploid chromosome) குறைந்த எண்ணிக்கையை உடைய முழு ஜீன்களின் தொகுப்பைப் பெற்றிருக்கின்றன. ஒற்றைமயக் குரோமோசோம் தொகுப்பிற்கு (set) ஜினேம் (genome) என்ற குறிப்பிட்ட சொல் வழங்கப்பட்டது. ஓர் இரட்டைமயக் (diploid) குரோமோசோம் தொகுப்பில், இரண்டு ஒற்றை மயக் குரோமோசோம் தொகுப்புகள் உள்ளன. இதில் ஒவ்வோர் ஒற்றைமயக் குரோமோசோம் தொகுப்பும், மற்றத் தொகுப்புடன் ஒத்திசைவைப் (homologous) பெற்றிருக்கின்றன. ஓர் ஒற்றை மயக் குரோமோசோம் தொகுப்பில், ஒரு குரோமோசோம் குறைந்தோ அல்லது ஒன்றுகூடியோ இருந்தால் அது அன்யுப் பிளாயிடு (Aneuploid) எனப்படுகிறது. சில காமிட்டுகளில்

(gametes) குரோமோசோம் எண்ணிக்கை, அதற்குரிய எண்ணிக்கையை விடப் பன்மடங்காக இருக்குமெனில் அத் தொகுப்பினை யுப்பிளாயிடு (Euploid) என்பர். இரண்டு தொகுப்புக் குரோமோசோம்களைவிட அதிக தொகுப்புகள் காணப்பட்டால் அது பாலிபிளாயிடு (Polyploid) எனப்படும். இவை மேலும் இரண்டு அல்லது மூன்று வகைகளாகப் பிரிக்கப் பட்டிருக்கின்றன. தாவரங்களில், பல சிற்றினங்களின் குரோ மோசோம்களின் எண்ணிக்கை, அட்டவணை 16-1 இல் தரப் பட்டுள்ளது.

அட்டவணை 16-1.

சில தாவரங்களில் குரோமோசோம் எண்ணிக்கை

தாவரத்தின் பெயர்	ஒற்றைமயக் குரோமோசோம் எண்ணிக்கை
அகேவ் அமெரிகானு (Agave americana)	30, 60, 90
அல்லியும் ஸீபா (Allium cepa)	8
மக்னோலியா கிரான்டிஃப்புளோரா (Magnolia grandiflora)	57
நூரோஸ் போரா கிரஸ்ஸா (Neurospora crassa)	7
பைபர் நிக்ரும் (Piper nigrum)	64
திரித்திக்கும் ஈஸ்த்திவும் (Triticum aesticum)	21
ஸீயா மைய்ஸ் (Zea mays)	10

இந்த அட்டவணையின் மூலம், தாவரங்களிடையே மிகுந்த வேறுபாடு இருக்கிறது என்பது புலனாகிறது. ஆகையினால் குரோமோசோம்களின் எண்ணிக்கைக்கு ஏற்பத் தாவரங்களை வகைப்படுத்துவது அவ்வளவு எளிதன்று.

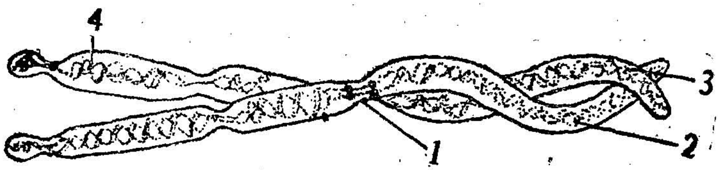
குரோமோசோம்களின் வடிவ அமைப்பு
(Morphology of Chromosomes)

குரோமோசோம்கள் *0·5-30* மைக்கிரான் நீளமும், *0·2-3* மைக்கிரான் அகலமும் உடையவை. செல் மைட்டாசிஸ் பகுப்பின் மைய நிலையின் போது (metaphase) குரோமோ சோம்களை அளவிடலாம். தாவரங்களில், விலங்குகளைவிட மிகப் பெரிய குரோமோசோம்கள் உள்ளன. திரில்லியும் சிற்றினத்தில் (Trillium species) மிகப் பெரிய, 32 மைக்கிரான் நீளமுடைய குரோமோசோம்கள், மைய நிலையின் போது காணப்படுகின்றன. இரட்டைமயக் கோதுமையில் (diploid wheat) 14 குரோமோசோம்களின் நீளம் *172* மைக்கிரான்கள் (பாஸ்கரன், சுவாமிநாதன், *1960*) ஆகும். சொர்க்கும் (sorghum sp.) *10* குரோமோசோம்களின் மொத்த நீளம் *61-70* மைக்கிரான்களாகும்.

மையநிலையின் போது (metaphase) குரோமோசோம்கள் பல திருகு சுருள் உடையனவாகக் காணப்படுகின்றன. ஆகையினால் இவை தடித்தும், குறுகியும் உள்ளன. ஒவ்வொரு குரோமோசோமிலும் இரண்டு குரோமாடிடுகள் (Chromatids) இருக்கின்றன. இரு குரோமாடிடுகள் நீளவாட்டில், கைனிடோ கோர் (kinetochore) என்னும் பகுதியில் இறுக்கமாகப் பிடி பட்டிருக்கின்றன. கைனிடோகோர், குரோமோசோமின் முதல் ஒடுக்கத்தைப் (primary constriction) பெற்றுள்ளன. ஒவ் வொரு குரோமாடிட்டிலும் ஒன்று அல்லது பல இழைகளைக் கொண்ட குரோமொனிமா (chromonema) சுருண்டு அமைக்கப் பட்டிருக்கின்றன. இவை நூக்ளியோ புரதங்களால் (nucleo-proteins) ஆனவை. இவற்றினுடைய உள் அமைப்பு இது வரை தெளிவாக்கப் படவில்லை. குரோமொனிமாவைச் சுற்றியும் அடிப்பொருள் (matrix) இருக்கிறது. இதனால் குரோமோசோம் மிருதுவான உருவரையைப் பெறுகிறது. அடிப்பொருளின் வெளிப் பரப்பு ஒருவகைப்பட்ட சவ்வினால் உருவாக்கப்பட்டது. இது பெல்லிகில் (pellicle) எனப்படும். மின் நுண்ணோக்கியியல் குரோமோசோம்களில், சவ்வுத் தன்மையுடைய பெல்லிக்கில் காணப்படவில்லை எனக் காட்டியுள்ளது. மேலும் குரோமோ சோமில் அடிப்பொருள் உள்ளதா என்பதே கேள்விக்குறியாக இருந்து வருகிறது (படம் 16-1).

குரோமோசோமின் நீளத்தில், கைனிடோகோர் ஏதாவது ஒரு நிலையில் இடம் பெற்றிருக்கின்றது. கைனிடோகோர் நிலைக்கு ஏற்றவாறும், மையநிலை (metaphase) அல்லது பிரிநிலை

களில் (anaphase) குரோமோசோம்களின் அமைப்புக்குத் தக்க வாறும் இவை மூன்று வகைகளாகப் பிரிக்கப்படுகின்றன.

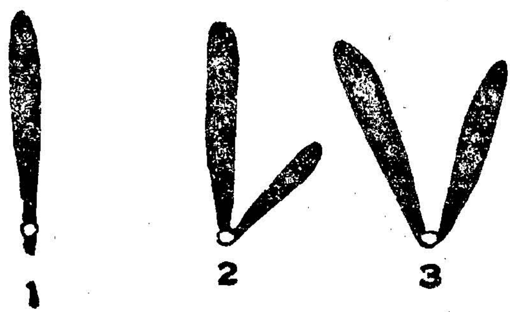


படம் 16-1.
மையநிலைக் குரோமோசோமின் அமைப்பு.
1. சென்டிரோமியர், 2. இரு குரோமாடிடுகள், 3. இடையீட்டுப் பொருள், 4. குரோமனிமா.

அவை: 1. நுனி மையக் குரோமோசோம் (acrocentric chromosome) 2. கீழ் நடுநுனிக் குரோமோசோம் (submetacentric chromosome) 3. நடு நுனிக் குரோமோசோம் (metacentric chromosome) என்பன.

நுனி மையக் குரோமோசோம் (acrocentric chromosome)

இவ்வகைக் குரோமோசோம்கள் கோல் வடிவமுடையவை (rod shaped). இவற்றில் கைனிடோகோர் நுனிக்குச் சற்றுக்



படம் 16-2.
மூவகைக் குரோமோசோம்கள்.
1. நுனி மையக் குரோமோசோம், 2. கீழ் நடு நுனிக் குரோமோசோம், 3. நடு நுனிக் குரோமோசோம்.

கீழே அமைந்திருக்கிறது. இதன் காரணமாகக் குரோமோசோமின் ஒரு கரமானது (arm) மிகச் சிறியதாகப் புலப்படாத வகையில் இருக்கின்றது (படம் 16-2).

கீழ்நடுநுனிக் குரோமோசோம் (submeta centric chromosome)

இவ்வகைக் குரோமோசோம்களில் கைனிடோகோர், குரோமோசோமினது கீழ் மையப் பகுதியின் பக்கத்தில் அமைந்துள்ளது. எனவே குரோமோசோமின் இரு கரங்களும் சமமில்லாமல் 'ட' வடிவத்தில் இருக்கின்றன (படம் 16-2).

நடு நுனிக் குரோமோசோம் (Metacentric Chromosome)

இவ்வகைக் குரோமோசோமில் கைனிடோகோர் மையப் பகுதியில் அமைந்து, இரு சமமான அல்லது ஏறத்தாழச் சமமான கரங்களுடன் 'V' வடிவத்தில் காணப்படுகிறது (படம் 16-2).

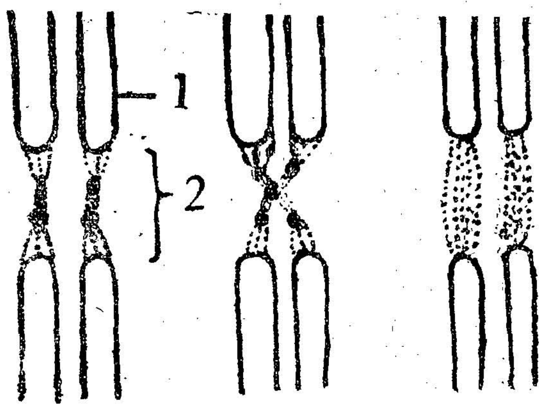
ஒவ்வொரு குறிப்பிட்ட குரோமோசோமுக்கும் கைனிடோகோரின் வகை நிலையானது. ஆகையினால் கீழ் நடுநுனிக் குரோமோசோம் இந்த உருவரையை மாற்றாமல் தனிப்பட்ட செல்கள் எல்லாவற்றிலும் காணப்படுகிறது. ஒரு சிற்றினத்திலோ அல்லது இனத்திலோ குரோமோசோமின் வகை நிரந்தரமானது.

கைனிடோகோரின் அமைப்பு (Structure of the Kinetochore)

பொதுவாகக் கைனிடோகோர், வேறுபாடின்றி எஞ்சிய குரோமோசோமின் அமைப்பைப் போல அமைக்கப்பட்டிருக்கும். கைனிடோகோரில் குறைந்தளவிற்கு டிநூஅ காணப்படுகிறது. குரோமோசோமில் சுருக்கமுடைய இப் பகுதிகள் மிகக் குறைந்த நிறத்தை ஏற்கின்றன. மற்றும் கைனிடோகோரில் நுண்நார்கள் (fibrills), எஞ்சிய குரோமோசோமை விடத் தளர்ந்த சுற்றுடனோ அல்லது குறைந்த சுற்றுடனோ காணப்படுகின்றன. இதன் காரணமாகக் கைனிடோகோர் குறைந்த நிறத்தை ஏற்கிறது.

மின் நுண்ணோக்கி ஆராய்ச்சிகள் கைனிடோகோரின் நுண் அமைப்பை ஓரளவிற்குத் தெளிவாக்கின. தாவரங்களிலும், விலங்குகளிலும் இவை ஒரே பொது அமைப்பில் காணப்படவில்லை. ஒவ்வொரு கைனிடோகோரிலும் ஒன்று அல்லது அதற்கு மேலான குரோமோமியர்கள் (chromomeres) உள்ளன. இவை வடிவ வேறுபாட்டுடனும், குரோமோமியர்களுக்கு இடையே நுண் நார்களையும் (interchromomeral fibrillae) பெற்றுக் காணப்படுகின்றன. குரோமோசோமின் நுண் நார் இழைகளைக் குரோமோனிமேடா (chromonemata) என்பர். கைனிடோகோரில் நார் இழைகளின் எண்ணிக்கை ஓரளவிற்கு வேறு

பட்டிருக்கிறது. ஆயினும் சில இழைகள் தெளிவாகத் தென்படுகின்றன. எல்லாக் கைனிடோகோர்களிலும் குரோமோமியர்கள் தெளிவாகத் தெரிவதில்லை. கைனிடோகோரின் பல அமைப்புகளைப் படம் 16-3-ல் காண்க.

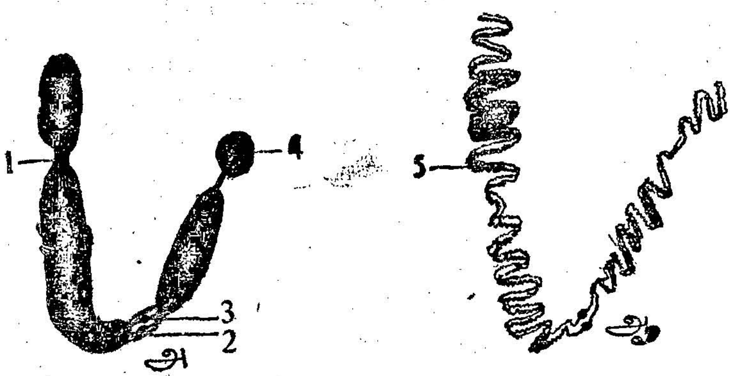


படம் 16-3.
கைனிடோகோர் அமைப்பு.
1. குரோமாடிடு, 2. கைனிடோகோர்.

சில குரோமோசோமில் ஒரு எல்லைக்குட்பட்ட கைனிடோகோர் காணப்படுவதில்லை. சிலவற்றில் ஒன்றிற்கு மேற்பட்ட கைனிடோகோர்கள் இருப்பதால் அவை பல மையக் (Polycentric) குரோமோசோம்கள் எனப்படுகின்றன. சில குரோமோசோமில் கைனிடோகோர்கள் பரவலான அமைப்பில் உள்ளன.

குரோமோசோமில் கைனிடோகோர்களுடன் இரண்டாம் ஒடுக்கங்களும் (secondary constrictions) ஸாடிலைட் திரள்களும் (satellite bodies) காணப்படுகின்றன. குரோமோசோமில் கைனிடோகோர் சுருக்கத்தோடு இரண்டாம் ஒடுக்கமும் தெளிவாகக் காணப்படுகின்றது. இவ் விரண்டாம் ஒடுக்கம் செல் இடைநிலையின் போது நூக்ளியஸோடு தொடர்பு கொண்டு, செல் பகுப்பின் இறுதியில் நூக்ளியோலுஸை மீண்டும் ஒழுங்கமைவு செய்வதில் முக்கியப் பங்கேற்கிறது. ஆதலால் இரண்டாம் ஒடுக்கத்தை நூக்ளியோலுஸ் உண்டாகும் இடம் எனவும் கூறுவர். இது ஹிட்டிரோ குரோமாடிக் பகுதியாகக் (heterochromatic region) காணப்படுகிறது. இப் பகுதிக்கப்பால் மற்றுமொரு குரோமோசோமின் பகுதி (segment) நீண்டு காணப்படுகிறது. இந்த நீட்சி ஸாடிலைட் திரள் எனப்படும். இரண்

டாம் ஒடுக்கத்தின் நிலைக்கு ஏற்ப ஸாடிலைட் திரள்களின் வடிவம் வேறுபட்டிருக்கும். ஸாடிலைட், குரோமோசோமின் முடிவிற்கு அருகில் புலப்படக் கூடிய புள்ளியாகக் (Perceptible dot) காணப்படுகிறது. இது பொதுவாக மையக்குரோமோசோமுடன் மெல்லிய நுண் இழைகளின் மூலம் இணைக்கப்பட்டிருக்கிறது (படம் 16-4).



படம் 16-4.
ஸாட்குரோமோசோமின் அமைப்பு.
அ. குரோமோசோமின் வெளி தோற்றம்.
ஆ. குரோமோசோமின் உள் தோற்றம்.
1. இரண்டாம் ஒடுக்கம், 2. செண்டிரோமியர், 3. கதிர் இழை, 4. சாடிலைட், 5. குரோமானிமேடா.

ஒரு குறிப்பிட்ட ஜினோமில், குறைந்தது ஒரு குரோமோசோமாவது இரண்டாம் ஒடுக்கத்தையும், ஸாடிலைட்டையும் பெறுகிறது.

குரோமோசோமின் நுண் அமைப்பு
(Fine Structure of the Chromosome)

குரோமோசோமின் நுண் அமைப்பிற்கு இரண்டு உருப்படிவங்கள் (chromosomal models) உண்டு. ஓர் உருப்படிவம் (model) குரோமோசோமில், பல இழைகள் உள்ளன என்று தெளிவாக்குகிறது. குரோமோசோமில், நீளமான சுருளமைவுடைய நூக்ளியோ புரத நார் இழைகள் (nucleoprotein fibrils) உள்ளன என்று பிறிதோர் உருப்படிவம் (model) புலப்படுத்துகிறது.

திராடெஸ்காந்தியாவின் (Tradescantia) குரோமோசோம் ஒவ்வொன்றிலும் எட்டுக் குரோமோனீமாக்கள் (Chromonema)

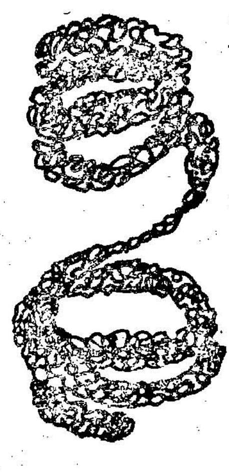
உள்ளன. ஒவ்வொரு குரோமோனிமாவும், குரோமாடிட்டின் காற்பங்கை (quarter) குறித்துக் காட்டுகிறது. இவ்வாறு நான்கு குரோமோனிமாக்களை ஒரு குரோமாடிட் பெற்றிருக்கிறது. மனிதனின் லிம்ஃபோசைட் (human lymphocyte) குரோமோசோமில் பதினாறு இழைகள் உள்ளன. ஒவ்வோர் இழையிலும் டி நூ அ வின் இரட்டைத் திருகும் (double helix), புரதமும் தொடர்பு கொண்டிருக்கின்றன. இந்த அமைப்பு நிலை ஒவ்வொன்றிலும் சுருள்கள் காணப்படுகின்றன. சுருளமைப்புத் தனிப்பட்ட புரத அமைப்பினையும், ca^{++}, mg^{++} போன்ற ஈரிணைத்திற அணு நேர் அயனிகளையும் சார்ந்து இருக்கின்றது. டி நூ அ வின் இரட்டைத் திருகும், புரதமும் நேர் அயனிகளால் (cations) ஒன்று சேர்க்கப்படுகின்றன. டிநூஅ இரட்டைத் திருகின் சுருள்கள் புரதத்தைச் சார்ந்திருக்கும். புரதமும் டிநூஅ விற்குக் கட்டுபட்டிருக்கும். இதற்குச் சான்ருக, டிநூஅ இழைகள் ஹிஸ்டோன் புரதத்துடன் (histone protein) கூட்டாக இருக்கும் போது இழைகளின் நீளம் குறைகிறது. டிநூஅ மூலக் கூறுகள் ஹிஸ்டோன்களால் (histones) இணைக்கப்படுகின்றன. இவை ஈரிணைத்திற அணு நேர் அயனிகளுடன் (divalent cations) கூட்டாக அமைக்கப்பட்டிருக்கின்றன. இந்த அமைப்பின் பயஞக மிகச் சுருண்ட குரோமாடின் தோன்றுகிறது. இவற்றின் அடிப்படை நார் இழைகள் ஒவ்வொன்றும் 100-200Å தடிப்புடையவை.

கீழ் நிலை அமைவுகளில் (lower level of organization) இரட்டைத் திருகு அமைவுடையதும், 20 Å அகலமுடையதுமான, டி நு அ மூலக் கூறுகள் உள்ளன. இத்துடன் புரத மூலக் கூறுகள் கூட்டாகச் சேருவதனுல் அடிப்படை மூலக் கூற்று அலகின் விட்டம் 35-40Å ஆக மாறுகிறது. நுண்நார் இழைகள் குரோமோசோம் அலகாக இருப்பதை நுண்ணோக்கியில் காணலாம். இந்நுண்நார் இழை ஒவ்வொன்றும் 100Å தடிப்புடையவை. நுண் நார் இழையில் இரண்டு டி நூ அ, இரட்டைத் திருகு அமைப்பில் உள்ளன. ஒரு காற்பகுதி குரோமாடிட்டில் (quartar Chromatid) நான்கு 100Å நார் இழைகள் இருக்கின்றன. எனவே அது 400Å தடிப்புடையதாக உள்ளது. இதில் டி நூ அ வின் எட்டு இரட்டைத் திருகுகளும், புரதங்களும் கூட்டாக உள்ளன. இரு காற்பகுதிக் குரோமாடிட்கள். ஓர் அரைப்பகுதி குரோமாடிட்டை உண்டாக்குகின்றன. ஒரு குரோமாடிட்டில் இரண்டு அரைக் குரோமாடிடுகள் உள்ளன. இவற்றில் மொத்தமாக 32 திருகுகள் (helixes) இருக்கின்றன. நகல் ஆக்கத்திற்கு அல்லது

டி நூ அ சேர்க்கைக்கு (DNA synthesis) முன்பு, இவற்றின் விட்டம் சுமார் 1600 Å ஆக இருக்கும். இப் பண்பு நகலாக்கலுக்குப் பின்னர் இரட்டிப்பாக்கப்படுகிறது. குரோமோசோம்களின் திருகுகளுக்கு ஏற்ப இவற்றின் தடிப்பு செல்களில் வேறுபட்டிருக்கின்றன. டி நூ அ மூலக் கூற்றில் ஒரு பழைய சுருளும் ஒரு புதிய சுருளும் இருக்கின்றன. டி நூ அ சேர்க்கையின் போது கதிரியக்கம் தைமிடைனைக் (thymidine) குரோமோசோமுடன் கூட்டிணைச் செய்கிறது. வாட்சன், கிரிக், வில்கின் (Watson and Crick, 1953; Wilkins, 1956) ஆகியோர் அளித்த குரோமோசோம் உருப்படிவம் குரோமோசோம் மறுமொழி டி நூ அ சேர்க்கையுடன் தொடர்பு கொள்கின்றது என்பதைக் காட்டுகின்றது.

ஒரு தனி நூக்ளியோ புரதத்தின் நுண் நார் இழைத் தொடர் உருப்படிவத்தைப் படம் 16-5-ல் காண்க. அடிப்படை அலகுகள் ஒவ்வொன்றும் சுமார் 100-150 Å அகலமுடையவை. இக் கருத்து, எக்ஸ்-கதிர்ப் பரப்புகையினுலும் (x-ray diffraction), மற்ற ஆய்வுகளினுலும் தெரிய வந்தது. இந்த அலகில் டி நூ அ'வின் ஓர் இரட்டைத் திருகு அமைப்பு, புரதக் கூட்டுடன் சேர்ந்து பல சுருளமைப்பைப் (super helix) பெறுகின்றது. புரதம், ஹிஸ்டோன் வகையைச் சேர்ந்த போதிலும் அமிலப் புரதம் டி நூ அ பாலிமரேஸ் (DNA-Polymerase) ரி நூ அ பாலிமரேஸ் ஆகியவை இருக்கின்றன.

குரோமோசோமில் இணைப் போக்கு நூக்ளியோ புரத இழைகள் உள்ளன என்றோ (parallel nucleo proteins), நீண்ட, அதிக மடிப்புடைய தனி இழைகள் உள்ளன என்றோ இதுவரை தெளிவாக்கப்படவில்லை.



படம் 16-5. மையநிலைக் குரோமோசோமின் உருப்படிவம்.

தனிப்பட்ட குரோமோசோம்கள் (Special Chromosomes)

குரோமோசோம்கள் மிகச் சிறப்பான முறையில் திருந்திய வடிவம் கொண்டு மரபு பண்புகளுக்குப் புகலிடமாக இருக்கின்றன. இவற்றின் செயல் சிறப்பைச் சில சமயங்களில் வெளி அமைப்புக் காட்டுகிறது. இத்தகைய குரோமோசோம்களை

மிகப் பெரிய குரோமோசோம்கள் அல்லது இராக்சத குரோமோசோம்கள் (giant Chromosómes) எனக் குறிப்பர். இவை 1. பாலிடீன் குரோமோசோம் (polytene chromosome) 2. லாம்ப்பிரஷ் குரோமோசோம் (lamp brush Chromosome) என இரு வகைப்படும்.

பாலிடீன் குரோமோசோம்கள் (Polytene Chromosomes)

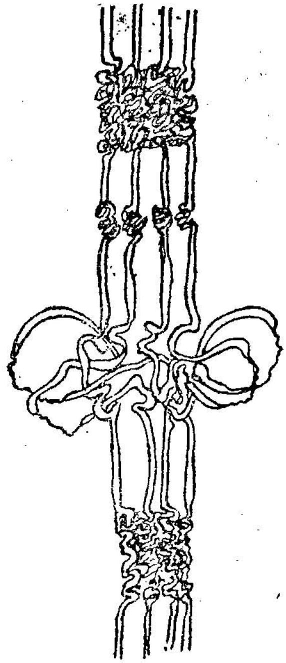
பால்பியானி (Balbiani, 1881) என்பவர் முதன் முதலாகப் பாலிடீன் குரோமோசோம்கள் டிப்டிரான் என்னும் (Dipteran) பூச்சி வகையின் லார்வேவில் இருப்பதைக் கண்டார். பின்னர்ப் பைய்ன்டர் (Painter, 1933) என்பவர் இந்தக் குரோமோசோம்களில் முனைப்பான பட்டைகள் (bands) உள்ளதைக் காட்டினார். இப்பொழுது இந்த வகைக் குரோமோசோம்கள் டிரோசோஃபிலா (Drosophila), கைரோனேமஸ் (Chironomus), சியரா (Sciara) போன்ற பல பூச்சி வகைகளில் காணப்படுகின்றன. இந்தக் குரோமோசோம்களில் பல குரோமோனிமாடாக்கள் உள்ளதால் இவை பாலிடீன் குரோமோசோம்கள் எனப்படுகிறது.

இந்தக் குரோமோசோம்களில் பாலிடீன் (Polytene) அமைப்பினை ஏற்படுத்த, இணைந்த ஒத்திசைவான குரோமோசோம்கள் (paired homologous Chromosomes) உதவுகின்றன. டிரோசோஃபிலாவின் இராக்சத குரோமோசோமில் சுமார் 1024 குரோமோனிமாடாக்கள் உள்ளன. மற்றுமொரு பூச்சி வகையான கைரொனொமசில் (Chironomous) 4096 குரோமோனிமாடாக்கள் காணப்படுகின்றன. இவ்வாறு இந்தக் குரோமோசோம்களில் குரோமோனிமாட்டாக்களின் எண்ணிக்கை வேறுபட்டிருக்கும். சாதாரண குரோமோசோமின் மொத்த நீளம் 7.5 மைக்கிரான்களாக இருக்கும். இதற்கு மாறாக டிரொசோஃபிலா மெலனோ காஸ்டர் (Drosophila melanogaster) என்ற பூச்சியின் குரோமோசோமின் மொத்த நீளம் 2000 மைக்கிரான்களாக உள்ளது.

பாலிடீன் குரோமோசோம்களுக்கு ஃபியுல்ஜின் சாயமிட்ட போது (Feulgen staining) இந்தக் குரோமோசோம்களின் பக்கப் பட்டைகள் (lateral bands) சாயம் ஏற்பதில் முனைப்போடு விளங்குகின்றன. பட்டைகளின் இடைப் பகுதிகள் (inter bands) ஓரளவே சாயமேற்கின்றன. இதனால் பக்கப் பட்டைகளில் மட்டும் டி நூ அ அடர்ந்துள்ளது (Concentraed) என்பது புலனாகிறது. பக்கப்பட்டைகளிலும், பட்டை இடைப் பகுதி

களிலும் மிகுந்த அளவில் புரதம் உள்ளதைக் கண்டனர். இந்த இராக்கத குரோமோசோமின் நீளத்தில் டி நூ அ காணப்படு கிறது (படம் 16-6).

இராக்கத குரோமோசோமில் சில பகுதிகள் சிறிது மாற்றி அமைக்கப்பட்டிருக்கின்றன. இந்த மாற்றம் பட்டைகளால் ஏற்படுகின்றன. அவற்றுள் ஒரு பட்டை அகன்றும், சில சமயங்களில் வீக்கத்தோடும் (puffed out), குரோமோசோமைச் சுற்றி ஒரு பெரிய வளையம் (large ring) போல அமைகிறது. இது போல அமையும் வளையங்களைப் பால்பியானி வளையங்கள் (Balbiani rings) என்பர். இந்த வீக்கங்களில் (puffs) புரதமும், டி நூ அ வும் மிகுந்த அளவில் ரி நூ அ வும் காணப்படுகின்றன. பக்கப் பட்டைகளில் சுருள் அமைப்பில் உள்ள குரோமோசோம் நார் இழைகள், சுருள் நீட்டம் (uncoilings) அடைவதினால், வீக்கங்கள் உண்டாகின்றன (படம் 16-7).

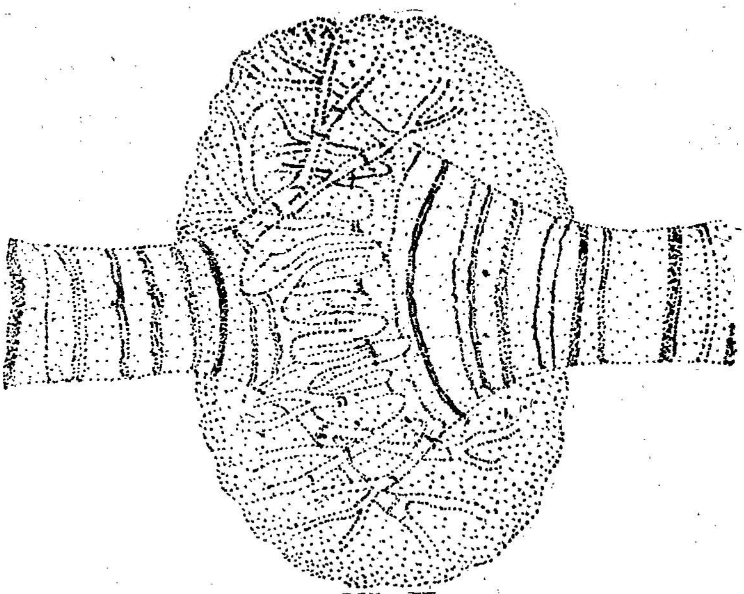


படம் 16-6.
பாலிடீன் குரோமோசோமின் பட்டை அமைப்பு.

லாம்ப் பிரஷ் குரோமோசோம்கள் (Lamp brush Chromosomes)

இக் குரோமோசோம்கள் ருக்கெர்ட் (Riickert, 1892) என்பவரால் கண்டு பிடிக்கப்பட்டன. பின்னர் கால், காலன் (Gall callen, 1952) ஆகியோர் இக் குரோமோசோம்களின் சிறப்பைத் தெளிவாக்கினார்கள். இதில் ரி நூ அ செயல் நடைபெறுகிறது. இவை விளக்குகளைச் சுத்தப்படுத்தும் பிரஷ் (brush) போன்று இருப்பதனால், லாம்ப் பிரஷ் குரோமோசோம்கள் எனப்படுகின்றன. இவை, நீர் நிலவாழ் விலங்குகளின் (anthibian animals) முட்டைகளில் இருக்கின்றன. லாம்ப் பிரஷ் குரோமோசோம்களில் 200 மைக்கிரான்கள் நீளமுடைய நீண்ட இழைகள் உள்ளன. இவற்றில் சரிசீரமைப்புடைய பல வளையங்கள் (loops) இருக்கின்றன. இவை மைய இழைகளின் அடர்த்தியான பகுதிகளில் இருந்து தோன்றுகின்றன. இவற்றை ஒளி நுண்ணோக்கியினால் தெளிவாகப்

பார்க்கலாம். இந்த வளையங்கள் மெல்லிழைக் குஞ்சம் (pluffy) போன்று காணப்படுகின்றன. வளைய அச்சில் (loop axis) புரதமும் டி நூ அ வும் உள்ளன. புதியதாகச் சேர்க்கப்பட்ட (newly synthesized) ரி நூ அ வளையங்களின் மேற்பரப்பில்



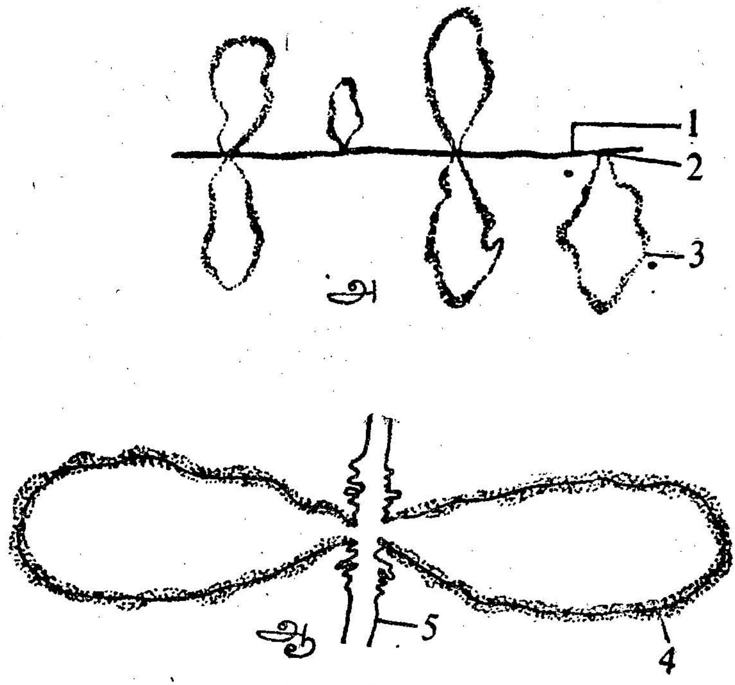
படம் 16-7.
பால்பியானி வளையங்கள்.

பெருமளவிற்குக் காணப்படுகின்றது. வளையத்தின் அடிப்பகுதியில் குரோமொமியர்கள் (Chromoers) இருக்கின்றன (படம் 16-8). லாம்ப் பிரஷ் குரோமோசோம்கள், புரதம், ரி நூ அ ஆகியவற்றை உண்டாக்கும் செயலில் ஈடுபடுகின்றன.

பால் குரோமோசோம்கள் (Sex Chromosomes)

பொதுவாக ஆண் இனத்தில் குரோமோசோம் இணைகளில், ஒரே ஓர் இணைமட்டும் ஒத்திசைவான குரோமோசோம்களை உடையது அன்று. இவை xy எனப்படும் பால் குரோமோசோம்கள். x குரோமோசோம் தாயிடமிருந்தும், y குரோமோசோம் தந்தையிடமிருந்தும் வருகின்றன. பெண் இனத்திலுள்ள குரோமோசோம் இணைகளில் பால் குரோமோசோம்கள் ஒத்திசைவானவை (homologous). இவை xx எனப்படும்.

பால் குரோமோசோம்கள். ஆண் குரோமோசோம்களாகிய Y குரோமோசோம்கள் சில சிற்றினங்களில் இல்லை. இவ்வினங்களில் XO எனப்படும் ஒரே ஒரு பால் குரோமோசோம் மட்டும் உள்ளது.



படம் 16-8.
லாம்ப் பிரஷ் குரோமோசோம்
அ. அமைப்பு, ஆ. நுண் அமைப்பு.
1. மைய அச்சு, 2. குரோமோமியர், 3. வளையம், 4. வளைய அச்சு, 5. குரோமாடிடு.

குரோமோசோம்களின் வேதியியல் பண்புகள் (Chemical nature of Chromosomes)

மீஸ்சர் (Miescher, *1874*) என்பவர் முதன் முறையாக நூக்ளின் (nuclein) என்ற வேதியியல் பொருளைப் பல விலங்கு ஸெல்களின் நூக்ளியஸ்களிலிருந்து தனிப்படுத்திக் காட்டினார். பின்னர்க் கோசெல் (Kossel, *1928*), பாஸ் (Bass, *1931*), பெரென்ஸ் (Behrens, *1938*), குளிக் (Gulick, *1941*) ஆகியோர் குரோமோசோம்களில் உள்ள டிநூஅ மூலக் கூறுகளின் பாகி

நூக்ளியோடைட் அமைப்பை நிலைநாட்டினர். பின்னர்ப் படிப்படியாகப் பல அறிவியல் வல்லுநர்கள் குரோமோசோம்களின் வேதியியற் பண்புகளைத் தெளிவாக்கினர். இவற்றுள் ஜீன் சேர்க்கை, புரதச் சேர்க்கை, டி நூ அ வின் மரபுக் குறியீடுகள் ஆகிய முற்போக்கான கருத்துகளை நிரென்பெர்க் (Nirenberg, 1968), கொரானா (Khorana, 1968) ஆகியோர் அளித்தனர்.

முக்கியமாக நூக்ளியக் அமிலமும், புரதமும் குரோமோசோம்களில் உள்ளன. பல உயிரினங்களின் குரோமோசோம்களில் முக்கியமாக டி நூ அ வும், கார குணமுள்ள (basic) புரதமும் உள்ளன. இவையேயன்றி ரி நூ அ வும், ஹிஸ்டோன் அற்ற புரதங்களும் (non-histone proteins) குரோமோசோம்களில் இருக்கின்றன. குரோமோசோம்களில் டி நூ அ வின் பரப்பீடு வேறுபட்டிருக்கும். இவற்றின் செயலிலும், அமைப்பிலும், ஹிஸ்டோன் புரதம் (histone protein) முக்கியப் பங்கு ஏற்கிறது. இது டி நூ அ ஃபாஸ்ஃபேட்டுப் பிரிவுகளுடன் (DNA phosphate group) அயனிப் பிணைப்புகளால் (ionic bonds) இணைக்கப்படுகிறது. இந்தப் புரதங்கள் இரட்டைத் திருகின் (double helix) பெரும் பள்ளங்களில் (large grooves) காணப்படுகின்றன.

குரோமோசோமிலிருந்து டிநூஅ, ஹிஸ்டோன் ஆகியவற்றை அகற்றிய போதும் இவை சிதைக்கப்படுவதில்லை. இந்தக் குரோமோசோம்கள் எஞ்சிய குரோமோசோம்கள் (residual chromosome) எனப்படுகின்றன. இவற்றில் அமில இயல்புடைய புரதம், அமினோ அமிலங்கள், குளுடாமிக் அமிலம், லூயுசைன் (leucine), கிளைசைன் (glycine) ஆகியவை உள்ளன. இவற்றில் சில சிறப்பு நொதிகளும் இருக்கின்றன. கால்சியம், மக்னீசியம், இரும்பு ஆகிய உலோக அயனிகளும், குரோமோசோமில் புரதம், டிநூஅ ஆகியவற்றுக்கு நடுவே இருக்கின்றன.

குரோமோசோமின் நகலாக்கம் (Chromosomal replication)

குரோமோசோம்கள் நகலாக்கம் (replication) அடையும் போது டிநூஅ சேர்க்கப்படுகிறது. செல் இடைநிலையில் (interphase) டிநூஅ சேர்க்கை நடைபெறுகிறது. குரோமோசோமின் நகலாக்கம் ஓர் அளவிற்கு மாறுதல்களைப் பெறுவதில்லை. ஏஸ்கிரிச்சியா கோலி (Escherichia Coli) என்ற பாக்டீரியா பற்றி ஆய்வுகள் இதற்குச் சான்றாக அமைந்தன. திராடஸ்

காந்தியா பாலுடொசா (Tradescantia paludosa) என்ற தாவரத்தின் வேர் நுனி ஸெல்களில், குரோமோசோமின் நுனிப் பகுதியில் மட்டும் தொடர்ந்து டிநூஅ சேர்க்கை நடை பெறுகிறது.

குரோமோசோமின் நிலைவிலக்கம் (Chromosomal aberration)

பல தாவரங்களிலும், விலங்குகளிலும் குரோமோசோம்கள் நிலையினின்று விலகுகின்றன (aberration). குரோமோசோம்கள் மாறி அமையும்போது, இவை இயல்பாகவே நிலையிலிருந்து விலகுகின்றன (spontaneous aberration). இச்செயல் குரோமோ சோம் பகுதியில் குறைவு ஏற்படுவதால் தோன்றுகிறது. வேறு பட்ட குரோமோசோம்கள், குரோமோசோம்களின் இடமாற்ற முறையினாலும் (translocation) குரோமோசோம் பகுதிகள் அதே குரோமோசோமின் வேறு பகுதியோடு சேருவதாலும் இடமாற்றமடைகின்றன. மேலும், எதிர்மாருக்குதல் (Inversion) என்ற முறையினாலும் குரோமோசோம் நிலைவிலக்கம் ஏற்படு கிறது. பௌதிக, வேதியியல் பொருள்களை உபயோகித்துக் குரோமோசோம்களை நிலையினின்று விலகுதலை மிகுதியாக்கலாம். இந்த முறையைத் தூண்டு நிலைவிலக்கம் (iuduced aberration) என்பர். இந்த முறையின்போது புதிய வகைக் குரோமோ சோம்கள் ஏற்படுவதில்லை. கதிரியக்கத்தினாலும் (radiation) குரோமோசோம் நிலைவிலக்கம் ஏற்படுகின்றது.

17. நூக்ளியிக் அமிலங்கள்

(Nucleic acids)

நூக்ளியஸ், ஒருதரப்பட்ட (homogenous) திரளன்று என்பதற்குப் பல சான்றுகள் உள்ளன. இது பகுப்படையும்போது மென் கம்பி இழை போன்ற குரோமோசோம்கள் ஏற்படுகின்றன. இந்தக் குரோமோசோம்களில் மரபியல் காரணிகளான ஜீன்கள் (genes) உள்ளன என்னும் தம் கருத்தினை, சுட்டன் (Sutton, 1903) என்பவர் வெளியிட்டார். ஜீன்களை வேதியியலில் நூக்ளியோ புரதங்கள் (nucleo proteins) என்பர். நூக்ளியோ புரதங்களில், மிகச் சிக்கலான நூக்ளியக் அமிலங்கள், ஓர் அடிப்படைப் புரதத்துடன் ஒருங்கிணைந்து காணப்படுகின்றன. உயிர் வேதியியல் அமைப்பில் நூக்ளியிக் அமிலங்கள் மிகச் சிறப்பு வாய்ந்தவை. இவை எல்லா உயிரினங்களிலும் உள்ளன. இப்போது நூக்ளியக் அமிலங்கள் உயிர்ச் சாரமாகக் (essence of life) கருதப்படுகின்றன.

முதன் முறையாகப் பிரிட்ரிக் மிஸ்சர் (Friedrich Miescher, 1868) என்பவர் சீழ் செல்களிலிருந்து (pus cells), நூக்ளியன் என்னும் (nuclein), நூக்ளியஸ் பொருளைப் பிரித்தெடுத்தார். இந்தப் பொருளில் ஃபாஸ்ஃபரஸ் (phosphorus), கார்பன் (carbon), பிராணவாயு (oxygen), ஹைட்ரொஜன் (hydrogen), நைட்ரொஜன் (nitrogen) ஆகிய கனிமங்கள் (elements) உள்ளன என்று மெய்பித்துக் காட்டினர். நூக்ளியன் கரைசலாகும்போது அமிலத் தன்மையைப் பெறுவதால் அதனை நூக்ளியக் அமிலம் என்று கூறத் தொடங்கினர்.

நூக்ளியக் அமிலத்தில் இரண்டு பிரிமிடின்களும் (pyrimidines), இரு பூரின்களும் (purines) உள்ளன என்று கோஸ்ஸெல் (Kossel, 1910) என்பவர் கண்டறிந்தார்.

நூக்ளியக் அமிலத்தில், ஐந்து கார்பன் சர்க்கரையும், ரிபோஸூம் உள்ளன என்று லிவினி (Levene, 1910) என்ற ரஷ்ய வேதியியல் வல்லுநர் தெளிவுபடுத்தினார். பின்னர், அவர் மற்றொரு வகையான நூக்ளியக் அமிலத்தில் டிஆக்சிரிபோஸ் (deoxyribose) உள்ளது என்று கண்டறிந்தார். இத்துடன் ஃபாஸ்ஃபரசும் (phosphorus) சேர்ந்து ஃபாஸ்ஃபேட் பிரிவு (phosphate group) ஏற்படுகிறது. இத்தகைய பிரிவு, சர்க்கரை மூலக்கூறுகளையும், அடிப்படை பூரின் (purine) அல்லது பிரிமிடினையும் (pyrimidine) இணைக்கச் செய்கிறது.

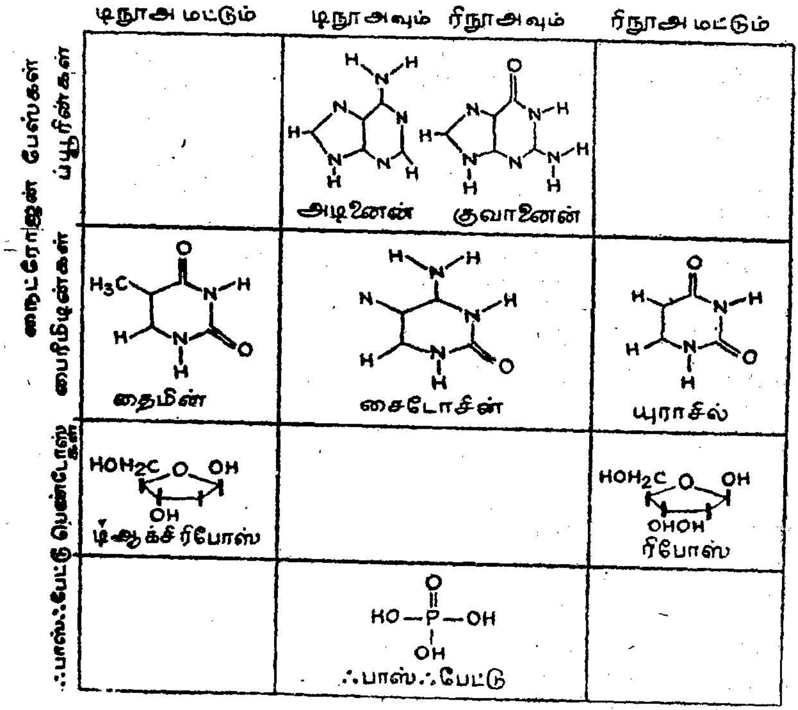
நூக்ளியிக் அமிலங்களின் அங்கக வேதியியல் (Organic Chemistry of the Nucleic acids)

மிஸ்சருக்கு (Miescher) நூக்ளியிக் அமிலங்களின் அங்கக வேதியியல் பண்புகள் புலப்பட்டன. இந்தப் பெரும் நுண் கூறு அமிலங்கள் (macromolecular acids) இரு வகைப்படும். முதல் வகையான டிஆக்சிரிபோஸ் நூக்ளியக் அமிலத்தில் (டிநூஅ) 1. பூரின் (purine), நைட்ரொஜன் பேஸ்கள் (nitrogen bases), அடினைன் (adenine), குவானைன் (guanine), 2. நைட்ரொஜன் பேஸ்கள், சைடோசின் (cytosine), தைமின் (thymine), 3. பென்டோஸ் சர்க்கரை டிஆக்சிரிபோஸ் (deoxyribose), 4. ஃபாஸ்ஃபோரிக் அமிலம் (phosphoric acid) முதலியன உள்ளன. இரண்டாம் வகையான ரிபோ நூக்ளியக் அமிலத்திலும் (ரிநூஅ) மேலே கூறிய அனைத்தும் உள்ளன. ஆனால் தைமினுக்கு மாறாக யுராசிலும் (uracil), டிஆக்சிரிபோஸூக்குப் பதிலாகப் பென்டோஸ் ரிபோஸூம் உள்ளன (படம் 17-1). அண்மைக் காலத்தில் டிநூஅ விலும், ரிநூஅ விலும் மிகக் குறைந்த அளவில் சில நூக்ளியோடைடு ஆக்கக் கூறுகள் உள்ளதனைக் கண்டறிந்தனர். இவை மரபுக் குறியீடுகளை எடுத்துச் செல்ல உதவுகின்றன.

சில தாவர வைரஸ்களைத் (plant viruses) தவிர, மற்ற எல்லா உயிரினங்களிலும் இருவகை நூக்ளியக் அமிலங்களும் காணப்படுகின்றன. வைரஸ்களில் டிநூஅ மட்டுமோ, அல்லது ரிநூஅ மட்டுமோ காணப்படும். ரிநூஅ, செல்லின் சைட்டோபிளாசம் ரிபோசோம்கள், நூக்ளியஸ் ஆகிய பகுதிகளில் பரவலாகக் காணப்படுகின்றது. ஆனால் டிநூஅ பெரும்பாலும் குரோமோசோம்களில் மட்டுமே காணப்படுகின்றன. ஆனால் இதற்கு விதிவிலக்காகக் கணிகங்களிலும் மைட்டோகாண்டிரியா விலும் ஓரளவுக்கு டிநூஅ காணப்படுகிறது.

டிநூஅ மூலக்கூறு அமைப்பு (Molecular structure of DNA)

வெப்பத்தால் கொல்லப்பட்ட பாக்டீரியா (heat-killed bacteria) தம் காரணிகளை மற்றொரு வகையான பாக்டீரியத்திற்குக் கொடுக்கின்றன என்று கிரிப்ஃபித்ஸ் (Griffiths, 1928)



படம் 17-1.

டிநூஅ, ரிநூஅ ஆகியவற்றின் உப்பு மூலப் பொருள்கள்.

என்பவர் கண்டறிந்தார். இச்செயல் டிநூஅ வின் மாற்றத்தினால் நிகழ்கிறது என்று அவெரி (Avery, 1944) பின்னர் அறிவித்தார். இவ்வாறு மரபியல் செயல்களில் டிநூஅ நேரடியாக ஈடுபடுகிறது.

டிநூஅ வின் உப்பு மூலப் பொருள்களின் அமைப்புப் படம் 17-1-ல் காட்டப்பட்டுள்ளது. டிநூஅ வில் நான்கு வெவ்வேறு பேஸ்கள் (different bases) உள்ளன. அவை இரு பூரின்கள், இரு பைரிமிடின்கள் என்பன ஆகும். ஏதாகிலும் ஒரு பேஸ் டிஆக்சிரிபோஸுடன் சேர்வதை நூக்ளியோஸைடு

(nucleoside) என்பர். நூக்ளியக் அமிலங்களின் அடிப்படை அலகுகள் நூக்ளியோடைடுகள் எனப்படும். இவை நூக்ளியோசைடுகளின் ஃபாஸ்ஃபேட் எஸ்ட்டர்களிலிருந்து (phosphate esters) தோன்றியவை. டிநூஅ மூலக்கூறு, நூக்ளியோடைடுகளில் இருந்து உருவாகிறது. பல நூக்ளியோடைடுகள் இணைந்து பாலி நூக்ளியோடைடு தொடர் (polynucleotide chain) உண்டாகின்றது. டிநூஅ வின் பண்புகளைப்பற்றி 1940ஆம் ஆண்டில் இந்த அளவிற்கு அறிந்திருந்த போதிலும், இதனுடைய இடப் பண்பிற்குரிய அமைப்புத் தெளிவாகத் தெரியவில்லை.

டிநூஅ வில், பெரும் பூரின் பேஸ்களும், சிறிய பைரிமிடினும் சமவீதப்படி உள்ளன என்று சார்காஃப் (Chargaff, 1947) தம் வேதியியல் ஆய்வுகளின் பயனாக அறிவித்தார். இதற்கும் மேலாக அடினைனும், தைமினும், ஸைடோசினும், குவானைன் சம மூலக்கூற்று வீதப்படி (equimolecular proportion) உள்ளன. (அட்டவணை 17-1).

அட்டவணை 17-1.

பல்வேறு தாவரங்களில் டிநூஅ பேஸ்களின் வீதத் தொடர்பு.

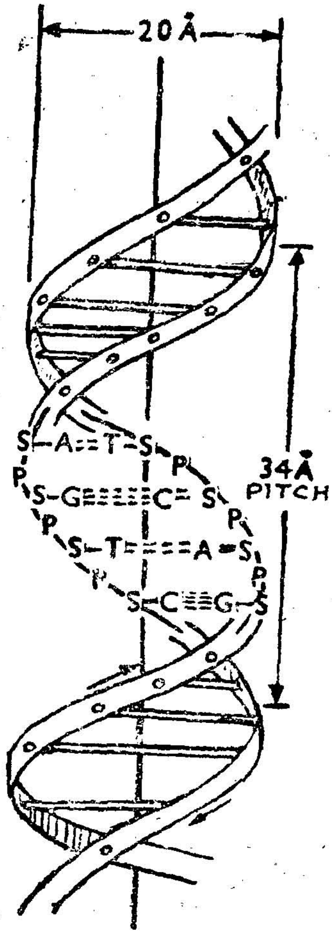
பெயர்	பேஸ்கள் %. (கிராம் மூலக்கூறுகள்)				
	குவானைன்	ஸைடோசின்	5 மிதைல் ஸைடோசின்	அடினைன்	தைமின்
பீஸும் (நாற்று) (Pisum seedling)	20.3	14.8	5.1	31.5	28.2
டாகுஸ் கரோதா (இலை) (Dacus carota)	23.2	12.3	6.0	26.7	26.8
கோசிப்பியும் ஹிர்சுத்தம் (கரு) (Gossipium hirsutum)	16.9	12.7	4.6	32.8	32.9
ஸீயா மெய்ஸ் (Zea maize)	22.8	17.0	6.2	26.8	27.2
கோதுமை (Wheat)	22.9	16.8	6.0	29.3	29.1

வில்கின்சும் (WielKins, 1950) அவருடன் பணிபுரிந்த அறிஞர்களும் விலங்குகளின் டிநூஅ நுண் நார் இழைகளை எக்ஸ்-கதிர்ப் பரப்புகை (X-ray diffraction) செய்து, அவற்றின் மூலக் கூற்று உருப்படிவத்தை ஆய்ந்தனர். மூலக்கூறு முழுவதும், பூரின், பிரிமிடின் பேஸ்கள் ஆகிய இவ்விரண்டும் 34Å தொலைவளவில், மற்றொரு ஒழுங்கான அமைப்பு ஏற்பட்டிருப் பதைக் கண்டனர். எனவே இந்த மூலக்கூறுகள் நேராக (linear) இராமல், ஒரு சுருளாக (helix) முறுக்கேறி இருப்பதை அறிந்தனர். இச் சுருள் ஒவ்வொரு 34Å அளவிலும் ஒரு முழுத் திருப்பத்தைப் பெற்றிருக்கிறது. இந்த மூலக்கூறு ஒரு நூக்ளியோடைடு தொடருடையது அன்று என்று அடர்த்தி அளவுகள் சுட்டிக்காட்டின.

பாலிங் (Pauling, 1951), கொரே (Corey, 1951) ஆகியோர் டிநூஅவில் மூன்று நூக்ளியோடைடு தொடர்கள், வளையமாகச் சுற்றி ஒரு சுருளை உண்டாக்குகிறது என்று குறிப்பிட்டனர். இந்த அமைப்பில் ஃபாஸ்ஃபேட் பிரிவு சரியாக இணைந்து தொடர்பு படுத்துகிறது. இதில் பூரின், பிரிமிடின் ஆகிய இரு பிரிவுகளும் வெளியே நீட்டிக் கொண்டிருக்கின்றன. பேஸ்களுக்கிடையே ஹைட்ரொஜன் பிணைப்புகள் உள்ளன என்றும், இந்தப் பிணைப்புகள் மூலக்கூற்று அமைப்பை நிலைப் படுத்த முக்கியப் பங்கேற்கின்றன என்றும் சில உயிர் வேதியியல் வல்லுநர்கள் குறிப்பிட்டனர்.

இதைத் தொடர்ந்து வாட்சன், கிரிக் (Watson and Crick, 1953) ஆகிய இருவர், டிநூஅ மூலக்கூற்றின் பகுதிகள் எவ்விதம் அமைந்துள்ளன என்பதை விவரிக்கும் வகையில் ஒரு உருப் படிவத்தை வெளியிட்டனர். இதன் பயனாக அவர்களின், புகழ் பெற்ற டிநூஅ வின் இரட்டைத் திருகு உருப்படிவம் வெளி யானது (double helix model). இக் கண்டுபிடிப்பு அவர்களுக்கு மிக உயர்ந்த நோபல் பரிசினையும் தேடித் தந்தது. இரட்டைத் திருகு உருப்படிவம் (படம் 17-2) இல் விளக்கப் பட்டிருக்கிறது. அது இரண்டு முறுக்கேறிய பாலி நூக்ளியோடைடு தொடரைக் கொண்டுள்ளது. ஒவ்வொரு தொடரிலும், டிஆக்சிரிபோஸ் சர்க்கரை அலகுகள் ஃபாஸ்ஃபேட் பிரிவுகளால் இணைக்கப் பட்டுள்ளன. இந்த இணைப்பின் பயனாக வெளிப் பகுதியில் ஃபாஸ்ஃபேட்-சர்க்கரைத் தொடர் ஏற்படுகிறது. ஒரு ஃபாஸ் ஃபேட் 3'-கார்பன் அணுக்களை ஒரு சர்க்கரையுடன் இணைக்கச் செய்கிறது. பின்னர், 5'-கார்பன் அணுக்கள் அடுத்த நூக்ளி யோடைட் சர்க்கரை மூலக்கூறுகளின் மேல் இணைகின்றன.

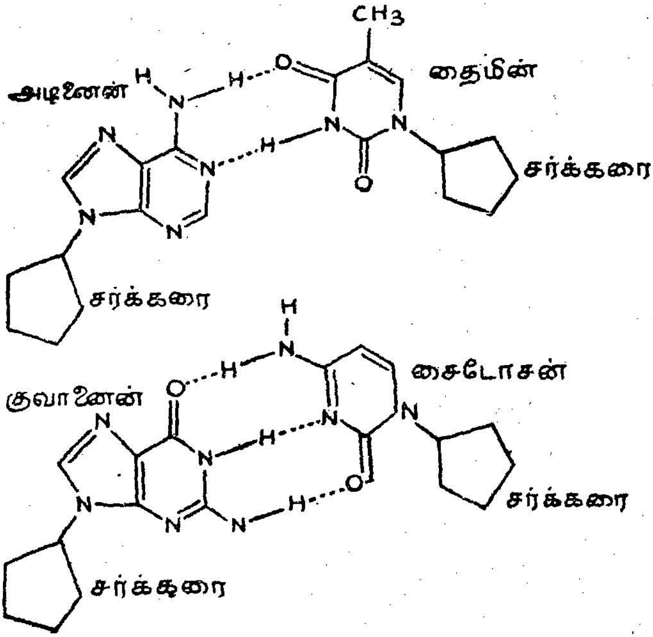
நூக்ளியோடைட் அலகுகளின், பூரின், பிரிமிடின் ஆகிய இரு பேஸ்களும் உட்புறம் திரும்பி ஹைட்ரொஜன் பிணைப்புகளால் இணைக்கப்பட்டுள்ளன. ஒரு நூக்ளியோடைடு தொடரின் பேஸ், மற்றத் தொடரிலுள்ள நூக்ளியோடைடு பேஸுடன் இணைந்துள்ளது. இந்த இணைப்பு மிகவும் திட்டமான முறையில் காணப்படுகிறது. இத்தகைய இணைப்பு, அடினைனுக்கும், தைமினுக்கும் இடையிலும், ஸைடோசினுக்கும், குவானைனுக்கும் இடையிலும் ஏற்படுகிறது. அடினைன், தைமின் ஆகியவற்றுக்கு இடையில் இரண்டு ஹைட்ரொஜன் பிணைப்புகளும், ஸைடோசின், குவானைன் போன்றவற்றுக்கிடையில் மூன்று ஹைட்ரொஜன் பிணைப்புகளும் உள்ளன (படம் 17-3). இத்தகைய உருப்படிவம் (model), டிநூஅ மூலக்கூற்றில் அடினைன், தைமின் பேஸ்களும், ஸைடோசின், குவானைன் பேஸ்களும் சமமான எண்ணிக்கை கொண்டிருக்கும் என்ற சர்காப் (Chargaff, 1947) கருத்தினை உறுதிப்படுத்துகிறது. திருகின் விட்டம் 20Å அளவாக உள்ளது. இரு முறுக்கேறிய தொடர்கள் ஒரு மூலக்கூற்றினை உண்டாக்குகிறது. இந்த மூலக் கூற்றின் இரு தொடர்களும் மாறி மாறி அமைந்து குறுகிய, அகன்ற பள்ளங்களை (grooves) உண்டாக்குகின்றன (படம் 17-2). தொடரின் ஒவ்வொரு வளைவும் 34Å-க்கு ஒரு முறை ஏற்படுகின்றன. இந்தத் தொடர் நீளத்தில் 10 நூக்ளியோடைட்டு அலகுகள் உள்ளன (படம் 17-2).



படம் 17-2.
டி நூ அ வின் இரட்டைத் திருகு உருப் படிவம்.

A. அடினைன்.
T. தைமின்.
G. குவானைன்.
C. சைடோசின்.
P. ஃபாஸ் ஃபேட்டு.
S. ஆக்சி ரிபோஸ் சர்க்கரை.

இரு பாலி நூக்ளியோடைடு தொடர்களில், பேஸ்களின் வரிசை முறைகளுக்கிடையே, இயைந்த தொடர்பு (complementary relationship காணப்படுகின்றது. ஒரு தொடரில், ஒரு



படம் 17-3.
ஹைட்ரொஜன் பிணைப்பு.

குறிப்பிட்ட பகுதியில் அடினைன்-குவானைன்-சைடோசின் முதலியன அமைந்து இருந்தால் அதற்கு ஒத்திசைந்த பகுதியில் தைமின் - சைடோசின் - குவானைன் - சைடோசின் என்ற அமைப்புடைய இயைந்த தொடர் அமைந்திருக்கும். ஃபாஸ்ஃபேட்டுச் சர்க்கரை பேஸ்கள் எதிர்மாறான திசைகளில் இணைவதால் இருதொடர்கள் உண்டாகின்றன. ஃபாஸ்ஃபேட்-சர்க்கரை இணைப்பில் 3' கார்பன், 5' கார்பனுக்குச் செல்லுவது போலத் தோன்றுகிறது. முதல் ஒத்திசைந்த (sequence) பேஸ்களுடன் இணைவதற்காக இயைந்த தொடரில் பேஸ்கள் உள்நோக்கிக் காணப்படுகின்றன. எனவே ஃபாஸ்ஃபேட்டுச் சர்க்கரை இணைப்புத் திசை மாறுபட்டுக் காணப்படுகிறது.

பாலி நூக்ளியோடைடு பேஸ்களுக்கு இடையே ஏற்பட்ட ஹைட்ரொஜன் பிணைப்புகள், இரட்டைத் திருகுக்கு வலிவூட்டு

கின்றன. இருப்பினும், இந்தப் பிணைப்புகள் சாதாரண வெப்ப நிலையில் எளிதில் உடைபட்டு, திரும்பத் தோன்றும் வகையில் தளர்ச்சியானவையாகக் காணப்படுகின்றன.

மரபியல் செய்திகள் டிநூஅ மூலக்கூற்றினுல் எடுத்துச் செல்லப்படுகின்றன என்பதை மூலக்கூற்று உயிரியல் வல்லுநர்கள் (molecular biologists) நன்கு தெளிவாக்கினுர்கள். நான்கு வகைகளான அடினைன், தைமின், சைடோசின், குவானைன் ஆகியவை டிநூஅ தொடரில் அமைக்கப்பட்டிருக்கும் ஒத்திசைவுக்கு ஏற்ப இதனை முடிவு செய்ய இயலும். மிகப் பெரிய டிநூஅ மூலக்கூறுகளும் காணப்படுகின்றன. இதற்குச் சான்ருக எஸ்கீரிச்சியா கோலி (Escherichia Coli) என்ற பாக்டீரியத்தில், டிநூஅ, மூடிய மூலக்கூற்றின் வடிவத்தில் (closed molecule) உள்ளது. இதனுடைய நீளம் சுமார் 1000 மைக்கிரான்களாக இருக்கிறது. எஸ்கீரிச்சியா கோலியினுடைய டிநூஅவில் சுமார் 3×10^6 நூக்ளியோடைடு இரட்டைகள் (pairs) இருக்கின்றன., ஒரு இணை நூக்ளியோடைடின் மூலக் கூற்று எடை சுமார் 600 ஆக இருக்கும். எனவே இந்தப் பாக்டீரியத்தில் உள்ள டிநூஅவின் மூலக்கூற்று எடை $600\times3\times10^6$ ஆக இருக்கும். மிகப் பெரிய டிநூஅ மூலக்கூறுகள் தாவரங்களிலும், விலங்குகளிலும் காணப்படுகின்றன. இவ்வாறு மிகப் பெரிய டிநூஅ மூலக்கூறுகளும், இவற்றில் பல்வேறு நூக்ளியோடைடு அலகுகளும் இருப்பதனுல் இந்த மூலக்கூற்றில் உள்ள பேஸ்களின் முறை வேறுபட்டிருக்கும். ஒரே வகையாக வரிசைப் படுத்திய நூக்ளியோடைடுகள் டிநூஅவில் அமைக்கப் பட்டு ஒரு தலைமுறையிலிருந்து மற்ருெரு தலைமுறைக்கு மரபியல் பண்புகள் செலுத்தப்பட்டால் அவை தொடர்ச்சியாக இருக்க முடியும். எனவே செல் பகுப்பிற்கு முன்பு டிநூஅ ஒரே மாதிரியான நகல் ஆக்கம் (replication) பெறுவது தேவைப் படுகிறது.

டிநூஅ நகல் ஆக்கம் (Replication of DNA)

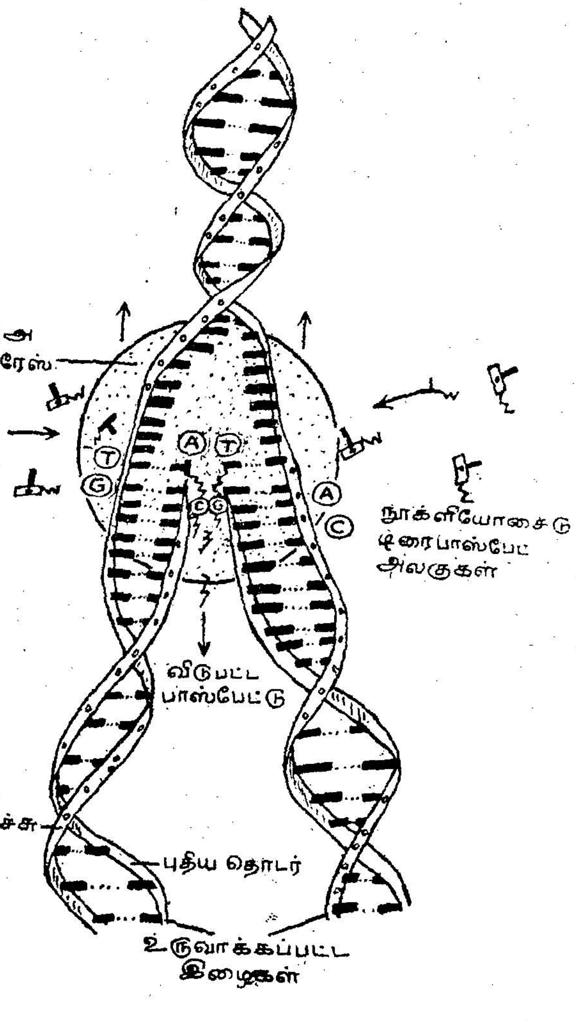
உயிரினங்களின் மரபுப் பண்புகள் ஒரு தலைமுறையிலிருந்து, அடுத்த தலைமுறைக்கு டிநூஅவின் மூலமாகத்தான் கொண்டு செல்லப்படுகின்றன. மரபுப் பண்புகளைத் தாங்கியுள்ள ஜீன்கள் டிநூஅ மூலக்கூறுகளைப் பெற்றுள்ளன என்பது இன்று தெளிவாக்கப்பட்டுள்ளது. எனவே செல் பகுப்படையும்போது டிநூஅ இரட்டிப்பதன் மூலம் அவற்றின் மரபுக் குறியீடுகள் (genetic code) அடுத்த தலைமுறைக்கு எடுத்துச் செல்லப்

படுகின்றன. இந்தச் செயல் டிநூஅ நகல் ஆக்கம் என்ற முறையினுல் நடைபெறுகிறது.

இரட்டைத் திருகு அமைப்பே அதன் டிநூஅ மூலக்கூறுகள் எவ்வாறு நகல் ஆக்கம் பெறுகிறது என்பதைக் குறிப்பிடுகிறது என்று வாட்சனும், கிரிக்கும் (Watson and Crick, 1953) அறிவித்தனர். இரட்டைத் திருகின் இரண்டு இழைகளும் தொடக்கத்தில் சுருள் நீக்கம் பெற்றுப் பிரிகின்றன. இவை பாலி நூக்ளியோடைடு தொடர்களை, வளர்ச்சி அலகுகள் தொடர்ந்து வருவதனுல் உண்டாக்குகின்றன. பின்னர், இந்த அலகுகள் தம் பேஸ்களால், ஒற்றைத் தொடர்களின் (single chains) தகுந்த பேஸ்களோடு ஒட்டிக் கொள்கின்றன (படம் 17-4) ஒவ்வொன்றிலும் சரியான இயைந்த பேஸ்களை இணைப்பவை ஹைட்ரஜன் பிணைப்புகளே ஆகும். இவ்வாறு பேஸ்கள் இணைதலினுல் தமக்கு இயைந்த ஒரு புதிய இரட்டையான (pair) மற்ருேர் இழையைத் தோற்றுவிக்கின்றன. இதற்குச் சான்ருக, டிநூஅ மூலக்கூற்றின், இரண்டு இழைகளையும் 'ஏ', 'பி', எனக் கொண்டால், இழைகள் விலகிப் பிரியும்போது, முதல் மூலக் கூற்றின் 'ஏ' இழை, தனக்கு இயைந்த இரட்டையான 'பி' இழையைத் தோற்றுவிக்கிறது. அதே போன்று 'பி' இழை தனக்கு இயைந்த இரட்டையான 'ஏ' இழையைத் தோற்றுவிக்கிறது. இவ்வாறு தோன்றிய புதிய இழைகளுடன் தொடர்பு கொள்ள பழைய தொடர் ஒவ்வொன்றும் ஒரு வார்ப்பு அச்சுப் (template) போன்று செயல்படுகின்றது. முடிவான நிலையில் இரு சுருண்டமைந்த டிநூஅ திருகுகள் தோன்றுகின்றன. இவை ஒவ்வொன்றும் சரியான டிநூஅ மூலக் கூறுகளின் நகலாக உள்ளன. ஒவ்வொரு சேய் டிநூஅ மூலக் கூற்றிலும் தாய் மூலக் கூற்றிலிருந்து ஒரு பழைய பாலி நூக்ளியோடைடு இழையும், புதியதாகச் சேர்க்கப்பட்ட ஓர் இழையும் உள்ளன. இந்த முறையான டிநூஅ சேர்க்கை பாதி பழமை பேணும் நகலாக்க முறை (semi-conservative replication) எனப்படுகின்றது.

டிநூஅ நகலாக்கத்தை உறுதிப் படுத்தும் வகையில் வாட்சன், கிரிக் (Watson and Crick, 1953) ஆகியோர் பல ஆய்வுகள் நடத்தினர். மேலும், மீசெல்சன் (Meselson, 1958), ஸ்டாஹல் (stahl, 1958) ஆகியோரின் ஆய்வும் இந் நகலாக்கத்தைத் தெளிவுபடுத்தியது. எஸ்கிரீச்சியா கோலி (Escherichia coli) என்ற பாக்டீரியாவில் நகல் ஆக்கம், பழமை பேணும் நகலாக்க முறையில் நடைபெறுகிறது என்று மீசெல்சன் (Meselson,

1958), ஸ்டாஹல் (Stahl, 1958) போன்ற வல்லுநர்கள் தெளிவாக்கினர். எஸ்கிரீச்சியா கோலி பாக்டீரியாவின் டி நூ அமூலக்



படம் 17-4.
டி நூஅ நகல் ஆக்கம்.

கூறு, நீண்டும், தொடர்ந்தும் காணப்படுகிறது. மீசெல்சன் ஸ்டாஹலும் (Meselson and Stahl, 1958) இந்தப் பாக்டீரியங்களை,

கனமான, ^{15}N ஓரிடத்தனிம ஊடகத்தில் வளரச் செய்தனர். இந்த ஊடகத்தில் வளர்ந்த பாக்டீரியாவின் டிநூஅ மிக அடர்த்தி உள்ளதாகக் காணப்பட்டது. ஆனால் இதற்கு மாருகச் சாதாரணமான நைட்ரொஜன் சேர்மத்தில் வளர்ந்த பாக்டீரியங்களில், டிநூஅ மிகுந்த அடர்த்தியாக இல்லை. இவ்விரண்டு டிநூஅ கரைசல்களைக் கடுந்தீவிர மையவிலக்குச் செய்தனர். அதன் பயனாக, டிநூஅ வின் அடர்த்திக்கு ஏற்றவாறு, வெவ்வேறு இடைவெளியில் படிமங்கள் (Sediments) ஏற்பட்டன என்று கண்டறிந்தனர். பின்னர் இவர்கள், பலதலை முறைகளாக ^{15}Nல் வளர்ந்து வந்த பாக்டீரியக் கடுந்தீவிர டிநூஅ (Bacterial heavy DNA) சாதாரண ஊடகத்தில், எவ்வாறு இனப்பெருக்கம் செய்கின்றது என்பதை ஆய்ந்தனர். அடுத்த தலைமுறையில் இந்தப் பாக்டீரியத்தினுடைய டிநூஅ வின் ஒரு பாகம் சாதாரண அமைப்பிலும் மற்றைய பாகம் மாறுபட்ட அமைப்பிலும் உள்ளது தெரிகின்றது. டிநூஅ நகலாக்கம், பாதி பழமை பேணும் நகலாக்க முறையினால் ஏற்படுவதை மெய்ப்பித்தனர்.

டிநூஅ சேர்க்கைக்குச் சில குறிப்பிட்ட நொதிகள் தேவைப் படுவதாகக் காரன்பெர்க் (Korenberg, 1956) புலப்படுத்தினர். டிநூஅ நகலாக்கத்தில் புதியதாகத் தோன்றிய நூக்ளியோடைடு அலகுகள், வார்ப்பு அச்சு இழையுடன் சேர்கின்றன. பின்னர் இவற்றை ஒரு தொடர்ச்சியான இயைந்த இழையாக உண்டாக்க டிநூஅ பாலிமரேஸ் (DNA polymerase) என்னும் நொதி தேவைப்படுகிறது. இந்த மாற்றங்களுக்கு நான்கு டி நூ அ நூக்ளியோடைடுகளும், டிநூஅ பாலிமரேஸ் நொதியும், ஓரளவு ஏடிபி (ATP) ஆற்றலும் அடிப்படைகளாக அமைகின்றன. மேலும் ஓரளவு டிநூஅவும் தேவைப்படுகின்றது. டி நூ அ அற்ற நிலைகளில் சேர்க்கைத் தேவைப்படுகின்றது. டிநூஅ அற்ற நிலைகளில் சேர்க்கை நடைபெறுவதில்லை. இதிலிருந்து முன்னால் இருந்த டிநூஅ வின் மேல்தான் புதிய டிநூஅ மூலக் கூறுகள் சேர்க்கப்படுகின்றன என்பது புலனாகிறது.

பின்னர்க் காரன்பர்க் (Kornberg, 1967) நூக்ளியோசைடு டிரைஃபாஸ்ஃபேட்டுகளை (Nucleoside triphosphate) பயன்படுத்திப் புதியதாகச் சேர்க்கப்பட்ட டிநூஅ முதல் நிலை டிநூஅ போன்று (original DNA) இருப்பதைக் கண்டறிந்தார். மேலும் இது டிநூஅ சேர்க்கைக்குத் தக்க சான்றாக அமைந்தது. டி நூ அ தொடர் உருவாகும் போது ஒன்றின் சேர்க்கை தொடர்ச்சியாகவும், மற்றொன்றின் சேர்க்கை எதிர் திசையில்

தொடர்பற்ற முறையிலும் நடைபெறுவதாகக் காரன்பெர்க் (Kornberg, 1967) விளக்கினர். இந்த முறை, இழைகளின் குறுகிய விரிப்பினுல் நடைபெறுகிறது. ஒவ்வொரு விரிப்புக்குப் பின்னரும் வார்ப்பச்சு இழையிலிருந்து வெளியான நொதி, அடுத்த விரிப்பினை நிகழ்த்த மூலக்கூற்றினை மேல் நோக்கித் திரும்புகின்றது. எனவே தொடர்பற்ற துண்டு இழைகளை, ஒரு தொடர்புள்ள தொடராக இணைக்க ஓர் இயக்கம் செயலமைவுத் திட்டம் (mechanism) தேவைப்படுகிறது. சிறிய டிநூஅ இழைகளை இணைக்கும் ஒரு புதிய நொதி 1967 ஆம் ஆண்டில் கண்டு பிடிக்கப்பட்டது. கொரானவும் (Khorana, 1967) மற்றோரும், இந்த நொதியைக் கண்டறிந்தனர். இது, டிஎன்ஏ லிகேஸ் (DNA Ligase) என்றோ, டிஎன்ஏ இணைக்கும் நொதி என்றோ (DNA joining enzyme) வழங்கப் படுகிறது. இந்த நொதியைப் பயன்படுத்தி. உயிரோட்டமுள்ள டிநூஅ வைக் காரன்பெர்க் (kornberg, 1968) உண்டாக்கினர். தொடர்பற்ற டிநூஅ சேர்க்கையைச் சில சான்றுகளுடன் ஒகசாக்கி (Okazaki, 1968) விளக்கினர். எனவே டிஎன்ஏ லிகேஸ், டிநூஅ வைப் புதுப்பிக்கும் தொழிலுக்கு மிகவும் இன்றியமையாதது.

பல பாக்டீரியங்களில், அல்ட்ராவயலட் கதிர் வீச்சு (Ultra violet radiation), அயனுக்கும் கதிர்வீச்சு (ionizing radiation) போன்றவற்றால் பாதிக்கப்பட்ட டிநூஅ பகுதிகளை அகற்றிப் புதியதாகச் சேர்க்கப்பட்ட பிரிவுகளை அமைத்துக் கொள்ள டிநூஅ லிகேஸ் நொதி பயன்படுகிறது.

டிநூஅ நகலாக்கத்தில் மற்றெருரு சுவையான பண்பு, தாய் மூலக்கூற்றின் சுருள்நீக்கம் பற்றியதாகும். பாலிநூக்ளியோடைடு சேர்க்கை தொடங்குவதற்கு முன்பு மூலக்கூறு முழுமையாகச் சுருள் நீக்கம் பெறுகிறது என்று கிரிக் (Crick) அறிவித்தார். டிநூஅ மூலக்கூற்றின் நீளம், மிகுந்த முறுக்குப்பிரி உண்டாதல் போன்றவை, இதனை நம்பமுடியாததாகச் செய்கிறது. சுருள் நீக்கம் தொடங்கிய உடனே இரு புதிய தொடர்கள் உண்டாகத் தொடங்குகின்றன. எனவே இவ்விரு சேய்களும் உடனிகழ்வாக நடைபெறுகின்றன என்று கிரிக் (Crick) குறிப்பிட்டார். இக்கருத்தினைத் தான் இயங்கும் வெயில்மானி (autoradiograph) ஆய்வுகளும் உறுதிப் படுத்தின.

ரிநூஅ அமைப்பு (Structure of RNA)

டிநூஅ வைப் போன்று ரிநூஅ விலும் நீண்ட மூலக் கூற்றுத் தொடர் காணப்படுகிறது. இதில் தொடர்ச்சியாக மாறி மாறி

அமைந்துள்ள அலகுகள் ஃபாஸ்ஃபேடு டைஎஸ்டர் பிணைப்புகளால் (phosphate diester bonds) இணைக்கப்பட்டிருக்கின்றன. டிநூஅ, ரிநூஅ ஆகியவற்றைக் கட்டும் அலகுகளில் இரு வேற்றுமைகள் காணப்படுகின்றன. ஒன்று ரிநூஅ, வின் சர்க்கரைப் பொருளாக டிஆக்சிரிபோஸ் இராமல் ரிபோஸ் உள்ளது. மற்றொன்று டிநூஅ வில் உள்ள அடினேன், குவானேன், தைமின் ஆகிய பேஸ்கள் யாவும் ரிநூஅ விலும் உள்ளன. ஆயினும் டிஎன்ஏ வின் நான்காவது பேஸ் ஆகிய தைமினுக்குப் பதிலாக யுராசில் (uracil) ரிநூஅ வில் காணப்படுகிறது.

கடந்த இருபத்தைந்து ஆண்டுகளாக, நடத்திய ஆராய்ச்சிகள், ரி நூ அ சேர்க்கை, டி நூ அ நகலாக்கம் போலவே ஏற்படுகிறது என்று தெளிவாக்கின. நூக்ளியோசைடு டிரைஃபாஸ்ஃபேட்டு அலகுகளில் இருந்து ரி நூ அ மூலக்கூறு உண்டாகிறது. இந்த முறையில் ஓர் இழையின் டி நூ அ மூலக்கூறு எவ்வாறு நகலாக்கம் பெறுகிறதோ அதே போன்று ரி நூ அ விலும் சேர்க்கை நடைபெறுகிறது. டி நூ அ வின் நகலாக்கத்தைப் பொறுத்த மட்டிலும், டி நூ அ இழைகள் தம் சுருளை நீக்கி ரி நூ அ நகலாக்கத்திற்கு இடமளிக்கிறது. ஒரு குறிப்பிட்ட ரி நூ அ பாலிமரேஸ் (RNA polymerase) என்ற நொதி, ரிபோ நூக்ளியோடைடு அலகுகளின் சேர்க்கைக்குத் தேவைப்படுகிறது. இந்த இணைப்பு, எஸ்ட்டர் இணைப்புகளால் (Ester linkages) ஏற்படுகிறது. இந்த முறையில் பல்வேறு உயிரினங்களில் ரி நூ அ சேர்க்கை நடைபெறுவதாகத் தோன்றுகிறது. இதிலும் சிறிதளவு வார்ப்பு அச்சுக் குவியலாக டி நூ அ இருத்தல் வேண்டும்.

ரி நூ அ குரோமோசோம்களிலும், நூக்ளியோலஸிலும், நூக்ளியஸ் திரவத்திலும், பச்சைக் கணிகங்களிலும், மைட்டோகாண்டிரியாவிலும் காணப்படுகிறது. ரி நூ அவில் நான்கு வகைகள் உள்ளன. அவை வைரஸ் ரி நூ அ, ரிபோசோம் ரி நூ அ, மாற்று ரி நூ அ, தூது ரி நூ அ ஆகியவை ஆகும்.

வைரஸ் ரி நூ அ (Viral RNA)

பொதுவாகத் தாவர வைரஸ்களிலும், பல பாக்டீரியாவிலும், விலங்கு வைரஸ்களிலும், ரி நூ அ ஒற்றை இழையைக் கொண்டிருக்கிறது. முதன் முறையாக ஒருதரப்பட்ட தயாரிப்புகளிலிருந்து, வைரஸ் ரி நூ அ தனிமைப் படுத்தப் பட்டது. வைரசினுல் அடைத்து வைக்கப்பட்ட ரி நூ அ வின் மூலக்கூற்று எடை பெருமளவிற்கு வேறுபட்டிருக்கிறது.

தூது ரி நூ அ (Messenger RNA)

பொதுவாகத் தூது ரி நூ அ ரிபோசோம்களோடு ஒட்டிக் கொண்டிருக்கும். இங்குப் புரதச் சேர்க்கை நடைபெறுகிறது. தூது ரி நூ அ தன் மூலமாகவே நூக்ளியசினுள்ள எவ்வகைப் புரதமும் தயாரிக்கப்படவேண்டும் என்னும் கட்டளைக் குறியீடுகளை அனுப்புகிறது. ஒரு தூது ரி நூ அ மூலக்கூறு ஒன்றுக்கு மேற்பட்ட புரதத் தொடருக்குக் குறியீடுகளை எடுத்துச் செல்கிறது.

ரிபோசோம் ரி நூ அ (Ribosomal RNA)

ரிபோசோம்களின் பெரிய துணை அலகுகள் ஒவ்வொன்றிலும் ஒரு பெரிய ஆர் என் ஏ மூலக்கூறு உள்ளது. அதுபோலவே அவற்றின் சிறிய துணை அலகுகள் ஒவ்வொன்றிலும் ஒரு ரி நூ அ மூலக்கூறு உள்ளது. இதுவுமன்றி, அவற்றில் பல புரதத் தொடர்களும் காணப்படுகின்றன. செல்களில் இந்த ரி நூ அ சுமார் 60 லிருந்து 80 சதவீதம் உள்ளது. ரிபோசோம் ரி நூ அ, ரிபோசோம் செயல்களில் முக்கியப் பங்கேற்கிறது.

மாற்று ரி நூ அ (Transfer RNA)

மிகச் சிறிய கூட்டங்களே மாற்று ரி நூ அ வாகும். சைட்டோ பிளாசத்தில் உள்ள மாற்று ரி நூ அ, தூது ரி நூ அவில் உள்ள கட்டளைக் குறியீடுகளைப் புரிந்து கொண்டு, அவற்றிற்கு ஏற்பக் குறிப்பிட்ட அமினோ அமிலங்களைச் சேகரித்து, அவற்றை ரிபோசோம்களுக்கு மாற்றும் பணியைச் செய்கின்றது. மாற்று ரி நூ அ வில் பல வகைகள் உள்ளன. ஒவ்வொரு மாற்று ரி நூ அ மூலக் கூறும் குறிப்புச் சார்புடையது.

ரி நூ அ சேர்க்கை (RNA Synthesis)

பாக்டீரிய செல்களில் வைரஸ் பரவலுக்குப் பின்னர், ரி நூ அ சேர்க்கை நடைபெறும் போது குவானீனும், சைடோசினும், வேறுபட்ட அளவுகளில் காணப்படுவதாகப் பௌட்ஸ் (Bautz, 1962), ஹால் (Hall, 1962) ஆகிய இருவர் அறிவித்தனர். இவர்களின் கருத்து, ரி நூ அ தொடர் உருவாக்கப்படும் முறையில் அவற்றின் நீளவாட்டத்தில் ஒரு போதும் இணைவதில்லை என்பதை மறைமுகமாகக் குறிப்பிடுகிறது. மற்றும் ரி நூ அ ஓர் இழை மூலக்கூறாக உள்ளது. இதனுல் டிநூஅ மூலக்கூற்றின் ஓர் இழையிலிருந்து ரிநூஅ நகலாக்கப்படுகிறது என்று அறியப்படுகிறது. புதியதாக ஏற்பட்ட ரிநூஅ, வார்ப்பு டிநூஅ வின்

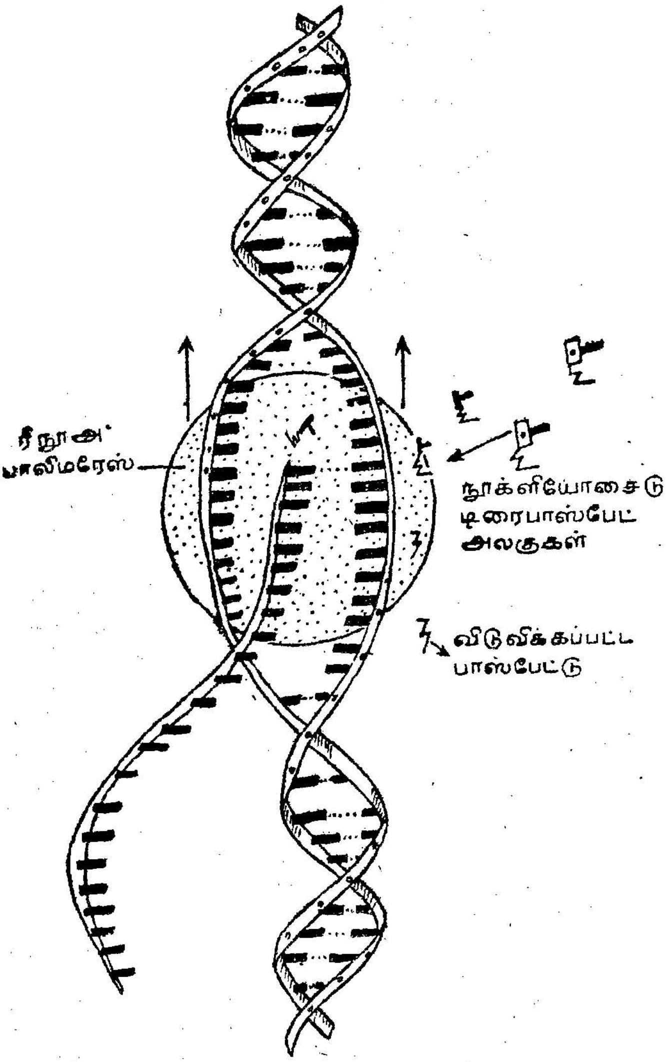
ஓர் இழையுடன் இயைந்துள்ளதாகக் கருதப்படுகிறது. எனவே டிநூஅ வின் ஒற்றை இழையிலிருந்து ஓர் ரிநூஅ இழையை நகல் எடுக்க முடியும் என்ற கருத்துக்கு இது ஆதாரமாக விளங்குகிறது. பின்னர், இது சோதனைகளின் வாயிலாக நிறுவப்பட்டது. ஹால், ஸ்பீஜல்மென் (Hall, Spiegelman, 1962) ஆகிய இருவர், எஸ்கீரீச்சியா கோலி (Escherichia Coli) என்ற பாக்டீரியாவிலிருந்து தனிப்படுத்திய டிநூஅ விற்கு ரிநூஅ வைச் சேர்த்தனர். இவ்வாறு சேர்க்கப்பட்ட ரிநூஅ, டிநூஅ வின் குறிப்பிட்ட பகுதியுடன் நெருங்கிய தொடர்பைப் பெறுகிறது. இந்தச் செயலுக்குக் கலப்புயிரி அமைத்தல் என்று பெயர்.

ஒரு டிநூஅ வார்ப்பின்மீது, ஒரு ரிநூஅ இழை சேர்க்கப் படும்போது ரிநூஅ மூலக்கூறு அதிலிருந்து விரைவாக விடுபடுகிறது. டிநூஅ சுருள் நீங்கிய இடத்திலிருந்து இரு தனி இழைகளும் மீண்டும் நெருக்கி ஹைட்ரொஜன் பிணைப்புகளை உண்டாக்குகின்றன (படம் 17-5). டிநூஅ தொடர் எந்தத் திசையில் நகலாக்கம் செய்கிறதோ அதே திசையில் ரிநூஅ தொடரும் நகலாக்கம் செய்கிறது.

பல ரிநூஅ மூலக்கூறுகள், சாதாரண டிநூஅ வார்ப்பை விடச் சிறியதாக உள்ளன. இவை டிநூஅ மூலக்கூற்றின்மேல் சேர்க்கப் படுகின்றன. எனவே ரிநூஅ பாலிமரேஸ் (RNA polymerase), டிநூஅ வுடன் ஒட்டிக்கொண்டு சேர்க்கையைத் தொடங்கக் கூடிய அமைப்புகள் பல, டி என் ஏ வில் உள்ளன. பர்கெஸ் (Burgess, 1969), டிராவர்ஸ் (Travers, 1969), டன் (Dunn, 1969), பௌட்ஸ் (Bautz, 1969) ஆகியோர் எஸ்கீரீச்சியா கோலி (Escherichia Coli) என்னும் பாக்டீரியாவில் ஆய்வுகள் நடத்தினர். அதன் பயனாக, ரிநூஅ பாலிமரேஸ் மூலக்கூற்றில் உள்ள ஒரு பொருள்தான் எந்த இடத்தில் ரிநூஅ சேர்க்கை நடைபெற வேண்டும் என்பதை முடிவு செய்கிறது என்று தெளிவாக்கப் பட்டது. இப்பொருள் ஸிக்மாகாரணி (sigma factor) எனப்படுகிறது.

சில வைரஸ்களில் ரிநூஅ மட்டும் உள்ளது. ஆதலால் ரிநூஅ மூலக்கூறு ஒரு வார்ப்பாகச் செயலாற்றி நகலாக்கத்தில் ஈடுபடுகிறது. இதிலிருந்து ரிநூஅ எல்லா உயிரினங்களிலும் டி நூ அ வார்ப்பிலிருந்து நகலாக்கப் படுவதில்லை என்று தெரிய வருகிறது.

ஒரு ரிநூஅ மூலக்கூறு, ஏதாகிலும் ஒரு டிநூஅ இழையின் மேல் நகலாக்கப்படுகிறது. இதனுல் நூக்ளியஸிலிருந்து, புரதச்



படம் 17–5.
ரிநூஅ சேர்க்கை.

சேர்க்கை நடைபெறும் இடமாகிய ஸைட்டோபிளாசத்திற்கு தகவல்கள் எடுத்துச் செல்லப் படுகின்றன. ஒவ்வொரு டிநூஅ

இழையின் மேலும், ரிநூஅ சேர்க்கை நடைபெற்ருல், இவை வேறுபட்ட தகவல்களை எடுத்துச் செல்லக்கூடும். இது குழப்பத்தில் முடிவடையும். ஒரு தொடர் தேர்ந்தெடுக்கப்படும் முறை, இதுவரை தெளிவாக்கப்படவில்லை.

நூக்ளியக் அமிலங்களின் மூலக்கூற்றுப் பண்புகளைப் பற்றி வேண்டிய அளவு தெரிந்து கொண்டோம். நூக்ளியக் அமிலங்கள், சேமிப்பு, நகலாக்கம், தகவல்களில் பரிமாற்றம் ஆகியவற்றில் ஈடுபடுகின்றன. தகவல் பரிமாற்றத்தின் இறுதியில் புரதம் என்னும் புதிய பொருள் தோன்றுகிறது. அது உயிர்ச் செயலுக்குத் தேவைப்படுகிறது.

18. மைட்டோசிஸ் (அ) எதிர்முகப் பகுப்பு

(Mitosis)

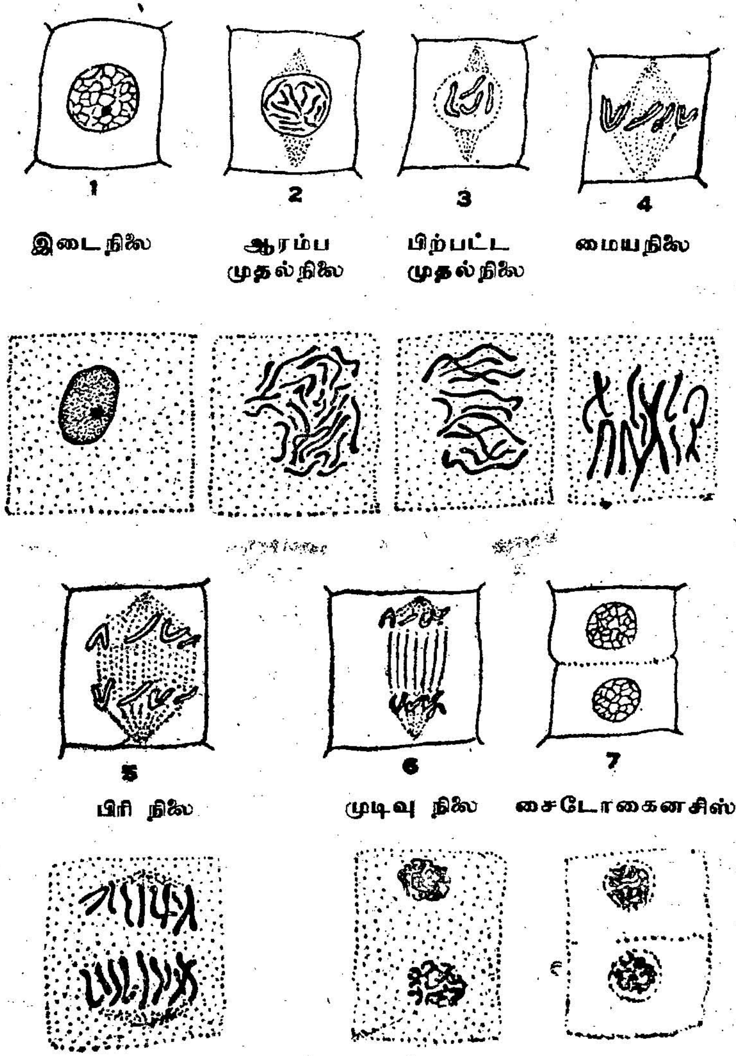
செல் பகுப்பு, நகலாக்கல் ஆகியவை பல உயிரினங்களின் பால் இனப் பெருக்கம் (sexual reproduction) பாலிலா இனப் பெருக்கம் (asexual reproduction) போன்றவற்றுக்கு அடிப் படையாக விளங்குகின்றன. பாக்டீரியா போன்ற முதிராப் பண்புடைய செல் வகைகளும்கூட செல் பகுப்படைகின்றன. முக்கியமாக மைட்டோசிஸ் என்ற பகுப்பினால் செல்கள் பெருகுகின்றன. மைட்டோசிஸ் என்ற சொல் நூக்ளியஸ் இரு சேய் நூக்ளியஸ்களாகப் பகுப்படைவதைச் சுட்டிக் காட்டு கிறது. இரு சேய் நூக்ளியஸ்களும் ஒரே அளவில் உள்ளன. இவ்விரண்டு செல்களிலும் குரோமோசோம்களின் எண் ணிக்கை தாய் செல்லின் எண்ணிக்கை அளவே இருக்கும். உடல் செல்கள் (somatic cells) பொதுவாக மைட்டோசிஸ் பகுப்பினைப் பெறுகின்றன. பாலிலா இனப் பெருக்கத்தின் போதும், உடல் இனப் பெருக்கத்தின்போதும் செல்கள் மைட்டோசிஸ் பகுப்பில் பகுப்படைகின்றன. இவற்றுக்கும் மேலாகப் பழைய செல்களும், இறக்கும் செல்களும் மாற்றீடு செய்யப்படுகின்றன.

ஒரு சைகோட் (zygote) கருவாக மாறுவதும், கரு ஓர் உயிரினமாக வளர்ச்சி பெறுவதும் ஆகிய செயல்கள் மைட்டோசிஸ் பகுப்பினால் நடைபெறுகின்றன. இந்த நிலையில் உள்ள முதிர்ச்சி பெறாத செல்களின் அளவும், வடிவமும் அதிகரித்துத் திசு வேற்றுமையைப் பெறுகின்றன. எனவே, செல்கள் மேன்மேலும் பகுப்படைந்து இலட்சக்கணக்கான செல்களை உண்டாக்குகின்றன. இவை அனைத்தும் சேர்ந்தே

உயிரின உயிர்களின் அரிய உடலைத் தோற்றுவிக்கின்றன. ஒரு தாவரம் வளர்கின்றபொழுது அதன் வளரும் பகுதிகளில் புதிய செல்கள் தோன்றுவது இயல்பு. தாவரங்களின் வளர் திசுக்கள் (meristems) மைட்டோசிஸ் பகுப்பு நடைபெறுமிடங்களாக உள்ளன. வளர் திசுக்களில் பல வேறுபடுத்தப்படாத பகுப்படையும் செல்கள் உள்ளன. உயர் தாவரங்களின் (higher plants) வேர் நுனிகளிலும், தண்டு நுனிகளிலும், இலை, மலர் மொட்டு (flowers buds) ஆகியவற்றிலும் வளர் திசுக் காணப் படுகிறது. மரஞ் செறிந்த தாவரங்களில் (woody plants) கேம்பியம் (cambium) போன்ற பக்க வளர் செல்களில் (lateral meristems) தொடர்ந்து மைட்டோசிஸ் பகுப்பு ஏற்பட்டு செகண்டரி திசுக்கள் (secondary tissues) உண்டாகின்றன. செல்கள் வளர்ச்சியுற்றுப் பகுப்படைகின்றன. ஒரு பகுப்பு முடிந்து அடுத்த பகுப்பு முடியும் வரையான இடைக்காலத்தை, செல் சுழற்சி (cell cycle) என்பர்.

முதன்முறையாக ஃபிளெமிங் (Flemming, 1882) என்ற அறிவியல் வல்லுநர் செல் பகுப்பைக் கண்டறிந்தார். இந்தப் பகுப்பின்பொழுது நூல் போன்ற அமைப்புகள் (thread like bodies) இருப்பதை, ஃபான் பெனிடினும் (Van Beneden, 1883) ஃபிளெமிங்கும் (Flemming, 1882) கண்டனர். இவ் விழைகள் சாயத்தை ஏற்கக்கூடிய தன்மை உடையன வாதலால், இவற்றைக் குரோமோசோம்கள் என வால்டுமேயர் (Waldmeyer, 1888) அழைத்தார். அதைத் தொடர்ந்து தாவர வியல் வல்லுநர்கள் செல் பகுப்பைப்பற்றி ஆய்ந்தனர். டார்லிங்டன் (Darlington, 1936), லா கௌர் (La Cour, 1958), ரீவெல் (Revell, 1953) ஆகிய பலர், செல் பகுப்பின் நிலைகளில் குரோமோசோம்கள் இயங்கும் முறைகளைப்பற்றி நன்கு ஆராய்ந்தனர். பேலார் (Belar, 1920) என்பவர் முதன் முறையாகத் தெளிவான முறையில் செல் பகுப்பு நிலைகளைத் தொகுத்து அளித்தார். ஆபெர்குரோம்பீ, ஆம்புரோஸ், இஸ்டி (Abercrombie, Ambrose, Easty, 1954) ஆகியோர் ஒரு தனி முறையினால் செல் வளர்ச்சியின்போதும், மைட்டோசிஸின் போதும் திணிவு மின்னேற்றத்தை (mass charges) அளந்து மதிப்பிட்டனர். செல் பகுப்பின்போது சைட்டோபிளாசம், நூக்ளியஸ் ஆகியவற்றின் செயல்களை நன்கு அறிந்த பின்னரும் கூட இந்தச் செயலின் பண்புகள் இன்றுவரை விளக்கமற்றே இருக்கின்றன.

செல் சுழற்சியில், பகுப்பு இடைநிலை (interphase) என்பது முதல் நிலையாகும். பகுப்பு இடைநிலை மூன்று துணை நிலைகளாகப் பிரிக்கப்பட்டிருக்கின்றன. இதன் முதல் துணைநிலையில்



படம் 18-1.
தாவர செல்லில் மைட்டோசிஸ் பகுப்பின் பல நிலைகள்

டிநூஅ சேர்க்கை முற்படுகிறது. இதைத் தொடர்ந்து இரண்டு நிலைகளில் டிநூஅ சேர்க்கை ஏற்படுகிறது. மூன்றாவது துணை

நிலையில், செல் மைட்டோசிஸ் பகுப்படையத் தொடங்குகிறது. இடைநிலையைத் தொடர்ந்து முதல்நிலை (prophase), மைய நிலை (metaphase), பிரிநிலை (anaphase), முடிவுநிலை (telo phase) ஆகிய நான்கு நிலைகள் காணப்படுகின்றன. (படம் 18-1). உயிரினங்களில் குரோமோசோம்களின் நீளம், அளவு, எண்ணிக்கை பிற தன்மைகள் ஆகியவற்றில் வேறு பட்டிருக்கின்றன. ஒரு குறிப்பிட்ட விதைத் தாவரத்திலோ, விலங்கிலோ குரோமோசோம்களின் எண்ணிக்கை நிலையானது.

இடைநிலை

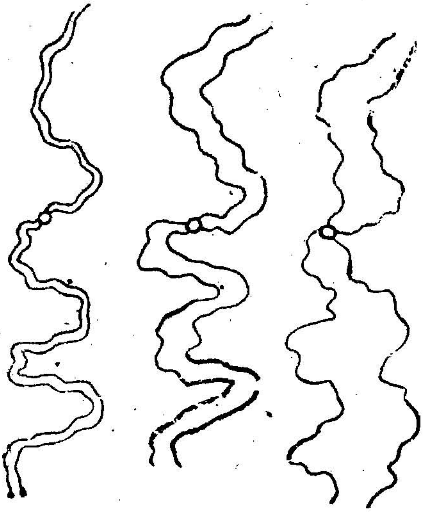
செல் சுழற்சியில் இடைநிலை உள்பட மற்ற நிலைகள் யாவும் நிகழ 20-ல் இருந்து 24 மணி நேரம் தேவைப்படுகிறது. செல் சுழற்சியில் இடைநிலையே நீண்ட நிலை ஆகும். இந்த நிலையில் நூக்ளியஸ் மிகக் குறைந்த அமைப்பைப் பெற்றுள்ளது. இதில் நூக்ளியோலுஸும், ஹிடிரோகுரோமாடின் (heterochromatin) என்னும் குரோமோசோம் போன்ற அமைப்புகளும் தெளிவாகக் காணப்படுகின்றன. புரதமும், ரிநூஅவும் நூக்ளியோலுஸில் இருக்கின்றன. இது மிதைல் பச்சையையும் (methyle green) பைரோனின் (pyronin) போன்ற சாயங்களையும் ஏற்கிறது.

இதுவரை ஹிடிரோகுரோமாடினின் செயல் தெளிவாக்கப் படவில்லை. அது குரோமோசோம் பகுதியினைக் காட்டுகிறது. இடைநிலையில் இது சுருங்கிக் காணப்படுகிறது. ரிபோசோம் பொருள்கள் நூக்ளியோலஸில் சேர்க்கப்படுகின்றன. இடை நிலையின் துணை நிலைகளில் நூக்ளியஸ் பெரும் அளவிற்கு மாற்றத்தைப் பெறுவதில்லை. எனவே, முதல் நிலைக்கு முன்னர் இது பல சிறப்பு மாற்றங்களைப் பெறுகின்றது. பிற்பட்ட இடை நிலையில் தெளிவான குரோமோசோம்கள் அறியப்படுகின்றன. (படம் 18-1, 2) இரண்டாம் துணைநிலையில் குரோமோசோம் கள் நகலாக்கம் பெறுகின்றன. எனவே, ஒவ்வொரு குரோமோ சோமும் இரட்டை உருவாக மாறுகின்றன. எல்லா இழைகளும் நெருக்கமாகத் தொடர்புகொண்டிருப்பதால் தனி இழைகளை வேறுபடுத்த இயலவில்லை. இந்த நிலையில் நூக்ளியஸ் உறைக்கு அருகில் உள்ள ஹிடிரோகுரோமாடினும், நூக்ளியோலுஸும் இன்றும் காணப்படுகின்றன.

ஆரம்ப முதல்நிலை (Early Prophase)

பொதுவாக முதல்நிலை மைட்டோசிஸ் பகுப்பின் நீண்டநிலை ஆகும். திசுவின் வகைக்கு ஏற்ப இந்த நிலை, பல நிமிடங்களுக்கு

நீடிக்கும். முதல் நிலையில், சைட்டோபிளாசம், நூக்ளியஸ் ஆகிய இரண்டிலும் திடீர்த் திருப்பங்களுடைய மாற்றங்கள் உண்டாகின்றன (படம் 18-1,2). . மைட்டோசிஸ் பகுப்பு



படம் 18-2.
குரோமோசோமின் சுருள்கள்

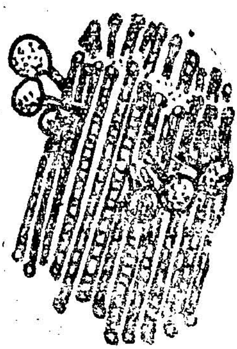
முழுவதிலும் குரோமோசோம்கள் தொடர்ந்து சுருக்கமடைகின்றன. குறிப்பாக, முதல் நிலையில் குரோமோசோம்கள் சுருக்கமடைய ஆரம்பிக்கின்றன. இடைநிலையில் குரோமோசோம்களுக்கு விரியும் தன்மை அளிக்கும் நீருடன் இணைந்த ஜெல்லில் இருந்து (gel) நீர் இழக்கப்படுவதாலும், தொடர்ச்சியான சுருள்கள் உண்டாவதாலும், சுருங்கும் செயல் ஏற்படுகிறது. இவ்வாறு குரோமோசோம் இழைகள் சுருங்கும்போது ரிநூஅ, இவ்விழைகளின்மீது படிய ஆரம்பிக்கின்றது. தாவரங்களில் பிரைமரி சுருள்கள் (primarycoils), செகண்டரி சுருள்கள் (secondary coils) என்று இருவகையான சுருள்கள் ஏற்படுகின்றன என்று டார்லிங்டன் (Darlington, 1936), லா கௌர் (La cour, 1963) ஆகிய பலர் கண்டறிந்தனர். முதல் சுருள் அமைப்பில் குரோமோசோம்களின் நீண்ட இழைகள் திருகுசுழலான (helical) அமைப்பைப் பெறுகின்றன (படம் 18-2). இது முடிந்த பின்னர் இவை தங்களுக்குள் சுருண்டு, பெரும் இரண்டாம் சுருளை ஏற்படுத்துகின்றன. இந்த நிலையில் குரோமோசோம்கள் இரண்டிரண்டாக மாறுவது,

சுருள் அமைப்பினைப் பெறுவது ஆகியவை மையநிலை குரோமோசோம்கள் பிரிதலுக்கு ஏதுவாக உள்ளன.

இடைநிலையில் குரோமோசோம் நகலாக்கம் ஏற்படுவதினால், இவை முதல்நிலையில் இரண்டு இழைகளைப் பெற்றிருப்பவையாகக் காணப்படுகின்றன. இந்த இரண்டு இழைகளும் தனித்தனியாகச் சுருளாக்கம் பெற்று ஒன்றன் பக்கத்தில் ஒன்றாக அமைக்கப்பட்டிருக்கும். குரோமோசோமின் தனி இழைகளைக் குரோமாடிட்கள் (chromatids) என்பர்.

குரோமோசோம்கள் தொடர்ந்து சுருங்குவதன் பலனாக ஹெடிரோகுரோமாடின், யூகுரோமாடின் ஆகியவற்றுக்கிடையே உள்ள வேற்றுமை படிப்படியாக மறைந்துவிடுகிறது. முதல் நிலையில் நூக்ளியோலுஸ் அளவில் சுருங்கி, முடிவாக மறைந்து விடுகிறது. நூக்ளியோலுஸிலிருந்து வெளியான ரிநூஅ வின் ஒரு பகுதி குரோமோசோம்களின் பரப்பில் படிகின்றது. எனவே, இடைநிலையில் நூக்ளியோலஸ் ஒரு செல்லின் செயல் அலகாகக் காணப்படுகிறது.

இத்தகைய மாற்றங்கள் நூக்ளியஸில் நடைபெறும்போது, சைட்டோபிளாசத்திலும் மாற்றங்கள் ஏற்படத் தொடங்குகின்றன. நூக்ளியஸ் உறைக்கு அருகில் சைட்டோபிளாசத்தினுள்ளே மையத்துகள்கள் (Centrioles) என்ற திரள்கள் அமைந்துள்ளன. இவற்றை முதன் முறையாக ஃபான் பென்டென் (van Benedon, 1880) விலங்கு செல்களில் கண்டறிந்தார். மையத்துகள்கள், பொதுவாக விலங்கு செல்களில் காணப்படுகின்றன. தாவரங்களில் பாசி செல்களிலும், பூஞ்சைகளிலும் உள்ளன (படம் 18-3).



படம் 18-3.
மையத்துகள்களின் அமைப்பு.

இறுதியாக நூக்ளியஸ் உறை மறைந்துவிடுகிறது. இது சைட்டோபிளாசத்தில் எண்டோபிளாச வலைக் கூறுகளாக மறைகின்றது. பின்னர் நூக்ளியஸ் திரவமும், சைட்டோபிளாசமும் ஒன்றாகக் கலந்து விடுகின்றன.

பிற்பட்ட முதல்நிலை (Late Prophase)

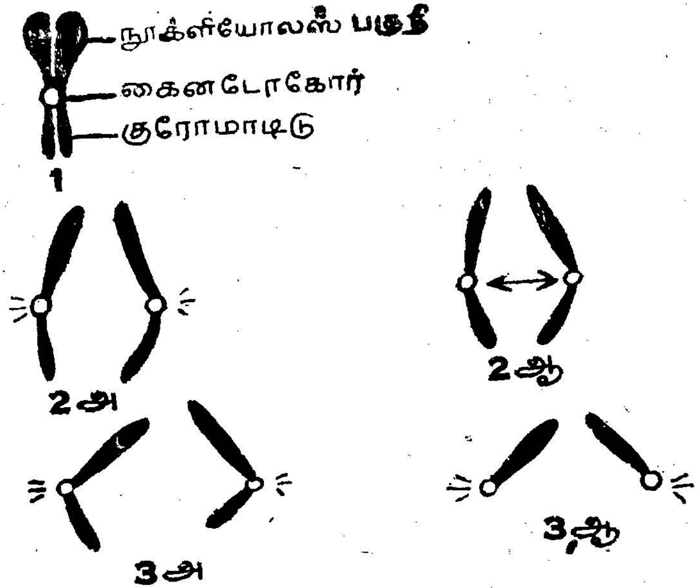
இந்த நிலையில் குரோமோசோம்கள், செல்லுக்கு நடுவே சென்று ஒரு சீரான அமைப்பைப் பெறுகின்றன. இவ்வாறு குரோமோசோம்கள் சலனம் பெறுவதை மெடாகைனசிஸ் (metakinesis) என்பர். பின்னர்த் தாவர செல்களிலும், விலங்கு செல்களிலும் கதிர் இழை அமைப்புகள் (spindle fibre apparatus) தோன்றுகின்றன. கதிர் இழைகள் செல்லில் குரோமோசோம்களின் சலனத்திற்குப் பெரிதும் உதவுகின்றன. கதிர் இழைகள் குரோமோசோம்களின் கைனடோகோருடன் (kinetochore) ஒட்டிக்கொண்டிருக்கின்றன. கதிர் இழைகளின் தன்மைகள், மின்நுண்ணோக்கியில் ஆராயப்பட்டுள்ளன. மிகச் சிறிய நுண்குழாய்கள் (microtubules) ஒன்றுதிரண்டு கதிர் இழைகளைத் தோற்றுவிக்கின்றன. நுண்குழாய்கள் நீண்ட நெருக்கமான கற்றைகளாக அமைந்துள்ளன. இவற்றின் விட்டம் 200-270Å அளவும், குழாய்ச் சுவரின் தடிப்பு 50-70Å அளவும் உள்ளன. பிற்பட்ட முன்நிலையில் மையத்துகள்களின் மையத்திலிருந்து ஆர நுண்குழாய்கள் (radiating microtubules) உண்டாகின்றன. இவை நுண் குழாய்களுடன் தொடர்புகொண்டிருக்கின்றன. மேலும் மிக நுண்ணிய நார் இழைகள், நுண் குழாய்களுடன் தொடர்பு பெற்றிருப்பது தக்க சான்றுகளோடு விளக்கப்படுகின்றது.

மையநிலை (Metaphase)

மையநிலையில் கதிர் இழைகளும், குரோமோசோம்களும் ஒன்றின்மீதொன்று செயலாற்றி இடைநிலைத் தகட்டை (metaphase plate) உண்டாக்குகின்றன (படம் 18-1,4). ஒவ்வொரு குரோமோசோமிலும், கைனடோகோர் என்ற ஒரு பகுதி காணப்படுகிறது. இது மைட்டோசிஸ் பகுப்பில் குரோமோசோம்கள் நகர்வதற்கு முக்கியச் சாதனமாக அமைகிறது. கதிர் இழைகள் கைனடோகோருடன் ஒட்டிக்கொண்டிருக்கின்றன. குரோமோசோம்கள் துருவங்களை நோக்கி நகரும்போது கைனடோகோர்கள் உதவுகின்றன.

மையநிலையின்போது குரோமோசோம்கள் தம் இயல்பான நிலையில் அமைக்கப்பட்டிருக்கின்றன. இவற்றின் கைனடோகோர் முதலில் ஒற்றையாகவே காணப்படுகின்றது (படம் 18-4, 1). பின்னர், ஒவ்வொரு கைனடோகோரும் இரு பிளவுகளாகப் பிரிகின்றன (படம் 18-4, 2a). எனவே, இரு குரோமாடிடுகள் உண்டாகின்றன. இவ்வாறு பிரியும் கைன

டோகோர்களுக்கு இடையே ஏதோ ஓர் எதிர்ப்பளிக்கும் **விசை** (repulsive force) செயலாற்றுகிறது. மையநிலையில் குரோமோசோம்கள், கதிர் இழை அமைப்புகளின் நடுவிலும், செங்குத்தாக



படம் 18-4

மையநிலையின்போது தனி குரோமாடிடுகளின் மாற்றங்கள்.

1-8 ஆ. நிலைகள்: கைனடோகோர் பிளவடைந்து தனிக் குரோமாடிடுகள் உண்டாதல்.

அதன் அச்சிலும் அமைக்கப் பட்டுள்ளன. இந்த அமைப்பிற்குக் கைனடோகோர்கள் உண்மையான காரணிகளாக உள்ளன.

மையநிலை, முதல்நிலையைக் காட்டிலும் குறுகிக் காணப்படுகிறது. இதுவரையில் இரு குரோமாடிடுகளும் நெருங்கிய அருகமைப்பில் (apposition) இருந்து வந்தன. இந்தக் குறுகிய நேரத்தில் இவை பிரிந்து இரு தனிக் குரோமாடிடுகள் தோற்றுவிக்கின்றன.

பிரிநிலை (Anaphase)

மைட்டோசிஸ் சுழற்சியில் பிரிநிலை, மற்றைய நிலைகளைவிட மிகக் குறுகியது. இந்த நிலையின்போது பிரிந்த கைனடோகோர்கள் கதிர் இழைகளின் பயனுக மெல்ல நகர்ந்து செல்

கின்றன. எனவே ஒரு ஜோடி குரோமோசோமின் (Chromosome pair) ஒவ்வொரு சேய்க் குரோமோசோமும் (daughter chromosome) எதிர் துருவங்களை (opposite poles) அடைகின்றன. அதே நேரத்தில் கதிர் இழைகளும் நீளமாக வளர்கின்றன (படம் 18-1, 5). இவ்வாறு கதிர் இழைகளின் ஒவ்வொரு துருவத்திலும் (pole) ஒரு சேய்க் குரோமோசோம்களின் தொகுப்பு ஏற்படுகிறது. குரோமோசோம்களின் இயக்கங்களைப் பற்றிப் பல கொள்கைகள் உள்ளன.

முடிவுநிலை (Telophase)

முடிவுநிலை, ஓரளவுக்கு முதல்நிலையின் திருப்பமாக உள்ளது. துருவங்களில் காணப்படும் குரோமோசோம்கள் முடிவு நிலையில், தனி இழைகளாக இல்லாமல், மிகவும் சுருங்கிய நிலையில் உள்ளன. இந்த நிலையில் குரோமோசோம்களில் சில சிறப்பான மாற்றங்கள் நடைபெறுகின்றன. குரோமோசோம்கள் சுருள் நீக்கம் பெற்றுக்கொண்டிருக்கும்போது நூக்ளியோலஸ் மறுதோற்றத்தைப் பெறுகிறது. முதல் நிலைக்குப் பின்னர் நூக்ளியோலஸ் என்னவாயிற்று? அஃது எவ்வாறு மறு தோற்றத்தைப் பெற்றது என்பது புரியாத புதிராகவே உள்ளது. ஆயினும் சில கொள்கைகள், தகுந்த சான்றுகளுடன் இந்தப் புதிரை விடுவிக்கும் வகையில் உள்ளன. அவற்றுள் ஒன்று, முதல்நிலையின் முடிவில் நூக்ளியோலஸைச் சார்ந்த பொருள்கள், குரோமோசோம்களுக்கு இடையே சிதறிக் காணப்படும். இவ்வாறு சிதறி இருந்த பொருள்கள் அனைத்தும் முடிவு நிலையில் இணைந்து முழுமையாக்கப்படுகின்றன. மற்றொன்று முடிவு நிலையில் ரிநூஅ சேர்க்கை நடைபெறும்போது புதிய நூக்ளியோலஸை உண்டாக்கும் பொருள்கள் தோன்றுகின்றன என்பதாகும். மைட்டோசிஸில் நூக்ளியோலஸ், செயலியல் நிலைகளுடன் ஈடுபடுகிறது.

சேய்க் குரோமோசோம்களைச் சுற்றியும் நூக்ளியஸ் உறை ஏற்படுகிறது. இந்த உறை எண்டோபிளாச வலைக் கூறுகளில் இருந்து உண்டானது. குரோமோசோம்கள் நூக்ளியஸுக்குள்ளே பரவலாக அமைகின்றன. இவ்வாறே தெளிவான இரு சேய் நூக்ளியஸ்கள் ஏற்படுகின்றன.

ஸைட்டோகைனசிஸ் (Cytokinesis)

சேய் ஸெல்களின் ஸைட்டோபிளாசத்தின் பகுப்பு நடைபெறும் சமயத்திலேயே முடிவுநிலையின் முடிவும் இடம்பெறுகிறது.

இந்தச் செயலில் எண்டோபிளாச வலையும் ஈடுபடுகிறது. தாவரசெல்லில், எண்டோபிளாசவலை, டிக்டியோசோம் ஆகியவற்றின் கூறுகள் இருப்பதனால் செல்லிடைத் தட்டு உண்டாகின்றது. இவை செல்லின் மையப் பகுதியிலும், இருகுரோமோசோம் தொகுப்புகளுக்கு இடையேயும் ஒன்றாகச் சேர்கின்றன. இந்தச் செயலால், ஃபிராக்மோபிளாஸ்டு (phragmoplast) ஏற்படுகிறது. புதிய செல்சுவரை உண்டாக்க செல்லிடைத் தட்டு அடிப்படையாக உள்ளது. தாவரங்களில் செல்லின் மையத்தில் சைட்டோபிளாசப் பிரிவு தொடங்குகிறது. கதிர் இழை அச்சின் செங்குத்தில் சைட்டோபிளாசப் பிளவு படிப்படியாக விரிவுறுகிறது. முடிவு நிலையின் இறுதியில், எஞ்சியுள்ள கதிர் இழைகள் சிதைவடைகின்றன. மைட்டோசிஸ் பகுப்பின் விளைவாக இரு புதிய செல்கள் தோன்றுகின்றன. குரோமோசோம்களின் எண்ணிக்கையில் இவ்விரு செல்களும் தாய் செல்லைப் போன்றே இருக்கும். மற்றப் பண்புகளிலும் இவை தாய் செல்லைப் போன்றே இருக்கின்றன. சைட்டோபிளாசம் பகுப்படைந்து சேய் செல்களாகப் பிரிக்கப்படும் நிகழ்ச்சி சைட்டோகைனசிஸ் எனப்படும்.

மைட்டோசிஸின் கொள்கைகள் (Theories of Mitosis)

ஒரு குறிப்பிட்ட செல் வகையில் மைட்டோசிஸ் பகுப்பு நிகழ்வது குறித்துத் திட்டமான கொள்கையினைத் தர முடியும். ஆனால், எல்லா செல்களுக்கும் பொருந்தும்வகையில் பொது விளக்கம் அளிப்பது இயலாத செயலாகும். மைட்டோசிஸ் பகுப்பின்போது குரோமோசோம்கள் இயங்குகின்றன. கதிர் இழைகள் இழுக்கப்படுவதால் குரோமோசோம்கள் எதிர் துருவங்களுக்குச் செல்கின்றன என்று ஃபான் பெனிடின் (Van Beneden, 1883) தெரிவித்தார். ஷ்மித் (Schmidt, 1939) என்பவர், கதிர் இழைகளின் இரட்டை ஒளிமுறிவு (birefringence) பிரிநிலையில் வெகுவாகக் குறைக்கப்படுகிறது எனக் குறிப்பிட்டார். கதிர் இழைகளின் இரட்டை ஒளிமுறிவு முதலில் கைனடோகோரில் குறைக்கப்படுகிறது என ஸ்வான் (Swann, 1952) தெரிவித்தார். கைனடோகோர் ஏதோ ஒரு பொருளைச் சுரக்கிறது. அது கதிர் இழைகளைக் குட்டையாக மாற்றுகிறது என அவர் கருதினார்.

கதிர் இழைகள், குரோமோசோம்களின் இயக்கம் ஆகியவற்றுக்கிடையே உள்ள தொடர்பு இதுவரை தெளிவாக்கப்படவில்லை. கதிர் இழைகளில் ரிநூஅ உள்ளது என்றும், ஏடிபியேஸ் (ATP ase) குறைந்த அளவில் இருக்கிறது என்றும்

அறியப்பட்டன. தொடக்க முதல்நிலையிலும், பிரிநிலையிலும் கைனடோகோர்கள் எதிர் துருவங்களுக்கு இழுக்கப்படுகின்றன. கைனடோகோர்கள் இழுக்கப்படும்போது, குரோமோசோம்களும் அதனைத் தொடர்ந்து செல்கின்றன.

இயக்கத்தைப்பற்றி நியூடனின் (Newton) மூன்றுவது கருத்தின்படி, எந்த வினைக்கும் அதற்குச் சமமான எதிர் வினையும் நேர்வினையும் உள்ளன. இந்தக் கருத்தின்படி கதிர் இழைகள் ஒருவகைப்பட்ட விசையினால் குரோமோசோம்கள் இழுக்கப்படுகின்றன. கதிர் இழைகளின் எதிர் முனைகளில் நிலையான அமைப்புடன் ஒட்டிக்கொள்கிறது.

குரோமோசோம்களின் இயக்கங்களை விளக்க வாடாசே (Watase, 1891) என்பவர் தம் கருத்துகளை அறிவித்தார். குரோமோசோம்கள் உந்தித் தள்ளப்படுவதினால், இவை எதிர் துருவங்களுக்குச் செல்கின்றன எனக் கருதுகிறார். இக் கருத்தின்படி துருவங்களிலிருந்து வளர்ந்து வரும் கதிர் இழைகள், நூக்ளியஸின்மீது அழுத்தத்தை உண்டாக்கும் செயலில் முனைகிறது. இதன் பயனாகக் குரோமோசோம்கள் மையநிலைத் தட்டின்மீது அமைக்கப்படுகின்றன. குறிப்பிட்ட கதிர் இழைகள் குரோமோசோம்களுடன் ஒட்டிக்கொள்கின்றன. பின்னர் இவை எதிர் துருவங்களுக்குத் தள்ளப்படுகின்றன. இந்தக் கொள்கையில் குரோமோசோம்கள் எவ்வாறு பிரிவடைகின்றன என்பதும், பிரிந்த குரோமோசோம்கள் எவ்விதத்தில் எதிர் துருவங்களுக்கு நகர்கின்றன என்பதும் தெளிவாக விளக்கப்படவில்லை.

பல்வேறு ஆராய்ச்சிகளை அடிப்படையாகக் கொண்டு பேலார் (Belar, 1929) என்பவர் தம் கருத்துகளை அறிவித்தார். இக் கருத்துகள் சில மாற்றங்களோடு ஒப்புக்கொள்ளப்படுகின்றன.. இந்தக் கருத்துகளைக் கீழே கூறியுள்ளதுபோலத் தொகுத்துத் தரலாம்.

1. கதிர் இழைகளின் அடிப்படை அமைப்பில் தொடர்ச்சியான இழைகள் அமைகின்றன. இவை ஒரு துருவத்திலிருந்து மற்றொரு துருவத்திற்கு விரிவடைகின்றன.

2. கைனடோகோரிலிருந்து உண்டான ஒரு பாய்மத்தினால் குரோமோசோம்கள் தொடர்ச்சியான கதிர் இழைகளுடன் ஒட்டிக்கொள்கின்றன. இந்தப் பாய்மம் (fluid) தொடர்ச்சி

யான இழைகளின்மீது பாய்ந்து செல்கிறது. இந்த இழைகள் இழுப்பு நார்கள் (tractile fibres) எனப்படுகின்றன.

3. தொடக்கத்தில் சேய்க் குரோமோசோம்கள் பிரிவடைதல் தன்னிச்சையாக நடைபெறுகின்றது.

4. சேய்க் குரோமோசோம்களுக்கிடையே காணப்படும் தொடர்ச்சியான நார் இழைகளும், அந்தப் பகுதியின் நாரற்ற பொருள்களும் விரிவடையத் தொடங்குகின்றன. இப் பகுதி தள்ளும் திரளாகச் (pushing body) செயல்படுகிறது.

5. இழுப்பு நார்கள், தொடர்ச்சி நார் வலையின்மீது இழைந்து செல்கின்றன. மீண்டும் இவை சுருங்குகின்றன.

பேலாரின் (Belar, 1929) இந்த அடிப்படையான கருத்து இப்போதைய ஆராய்ச்சிகளுக்கு உகந்ததாகக் கருதப்படுகிறது. மின் நுண்ணோக்கி ஆய்வுகளின் பயனகக் கதிர் இழை அமைப்பில் இரு நுண்குழல் தொகுப்புகள் உள்ளது தெளிவாகின்றது. மைட்டோசிஸ் பகுப்பின்போது நுண்குழல் தொகுப்புகள் மாறுகின்றன. இவற்றின் நீளம் பிரிநிலையில் குறைக்கப்படுகிறது. எனவே, கைனடோகோர் இழைகள் குறையும்போது கதிர் இழைகள் நீட்சியைப் பெறுகின்றன. இந்த மாற்றம் குரோமோசோம்கள் எதிர் துருவங்களுக்கு இழுக்கப்படும்போது ஏற்படுகின்றது.

இனுவே, சேடோ (Inoue and Sato, 1962) ஆகியோர் தொடர்ச்சியான நார்கள் வளரும்போதும், கைனடோகோர் இழைகளின் நுனிகள் அழியும்போதும் குரோமோசோம்கள் நகரத் தொடங்குகின்றன எனக் கருதுகின்றனர். குரோமோசோம்களின் இயக்கம், ஓர் உயிர்ப்புச் செயலாக (active process) உள்ளது. இச் செயலில் கைனடோகோர் நார் இழைகள் தொடர்ச்சியான நார் இழைகளுக்கிடையே தவழ்ந்து செல்வதாக பேஜர் (Bajer, 1960), ஆஸ்டர்கிரானும் (Osttergren, 1960) கருதுகின்றனர். குரோமோசோம் இயக்கத்திற்கான செயல் விசையை (motive force) மின் ஊடு பரவல் (electro osmosis), மின் பிரிதல் (electro phoresis) ஆகியவை அளிப்பதாக ஆம்புரோஸ் (Ambrose) கருதுகிறார்.

மெக்கின்டோஷ் (McIntosh), ஹெல்பர் (Helper), ஃவான் வீ (Van Wie), கிரிஷன் (Krishan), புக் (Buck) ஆகியோரின் அண்மைக்கால மின் நுண்ணோக்கி ஆய்வுகளும்,

வேறு பல ஆய்வுகளும் நுண் குழாய்களுக்கிடையே செயலாற்றுப் பாலங்கள் (mechanical bridges) உள்ளதாகக் காட்டினர். ஓர் உயிர்ப்பு முறையினால் இப் பால இணைப்புகள் உடைப்பட்டு ஏடிபி வெளிப்படுகிறது. இதன் காரணமாகக் கைனடோகோர் நார் இழைகள், தொடர்ச்சி நார் இழைகளுக் கிடையே தவழ்ந்து சென்று குரோமோசோம்களைத் தனியாக இழுக்கின்றன.

மைட்டோசிஸ் பகுப்பைக் கட்டுப்படுத்த, மின் ஆற்றலுக் குரிய நிகழ்ச்சிகள் (electrical phenomena) ஓரளவிற்குப் பங்கேற்கின்றன. ஸெல்லின் பல இடங்களில் மின் அழுத்த ஆற்றலின் (electrical potential) மாற்றம், மின் புலத்தை (electrical field) உண்டாக்குகிறது. இதனால் குரோமோசோம் களில் மின்னேற்றமடைந்த துகள்கள் (charged particles) இடம்பெயரும் ஆற்றலைப் பெறுகின்றன. இந்தக் கருத்தை லில்லி (Lillie, 1919), கோலர் (Koller, 1934), டார்லிங்டன் (Darlington, 1936) ஆகியோர் தெரிவித்தனர். மைட்டோ சிஸில் குரோமோசோம்கள் எவ்வாறு இயங்குகின்றன என்பது இதுவரை தெளிவாக்கப்படவில்லை.

19. மெயொசிஸ் (அ) குன்றல் பகுப்பு

(Meiosis)

மைட்டோசிஸ் பகுப்பில் தனி செல்கள் பகுப்படைகின்றன. அதன் பயனாக இரு சேய் செல்கள் ஏற்படுகின்றன. இவற்றில் தாய் செல்லின் பண்புகள் அனைத்தும் காணப்படும். இந்தப் பகுப்பின் முறைகளைப்பற்றி முன்னர்க் கண்டோம். குன்றல் பகுப்பு என்பது ஒரு தனிவகை நூக்ளியஸ் பகுப்பு ஆகும். இதனை ஒடுங்கல் பகுப்பு எனவும் கூறுவர். மெயொசிஸ் பகுப்புப் பெரும்பாலும் எல்லா இனப்பெருக்க செல்களிலும், ஸைகோட் செல்லிலும் ஏற்படுகிறது.

தாவரங்களிலும், விலங்குகளிலும் பால் இனப்பெருக்கத்தின் போது ஆண், பெண் இனப்பெருக்க செல்கள் இணைந்து ஸைகோட் உண்டாகிறது. ஆண், பெண் இனப்பெருக்க செல்களின் பாதி குரோமோசோம்கள் ஸைகோட்டில் நிலைநிறுத்தப் படுகின்றன. ஸைகோட் புதிய சேய் உயிரினத்தை உண்டாக்கு கிறது. இதன் குரோமோசோம்களின் எண்ணிக்கை தாய் செல்லின் எண்ணிக்கை அளவே இருக்கும். எனவே, மரபியல் பண்புகள் தொடர்ந்து எடுத்துச் செல்லப்படுகின்றன. இச் செயல் மாற்றங்களுக்கு மெயொசிஸ் முக்கியக் காரணமாக உள்ளது.

குரோமோசோம்கள் இனப்பெருக்க செல்களில் இருந்தது போல இணைந்த முட்டையிலும் இருமடங்கு குரோமோசோம்கள் இருப்பதாக முதன்முதலாக ஃபான் பெனடின் (Van Beneden, 1883) தெரிவித்தார். பின்னர் ஃபிளெமிங் (Flemming, 1887), ஸ்டிராஸ்பர்கர் (Strasburger, 1888) ஆகியோர் விலங்குகளில்

முதிர்ந்த விந்து, முட்டை ஆகியவையும், தாவரங்களில் மகரந்தத்தூள், கருப்பை (embryosac) ஆகியவையும் அமைவதற்கு முன்பு இரு நூக்ளியஸ் பகுப்புகள் அடுத்தடுத்து ஏற்படுவதாகக் குறிப்பிட்டனர். இந்தப் பகுப்பு 1905–ல் இருந்து மெயொசிஸ் என வழங்கப்பட்டது. சைகோட்டினது நூக்ளியஸ் இரு தொகுதி குரோமோசோம்களைக் கொண்டிருக்கிறது. எனவே, இது டிப்ளாய்டு (diploid) அல்லது இரட்டை மய நூக்ளியஸ் எனப்படுகிறது. காமீட்டுகளில் உள்ள குரோமோசோம்கள் ஒரு தொகுதியில் இருப்பதால், இதனை ஹாப்ளாய்டு (haploid) அல்லது ஒற்றைமயம் என்பர். உயர் தாவர செல்கள் ஒவ்வொன்றின் குரோமோசோம் அமைப்பும் இரட்டைமயம் எனப்படும். ஆனால், கீழ் இனத் தாவரங்களான பசும் பாசிகள், பூஞ்சைகள் ஆகியவற்றில் பொதுவாக செல்கள் ஒற்றைமயக் குரோமோசோம் அமைப்புடையவை. தாவரங்களில் சைகோட் குன்றல் பகுப்படைந்து குரோமோசோம்கள் குறைக்கப்பட்டு ஒற்றைமயச் சேய்களை உண்டாக்குகின்றன.

மெயொசிஸில் வேறுபட்ட இரு பிரிவுகள் உள்ளன. அவை முறையே முதல் மெயொசிஸ் பிரிவும், இரண்டாம் மெயொசிஸ் பிரிவும் ஆகும். இவ்விரு பிரிவுகளில், குரோமோசோம்கள் ஒரே ஒரு முறை இரட்டிக்கின்றன (duplicate). ஆயினும், நூக்ளியஸும், சைட்டோபிளாசமும் இரு முறை பகுப்படைந்து நான்கு சேய் செல்கள் உண்டாகின்றன. மெயொசிஸ் பகுப்பின்போது, ஒரு பிரிவின் பகுப்பு எப்பொழுது தொடங்குகிறது என்றும், மற்றைய பிரிவு எப்பொழுது முடிவடைகிறது என்றும் வரையறை அளிக்க முடியவில்லை. இந்தப் பகுப்பில், மெயொசிஸ் முன் இடைநிலையை அடுத்து மைட்டோசிஸ் பகுப்பின் நிலைகளோடு ஒப்பிடக்கூடிய சில நிலைகள் ஏற்படுகின்றன.

மெயொசிஸ் முன் இடைநிலை (Premeiotic Interphase)

திரில்லியத்தின் (Trillium) வளர்ப்பு (culture) மைக்குரோஸ்போரோசைட்டுகளில் (microsporocytes) இரு துணை நிலைகளை ஏற்படுத்துகின்றன. இந் நிலைகளில் குரோமோசோம்கள் நகலாக்கத்தைப் பெறுகின்றன. இந்தத் துணை நிலைகளுக்குப் பின்னர் சீரான மெயொசிஸ் பகுப்பு ஏற்பட வேண்டும். இந்த நிலையின்போது ஹிஸ்டோன் (histone) சேர்க்கையும், டிநூஅ சேர்க்கையும் தனியே நடைபெறுகின்றன. இங்குக் குரோமோசோம்கள், அதிகமாகச் சுருங்குவதில்லை.

முதல் மெயோசிஸ் பிரிவு (First Meiotic Division)

முதல்நிலையின் முதற்பகுதி (Prophase I)

முதல்நிலையின் முதற்பகுதியில் குரோமோசோம்கள் பல முறைகளில் இயங்குகின்றன. மேலும் நூக்ளியஸின் அளவு அதிகரிக்கிறது. இந் நிலை முடிவடைவதற்கு நீண்ட காலம் ஆகிறது. முதல்நிலையின் முதற்பகுதி விரிவானது, சிக்கலானது. இதில் மேலும் ஐந்து நிலைகள் உள்ளன.

அ. லெப்டோடீன் (Leptotene—நீள் நூல் நிலை)

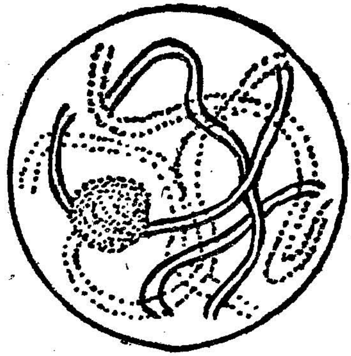
லெப்டோடீன் நிலையில் நூக்ளியஸ் அளவு அதிகரிக்கிறது. இந் நிலைக்கு முன் குரோமோசோம்கள் மெதுவாகச் சுருள் அமைப்பையும், சுருள் நீக்கத்தையும் பெறுகின்றன (படம் 19-1). பின்னர்ச் சுருக்கத்தில் வேற்றுமையுடைய பல சிறிய சுருள்கள் ஏற்படுகின்றன. குரோமோசோம்களில் அடர்த்தியாகச் சாயமேற்கும் சிறிய துகள்கள் உள்ளன. இவற்றின் அளவு வேறுபட்டிருக்கும். இவை குரோமோசோம் களில் ஒழுங்கற்ற முறையில் அமைக்கப்பட்டிருக்கின்றன. இத் துகள்கள் குரோமோமியர்கள் (chromomeres) எனப்படும். குரோமோசோம்கள் நீண்டு காணப்படுவதால் தனிக் குரோமோ சோம்கள் தெளிவாகத் தெரியவில்லை. இதற்கும் மேலாக ஒவ்வொரு குரோமோசோமிலும் கைனடோகோர் செயல் படுவதால் இரு குரோமாடிடுகளும் தொடர்புள்ளனவாகவே இருக்கின்றன. லெப்டோடின் நிலையில் நூக்ளியஸ் எளிதில் உணரத்தக்க வகையில் காணப்படுகிறது. சில செல்களில் நூக்ளி யோலஸ் சிறியதாக உள்ளது. லெப்டோடின், ஸைகோடின் நிலைகளில் படிப்படியாக நூக்ளியோலஸின் அளவு அதிகரிக்கும். ரிநூஅ சேர்க்கை மிகுதியாவதால் நூக்ளியோலஸ் அளவும் அதிகரிக்கிறது என்று செல் வேதியியல் ஆராய்ச்சிகள் தெரிவித்தன.

தாவர செல்களிலும், விலங்கு செல்களிலும் லெப்டோடின் நிலையில் புரதச் சேர்க்கையும், ரிநூஅ சேர்க்கையும் விடாது நடைபெறுகின்றன. பின்னர் ஏற்படும் நிலைகளில் இந்தச் சேர்க்கைகள் குறைகின்றன. மெயொசிஸின் பல உயர் வேதியியல் மாற்றங்கள் புரியாத புதிராகவே இருக்கின்றன (படம் 19-1).

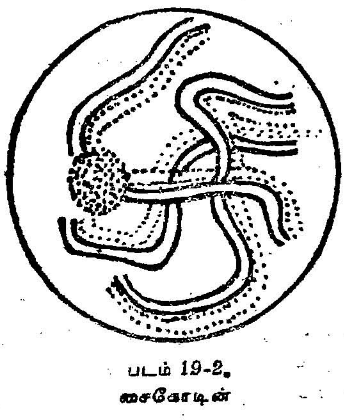
ஆ. ஸைகோடீன் (Zygotene) (ஜோடி சேர் நிலை)

ஸைகோடின் நிலையில் குரோமோசோம்கள் நீளத்தில் குறைந்தும். பருமனாகவும் காணப்படும். ஒத்திசைவான

குரோமோசோம்கள் (homologous chromosomes) ஜோடி சேர்தல் (pairing) அல்லது மருவுதல் (synapsis) நிகழ்கிறது. இதுவே இந்த நிலையின் சிறப்புப் பண்பாகும். ஒவ்வொரு குரோமோசோமிலும் இரு குரோமாடிடுகள் இருப்பதால், ஒரு ஜோடி ஒத்திசைவில் நான்கு குரோமாடிடுகள் உள்ளன. இது டெட்ராடு (tetrad = நான்மை) எனப்படுகிறது. ஒத்திசை குரோமோசோம்கள் படிப்படியாக ஜோடி சேர்கின்றன. ஒரு குரோமோசோமின் மரபியல் பகுதி (genetic segment), ஒத்திசைவுகளின் ஒப்பான பகுதியுடன் (identical segment) ஜோடி சேர்கிறது. குரோமோசோம்களின் ஒரு முனையில் ஜோடி சேர்தல் தொடங்கிக் கைனடோகோர் பகுதிவரை முன்னேறுகிறது. அல்லது இச் செயல் கைனடோகோர் பகுதியில் தொடங்கிக் குரோமோசோம் முனைகள் வரை தொடர்ந்து நடைபெறும். அல்லது தொடர்பின்மையில் ஜோடி சேர்க்கை நடைபெறுகிறது. இவ்வாறு சைகோடின் இறுதியில் எல்லாக் குரோமோசோம்களும் முழுமையாக மருவுகின்றன (படம் 19-2).



படம் 19-1.
லெப்டோடின்



படம் 19-2.
சைகோடின்

மெயொசிஸில் குரோமோசோம்கள் ஜோடி சேரும் செயல் பற்றி இரு கொள்கைகள் நிலவுகின்றன. டார்லிங்டன் (Darlington, 1935) குரோமோசோம்கள் லெப்டோடின் நிலையில் குரோமாடிடுகளாகப் பகுப்படையாமல் தனிக் குரோமோசோமாகவே உள்ளன. ஒத்திசைவான குரோமோசோம்கள் ஜோடி சேர்கின்றன என விளக்கினார். இரண்டாவது கொள்கையைச் சாக்சும் (Sax, 1934), வேறு சிலரும் கண்டனர். இந்தக் கொள்கையின்படி, மெயாசிஸ் முதல் நிலையில் செல்லின் வளர்ச்சிதை மாற்றங்கள் தாமதமாக நடைபெறுவதால்

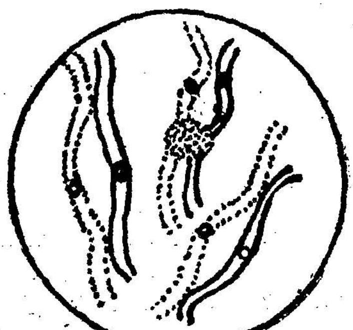
குரோமோசோம்கள் ஜோடி சேர்கின்றன. இந்தக் கொள்கை திருப்தியாக இல்லாத போதிலும், இதற்குப் பௌதீக ஆதரவு காணப்படுகிறது.

குரோமோசோம் மருவுதல், ஓரளவுக்கு ஸினாப்டினிமா பொருளின் (synaptinemal Complex) உதவியால் நடைபெறுகிறது. ஸைகோடின் நிலையின் ஒத்திசைவான குரோமோசோம் ஜோடிகளை மின் நுண்ணோக்கியில் பார்த்த போது மூன்று சிக்கலான, நேராக அமைந்துள்ள ஒரு போக்கு இழைகள் காணப்படுகின்றன. இந்த அமைப்புகள், திராடிஸ்காந்தியா (Tradescantia) போன்ற பல தாவரங்களில் காணப்படுகின்றன.

ஸைகோடின் குரோமோசோம்களில் தொடர்ந்து சுருளாக்கம் நடைபெறுகிறது. எனவே குரோமோசோம்கள் குறுகியும், தடித்தும், சுருளின் விட்டம் அதிகரிக்கிறது.

இ. பாக்கிடீன் (Pachytene) (குறு இரு நூல் நிலை)

குரோமோசோம்களின் ஜோடி சேர்தல் முடிந்த பின்னர் பாக்கிடீன் நிலை தொடங்குகிறது (படம் 19-3). குரோமோசோம்கள் இன்னும் தடிப்புள்ளவையாகவும், குறுகியதாகவும் வளர்கின்றன. எனவே சுருளின் விட்டம் அதிகரிக்கிறது. இவற்றைப் பெரிய சுருள் (major coil) என்பர். இதற்குப் பக்கத்தில் சிறிய சுருள்கள் (minor coils) ஏற்படுகின்றன.



படம் 19-3.
பாக்கிடின்

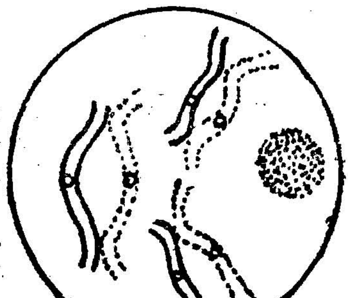
ஒவ்வோர் இரட்டைத் தொகுப்பிலும், (bivalent) ஒரு குறிப்பிட்ட இடத்தில் குரோமாடிடுகளுக்கிடையே உடற்பரிமாற்றம் (physical exchange) நடைபெறுகிறது. இந்தப் பரிமாற்றத்தினைக் குறுக்கு மாற்றப் பகுதி (chiasma) என்பர். எனவே இதனால், மரபியற் பொருள்கள் மாற்றப்படுகின்றன. ஓர் இரட்டைத் தொகுப்பில் குரோமோசோம்களின் நீளத்திற்கேற்பக் குறுக்கு மாற்றுப் பகுதிகள் ஏற்படுகின்றன. நீளமான குரோமோசோம் துண்டைவிடச் சிறிய துண்டில் (segment) ஒன்றுக்கு மேற்பட்ட குறுக்கு மாற்றப் பகுதிகள் உள்ளன.

ஒரு குறுக்கு மாற்றப் பகுதியின் தோற்றம் மற்றைய குறுக்கு மாற்றப் பகுதியின் தோற்றத்தைத் தடை செய்கிறது. குறுக்கு மாற்றப் பகுதியினால், கைனடோகோர்களுக்கிடையே குறுக்கீடு நடைபெறுவதில்லை.

ஸ்டெர்ன் (Stern, 1963) போன்ற பல அறிஞர்கள் பாக்கிடீன் நிலையில் டி.நூஅ சேர்க்கை நடைபெறுவதாக அறிவித்தனர். இந்தச் செயல், எதிர் மாறுதல் முறையுடன் (crossing over) தொடர்பு கொண்டிருக்கிறது. எனவே பரிமாற்றத்தில் ஈடுபட்டிருக்கும், உடைந்த குரோமாடிட் முனைகளுக்கு இது தேவைப்படுகிறது. இதன் பயனாக மரபியல் மறு சேர்க்கை (recombination) உண்டாகிறது.

ஈ. டிப்ளோடீன் (Diplotene) (இரு நூல் அகல் நிலை)

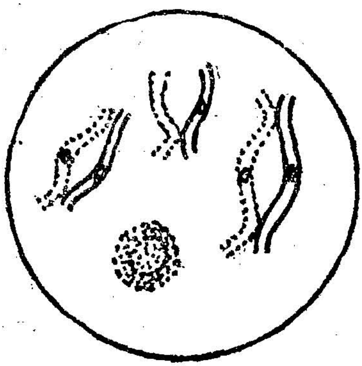
டிப்ளோடின் நிலையில், குறுக்கு மாற்றப் பகுதிகள் மிக எளிதில் தெளிவாகக் காணலாம் (படம் 19-4). இரண்டு ஒத்திசைவான குரோமோசோம்களைக் கவர்ந்திழுத்து, இணைத்து வைத்துள்ள ஆற்றல் இப்போது சற்றுத் தளர்ச்சியடைகிறது. அதன் விளைவாக இரு குரோமோசோம்களும் விலகிச் செல்லத் தொடங்குகின்றன. குரோமோசோம்கள் விலகிச் செல்லும் போது அதனுடைய குறுக்கு மாற்றப் பகுதியின் எண்ணிக்கை, இருப்பிடம் ஆகியவற்றுக்கு ஏற்ப இரட்டைத் தொகுப்பில் (bivalent) உருவமைப்பு அமைந்துள்ளது. குறுக்கு மாற்றப் பகுதியில் மட்டும் இரட்டைத் தொகுப்புத் தொடர்பு கொண்டிருக்கும். டிப்ளோடின் நிலையில் குறுக்கு மாற்றப் பகுதி மிகத் தெளிவாகத் தெரிகின்றது. இந் நிலையில், விலகிச் செல்லும் போது அவை குரோமோசோம்களின் முனைகளுக்கு நகர்ந்து செல்கின்றன. இம் முறையில் குரோமோசோம்களின் சுருள் அதிகரித்து, நீளம் குறுகி விடுகிறது. எனவே இந்நிலையிலும் இதன் பின்னர் ஏற்படும் இரு நிலைகளிலும், குரோமோசோம் முனைகளுக்குக் குறுக்கு மாற்றப் பகுதி சறுக்கி விழுகின்றது.



படம் 19-4.
டிப்ளோடின்

(எ) டயாகைனசிஸ் (Diakinesis) (குறுகலிழை நிலை)

டயாகைனசிஸ் நிலையில் இரட்டைத் தொகுப்புகள், ஒன்றை விட்டு மற்றொன்று அகன்று நூக்ளியஸின் புறப்பரப்புக்குச் செல்கின்றன (படம் 19-5). இந்நிலையில் குரோமோசோம்கள் மேலும் குட்டையாகவும் தடிப்பாகவும் மாறுகின்றன. நூக்ளியோலுஸ் படிப்படியாக மறையத் தொடங்கி டயாகைனசிஸ் நிலையில் காணுமல் போய் விடுகிறது. முதல் நிலையின் முதற் பகுதியில் இறுதி நிலையாகிய டயாகைனசில் நூக்ளியஸ் உறை பிளவு படுகிறது. எனவே குரோமோசோம்கள் செல்லின் சைட்டோபிளாசத்தில் விடப்படுகின்றன. இந்தச் சமயத்தில் கதிர் இழைகளும் உண்டாகின்றன.



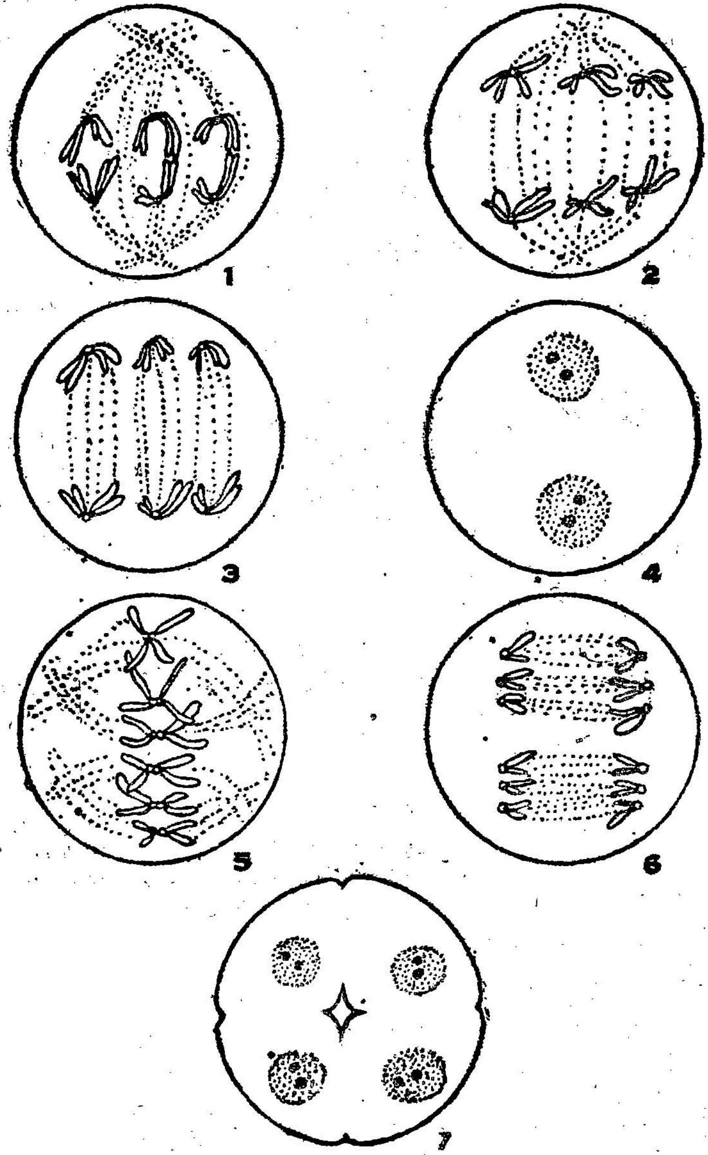
படம் 19-5.
டயாகைனசிஸ்.

மையநிலை முதற்பகுதி (Metaphase I)

நூக்யளிஸ் உறையும், நூக்ளியோலுஸும் மறைந்ததுமே சைட்டோபிளாசத்தில் விடப்பட்ட குரோமோசோம்கள் செல்லின் நடுவரைக் கோட்டிற்கு அருகில் (equatorial) அமைக்கப் படுகின்றன. இங்குக் குரோமோசோம்களின் அமைப்பு மைட்டோசிஸ் மைய நிலையிலிருந்து வேறுபட்டிருக்கிறது. குரோமோசோம்களின் கைனடோகோர் துருவங்களை நோக்கியும், குரோமோசோமின் கரங்கள் (arms of chromosomes) மையத்தை நோக்கியும் அமைக்கப்பட்டிருக்கும். அதற்கும் மேலாகக் குரோமோசோமின் ஒவ்வொரு கைனடோகோரும் ஒரு தனி அலகாகச் செயல் புரிகின்றன. துருவங்களுக்கு இடையே கதிர் இழைகள் அமைக்கப் படுகின்றன. இவை குரோமோசோம்களின் கைனடோகோர் பகுதியில் மட்டும் ஒட்டிக்கொள்கின்றன (படம் 19-6).

பிரிநிலை முதற் பகுதி (Anaphase I)

ஒவ்வொரு இரட்டைத் தொகுப்பின் கைனடோகோர்களும் எதிர் துருவங்களுக்கு இழுக்கப்படுகின்றன. எனவே குறுக்கு மாற்றப் பகுதி முழுமையாகத் தளர்ச்சி அடைகிறது. இறுதியாக ஒவ்வொரு குரோமோசோமிலும் உள்ள குரோமோடிடின் கரங்கள் ஒவ்வொன்றிலிருந்தும் விலகிச் செல்கின்றன. இந்த



படம் 19-6. மெயோசிஸ் நிலைகள்.

1. மையநிலை முதற்பகுதி, 2. பிரிநிலை முதற்பகுதி, 3. முடிவுநிலை முதற்பகுதி, 4. முதல்நிலை இரண்டாம் பகுதி, 5. மையநிலை இரண்டாம் பகுதி, 6. பிரிநிலை இரண்டாம் பகுதி, 7. முடிவுநிலை இரண்டாம் பகுதி.

நிலையில் குரோமோசோம்களின் இரட்டை மய எண்ணிக்கை (diploid) ஒற்றைமயமாகக் (haploid) குறைக்கப்படுகிறது (படம் 19-6). குரோமோசோம் துருவம் நோக்கிச் செல்வதற்குக் காரணமாய் இருக்கும் ஆற்றலை விளக்கப் பல கொள்கைகள் உள்ளன. ஆனால் எக்கொள்கையும் முழுமையாகவும், தெளிவாகவும் அதனை விளக்குவதாக இல்லை. எனவே இது தீர்வு பெறாத சிக்கலாகவே இன்னும் இருக்கிறது.

முடிவுநிலை முதற் பகுதி (Telophase I)

இந்த நிலை மைட்டோசிஸின் முடிவுநிலை போலவே இருக்கும் (படம் 19-6). குரோமோசோம் சுருள்கள் தளர்ச்சி அடைந்து, இவை நீளுகின்றன. நூக்ளியோலஸ் மறு தோற்றத்தைப் பெறுகிறது. ஒவ்வொரு துருவக் குரோமோசோம் தொகுப்பைச் சுற்றியும் நூக்ளியஸ் உறை ஏற்படுகிறது. மேலும் சைட்டோகைனசிஸ் தோன்றுவதும் உண்டு; சிலவற்றுள் தோன்றாமலும் இருத்தல் உண்டு. மெயொசிஸ் முதற் பகுதியின் இறுதியில் இரண்டு நூக்ளியஸ்கள் ஏற்படுகின்றன (படம் 19-6).

திரில்லியத்தில் (Trillium) மெயோசிஸ் பகுப்படையும் செல்கள், முடிவுநிலை முதற்பகுதியை அடையாமல் நேரடியாக முதல்நிலை இரண்டாம் பகுதிக்குச் செல்கிறது. இங்கு டிஎன்அ சேர்க்கை நடைபெறுவதில்லை.

இரண்டாம் மெயோசிஸ் பிரிவு (Second meiotic division)

முதல் மெயோசிஸ் பகுப்பைத் தொடர்ந்து இரண்டாம் மெயோசிஸ் பகுப்பு உடனே ஏற்படுகிறது. இப் பகுப்பு மைட்டோசிஸ் பகுப்பைப் போலவே நடைபெறுகிறது. மைட்டோசிஸ் பகுப்பில் காணும் நிலைகள் அனைத்தினையும் இப் பிரிவில் காணலாம்.

முதல்நிலை இரண்டாம் பகுதி (Prophase II)

இந்த நிலையில் நூக்ளியஸ் மைட்டோசிஸ் முதல்நிலை நூக்ளியஸைப் போலவே இருக்கிறது. ஆயினும், சில வேற்றுமைகள் காணப்படுகின்றன. அவை, குரோமோசோம்களின் கரங்கள் அகன்று பிரிக்கப்பட்டிருக்கின்றன. இவற்றில் தொடர்பு சுருள்கள் இல்லை. குரோமோசோம்களின் நீளம் குறைக்கப்படும். இந்நிலையின் முடிவில் நூக்ளியஸ் உறை பிளவடைகிறது. அத்துடன் சைட்டோபிளாசத்தில் கதிர் இழைகள் தோன்றுகின்றன (படம் 19-6).

மையநிலை இரண்டாம் பகுதி (Metaphase II)

குரோமோசோம்கள், செல்லின் நடு வரைக் கோட்டிற்கு அருகில் அமைக்கப்படுகின்றன. கைனடோகோர் இரட்டிப்பானதுமே குரோமோசோம்கள் எதிர் துருவங்களுக்கு இடப்பெயர்ச்சியைப் பெறத் துவங்குகின்றன. ஒவ்வொரு குரோமாடிடிலும் தனிக் கைனடோகோர் ஏற்படுகிறது (படம் 19-6).

பிரிநிலை இரண்டாம் பகுதி (Anaphase II)

பிளவுபட்ட கைனடோகோருடைய குரோமோசோம்கள் கதிர் இழைகளின் துணை கொண்டு துருவத்தை நோக்கி நகர்கின்றன. அக் குரோமோசோம்கள் நான்கு தொகுதிகளில் அமைகின்றன.

முடிவுநிலை இரண்டாம் பகுதி (Telophase II)

நான்கு தொகுதிகளில் உள்ள குரோமோசோம்கள் சுருள் நீக்கத்தைப் பெற்று, நூக்ளியோலுஸைத் திரும்பியும் பெறுகின்றன. பின்னர் நூக்ளியஸ் உறை ஒவ்வொரு குரோமோசோம் தொகுப்பினைச் சுற்றியும் ஏற்படுகிறது. முடிவாக ஸைட்டோகைனஸின் பயனால் நான்கு சேய் செல்கள் உண்டாகின்றன. சேய் நூக்ளியஸ் ஒவ்வொன்றிலும் ஒற்றைமய குரோமோசோம்கள் (haploid) உள்ளன. முதல் மெயோசிஸ் பிரிவில் குரோமோசோம்களின் எண்ணிக்கை குறைக்கப்படுகிறது. இரண்டாம் மெயோசிஸ் பிரிவு சரி ஒப்பு நிலையில் (equational) உள்ளது. இந்தப் பகுப்பு நடைபெற நீண்ட நாட்கள் தேவைப்படுகின்றன. எனவே இதைப் பற்றிய தெளிவான கருத்துகள் இன்னும் அறியப்படவில்லை.

மெயோசிஸ் பகுப்பின் பயன்கள்

எல்லாத் தலைமுறைகளிலும் குரோமோசோம்களின் எண்ணிக்கையை நிலைப்படுத்த மெயோசிஸ் உதவுகிறது. அதேபோல குரோமாடிடுகள் இடம் மாற்றிக் கொள்வதால் புதிய வேறுபாடுகள் சேய் நூக்ளியஸில் உண்டாகின்றன. இதற்குக் கரோதர்ஸ் (Carothers, 1913) தகுந்த சான்றுகளைக் கூறினர். இதற்கும் மேலாகத் தாய் மரபியல் பொருள்கள் எதிர் மாறுதலினால் (crossing over) மறு கலப்பீட்டைப் பெறுகின்றன. இதன் பயனாகக் காமீட்டுகளில் (gametes) குரோமோசோம்கள் மறு அமைப்பைப் பெறுகின்றன. எனவே தாய் பண்புகளில் இருந்து காமீட்டுகள் வேறுபட்டிருக்கின்றன. குரோமோசோமின் எதிர் மாறுதலும், மறு பகுப்பமைப்பும் (reassortment) மரபியல் மாறுதல்களுக்குக் காரணமாக உள்ளன.

ஸெல்லியல் வரலாற்றில் சில குறிப்பிடத்தக்க நிகழ்ச்சிகள்

1590 Z. ஜான்சன் (Z. Janssen), H. ஜான்சன் (H. Janssen) ஆகிய இரு அறிஞர்கள் முதன் முறையாகக் கூட்டு நுண்ணோக்கியைக் கண்டறிந்தனர்.

1665 இராபர்ட் ஹூக் (Robert Hook, 1635—1703) லண்டனின் அறிவியல் வளர்ச்சிக் கழகத்தின் (Royal society) முதல் காப்பாளர், தக்கை (Cork), மற்ற ஸெல்கள் ஆகியவற்றை விளக்கி, 'ஸெல்' என்ற கலைச் சொல்லை அறிமுகப்படுத்தினார்.

1674 A. வான் லீயுவன் ஹோக் (A. Van Leeuwenhoek, 1632—1723), நுண்ணோக்கி வில்லைத் தொகுப்புகளைத் திருத்தி அமைத்தார்.

1809 J. B. லாமார்க் (J. B. Lamarck, 1744—1829), உயிரினங்களில் ஸெல்லின் சிறப்பை விளக்கினார்.

1833 பிரௌன் (Brown, 1773—1858), டிராடஸ்காந்தியா (TRADESCANTIA) என்ற பூக்கும் தாவரத்தில், ஸெல் நூக்ளியஸைக் கண்டறிந்தார்.

1835 H. வான் மோஹல் (H. Van Mohl, 1805—1872) ஸெல் பகுப்பை விவரித்து புரோட்டோபிளாஸத்தின் சிறப்பை வலியுறுத்தினார்.

1837 J. E. பர்கின்ஜி (J. E. Purkinje, 1787—1869), பூக்கும் தாவரங்களின் மகரந்தத்தை ஆய்ந்து புரோட்டோ பிளாஸம் என்ற கலைச் சொல்லை வழங்கினார்.

1838 M. J. ஷீல்டன் (M. J. Schleiden, 1804—1881), நூக்ளியோலுஸ்களை ஆய்ந்து ஸெல் கோட்பாட்டை அளித்தார்.

1839 T. ஸ்வான் (T. Schwann, 1810—1882), விலங்குகளில் ஸெல் கோட்பாட்டின் செயல் முறையை விளக்கினார்.

1849 W. ஹாப்மெயிஸ்டர் (W. Hafmeister, 1824—1877), டிராடெஸ்காந்தியாவில் மகரந்தக் கேசத்தின் நூக்ளியஸின் பகுப்பை ஆய்ந்து, கருவுறுதலைக் கண்டறிந்தார்.

1855 R. விர்சொவ் (R. Virchow, 1821—1902) ஸெல்களிலிருந்து ஸெல்கள் தோன்றின என்னும் கருத்தை வலியுறுத்தினார்.

1871 F. மீஸ்சர் (F. Miescher, 1844—1895), நூக்ளியஸ்களையும், நூக்ளியஸ் புரதத்தையும் தனிப்படுத்திக் காட்டினார்.

1873 H. ஃபால் (H. Fol, 1845—1892), கதிர் இழைகளை (spindles) விவரித்தார்.

1882 W. ஃபிலெமிங் (W. Fleming, 1843—1915), மைட்டோசிஸ் என்ற கலைச் சொல்லை அளித்தார். நூக்ளியஸ் பகுப்பின்போது குரோமோசோம்கள் நீள்வாக்கில் பிளவுபட்டுச் சேய் நூக்ளியஸ்களை உண்டாக்குகின்றன என அறிவித்தார்.

1886 R. ஆல்ட்மான் (R. Altmann, 1852—1901) ஸைட்டோபிளாச நுண்துகள்களுக்கு நிறமிட்டு, அவை ஸெல் சுவாசித்தலில் முக்கிய பங்கேற்கின்றன என அறிவித்தார்.

1887 ஃவான்பெனிடென் (Van Beneden, 1845—1910), மையத் திரள்களை ஆய்ந்து, இவை நுண்கதிர் இழைகளை உண்டாக்குகின்றன என்று தெரிவித்தார்.

1888 T. போவெரி (T. Boveri, 1862—1915), மையத்துகளை விவரித்தார்.

W. வால்டெயர் (W. Waldeyer, 1836—1921), குரோமோசோம் என்ற கலைச் சொல்லை அளித்தார்.

ஸ்டிராஸ்பர்கர் (Strasburger), காமீட்டுகள் உண்டாகும்போது குரோமோசோம்களின் எண்ணிக்கை பாதியாகக் குறைக்கப்படுகிறது என்பதையும், இந்நிகழ்ச்சி மகரந்தத்தூள், கருப்பை ஆகியவற்றை உண்டாக்கும் ஸெல் பகுப்புகளில் காணப்படுகிறது என்பதையும், தெளிவாக்கிக் காட்டினார்.

1892 A. வீஸ்மான் (A. Weismann, 1834—1914), ஜெர்ம்-பிளாசம் (germ plasm) கோட்பாட்டை அளித்தார்.

1898 C. கோல்கி (C. Colgi, 1844—1926), நரம்பு ஸெல்களில் கோல்கிப் பொருள்களின் அமைப்பை ஆய்ந்துரைத்தார்.

C. பென்டா (C. Benda), மைட்டோகாண்டிரியா என்ற கலைச் சொல்லை அறிமுகப்படுத்தினார்.

1899 ஆல்ட்மன் (Altmann), நூக்ளியக் அமிலம் என்ற சொல்லை அறிமுகப்படுத்தினர்.

1900 C. கார்னியர் (C. Garnier), எர்காஸ்டோபிளாஸம் (ergastoplasm) என்ற சொல்லை அளித்தார்.

1904 F. மெவிஸ் (F. Meves), தாவர செல்களில் மைட்டோகாண்டிரியா உள்ளதைத் தெளிவாக்கிக் காட்டினர்.

1905 J. B. பார்மெர் (J. B. Farmer), மெயொசிஸ் என்ற சொல்லை அளித்தார்.

1909 F. A. ஜான்சென்ஸ் (F. A. Janssens), ஒத்திசைவற்றக் குரோமோசோம்களில் குரோமோடிடுகளின் பரிமாற்றத்தினல் குறுக்கு மாற்றுப் பகுதி தோன்றுகிறது என அறிவித்தார்.

1924 R. பால்ஜன் (R. Feulgen), H. ரோசன்பெக் (H. Rossenbeck), என்ற இரு அறிஞர்கள் டிநூஅவின் இருப்பை அறிய ஒரு சோதனையை வழங்கினர்கள்.

1932 M. க்னேலும் (M. Knoll), E. ருஸ்காவும் (E. Ruska), முதல் மின் நுண்ணேக்கிகளில் ஒன்றை உருவாக்கினர்கள்.

1935 F. செர்னிக் (F. Zernicke), ஒளிநிலை வேறுபாட்டு நுண்ணேக்கியலின் செயற்முறைக் கொள்கையை விவரித்தார்.

1938 காஸ்பெர்சன் (Caspersson), நூக்ளியக் அமிலங்களை அறிய புற ஊதா நிழற்பட சிறு கட்டங்களை (ultra-violet photomicrography), உருவாக்கினர்.

1944 O. T. அவெரி (O. T. Avery), C. M. மெக்லீட் (C. M. McLeod), M. மெக்கார்தே (M. Mc Charty) ஆகியோர், டிநூஅ மரபியல் சிறப்புப் பொருளாகச் செயல் புரிகிறது என்று அறிவித்தார்கள்.

1953 J. D. வாட்சனும், (J. D. Watson), F. H. C. கிரிக்கும் (F. H. C. Crick), டிநூஅ மூலக்கூறுக்கு உருப்படிவத்தை அளித்தார்கள்.

1968 R. ஹோல்லி (R. Holley), H. கொரானு (H. Khorana) M. W. நிரென்பெர்க் (M. W. Nirenberg) ஆகியோர் புரதச் சேர்க்கையின் மூலக்கூறு இயக்கமுறை, மரபு சங்கேதங்களின் உருமாதிரி ஆகியவற்றை அளித்து நோபல் பரிசு பெற்றுர்கள்.

மேற்கோள் நூற்பட்டியல்

(BIBLIOGRAPAY)

1. Albert J. Dalton and Francoise Haguenau *(1968)*, THE NUCLEUS, pp. *158*. Academic press, Newyork.
2. E. J. Ambrose and Dorothy M. Easty *(1978)*, CELL BIOLOGY, pp. *98, 185, 289*, The English Language Book Society and Nelson.
3. Ariel G. Loewy and Philip Siekevitz *(1974)*, CELL STRUCTURE AND FUNCTION, pp. *824*, Amerind Publishing Co., Pvt. Ltd., New Delhi.
4. Arthur J. Eames and Laurence H. Mac Daniels *(1958)*, AN INTRODUCTION TO PLANT ANATOMY, pp. *19*, Mc Graw Hill Book Co., Inc. Newyork.
5. Arthur C. Giese *(1968)*, CELL PHYSIOLOGY, pp. *119, 187*, W. B. Saunders Co. Philadelphia.
6. Arunkumar Sharma and Archana Sharma *(1972)*, CHROMOSOME TECHNIQUES THEORY AND PRACTICE, pp. *201*, Butterworths, London.
7. Bengt A. Kihlman *(1966)*, ACTIONS OF CHEMICALS ON DIVIDING CELL, pp. *20, 45*, Prentice-Hall, Inc. New Jersey.
8. Carl P. Swanson *(1968)*, THE CELL, pp. *10*, Prentice-Hall of India Pvt., Ltd. New Delhi.
9. C. H. Collins, Mlbiot. Fimlt and Patrice M. Lyne, *(1970)*, ION TRANSPORT AND MEMBRANE, pp. *100*. Butterworth Group, London.

10. F. A. L. Clowes and B. E. Juniper (1968), PLANT CELLS, pp. 161, Blackwell Scientific Publications, Oxford and Edinburgh.

11. C. D. Darlington and L. F. Lacour (1969), THE HANDLING OF CHROMOSOMES, pp. 43, George Allen and unvin London.

12. C. D. Darlington and K. R. Lewis (1969), CHROMOSOMES TODAY, Vol. I. pp. 56, Oliver & Boyd, Edinburgh.

13. M. Davies (1973), FUNCTIONS OF BIOLOGICAL MEMBRANES, pp. 19, Chapman & Hall, London.

14. De Robertis, Nowinski and Saez (1963), GENERAL CYTOLOGY, pp. 43, 252, W. B. Saunders Co., Philadelphia.

15. De Robertis , Nowinski and Saez (1965), CELL BIOLOGY, pp. 166, W. B. Saunders Co., Philadelphia.

16. Ernest Baldwin (1962), THE NATURE OF BIOCHEMISTRY University Press, Cambridge.

17. Ernest J. Dupraw (1968), CELL AND MOLECULAR BIOLOGY, pp. 127, 515.

18. J. L. Fairley and G. L. Kilgour (1966), ESSENTIALS OF BIOLOGICAL CHEMISTRY, pp. 79, Affiliated East-West Press Ltd., New Delhi.

19. Geoffrey R. Barker (1968), UNDERSTANDING THE CHEMISTRY OF THE CELL, Edward Arnold (Publishers) Ltd.

20. Geoffrey H. Bourne (1970), DIVISION OF LABOUR IN CELLS, pp. 12, 65, Academic Press.

21. Gilbert M. Smith, CRYPTOGAMIC BOTANY (Vol. I), pp. 31-83. Mc Graw-Hill Book Co., Ltd., Newyork.

22. T.W. Goodwin (1965), CHEMISTRY AND BIOCHEMISTRY OF PLANT PIGMENTS, pp. 53. Academic Press. London.

23. T. S. Gopalakrishna, Itta Sambasiviah and A. P. Kamalakara Rao (1972), ELEMENTS OF CYTOLOGY, pp. 64, Pearl Publications, Madras.

24. Harris Bush and Karel Smetana *(1970)*, THE NUCLEOLUS, p. 67, Academic Press, New York.

25. Jean Brachet and Alfred E. Mirsky *(1961)*, THE CELL (Vol. II), p. *300*, Academic Press, New York.

26. John Paul (*1969*), CELL BIOLOGY, p. *80*, Heinmann Educational Books Ltd., London.

27. John E. Sass (*1967*), BOTANICAL MICROTECHNIQUE p. *57*, I. B. H. Publishing Co. Calcutta.

28. Jordan (*1967*), THE CHEMISTRY OF NUCLEIC ACIDS, p. *174*, Butterworths, London.

29. Katherine Esau (*1965*), PLANT ANATOMY, p. *31*, John Wiley and Sons Inc., New York.

30. Krishnamurthi and Kasinathan (*1971*), AN INTRODUCTION TO CYTOLOGY, p. *29*, Vasanth Publications, Vridhunagar.

31. L. L. Langley (*1969*), CELL FUNCTION, p. *209*, Affiliated East-West Press Pvt. Ltd, New Delhi.

32. P. Lawrence Picken (*1960*), THE ORGANIZATION OF CELLS AND OTHER ORGANISMS, Oxford Clarendon Press.

33. R. C. Mclean and W. R. Ivimey-Cook (*1965*), TEXT BOOK OF PRACTICAL BOTANY, p. *144*, Longmans Green & Co., Ltd.

34. S. M. Megee-Russel and Keith F. A. Ross (*1968*), CELL STRUCTURE AND ITS INTERPRETATIONS, Edward Arnold Publishers, London.

35. Norman S. Cohn (*1969*), ELEMENTS OF CYTOLOGY, p. *39*, *183*, Harcourt, Brace and World Inc. New York.

36. Prof. Peter Grey (*1968*), ELEMENTS OF CYTOGENETICS, Reinhold Book Corporation.

37. J. B. Pridham (*1968*), PLANT CELL ORGANELLELES, p. *187*, *228*, Academic Press, London.

38. M. J. Purvis, D. C. Collier and D. Walls (*1966*), LABORATORY TECHNIQUES IN BOTANY, Butterworth & Co., (Publishers) Ltd. London.

39. J. A. Ramsay (1966), THE EXPERIMENTAL BASIS OF MODERN BIOLOGY, p. 241, Cambridge University Press, Britain.

40. C. U. M. Smith (1968), MOLECULAR BIOLOGY, Faber and Faber, London.

41. E. C. Stater, Z. Kanjugan and L. Wojtezale (1967), BIOCHEMISTRY OF MITOCHONDRIA, Academic Press, London.

42. Walter V. Brown and Eldridge M. Bertke (1969), TEXT BOOK OF CYTOLOGY, p. 208, 258, 309, The C. V. Mosby Co., Saint Louis.

43. G. B. Wilson and John H. Morrison (1966), CYTOLOGY, p. 29, Van Nostrand Reinhold Co., London.

44. டாக்டர் ஏ. கோவிந்தராஜுலு (1973), தாவர செல்களின் அண்மைக்கால ஆய்வுகள், பக்கம், 120, தமிழ்நாட்டுப் பாடநூல் நிறுவனம், சென்னை.

45. எஸ். சுந்தரம் (1970), தாவரங்களின் வாழ்க்கை, பக்கம், 146, தமிழ்நாட்டுப் பாடநூல் நிறுவனம், சென்னை.

46. வே. சே. தாசரதி (1972), செல் உயிரியலின் அண்மைக் கால வளர்ச்சி, பக்கம், 85, தமிழ்நாட்டுப் பாடநூல் நிறுவனம், சென்னை.

ஏட்டுத் தொகுதி
(Literature)

1. Brachet, J., The Living Cell, Scientific American, September, 1961. Vol. 205., No. 3.

2. Crick, F. H. C., The Structure of the Hereditary Material, Scientific American, Vol. 191., No. 4, October, 1954.

3. Crick, F. H. C., Nucleic Acids, Scientific American, Vol. 197, No. 3, September, 1957.

4. Daniel Mazia, Cell Division, Scientific American, Vol. 189, No. 2, August, 1953.

5. Daniel Mazia, How Cells Divide, Scientific American, Vol. 205, No. 3, September, 1961.

6. De Duve, The Lysosomes, Scientific American, offprints, 1963.

7. Donald D. Brown, The Isolation of Genes, Scientific American., Vol. 229, No. 2, August 1973.

8. Flawell, R. B. and Walker, G. W. R., The occurrence and role of DNA synthesis during meiosis in wheat and rye, International Abstracts of Biological Sciences, Vol. 70, No. 2, paragraph 6351, August 1973.

9. Harris, H., A New function for the Nucleolus, International, Abstracts of Biological Sciences, Vol. 70, No. 2. paragraph 6309, August 1973.

10. Holley, R. W., (1966), The nucleotide sequence of a Nucleic acid, Scientific American.

11. Jordan, E. G., and Chapman, J. M., Nucleolar and Nuclear envelope, International Abstracts of Biological Sciences, Vol. 70, No. 3, paragraph 10436, September 1973.

12. Korenberg (1968), The synthesis of D.N.A., Scientific American offprints.

13. Kuempet, P. L., Molecular weight of DNA synthesised during initiation of Chromosome replication, International Abstracts of Biological Sciences, Vol. 70, No. 3, pragraph 10479, September 1973.

14. Lafontaine, G., and Lord, A., An Ultra structural and Radioautographic investigation of the nucleolemal component of Plant cell Nucleoli; International Abstracts of Biological Sciences, Vol. 70, No. 2, paragraph 6290, August 1973.

15. Letham, D. S., Parker, C. W., and Gordon, M. E., Regulations of cell division in plant tissues, International Abstracts of Biological Sciences, Vol. 70, No. 2, paragraph 6357, August 1973.

16. Mirsky, A. E., The Chemistry of Heredity, Scientific American, Vol. 188, No. 2, February 1953.

17. Mirsky, A. E., The Discovery of DNA, Scientific American, July 1968.

18. Nierhaus, K. H., Bordesh, K., and Homan, H. E., Ribosomal Proteins, International Abstracts of Biological Sciences, Vol. 70, No. 3, paragraph 7421, September 1973.

19. Paul Doty, Proteins, Scientific American, Vol. 197, No. 3, September 1957.

20. Paul C. Zameenik, The Microsome, Scientific American Vol. 198. No, 3, March 1958.

21. Peter Satir., Cilia, Scientific American, Vol. 204, No. 2, February 1961.

22. Philippovich, I. I. and others, Location of Polyribosomes in the system of chloroplast lamellae, International Abstracts of Biological Sciences, Vol. 71, No. 2, paragraph 5008, November 1973.

23. Philip Siekevitz., Powerhouse of the Cell, Scientific American, Vol. 197, No. 1, July 1957.

24. Ursula W. Goodenough and R. P. Levine, The genetic activity of Mitochondria and Chloraplast, Scientific American, Vol. 223, No. 5, November 1970.

25. Vincent G. Allfrey and Alfred E. Mirsky, How cells make molecules, Scientific American, Vol. 205, No. 3, September 1961.

கலைச்சொற்கள்

A

Aberration	—	வழுவுதல் (அ) நிலை விலக்கம்
Acedic	—	இயல்புடைய
Acid radicle	—	அமில உறுப்பு
Acro centric	—	நுனிமைய
Active transport	—	உயிர்ப்புக் கடத்தல்
Aggregate	—	திரள்கள்
Alchemist	—	இரசவாதி
Algae	—	பாசிகள் (அ) ஆல்ஜி
Aliphatic	—	கொழுப்பார்ந்த
Amorphous	—	வடிவமற்று
Amyloplasts	—	தரசக் கணிகங்கள்
Analyser	—	கூறுபடுத்தி
Analysis	—	பகுத்தல்
Anamoly	—	ஒழுங்கற்ற தன்மை
Anastomose	—	பின்னி இணைந்து
Anhydride	—	நீரிலி
Animal biochemistry	—	விலங்கு உயிர்வேதியியல்
Annular	—	வளையம் போன்ற
Anode	—	நேர்மின் முனை
Apposition	—	அடுத்தடுத்துப் படிதல்
Aquous phase	—	நீர் கலந்த நிலை
Argentophilic	—	வெள்ளி ஏற்பிகள்
Asexual reproduction	—	பாலிலா இனப்பெருக்கம்
Assimilation starch	—	தன்மயமான தரசம்
Astronomical	—	வானநூலுக்குரிய
Asymmetrical	—	சமமற்ற, சமச்சீரின்மை

Atom — அணு
Autolysis — தன் அழிவு
Autonomous — தன்னாட்சி

B

Baker's body — பாகர்ஸ் திரள்
Bands — பட்டைகள்
Base — அடித்தளம்
Basic stains — காரக்குணமுள்ள சாயங்கள்
Basis — அடிப்படை
Basophilic — உப்பு மூலவிரும்பிகள்
Battery — மின்கல அடுக்கு
Beadlike bodies — உருண்மணித் திரள்கள்
Bioblast — உயிர் நுண்மம்
Bio-Chemistry — உயிர் வேதியியல்
Bio-Chemical analysis — உயிர்வேதியியல் பகுப்பாய்வுகள்
Bio-synthesis — உயிர் உருச்சேர்க்கை
Bire fringent — இரட்டை ஒளிமுறிவு
Bivalent — இரட்டைத் தொகுப்பு
Blastema — கருமூலப்பொருள்
Blotting — ஒற்றுத்தாள்
Bonds — பிணைப்புகள்
Bordered pits — வரையுற்ற குழிகள்
Bottle cork — குப்பித்தக்கை
Brush heap — தூரிகைக் குவியல்
Budding — மொட்டுவிடுதல்

C

Canaliculi — இணை நுண் கால்வாய்கள்
Carriers — கடத்திகள்
Cations — நேர் அயனிகள்
Catalyse — வினையூக்கிகள்
Cathode — எதிர்மின் முனை
Cavity system — உட்குழிவுத் தொகுப்பு
Cell organelle — செல் உறுப்புகள்
Cell sap — செல் சாறு
Cell wall — செல் சுவர்
Centrifugation technique — மைய விலக்குமுறை
Chemical composition — வேதி இயல்பு

Chiasma — குறுக்கு மாற்றப்பகுதி
Cinematomicrograph — நுண்ணிய திரைப்படம்
Cisternae — குழல்கள் (அ) நுண் அடுக்குகள்
Club shaped — கதைவடிவம் (அ) குண்டாந்தடி வடிவம்
Code — சங்கேதம்
Coenocyte — பல்உட்கரு நிலை, ஸீனோஸைட்
Coenzyme — இணை நொதி
Cohesion — பிணைப்பு (அ) இணை இசைவு
Coleoptile — கருத்தண்டு உறை
Complementary chain — இயந்தத் தொடர்
Compound — கூட்டுப்பொருள் (அ) சேர்மம்
Concave — உட்குழிந்த
Concentration — அடர்வாக்கம்
Concentric — மையஞ்சூழ்
Concentric layers — ஒரே மையமுள்ள அடுக்குகள்
Condenser — வடிகலம் (அ) வாலை
Conduction — இசைகப்பாற்றல்
Configuration — உருவரை
Constancy — திடப்பற்றுடைய
Continuum — தொடர்பம்
Contour — உருவரை
Coverglass — கண்ணாடி மூடி
Crossing over — எதிர்மாற்றம்
Crystals — படிகங்கள்
Culture — வளர்பு
Cylindrical — நீள்உருளை
Cytochrome — சைடோகுரோம்
Cytoplasmic particles — சைடோபிளாசத் துகள்கள்
Cytoskeleton — சைடோபிளாசக் கங்காளம்

D

Dark reaction — இருள் கிரியை
Decoding site — பிரி இடம்
De-hydration — நீர் நீக்கம்
Denovo — புதியதாகத் தோன்றியவை
Density — நெருக்கமான (அ) அடர்த்தி
Density gradient Centrifugation — அடர்த்தி சரிவு வாட்ட மைய விலக்கு

Diaphragm	—	விதானம்
Dichroic	—	இரு வண்ண ஒளிக்கோட்டம்
Diffraction	—	கதிர் பரப்புகை
Digestive vacuole	—	செரித்தல் குழி
Diploid	—	இரட்டைமயம்
Dipole attraction	—	இருமுனைக் கவர்ச்சி
Disc	—	வட்டத் தகடு
Dispersed phase	—	விரவிய நிலை
Dispersion medium	—	பிரிகை ஊடகம்
Dispersion phase	—	பிரிகை நிலை
Distilled water	—	வாலை வடிநீர்
Divalent	—	ஈரிணைத்திற அணு
Double helix	—	இரட்டைத் திருகு
Double bond	—	இரட்டைப் பிணைப்பு
Droplets	—	சிறுதுளிகள்
Dynamic equilibrium	—	இயக்கச் சமநிலை

E

Eccetnric	—	விளிம்பு சூழ்
Electric field	—	மின் புலம்
Electron beam	—	மின்கதிர்க் கற்றை
Electron micrograph	—	எலக்ட்ரான் சிறுவரைக் கட்டங்கள்
Electron transport	—	மின்னேற்றம்
Electrophoresis	—	மின் பிரிதல்
Elements	—	கூறுகள்
Elementary particle	—	அடிப்படைத் துகள்
Ellipsoid	—	நீள் உருண்ட வடிவம்
Embryonic cells	—	கரு செல்கள்
Embryo sac	—	கருப்பை
Endosperm	—	விதைசூழ் தசை
Enzyme	—	நொதி
Equatorial	—	சரி ஒப்பு நிலை
Equatorial	—	நடுவரைக் கோட்டிற்கு அருகில்
Esterified	—	எஸ்ட்டர் ஆக்கல்
Eukaryotics	—	யூகேரியோட்டுகள்
Evaginate	—	அகம் புறமாக மாறுதல்
Extracellular	—	புற அமைப்பு
Eyespot	—	கண் போன்ற பகுதி (அ) கண் புள்ளி

F

Fat solvent — கொழுப்புக் கரைமம்
Fbuffy — மெல்லிழைக் குஞ்சம்
Fibrills — நுண் நூர்கள்
Fine structure — நுண் அமைப்பு
Fixation — நிலைநிறுத்தல்
Flagella — கசையிழைகள்
Flattened — தட்டையான
Fluorescent — உறிஞ்சி ஒளிவீசும்
Focus — குவியம்
Foreign proteins — ஒவ்வாத புரதங்கள்
Fossil — புதைபடிவம், தொல்லுயிர்ச் சின்னம்
Fraction — பின்னம்
Frill — குஞ்சம்
Functional unit — செயல் அலகு

G

Genes — ஜீன்கள்
Genetic code — மரபு சங்கேதம், மரபு குறியீடு
Genetic information — மரபு தகவல்
Giant chromosome — இராக்கத குரோமோசோம்
Girdle shape — ஒட்டியாண வடிவம் (அ) காப்பு வடிவம்
Gland cells — சுரப்பு செல்கள்
Glyoxysome — கிளையோக்சிசோம்
Golgi apparatus — கோல்கி உறுப்பு
Golgi complex — கோல்கிப் பொருள்
Grains — துகள்கள்
Granules — சிறுமணிகள்
Grooves — பள்ளங்கள்

H

Haploid — ஒற்றைமயம்
Helical — திருகு சுழல்
Hereditary factors — மரபியல் காரணிகள்
Heterogeneous — முரண் கூறுகள்
Hexagonal — ஆறுபக்கங்களுடைய

Histogenesis — உருவாக்கம்
Homeostasis — ஹோமியோஸ்டாசிஸ்
Homogeneous — ஒருதரப்பட்ட
Homologous — ஒத்திசைவான
Homology — அமைப்பொப்புமை
Hydrolysis — நீர்ச் சிதைவு
Hydrophilic — நீர் விரும்பி
Hydrophobic — நீர் வெறுக்கும்
Hydrostatic Pressure — நிலை நீர்மம் சார்ந்த அழுத்தம்

Idiosoma — இடியோசோம்
Illumination — ஒளிவிளக்கம்
Impermiable — ஊடுருவ இடந்தராத
Infoldings — உள்மடிப்புகள்
Initials — தோற்றுவிகள்
Inorganic — அனங்கக
Insoluble — கரையாத் தன்மை உடைய
Intensely — முனைப்பான
Interaction — இடைவினை
Interference microscope — குறுக்கீட்டு நுண்ணோக்கி
Interphase — இடைநிலை
Interspecific — இன இடைக் கலப்பு
Intersusception — இடைச்செருகல் முறை
Invagination — உள்ளிழுத்தல்
Inversion — எதிர்மாறுக்குதல்
Ions — அயனிகள்
Ionizing radiation — அயனுக்கும் கதிர்வீச்சு
Irradiate — ஒளிப் பிறக்கம்
Irreversible colloid — மீளாக் கொலாய்டு
Isoelectric point — மின்சுமை மாய்நிலை
Isolate — தனிமைப்படுத்தல்
Isotope — ஓரிடத் தனிமம்
sIotropic — ஒத்திசைவான

K

Kreb's Cycle — கிரப்ஸ் சுழற்சி

L

Labile — நிலையற்றது
Lamellae — நுண் அடுக்குகள்
Lateral conduction — பக்கச் செலுத்தல் (அ) பக்கக் கடத்தல்
Lenses — வில்லைகள்
Light fraction — ஒளிக்கூறு
Light reaction — ஒளிக் கிரியை
Light spectrum — ஒளி நிறமாலை
Linear — நேராக
Linkers — இணைப்பிகள்
Lipid moiety — லிபிட் அறைகள்
Liver — கல்லீரல்
Loops — வளையங்கள்

M

Macro molecules — பெரும் நுண்கூறுகள் (அ) பெரும் மூலக்கூறுகள்
Māmmalian cells — பாலூட்டி செல்கள்
Matrix — அடிப்பொருள்
Matter — சடப்பொருள்
Medium — ஊடகம்
Membrane rupture — சவ்வு முறிதல்
Meristematic cells — ஆக்கு செல்கள்
Mesophyll tissue — இலை இடைத் திசு
Messenger RNA — தூது ரிநூஅ
Metacentric — நடு நுனி
Metals — உலோகங்கள்
Micelle — மைசெல்லே
Microfibrils — நுண் நார்கள்
Microsomal fractions — மைக்குரோசோம் கூறுகள்
Microtubule — நுண்குழல்
Middle lamella — இடை அடுக்கு
Mixture — கலவை
Model — உருப்படிவம்
Mole — கிராம் மூலக்கூறு
Molecules — மூலக்கூறுகள்
Molecular weight — மூலக்கூறு எடை

Morphology — வடிவ அமைப்பு
Mount — ஏற்று
Movement — இயக்கம்

N

Nascent polypeptied — தோன்றுநிலை பாலிபெப்டைட்
Negative charge — எதிர் மின்னேற்றம்
Neutral — நடுநிலை
Nerve cell — நரம்பு செல்
Noncyclic phosphorylation — சுழற்சியிலா பாஸ்பரீகரணம்

O

Observation — நுண்காட்சிப் பதிவு
Ocular lens — கண்ணுக்குரிய வில்லை
Organic — அங்கக
Osmophilic — சவ்வூடு பரவல் விரும்பி
Oval shape — முட்டை வடிவம்
Oxidation — ஆக்ஸிகரணம்
Oxysome — ஆக்சிசோம்

P

Pairing — ஜோடி சேர்தல் (அ) இணைவுறு
Pancrease — கணையம்
Parallel cisternae — இணைப்போக்கு சிஸ்டர்னே
Parallel fibrous elements — இணைப்போக்கு இழைக்கூறுகள்
Parallel membrane — இணைப்போக்குச் சவ்வு
Parallel stacks — இணைப்போக்கு அடுக்குகளாக
Particle — துகள்
Passive transport — உயிர்ப்பற்ற கடத்தல்
Perceptible dot — அறியக்கூடிய புள்ளி
Permiability — உட்புகு திறன்
Phagocytosis — செல்விழுக்கம்
Phosphorylation — பாஸ்பரீகரணம்
Photoelectric cell — ஒளி மின் செல்
Physical method — பௌதிக முறை
Physical seperation — உடல்சார்ந்த நீக்கம்
Pigments — நிறமிகள் (அ) நிறப்பொருள்
Pinocytosis — செல் குடித்தல்

Pits — குழிகள்
Plant biochemistry — தாவர உயிர் வேதியியல்
Polar end — துருவ நுனி
Polarizer — முனைப்படுத்தி
Polarizing microscope — முனைப்படுத்தல் நுண்ணோக்கி
Pollengrain — மகரந்தத் தூள்
Pollen tube — மகரந்தக் குழல்
Polycentric — பலமைய
Pores — நுண் துளைகள்
Positive charge — உயிர்ப்பற்ற கடத்தல்
Potential — வளமான
Primary constriction — முதல் ஒடுக்கம்
Primary linkage — பிரைமரி இணைப்பு
Prismatic — ஊசி வடிவான
Procaryotes — புரோக்கேரியோட்டுகள்
Profile — பக்கத் தோற்றம்
Prolamellar bodies — முன் நுண் அடுக்குத் தொடர்கள்
Proplastid — முன்கணிகம்
Protate — பரவலாயுள்ள
Proteinoplasts — புரதக் கணிகங்கள்
Ptychode — டைகோட்
Puffs — வீக்கங்கள்
Pyrenoid — பைரினாய்டு

Q

Quantitative analysis — அளவறி பகுப்புகள்
Quantosome — குவான்டோசோம்

R

Racket — மட்டை வடிவம்
Radiation — ஒளிக்கதிர்ச் சுற்றெறிவு
Radioactivity — கதிரியக்கம்
Randam — தொடர்பின்மை
Reactions — எதிர்ச் செயல்கள் (அ) எதிர் வினைகள்
Recombination — மறுசேர்க்கை
Refractive index — ஒளி விலக்க எண்
Refractive bodies — ஒளி விலகல் திரள்கள்

Regeneration — மறு பிறப்பு
Replication — நகல் ஆக்கம்
Resolution — நுட்பம் காண் திறன்
Rosonance — இசைவு
Respiratory chain — சுவாசத் தொடர்பு (அ)சுவாசச் சங்கிலி
Resting nucleus — ஓய்வுநிலை நூக்ளியஸ்
Reversible colloid — மீளுங் கொலாய்டு
Ridges — மடிப்புகள்
Rigidity — விறைப்புடைய
Rim — விளிம்பு
Rough — கரடுமுரடான

S

Sandwitch — இடையீட்டாப்பம்
Sausage shape — கொத்திறைச்சிக் குழலப்ப வடிவம்
Section — வெட்டிய கூறு
Sedimentation constant — வீழ்படிவு நிலை
Seedling — நாற்று
Selective permiability — தேர்வு செலுத்து திறன்
Semiconservative — பாதிப் பழமை காக்கும்
Serility body — முதுமைத் திரள்
Sequence — ஒத்திசைந்த
Set — தொகுப்பு
Sex chromosome — பால் குரோமோசோம்
Sexual reproduction — பால் இனப்பெருக்கம்
Shade plants — நிழல்வாழ் தாவரங்கள்
Side chain — பக்கச் சங்கிலித் தொடர்
Sieve tube — சல்லடைக் குழாய்
Sigma factor — சிக்மா காரணி
Single bond — ஒற்றைப் பிணைப்பு
Slides — கண்ணாடித் துண்டுகள்
Smear — மேற்பூச்சு
Smooth — வழவழப்பான
Solid — திண்மம்
Solubility — கரைதிறன்
Solution — கரைசல்
Somatic cells — உடல் செல்கள்

Specimen — உருமாதிரி
Spectrum — நிறமாலை (அ) நிறநிரல்
Spheroid head — வட்டமான தலை
Spindle fibre — கதிர் இழை
Spindles — கதிர் இழைகள்
Squash — நொறுக்கு
Staining — சாயமிடுதல்
Stalk — காம்பு
Stalked particles — காம்புடைய துகள்கள்
Starch — தரசம்
Starch grains — தரச மணிகள்
Strainless — இழுவிசையற்ற
Streaming movement — பாய்வு இயக்கம்
Strong acid — வீரிய அமிலம்
Subunit — துணை அலகு
Submetacentric — கீழ் நடுநுனி
Suicide bag — தற்கொலைப் பை
Sunplants — ஒளிர் தாவரங்கள்
Suplimentary wall — பிற்சேர்வான சுவர்
Surfrace charge — பரப்பு மின்னேற்றம்
Surface tension — பரப்பு இழுவிசை
Symmetrical — சரிசீர் அமைப்புடைய
Synapsis — மருவுதல்
Synthesis — சேர்க்கை

T

Telescope — தொலைநோக்கி
Template strand — வார்ப்பு அச்சு இழை
Tetrad — நான்மை
Thread like — மென் கம்பிஇழை போன்ற
Three-diamentional — மூன்று உருவடிவைச் சார்ந்த
Tissue degeneration — திசுச் சிதைவு
Tonicity — உரமூட்டுந் தன்மை
Toxin — நொய் நச்சுப் பொருள்
Tractile fibres — இழுப்பு நார்கள்
Transfer RNA — மாற்று ரிநூஅ
Translocation — இடமாற்றம்
Triplets — மூன்றின் தொகுதிகள்
Tubular channel — குழல்வடிவ வாய்க்கால்

Tubular interconnections — குழாய் உள் தொடர்
Tubules — சிறு குழாய்கள்
Turgor pressure — விறைப்பு அழுத்தம்
Twist — முறுக்கேறி
Twisted — திருகமைப்பு

U

Ultra-microscope — புடையொளி நுண்ணோக்கி
Uncoiling — சுருள் நீட்டம்
Unit membrane — அலகு சவ்வு
Units — அலகுகள்

V

Vacuoles — சாற்றுக் குழிகள்
Vacuum — வெற்றிடம்
Valence chains — இணைதிறன் தொடர்கள்
Velocity — திசைவேகம்
Vesicle — சிறு குமிழ்
Viscosity — குழைம நிலை
Vital stains — உயிர்ச் சாயங்கள்
Volatile oil — எளிதில் ஆவியாகும் எண்ணெ

W

Wafer — தட்டையான நாடா
Warts — புடைப்புகள்
White blood corpuscle — இரத்த வெள்ளணுக்கள்
Wide — விசாலமான

X

X-Ray diffraction — எக்ஸ் கதிர் பரப்புகை