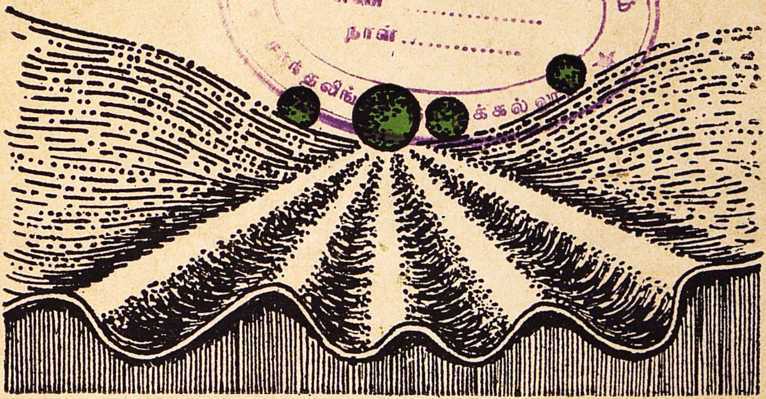
உருவத்தோற்றியல்

(MORPHOGENESIS)

பேரூர்.
எண் ....
நாள் ....



பா. இராசாராம்

தமிழ்நாட்டுப் பாடநூல் நிறுவனம்

First Edition—December, 1974

T.N.T.B.S. (C.P.) No. 596

© Tamilnadu Textbook Society

MORPHOGENESIS

B. RAJARAM

Price Rs. 4-75

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 by
Kabeer Printing Works,
Madras-600005

அணிந்துரை

திரு. இரா. நெடுஞ்செழியன்

(தமிழகக் கல்வி அமைச்சர்)

தமிழைக் கல்லூரிக் கல்வி மொழியாக ஆக்கிப் பதினான்காண்டுகள் ஆகிவிட்டன. குறிப்பிட்ட சில கல்லூரிகளில் பி.ஏ. வகுப்பு மாணவர்கள் தங்கள் பாடங்கள் அனைத்தையும் தமிழிலேயே கற்று வந்தனர். 1968ஆம் ஆண்டின் தொடக்கத்தில் புகுமுக வகுப்பிலும் (P.U.C.), 1969ஆம் ஆண்டிலிருந்து பட்டப்படிப்பு வகுப்புகளிலும் அறிவியல் பாடங்களையும் தமிழிலேயே கற்பிக்க ஏற்பாடு செய்துள்ளோம். 'தமிழிலேயே கற்பிப்போம்' என முன்வந்துள்ள கல்லூரி ஆசிரியர்களின் ஊக்கம், பிற பல துறைகளிலும் தொண்டு செய்வோர் இதற்கெனத் தந்த உழைப்பு, தங்கள் சிறப்புத் துறைகளில் நூல்கள் எழுதித் தர முன்வந்த நூலாசிரியர்கள் தொண்டுணர்ச்சி இவற்றின் காரணமாக இத் திட்டம் நம்மிடையே மகிழ்ச்சியும் மனநிறைவும் தரத்தக்க வகையில் நடைபெற்றுவருகிறது. இவ்வகையில், கல்லூரிப் பேராசிரியர்கள் கலை, அறிவியல் பாடங்களை மாணவர்க்குத் தமிழிலேயே பயிற்றுவிப்பதற்குத் தேவையான பயிற்சியைப் பெறுவதற்கு மதுரைப் பல்கலைக்கழகம் ஆண்டுதோறும் எடுத்துவரும் பெருமுயற்சியைக் குறிப்பிட்டுச் சொல்லவேண்டும்.

பல துறைகளில் பணிபுரியும் பேராசிரியர்கள் எத்தனையோ நெருக்கடிகளுக்கிடையே குறுகிய காலத்தில் அரிய முறையில் நூல்கள் எழுதித் தந்துள்ளனர்.

வரலாறு, அரசியல், உளவியல், பொருளாதாரம், தத்துவம், புவியியல், புவியமைப்பியல், மனையியல், கணிதம், இயற்பியல், வேதியியல், உயிரியல், வானியல், புள்ளியியல், விலங்கியல், தாவரவியல், பொறியியல் ஆகிய எல்லாத் துறைகளிலும் தனி நூல்கள், மொழி பெயர்ப்பு நூல்கள் என்ற இரு வகையிலும் தமிழ்நாட்டுப் பாடநூல் நிறுவனம் வெளியிட்டுவருகிறது.

இவற்றுள் ஒன்றான 'உருவத் தோற்றியல்' என்ற இந்நூல் தமிழ்நாட்டுப் பாடநூல் நிறுவனத்தின் 596 ஆவது வெளியீடாகும். கல்லூரித் தமிழ்க் குழுவின் சார்பில் வெளியான 35 நூல்களையும் சேர்த்து இதுவரை 631 நூல்கள் வெளிவந்துள்ளன. இந் நூல் மைய அரசு கல்வி, சமூக நல அமைச்சகத்தின் மாநில மொழியில் பல்கலைக் கழக நூல்கள் வெளியிடும் திட்டத்தின்கீழ் வெளியிடப்படுகிறது.

உழைப்பின் வாரா உறுதிகள் இல்லை; ஆதலின், உழைத்து வெற்றி காண்போம். தமிழைப் பயிலும் மாணவர்கள் உலக மாணவர்களிடையே சிறந்த இடம் பெறவேண்டும். அதுவே தமிழன்னையின் குறிக்கோளுமாகும். தமிழ்நாட்டுப் பல்கலைக்கழகங்களின் பல்வகை உதவிகளுக்கும் ஒத்துழைப்புக்கும் நம் மனம்கலந்த நன்றி உரியதாகுக.

இரா. நெடுஞ்செழியன்

தோற்றுவாய்

உலகில் வாழும் தாவரங்களும் பிராணிகளும் பலவகைப்பட்டவை. ஒரே பேரினத்தில் (Genus) பல வகைச் சிற்றினங்கள் (Species), ஒரே சிற்றினத்தில் பல வகைகள் (Varieties) வளர்வதைக் காண்கிறோம். இவைகளின் உருவங்களில் பல பெரு மாற்றங்களும், சிறு மாற்றங்களும் நிகழ்ந்திருப்பதை அன்றாட வாழ்க்கையில் காண்கிறோம்.

இத்தகைய மாற்றங்கள் நிகழ அத் தாவரங்களிலோ அல்லது பிராணிகளிலோ பல வளர்ச்சி நெறிமுறைகள் இருக்கவேண்டும். இவற்றின் விளைவாக அவைகள் வளர்ந்து தக்க உருவங்களை அடைகின்றன. உயிர்கள் கரு முட்டையில் தொடங்கி படிப்படியாகத் தத்தமக்கே உரிய உருவங்களைப் பெறுவதே உருவத்தோற்றியியல் (Morphogenesis) ஆகும்.

தாவரத்திற்குத் தாவரம், பிராணிகளுக்குப் பிராணி, உருவத்தோற்றியியல் வழிகள் வேறுபடுகின்றன. அத்தகைய வேறுபாடுகளையும், உருவத்தோற்றியியல் இயங்கும் முறைகளையும் இந்நூல் விளக்குகின்றது.

பொருளடக்கம்

			பக்கம்
1.	உருவத்தோற்றியியல் (Morphogenesis)	...	1
2.	இன்றைய செல் உயிரியலும் உருவத்தோற்றியியலும்	...	11
3.	செல்-குரோமசோம்கள்–DNA–உருவத்தோற்றியியல்	...	17
4.	சைட்டோபிளாசமும் அதன் வழியாகப் பரம்பரையியலும்	...	27
5.	DNA அல்லது ஜீனின் இயக்கம்	...	31
6.	DNA அல்லது ஜீன்களின் பாதிப்புக் காலம்	...	33
7.	ஜீன்களும் வளர்ச்சியும்	...	35
8.	ஜீன்களின் ஆதிக்கம்	...	38
9.	திசுத் தோற்றியியலும் உருவத்தோற்றியியலும்	...	49
10.	உயிர் வேதியியலும் (Biochemistry) உருவத் தோற்றியியலும்	...	56
11.	வளர் நுனி இயக்கம் (Polarity)	...	60
12.	மைக்ரோடியூபியூல்களும் (Microtubules) உருவத் தோற்றியியலும்	...	66
13.	இலைக்குருத்துகளின் வளர்ச்சி	...	69
14.	ஃபைடோகுரோம்களும் (Phytochromes) ஒளி உருவத்தோற்றியியலும்	...	76
15.	கருக்களும் இரசாயன மூலக்கூறுகளும்	...	85
16.	கரு வளர்ச்சியும் நாற்று வளர்ச்சியும்	...	88
17.	டிரையோபெடரிஸ் ஃபெலிக்ஸ்–மாஸ் (Dryopteris Felix Mas) பெர்னின் நுனிவளர்ச்சி	...	91
18.	டெரிடோஃபைட் (Pteridophyte) இலைகளின் தோற்றவியல்	...	94
19.	இலைகளின் தோற்றமும் வளர்ச்சியும்	...	106
20.	உறுப்புகள் வளரும் முறைகள்	...	108

பக்கம்

21. மலர்கள் தூண்டப்படுதல் ... 114
22. மலர்களின் பின் வளர்ச்சி—கனியாதல் ... 119
23. அறிஞர் பவேரியின் (Boveri) ஆராய்ச்சி ... 121
24. உருவத்தோற்றியியலும் அறிஞர் வாடிங்டனின் (Waddington) கருத்துகளும் ... 126
மேற்கோள் நூற்பட்டியல்—Bibliography ... 135
கலைச்சொல் அகராதி ... 137

1. உருவத் தோற்றியியல்
(Morphogenesis)

இயற்கையில் வளரும் கருமுட்டை பல இரசாயன மாற்றங்களை அடைந்து வளரும்போது அதன் உருவத்திலும் மாறுதல்கள் நிகழ்கின்றன. இவ்வுருவ மாறுதல்கள் வெளிப்புறத்தில் மட்டுமன்றி உட்புறப் பகுதிகளிலும் நிகழ்கின்றன.

இத்தகைய உருவ மாறுதல் முறைகளைக் குறிப்பதே உருவத் தோற்றியியல் (Morphogenesis) ஆகும். இவ் உருவத் தோற்றியியல் கருவின் பகுதிகளை ஓரிடத்தினின்று வேறோரிடத்திற்கு இயக்குவது தான் முக்கியமாக உள்ளது. இவ்வியக்கங்கள் நிகழ்ந்து முடிவில் உருவத் தோற்றியியல் நிகழ்வதை அறியலாம்.

தனி ஸெல்களின் உருவங்கள்
(Shape of Single Cells)

கரு முட்டை உருண்டையாக உள்ளது. இது படிப்படியாகப் பகுப் படைந்து வரும்போது அதன் ஸெல்களின் உட்பகுதிகள் தட்டையாக அமைந்து வெளிப்புறத் தோற்றத்தில் மட்டும் உருண்டையமைப்பைக் காட்டுகின்றன.

ஆனால், ஸெல்களின் உட்புறத்தில் புரோட்டோபிளாசத்தின் அமைப்பை ஆராயும்போது அது ஸெல்களுக்கிடையே மாறுதல்களைத் தோற்றுவிக்கின்றன. முக்கியமாக, தவளை முட்டையின் வளர்ச்சியின் போது யோக் (Yolk) என்னும் உணவு நிறைந்த பகுதி கீழ்ப்புறமுள்ள ஸெல்களில் அதிகமாகச் சேர்ந்துவிடுகின்றது. இவ்வாறு யோக் புவி யீர்ப்பினால் அடித்தளத்திலுள்ள ஸெல்களுக்கு நகரலாம். இத்துடன் முட்டையுள்ளே அமைந்த சாம்பல் பிறைப்பகுதி (Grey crescent) யும் யோக் நகருவதில் பங்கு கொள்கின்றது. இதற்கு முட்டையின் ஸெல் மெம்ப்ரேன் (Cell membrane) முக்கிய இயக்கங்களை ஏற்படுத்துகின்றது. இதுபோலவே கடல் அர்ச்சின் (Sea Urchin) முட்டையிலும் கரு வளரும் பகுதிக்கும் உணவு பொதிந்த பகுதிக்கும்

பொருள்கள் நகருகின்றன. இதற்கு செல் மெம்ப்ரேனின் பண்புகளும் இயக்கங்களும் காரணமாகின்றன. எனவே, கருவில் செல்களின் அமைப்பிற்கு செல் மெம்ப்ரேன் முக்கியமாகின்றது.

ஆனால், அசிடிய (Acidia)த்தின் முட்டையில் பல நிறப் பொருள்கள் பலவாறு செல்லினுள் நகர்ந்து வளர்ச்சியில் ஈடுபடு கின்றன. அப் பொருள்களைப்பற்றி நம்மால் எதுவும் அறிந்துகொள்ள முடியவில்லை. ஆனால், தாவரங்களின் செல்களில் உட்புறத்திலேயே சைட்டோபிளாசம் சைக்லோசிஸ் (Syclosis) இயக்கத்தைக் காட்டு கின்றது. இதனாலேயே செல்கள் குறிப்பிட்ட வடிவில் அமைகின்றன. ஆனால், சைக்லோசிஸ் எங்ஙனம் நிகழ்கின்றது, அது செல்கள் அமைவதில் எவ்வாறு பங்கு கொள்கின்றது என அறிந்துகொள்ள முடியவில்லை. இருப்பினும் செல்களின் உருவத் தோற்றத்திற்கு மூன்று காரணிகள் (factors) இருக்கின்றன. அவை:

(1) செல்லின் புறப்பகுதி (Cell-surface)

(2) புவியீர்ப்பு (Gravity)

(3) செல்லினுள்ளே சைட்டோபிளாச விசைகள் (Internal cytoplasmic forces)

இவை பல வகைகளில் தனிப்பட்ட செல் ஒன்றின் உருவத் தோற்றியியலை பாதிக்கின்றன.

சிறு செல் கூட்டத்தில் உருவத் தோற்றியியல் (Morphogenesis in small groups of Cells)

தனிப்பட்ட ஒரு செல் முழுமையான உயிர் ஒன்றின் உருவத் தோற்றியியலை பாதிக்காது; பல செல்கள் பாதிக்கலாம். எனவே, சிறு செல் தொகுப்பு ஓர் உறுப்பை அமைக்கலாம். சிலவற்றில் மிக அதிகமான செல்கள் உறுப்பை அமைக்கலாம்.

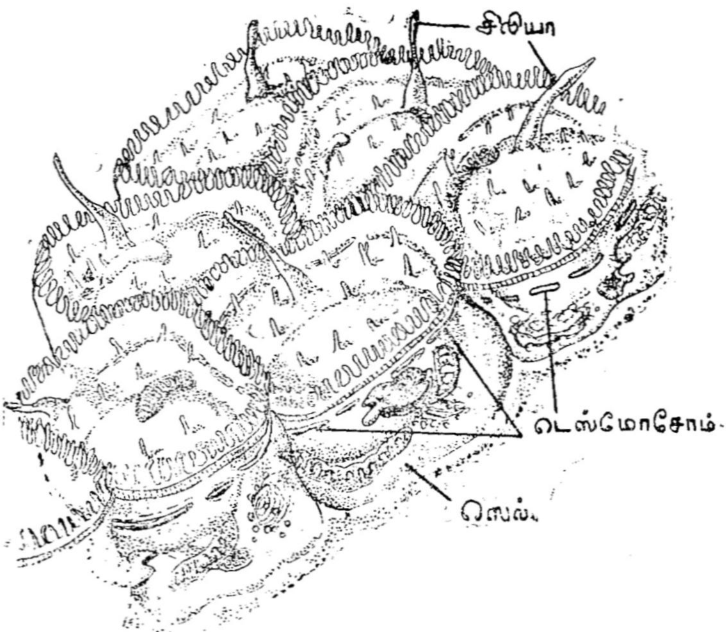
செல்கள் பல ஒன்று சேர்ந்து அமைவதற்கு செல்களுக்கிடையே உள்ள ஒட்டும் பொருள் முக்கிய பணியாற்றுகின்றது. இதற்கு முக்கிய மாக கால்சியம் அயனிகள் (Calcium ions) பயன்படுகின்றன. இவற்றைப் பல என்சைம்களால் நீக்கிவிட்டால் செல்கள் தனித்தனி யாகப் பிரிந்துவிடுகின்றன.

இவ்வாறு செயற்கையாக செல்களைப் பிரித்துவிட்டு அவற்றைச் சேர்ப்பதற்காக கால்சியம் ஐயனிகளைச் சேர்த்தால் செல்கள் பலவாறு இயங்கிப் பிறகு அவையவைகளின் தன்மைகளுக்கேற்ப ஒன்று சேர்கின்றன. எனவே, தனிப்பட்ட செல்கள் தன்மைகளைப் பொறுத்து ஒன்று சேர்கின்றன.

சில ஆராய்ச்சிகளில் ஈரலை (liver) அமைக்கும் செல்களை இரு பிராணிகளின் கருவிலிருந்து சேர்த்தனர். எடுத்துக்காட்டிற்கு கோழிக் கரு, எலியின் கருவிலிருந்து ஈரல் செல்களையும் சிறுநீரக செல்களையும் தனித்தனியாக்கிப் பிறகு ஒன்றுசேர கால்சியம் அயனி களைச் சேர்த்ததில் ஈரல் செல்கள் தனியாகக் கூடின. வேறு முனையில் சிறுநீரக செல்கள் கூடின. எனவே, தனி செல்களுக்கு ஒன்றை யொன்று அடையாளம் கண்டுகொள்ளும் சக்தி இருப்பதனால் அவை உருவத் தோற்றியியலை நிகழ்த்துவதில் தனியாகவும் கூட்டாகவும் அமைந்து செயல்படுவதைத் தெளிவாக அறிகிறோம்.

திசுக்களின் உருவத் தோற்றியியல்
(Morphogenesis of Tissues)

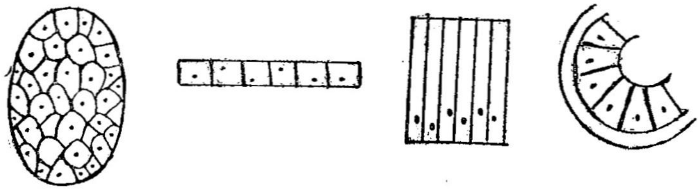
தட்டையாக ஒரு செல் வரிசையினால் அமைந்த திசுக்களில் செல்கள் பக்கவாட்டில் சேர்ந்துள்ளன. இச் சேர்க்கைக்குப் பக்கவாட்டில் டெஸ்மோசோம்கள் (Desmosomes) படத்திலுள்ளவாறு அமைந் திருப்பதேயாகும்.



படம் 1-1. கோழி முட்டைக் கருப் புறத்தோலில் டெஸ்மோசோம்கள் செல்களைப் பிணைத்திருத்தல்

(After CH. Waddington)

பெரும்பாலான கரு வளர்ச்சிகளின் ஆரம்ப காலத்தில் இவ்வாறு ஒரு வரிசையில் அமைந்த ஸெல்களால் திசுத்தட்டு அமைந்து அவை மடிப்புகளை ஏற்படுத்திக்கொண்டு எக்டோடர்ம் (Ectoderm), எண்டோடர்ம் (Endoderm), மீசோடர்ம் (Mesoderm) பகுதிகளைத் தோற்றுவிக்கின்றன. அந்த ஒரு தட்டு திசு மடிப்பு முறை ஸெல்கள் பக்கவாட்டில் சேர்ந்த நிலையைப் பொறுத்துள்ளது. எனவே, கருவின் ஆரம்ப நிலை வளர்ச்சியில் ஏற்படும் உருவத் தோற்றியியலுக்கு ஸெல்கள் பக்கவாட்டில் சேர்ந்திருக்கும் அமைப்பு முக்கியமாகும். இதனைக் கீழ்க்கண்ட படத்தின் மூலம் எளிதாக அறியலாம்.



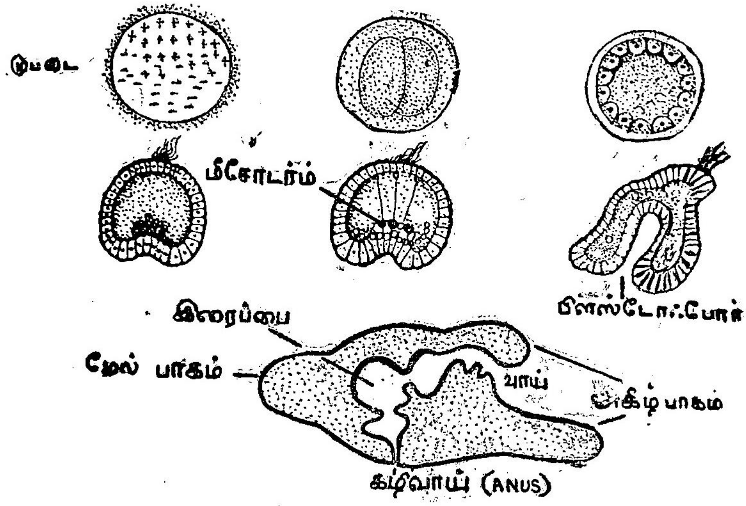
படம் 1-2. ஸெல்களின் அமைப்பு பல வகைத் திசுக்களைத் தோற்றுவித்தல்

கடல் அர்ச்சின் முட்டையின் வளர்ச்சி மாற்றங்களில் ஸெல்கள் ஒட்டியிருக்கும் நிலை உருவத் தோற்றியியலை நிகழ்த்துவதை எளிதாக அறியலாம்.

ஆரம்ப நிலையில் கடல் அர்ச்சின் முட்டை, படத்திலுள்ளவாறு உருண்டையாகப் பக்கவாட்டில் ஒட்டி அமைகின்றது. வெளிப்புறத்திலும் சுவர் உள்ளது. படிப்படியாக ஸெல் பகுப்பு நிகழ்ந்து மடிப்பு நிகழும் கீழ்ப் பாகத்து ஸெல்கள் பக்கவாட்டில் நெருங்கித் தடித்துப் பிறகு மேலும் மடிந்து எண்டோடர்ம் ஸெல் வரிசைகளை அமைக்கின்றன. இந்த ஸெல்கள் எக்டோடர்ம் பகுதியின் உட்புறத்திலுள்ள இடத்தில் மீசோடர்ம் ஸெல்களைத் தோற்றுவிக்கின்றன. இவற்றிற்கு சுடோபோடியாக்கள் (Pseudopodia) உள்ளன.

இந்த ஸெல்கள் மீசோடர்ம் பாகத்தில் மிதந்து பின் எக்டோடர்மின் உட்புறத்தில் ஒட்டி அமைகின்றன. இந்த மீசோடர்ம் ஸெல்களின் சுடோபோடியா எண்டோடர்ம் ஸெல்களுடன் சேர்ந்து தொடர்பு கொண்டு சுருங்கும்போது மடிப்பு மேலும் ஆழமாகின்றது. இதன் விளைவாக உருவத் தோற்றியியல் (Morphogenesis) மாற்றங்கள் நிகழ்ந்து கேஸ்டுருலேஷன் (Gastrulation) ஏற்பட்டுக் கரு பேரிக்காய் வடிவைப் பெறுகின்றது.

இதனைத் தொடர்ந்து பிளாஸ்டோஃபோர் (Blastopore) பகுதியில் சிறிய குழிந்த பாகம் தோன்றத் தொடங்குகின்றது. இவ்வாறு குழி விழ செல் உட்புறம் நோக்கி ஈர்க்கப்படுகின்றது. இதற்கு வளர் நுனிப் பகுதிகள் இயங்குவதே காரணமாகின்றது.



படம் 1-3. கடல் அர்ச்சின் முட்டைக் கருவின் வளர்ச்சி

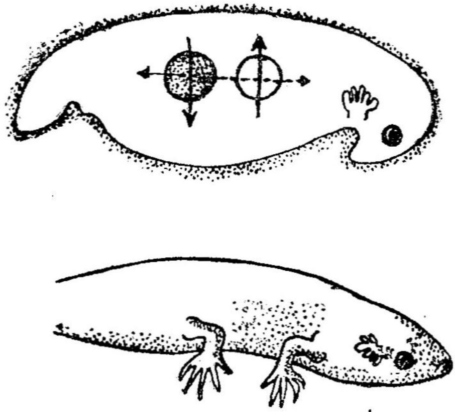
இது மட்டுமன்றி செல்களினுள்ளிருந்தவாறே சில சக்திகள் இயங்கி செல் பகுப்பை நிகழ்த்திக் கரு தன் உருவத்தைப் படிப்படியாக அடைகின்றது.

உறுப்பு தோன்றுவதில் உள்ள உருவத் தோற்றியியல் (Morphogenesis of Multicellular Organs)

திசுக்கள் திரண்டு அமைந்து வளர்ந்து கருவைத் தோற்றுவிப்பதில் செல்கள் ஒட்டி நிற்கும் முறை மிக முக்கியமாக இருந்ததைச் சென்ற பகுதியில் அறிந்தோம். அதைத் தொடர்ந்து உறுப்பு தோன்றும் போது செல்களின் ஒட்டும் பகுதிகள் மட்டுமன்றி வேறு சில காரணங் களும் உருவத் தோற்றியியலில் செயல்படுகின்றன. அதற்கு உதாரண மாக நியூட் கருவில் (Newt embryo) ஏற்படும் உருவத் தோற்றியியல் மாற்றங்களை ஒரு முக்கிய சோதனை மூலம் அறியலாம்.

நியூட்டின் முன் காலின் வளர்ச்சியில் சோதனை நிகழ்த்தலாம். முன்னங்காலில் மேல் கை எலும்பு, கீழ்க் கை எலும்பு, மணிக்கட்டு எலும்புகள், விரல் எலும்புகள் ஆகியன உள்ளன. இவை யாவும் முதன் முதலில் வளர்ச்சியை மீசோடர்மிலிருந்து சிறு செல் கூட்டமாக வளர்கின்றன. இவை ஆங்காங்கே சிறுசிறு வளர்ச்சிகளாகக் கருவின் உரிய இடங்களில் தோன்றுகின்றன. இத்தகைய செல் தொகுப்புகள் எந்த அடிப்படையில் தோன்றுகின்றன என்னும் உண்மைகளை இன்னும் ஆராயவேண்டும். இருப்பினும் சோதனைக்காக மூக்குப் பகுதியாக வளர முற்படும் செல் தொகுப்பை வெட்டி இந்தக் கால் வளரும் பகுதியில் ஒட்டுக் கட்டிவிட்டால் மூக்காக வளரவேண்டிய செல் கூட்டம் கால் உறுப்பாக வளர்கின்றது. இதுவன்றிக் கால் வளரும் போது அதன் பக்கத்திலேயே வேறு செல்களை ஒட்டுக் கட்டினால் அவை களும் காலாக வளர்கின்றன. இவ்வாறு பல கால்களையுடைய பிராணி யைத் தோற்றுவிக்க முடியும்.

இவ்வாறு உருவத் தோற்றியியல் செயற்கையில் நிகழ்கின்றது. இதற்கு முக்கிய காரணம் கால் உறுப்பு தோன்றத் துவக்க நிலையில் தோன்றிய மீசோடர்ம் செல்களின் தன்மைகளேயாகும். இந்த



படம் 1-4. நியூட் கருவளர்ச்சியில் உறுப்புகளை மாற்றி வளர்த்தல்
(After CH. Waddington)

செல்கள்தாம் கால் உறுப்பாக வளர இயங்கும் சக்தியைப் பெற் றுள்ளன. இதற்குக் காரணம், முதன் முதலில் இந்த செல் கூட்டம் வளர்நுனி இயக்கத்தை (Polarity) அமைத்துக்கொள்கின்றன. இவ்வாறு வளரும் ஆரம்ப நிலையிலுள்ள செல் கூட்டத்தை வெட்டி நீக்கித் தலைகீழாகப் பழையபடி பொருத்திவிட்டால் அந்தக் கால் உறுப்பு தலைகீழாகப் படத்திலுள்ளவாறு (படம் 1-4) வளருகின்றது. எனவே,

வளர்நுனி இயக்கம் மிக ஆரம்ப காலத்திலேயே இயங்கத் துவங்கி விடுகின்றது. இத்தகைய வளர்நுனி இயக்கம் (Polarity) தோன்ற உள்ள அடிப்படைக் காரணங்கள் அந்த செல் கூட்டங்களில் எப்போது நிகழ்கின்றன, அதற்கு உள்ள ரசாயன பௌதிகக் காரணங்கள் எவை என இன்னமும் அறிய முடியவில்லை.

எலும்புகளின் வளர்ச்சி: மீசோடர்ம் செல்கள் அடிப்படையாகத் தோன்றிக் கால் உறுப்பை அமைத்தாலும் எலும்புகளை எக்டோடர்ம் பகுதியே அமைக்க முற்படுகின்றது. இது மீசோடர்மின் மேல் ஒரு மேடான பகுதியை அமைத்து நுனி மேட்டை (apical ridge)த் தோற்றுவிக்கின்றது. (இது பறவைகள், பாலூட்டிகளின் கருக்களில் நன்கு காணப்படுகின்றன.) இப்பகுதியே எலும்பு தோன்றுவதற்கு முக்கியமாக உள்ளது. இந்த நுனி மேட்டின் சிறு பகுதியை வெட்டி விட்டால் எலும்புகள் முழுமையாக வளர்வதில்லை. உதாரணமாக 5 விரல்களுக்குப் பதிலாக 2 அல்லது 3 தோன்றுகின்றன.

மேலும் பின்னங்காலாக வளரும் பகுதியிலிருந்து எக்டோடர்மை நீக்கி, பிறகு முன்னங்காலின் எக்டோடர்மை சேர்த்து ஒட்டிவிட்டால் பின்னங்காலாக வளரவேண்டிய உறுப்பு முன்னங்காலாக வளருகின்றது. எனவே, இந்த எக்டோடர்ம் பகுதியிலிருந்துதான் தக்க எலும்புகள் வளரத் தூண்டும் பொருள்கள் தோன்றவேண்டும். அவற்றிற்கு மீசோடர்ம் செல்கள் எங்ஙனம் பாதிக்கப்படுகின்றன என்னும் பல சிக்கலான ஆராய்ச்சி வினாக்களுக்கு இன்னமும் விளக்கங்களை அறிய முடியவில்லை.

கால் உறுப்பின் உருவ வளர்ச்சியை விரிவாகப் பல சோதனைகள் மூலம் அறிந்தோம். இதுபோலவே ஒவ்வோர் உறுப்பும் வெவ்வேறு வழிகளில் உருவத் தோற்றியியல் (Morphogenesis) மாறுதல்களை அடைந்து வளருகின்றது. ஒவ்வோர் உறுப்பும் தான் வளருவது மட்டுமன்றி மற்ற உறுப்பின் வளர்ச்சியையும் கட்டுப்படுத்துகின்றது.

உதாரணமாக கண்ணின் வளர்ச்சியின்போது ரெடினாவும் (Retina) லென்ஸ் (Lens)சும் ஒன்றுக்கொன்று சம்பந்தப்பட்டு வளருகின்றன. இதனைச் சோதிக்க லென்ஸ் வளரும்போது அதனை நீக்கிவிட்டுப் பெரிய லென்ஸ் பொருத்தினால் அதற்கேற்றவாறு ரெடினாவும் பெரிதாக வளர்ந்துவிடுகின்றது. அவ்வாறில்லையாயின் லென்ஸ் மெதுவாக வளர்கின்றது. இதன் விளைவாக எப்போதும்போல் கண் வளர்ச்சியுறுகின்றது.

இது போலவே மூளைத் தண்டுவடம் (Brain and spinal cord) உருளையான அமைப்பை உடையது. இது வளர்ந்து படிப்படியாக

பலவகை நிலைகளை அடைந்து மூளை, தண்டுவடம் நரம்புகள் ஆகியன வாக வளர்கின்றன. எனவே, தொடக்கத்தில் சாதாரண அமைப்புடைய உறுப்புகள் இறுதியில் மிகச் சிக்கலான வளர்ச்சி நிலைகளை அடைந்து ஒரு பகுதிக்கும் மற்றப் பகுதிக்கும் பல இயக்கங்கள் நிகழ்ந்து இறுதியில் முழு உருவத்தைப் பெறுகின்றன.

இவ்வாறு பல சிக்கலான வளர்ச்சி நிலைகளை இயக்க அடிப்படையாக அமைந்த ரசாயன பௌதிகக் காரணங்களை (Physico-Chemical mechanism) அறிய முடியவில்லை. இவை யாவும் வளர்ச்சியின் போது பல சிக்கலான உருவத் தோற்றியியல் நிலைகளைக் கடந்து (Morphogenetic field) முழுமை உருவைப் பெறுகின்றன.

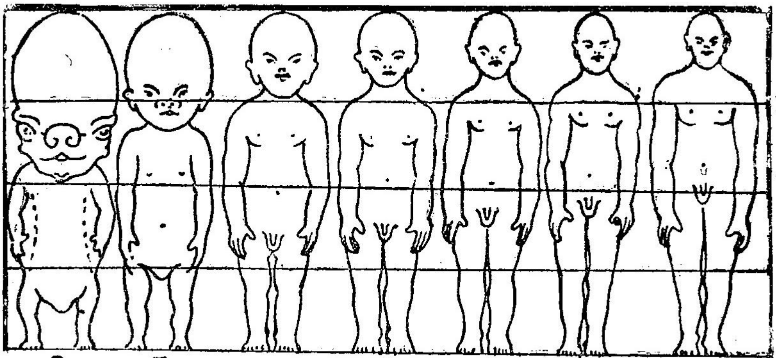
பௌதிகத்தில் காந்தம், மின்சாரம் புவியீர்ப்பு ஆகியவற்றிற்குக் குறிப்பிட்ட பல கோணங்களில் இயக்கும் சக்திகள் உள்ளன. இது போல வளரும் கருக்களில் உருவத் தோற்றியியல் நிகழ்வதைப் பல்வேறு சக்திகள் பல கோணங்களில் செல்களினூடே பாய்ந்து இயக்குகின்றன என்பதனை இன்னமும் அறிய முடியவில்லை. ஏனெனில், செல்லின் உள் அமைப்பு இயக்கங்களை முழுமையாக நம்மால் அறிந்துகொள்ள முடியவில்லை. இவற்றிற்கு விளக்கங்கள் கண்டுபிடிக்கப்பட்டுவிட்டால் உருவத் தோற்றியியல் (Morpho-genesis) நிகழ்ச்சிகளுக்குக் காரணங்களை அறியமுடியும்.

கருவளர்ச்சியின்போது கருவிற்கு உறுப்புகள் தோன்றிய பிறகு தொடர்ந்து மேலும் உறுப்புகள் வளர்வது, பலவாறு வேறுபட்டு, இதன் விளைவாக இறுதியில் உயிர்கள் திட்டமிட்ட வடிவத்தைப் பெறுகின்றன.

உதாரணமாக நம் உடல் வளர்ச்சியை ஆராய்ந்தால் அதன் உறுப்புகள் வெவ்வேறு நிலைகளில் வெவ்வேறு வேகங்களில் வளருகின்றன. இவற்றைப் படம் 1-5இன் மூலம் எளிதாக அறியலாம்.

நம் உடலின் முழுமையான எடை x எனக் கொண்டு, ஒரு தனியுறுப்பின் எடை y என வைத்துக்கொண்டால் இவைகளிரண்டிற்கு மிடையே b என்னும் உடலில் உள்ள தொடர்பை $y = bx^a$ எனக் குறிப்பிடலாம். இதில் aயின் மதிப்பு 1க்கு அதிகமாக இருப்பின் அந்த உறுப்பு ஏனைய உறுப்புகளை விட விரைவாக வளருகின்றது. இதன் விளைவாக அந்த உறுப்பு பெரிதாகின்றது. ஆனால், aயின் மதிப்பு 1க்குக் குறைவாக இருப்பின் குறிப்பிட்ட உறுப்பின் அளவு சிறிதாகிக் கொண்டே போகும். இவ்வாறு ஏற்படும் வளர்ச்சியை அல்லோமெட்ரிக் வளர்ச்சி (Allometric growth) என்கிறோம். நம் உடல் வளர்ச்சியில் காலின் வளர்ச்சி வேகமாகவும், தலையின் வளர்ச்சி மெதுவாகவும் நிகழ்கின்றது. எனவே, முழுமையான உருவத் தோற்றியியல் ஆராய்ச்சியில்

வளர்ச்சியின் வேகம் உறுப்புகளில் வேறுபடுகின்றன. ஒன்றிற்கொன்று வளர்ச்சி மாறுபாடுகள் ஏற்படுவதால் முழு உருவம் சிறப்புப் பெறுகின்றது.



படம் 1-5. மனிதனின் உருவத்தோற்றியியல் வளர்ச்சியும் உருவமாற்றமும்

உருவத் தோற்றியியலுக்குத் தனி ஓர் உறுப்பு வளர்ச்சி வேகம் மட்டுமல்லாமல் இவ்வுறுப்புகள் யாவும் ஒருங்கே செயல்பட்டு வளர்வதே காரணமாகவுள்ளன. இவற்றிற்கெல்லாம் அடிப்படையாக ஸெல்களின் வளர்ச்சி இயக்கங்களில் மூன்று நிகழ்ச்சிகள் ஏற்படுகின்றன.

1. ஸெல் குறிப்பிட்ட வழியில் வளர்ந்து மாற்றங்களை அடைய ஏற்படும் மாறுதல்கள்.

2. இவ்வாறு வளர ஸெல்லில் எங்கிருந்து, இயக்கங்கள் இயங்கி ஏனைய ஸெல்களையும் செயல்படச் செய்கின்றன, இவ்வியக்கங்களின் மூலத் தோற்றம், செயல்படும் வழிமுறைகள் எவை ஆகியன இன்னமும் புதிர்களாக உள்ளன.

3. இயக்கங்களை இயக்கும் DNA மூலக்கூறுகள் எங்ஙனம் செயல் படுகின்றன, இந்த DNAக்கள் சைட்டோபிளாசத்தை எங்ஙனம் செயல்படச் செய்கின்றன? செயல்பட்ட சைட்டோபிளாசம் DNAஐ இயக்க முற்படுகின்றன.

இவற்றிற்கெல்லாம் RNAக்களும், அல்லோஸ்டிரிக் புரதங்களும் (Allosteric proteins) காரணமாக உள்ளன என இன்று நாம் அறிய

முடிந்தாலும் அவைகளின் செயல்படும் வழிமுறைகளும் அதனுல் உருவத் தோற்றியியல் (Morphogenesis) நிகழ்வதும் எங்ஙனம் என்பது ஆராய்ச்சிக்குரிய கருத்தாகும்.

இந்த ஆராய்ச்சிகளின் விளைவாக விடைகளை அறிய நாமே DNA, RNA மற்றுள்ள இயக்கவளர்ச்சிப் பொருள்களாக உருமாறி, இயங்கினுல் விளக்கங்களைப் பெறமுடியும். ஆனுல், நாமே இப்பொருள்களாக அமைந்திருப்பதால்தான் இத்தகைய ஆராய்ச்சி வினுக்களை எழுப்பியுள்ளோம். DNA, RNA மற்றுள்ள இயக்கங்களுக்கு அடிப்படைக் காரணங்கள் இயற்கைச் சக்திகளேயாகும்.

உருவத் தோற்றியியல் (Morphogenesis) இயற்கையின் சிறப்புகளில் தலையாயது. அதைப்பற்றி ஆராய்ச்சிகள் சிறந்த முறையில் நிகழ்ந்துள்ளன. ஆராய்ச்சியாளர்கள் தம் ஆழ்ந்த கருத்துகளை அறுதியிட்டு விளக்கியுள்ளனர். அவ்விளக்கங்கள் யாவும் இயற்கைச் சக்திகளின் பிணைப்புகளையும் அவை செயல்படும் முறைகளையும் விந்தைக்குரிய கருத்துகளாகக் கூறுகின்றன. இனி அவற்றைப் பற்றித் தெளிவாக அறியலாம்.

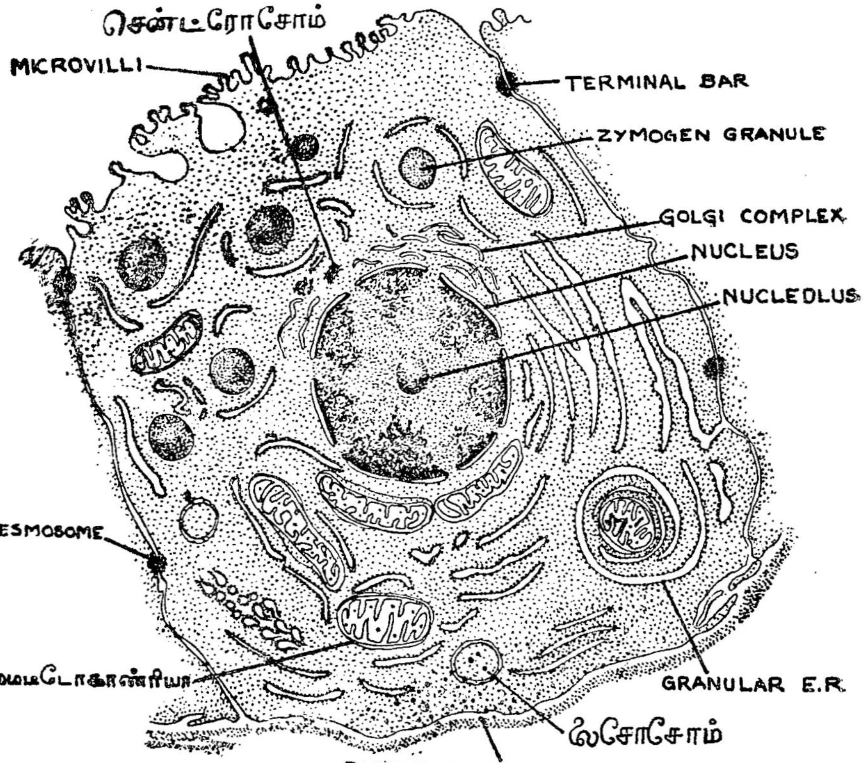
2. இன்றைய செல் உயிரியலும் உருவத் தோற்றியியலும்
(Cell Biology and Morphogenesis)

மூலக்கூறு உயிரியல் (Molecular Biology): கண்டுபிடிப்புகள் இன்று நமக்குத் தெளிவாக அறிவிக்கப்பட்டுள்ளன. செல்களின் அமைப்பை ரசாயன மூலக்கூறுகளாக அறிந்துள்ளோம். அதோடன்றி செல் பாகங்களை லட்சக் கணக்காகப் பெரிதாக்கி எலெக்ட்ரான் நுண் ணோக்கி மூலம் தெளிவாகக் கண்டறிகிறோம். இதனால் செல்களிலுள்ள ரைமோசோம்களையும் அவை ஒருங்கே சேர்ந்து பாலிசோம்களாக (Polysomes) அமைந்திருப்பதையும் காணலாம். இவைகளுடன் சேர்ந்தமைந்த தூது RNA (Messenger RNA)க்களையும் பார்க்கலாம். இவ்வளவு எளிதாக இவற்றைப் பார்த்தாலும் இவைகளால் பாலிசோம்கள் தயாரிக்கும் புரோட்டீன்களை இன்னமும் பார்க்க முடியவில்லை. ஏனெனில், புரோட்டீன்கள் சீக்கிரமாகச் சுருண்டு சிறிதாகிவிடுவதனால் RNAக்களைப்போல் எளிதாகக் கண்டுகொள்ள முடிவதில்லை.

எண்டோபிளாச வலை (Endoplasmic Reticulum): எலெக்ட்ரான் நுண்ணோக்கி மூலமாக செல்களினுள்ளே எத்தனை பாகங்களைக் காண்கிறோம். இவை யாவும் புரதத் தயாரிப்பில் எங்ஙனம் ஈடுபட்டு இயங்குகின்றன என இன்னமும் தெளிவாகவில்லை. பாலிசோம்கள் எண்டோபிளாச வலைகளின் (Endoplasmic Reticulum) உட்பகுதிகளில் அமைந்துள்ளன. இந்த வலை புரதங்களாலும் லிபிட் (Lipid) பொருள்களாலும் அமைந்துள்ளது (படம் 2-1).

எண்டோபிளாச வலை சாதாரணமாகக் கருவின் செல்களில் காணப் படுவதில்லை. அந்த செல்கள் முதிர்ச்சியுற்று மற்ற உறுப்புகளைத் தோற்றுவிக்க முனையும்பொழுது எண்டோபிளாச வலை சைட்டோ பிளாசத்தில் தோன்றுகின்றது. மேலும் அந்த எண்டோபிளாச வலை பல்வேறு வகையான செல்களில் மாறுபட்டும் செல்களுக்கு ஏற்றவாறும்

அமைகின்றது. எனவே, செல்கள் மாறுபட்டு அமைய எண்டோபிளாச வலைகளும் காரணமாகின்றன என அறிகிறோம். இருப்பினும் எண்டோ பிளாச வலைதான் செல்கள் தாம் செய்யும் தொழிலுக்கேற்றவாறு மாறு



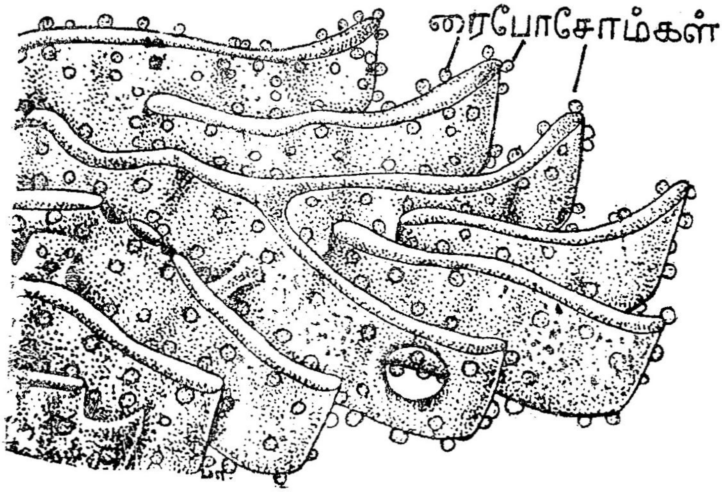
படம் 2-1. சுரப்பி செல்லின் தோற்றம்

(After C.H. Waddington)

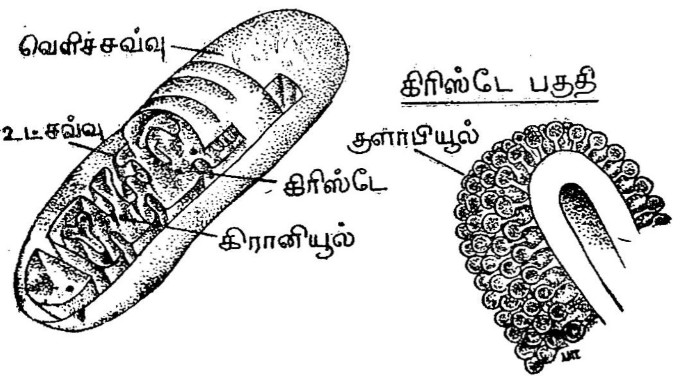
பாட்டையச் செய்கின்றது எனத் திட்டவட்டமாகக் கூறமுடியவில்லை. உருவத்தோற்றியலில் (Morphogenesis) இந்த எண்டோபிளாச வலைக்கும் ஓரளவு பங்கு இருப்பதாகக் கூறலாம்.

மைட்டோகாண்ட்ரியான் (Mitochondrion): மைட்டோகாண்ட்ரியான் வெள்ளரிப்பிஞ்சைப் போன்ற வடிவமுடையது. இதனை எலெக்ட்ரான் நுண்ணோக்கியால்தான் காணமுடியும். இதற்குச் சவ்விலான இரு உறைகளுண்டு. வெளி உறை எண்டோபிளாச வலையுடன்

தொடர்பு கொண்டுள்ளது. உள் உறை பல மடிப்புகளை யமைத்து கிறிஸ்டே (Cristae) என வழங்கப்படுகின்றது. இது சுவாசித்தலை



படம் 2-2. எண்டோபிளாச வலை

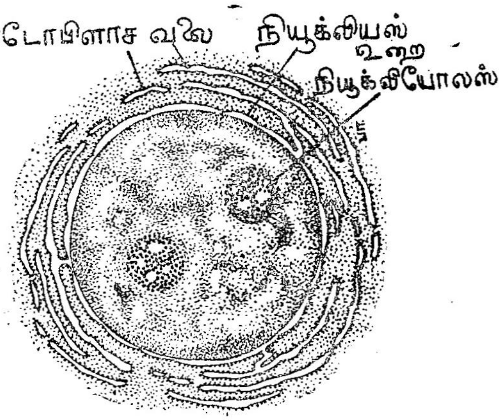


படம் 2-3. மைட்டோகாண்ட்ரியான்

நிகழ்த்தி செல் பகுதிகளுக்குத் தேவைப்படும் ATP சக்தி மூலக் கூறுகளை எண்டோபிளாச வலை மூலமாக ஏனைய பகுதிகளுக்கு அளிக் கின்றது.

கோல்கி மெய்கள் (Golgi Apparatus) : கோல்கி மெய்கள் சிறு பைகளைப் போன்ற பாகங்களைக் கொண்டு நெருங்கி அமைந்துள்ளன (படம் 2-1). இவை சுரப்பி செல்களில் அதிகமாகக் காணப்படு கின்றன. கோல்கி பைகளின் மூலமாகப் பல செல் பொருள்கள் கடத்தப் படுவதாக அறிகிறோம்.

நியூக்லியஸ் சவ்வு (Nuclear envelope): இது DNAக்களால் அமைந்த குரோமசோம்களைச் சூழ்ந்து உருண்டையான அமைப்பை நியூக்லியசுக்கு அளிக்கின்றது. செல் சைட்டோபிளாசத்திலிருந்து நியூக்லியசைப் பிரித்து அமைக்கின்றது. நியூக்லியஸ் சவ்வு எலெக்ட்ரான் நுண்ணோக்கியில் நெருங்கியமைந்த (படம் 2-4) இரு கருப்புக் கோடு களாகக் காணப்படுகின்றது. இவற்றிற்கிடையே நிறமில்லாப் பகுதியை



படம் 2-4. நியூக்லியஸ் அமைப்பு

பெரி நியூக்லியஸ் இடம் (Peri nuclear space) என்கிறோம். நியூக்லி யசின் இரட்டைச் சுவர்களில் வெளிச் சுவரில் சிறு துளைகளுள்ளன. இவைகளை நியூக்லியஸ் துளைகள் (Nuclear pores) என்கிறோம். இத்துளைகள் வழியாக நியூக்லியஸ் சவ்வு ஓரளவு வெளியே வளர்ந்திருக் கலாம், அல்லது எண்டோபிளாச வலையுடன் தொடர்பு கொண்டமைய லாம், அல்லது துளைகள் பல சைட்டோபிளாசத்துடன் நேரடியாகத் திறந் திருக்கலாம். எனவே, நியூக்லியசிலிருந்து RNA மூலக்கூறுகள் இத் துளைகள் வழியாக சைட்டோபிளாசத்தின் பல பகுதிகளையடைந்து உருவத் தோற்றியியலை (Morphogenesis) அடிப்படையாக செல் நிலைகளிலிருந்து இயக்கலாமல்லவா ?

DNAயும் RNAயும்: நியூக்லியஸ் மற்றும் அது செல் பகுப்பின்போது தோற்றுவிக்கும் குரோமசோம்களைக் கூட்டு மைக்ரோஸ் கோப்பில் நன்ருகக் காணமுடிகின்றது. ஆனுல், எலெக்ட்ரான் நுண் ணேக்கியில் தெளிவாகக் காணமுடியவில்லை. X-கதிர் விளிம்பு விளைவு (difraction) அடிப்படைகளிலே DNA மூலக்கூறுகள் குரோமசோம் களையும் RNA மூலக்கூறுகள் நியூக்லியோலசையும் (Nucleolus) அமைப்பதை அறிந்துள்ளோம். DNA மூலக்கூறுகள் பலவகைப்பட்ட RNA மூலக் கூறுகளின் உதவியால் செல்லின் அமைப்பையும் அது தொடர்ந்து பகுப்படைந்து உருவத் தோற்றியியலில் (Morphogenesis) பங்கு கொள்வதையும் ஆராயவேண்டும்.

கரு செல்களில் யோக் (Yolk): கரு செல்களில் மற்றப் பொருள்களுடன் யோக் (Yolk) என்னும் பாகம் உள்ளது. அதில் புரோட்டீன், லிபிட், கார்போஹைட்ரேட்டுகள் உள்ளன. இவைகளன்றி யோக்கில் கரு வளர்ச்சியின் போது உருவத் தோற்றியியலைக் (Morphogenesis) கட்டுப்படுத்தும் காரணிகள் உள்ளன.

மேலும் செல் சைட்டோபிளாசத்தில் சவ்விஞல் சூழ்ந்த மிகச் சிறிய துகள்கள் உள்ளன. இவை அதன் ஒரு பகுதியில் சேகரித்துக் கூட்டமாக அமைந்து செல் பகுப்படைந்து முட்டையைத் தோற்று விக்கின்றன. எனவே, முட்டை உண்டாக சைட்டோபிளாசப் பகுதிகள் பெரும் பங்கு கொண்டுள்ளன.

லைசோசோம்
(Lysosomes)

சவ்விஞல் அமைந்த சுவர்களையுடைய லைசோசோம்களினுள் என்சைம்கள் உள்ளன (படம் 2-1). இவை சைட்டோபிளாசத்தில் அமைந்து பிறகு என்சைம்களை வெளியிட்டால் அவை சைட்டோ பிளாச சவ்வுகளைக் கரைத்து செல் பகுதிகளை அழிக்கின்றன. இவை இளம்பிராயத்திலுள்ள செல்களில் என்சைம்களை வெளியிடாமல் வயது முதிர்ந்த செல்களிலே மட்டும் வெளிவிட்டுச் சவ்வுகளை அழித்து செல் பகுதிகளை இறக்கச் செய்கின்றன. இவைகளும் உருவத் தோற்றியியலை (Morphogenesis) பாதிக்கின்றன.

இவைகளின்றி அனுலேடட் லேமல்லே (annulated lamellae) எனப்படும் பகுதிகள் பிராணி செல்களில் உள்ளன. இவைகளின் செயல் முறைகளைப்பற்றி இன்னும் நம்மால் தெரிந்துகொள்ள முடிய வில்லை.

செல்களில் புலப்படாதன : சைட்டோபிளாசத்தில் உயிர்களின் பண்புகளைக் கட்டுப்படுத்திப் பரம்பரையாக நெறிப்படுத்தும் ஜீன் போன்ற (Gene like) பாகங்கள் உள்ளன. இவை தாவர செல் பிளாஸ்டிட்களில் (Plastids) இருப்பதாக அறிகிறோம். இத்தகைய பொருள்கள் மைட்டோகாண்ட்ரியான்கள் மற்றும் பல செல் ஆர்கனெல்கள் (Organelles) பணி செய்வதில் பெருமளவில் பாதிப்பதாக அறிகிறோம். எனவே, உயிர்களின் வளர்ச்சியிலும் உருவத் தோற்றியியல் (Morphogenesis) நெறிகளிலும் இப்பொருள்கள் பெரும் பங்கு கொண்டுள்ளன என்பது தெளிவு. அந்த ஜீன் போன்ற பொருள்கள் DNA, RNA போன்ற மூலக்கூறுகளாக இருக்கலாம் என்பது ஊகம்.

3. செல் - குரோமசோம்கள் - DNA - உருவத் தோற்றியியல்

ஒவ்வொரு உயிரும் ஒரு செல்லிலிருந்து தொடங்கிப் பகுப் படைந்து பல செல்களால் அமைந்த பிண்டமாகி, இப்பிண்டம் தனக்கே உரிய செயல்களால் மாற்றமடைந்து, வேறுபட்ட பல திசுக்களையும், அவைகள் பல வேறுபட்ட பணிகளை ஆற்றும் உறுப்புக்களையும் தோற்று வித்து முழுமையான உருவத்தை உயிர்களுக்கு அளிக்கின்றது. அன்றாட வாழ்வில் சூழ்நிலை சுற்றுப்புறங்களுக்கு ஏற்றவாறு உயிர்கள் இயங்குகின்றன. இவை யாவற்றையும் கட்டுப்படுத்துவன பரம்பரை யாக அந்த உயிர் பெற்றுள்ள தன்மை என்பது அனுபவமாக எல்லோரும் அறிந்ததாகும்.

இவ்வாறு பரம்பரையாகக் கைவரப் பெற்று உயிர்களின் உருவத் தோற்றியியலைக் கட்டுப்படுத்தும் செல் பாகங்கள் குரோமசோம்கள் என்பதை சுமார் 30 ஆண்டுகளுக்கு முன் திட்டமாக அறிந்தோம்.

டிரோசோஃபைலாவும் T. H. மார்கனும்: T. H. மார்கன் (Morgan), டிரோசோஃபைலா (Drosophila) என்னும் பழங்களை மொய்க்கும் பூச்சிகளை ஆராய்ந்து, அவைகளின் செல் குரோமசோம் களின் எண்ணிக்கையால் 8 என அறிந்து, அந்த குரோமசோம் ஒவ்வொன்றின் பகுதிகள் ஜீன்களால் (Genes) அமைந்துள்ளன என விளக்கினார். எந்த ஜீன் எந்த உறுப்பை டிரோசோஃபைலா பூச்சியில் தோற்றுவிக்க முடியும் என்னும் சிறந்த விளக்கங்களையும் விளக்கி அதற்காக நோபல் பரிசும் பெற்றார். அவர் கண்ட சிறப்பு மிக்க முடிவு களின்படி குறிப்பிட்ட ஜீன் குறிப்பிட்ட உறுப்பின் வளர்ச்சிக்குக் காரணமாக இருப்பதும், அந்த ஜீன் பரம்பரை இயக்கங்களில் மாறு பட்டால் உறுப்பின் வளர்ச்சியும் மாறுபடுகின்றது என்பதையும் விளக்கினார்.

டிரோசோஃபைலா பூச்சியின் ஒவ்வொரு குரோமசோமின் அமைப்பும் அதன் ஒவ்வொரு பாகமும் எந்த உறுப்பைத் தோற்றுவிக்கின்றது எனத் தெளிவாக விளக்கினர். டிரோசோஃபைலா செல்லில் 8 குரோமசோம்கள் மட்டுமே இருப்பது அறிஞர் மார்கனுக்கு உதவியாக இருந்தது. ஆனால் ஒவ்வோர் உயிரிலும் குரோமசோம்களின் எண்ணிக்கை மாறுபடுகின்றது. அந்த குரோமசோம்களின் பகுதிகள் உயிர்களின் உருவத் தோற்றத்தை எங்ஙனம் பாதிக்கிறது என்பதை ஆராய்ச்சிகள் செய்து விளக்கலாம்.

உருவத் தோற்றியியலும், DNA-யும் : இவ்வாறு உயிர்களின் உருவத் தோற்றத்தைக் கட்டுப்படுத்தும் குரோமசோம்களின் அமைப்பை இரசாயன முறையில் ஆராய்ந்ததில் அது டி ஆக்சிரைபோஸ் நியூக்லியிக் அமிலம் (De Oxyribose Nucleic Acid) அல்லது சுருக்கமாக DNA என்னும் சர்க்கரை கலந்த பொருளால் அமைந்துள்ளது என்பதனை Irwin Chargaff (1940) விளக்கினர்.

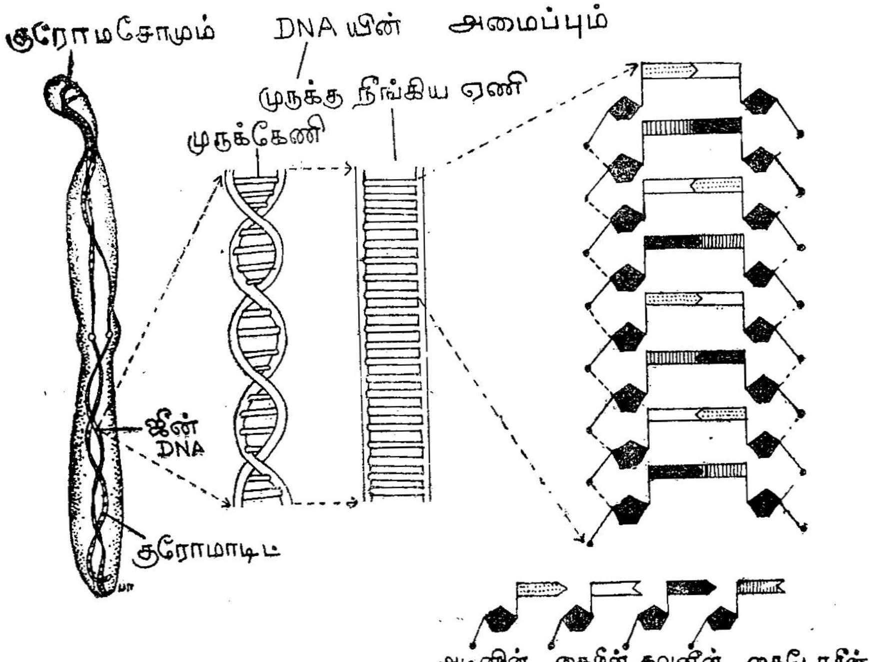
Irwin Chargaff கூட்டாளிகள் பல உயிர்களின் செல்களிலிருந்து DNA-ஐ பிரித்தெடுத்து ஆராய்ந்தனர். அவர்களின் ஆராய்ச்சிகளின் விளைவாக DNA கீழ்க்காணும் நான்கு வகை நியூக்லியோடைடுகளால் (Nucleotides) அமைந்துள்ளது விளங்குகின்றது.

1. அடினீன் (Adenine)
2. குவனீன் (Guanine)
3. தைமீன் (Thymine)
4. சைடோசின் (Cytosine)

வாட்சனும், கிரிக்கும் அமைத்த DNA : சார்காஃப் (Chargaff) ஆராய்ச்சிகளைத் தொடர்ந்து ஜேம்ஸ் வாட்சன் (James Watson), பிரான்சிஸ் கிரிக் (Francis Crick 1961) மேலே குறிப்பிட்ட நியூக்லியோடைடுகள் DNA மூலக் கூறுகளை அமைக்கும் விதத்தை அறிந்து அதன் அமைப்பைப் படத்திலுள்ளது போல் (படம் 3-1) விளக்கிய ஆற்றலுக்கு 1962ஆம் ஆண்டு நோபல் பரிசு வழங்கப்பட்டது.

DNA யின் அமைப்பு : இந்த DNA தான் குரோமசோமை அமைக்கும் பொருள். இது MHF வில்கின்ஸ் (Wilkins) X-ray diffraction வழியில் ஆராய்ந்து கூறியபடி ஒரு முருக்கேணியைப் போன்றமைந்துள்ளது (படம் 3-1). வாட்சன், கிரிக் ஆகிய இருவரும் இந்த முருக்கேணியின் பக்கங்கள் டி ஆக்சிரைபோஸ் (Deoxyribose) சர்க்கரையாலும் ஃபாஸ்பேட் (Phosphate) மூலக் கூறுகளாலும் அமைந்திருக்கின்றன என்றும் அந்த ஏணியின் படிகள் பியூரீன்

களாலும் (Purines) பிரமிடீன்களாலும் (Pyrimidine)களாலும் அமைக்கப்படுகின்றன எனவும் தெளிவுபடுத்தினர். பியூரின்கள் அடினீன் (Adenine) குவனீன் (Guanine) என்பன. பிரமிடீன்கள் தைமீன் (Thymine) சைடோசீன் (Cytosine) என்பன. இவை ஒவ்வொன்றும் டி ஆக்சிரைபோ சர்க்கரையுடனும் ஃபாஸ்பேட்டுடனும் சேர்ந்து நான்கு வகையான நியூக்லியோடைடுகளை அமைக்கின்றன.

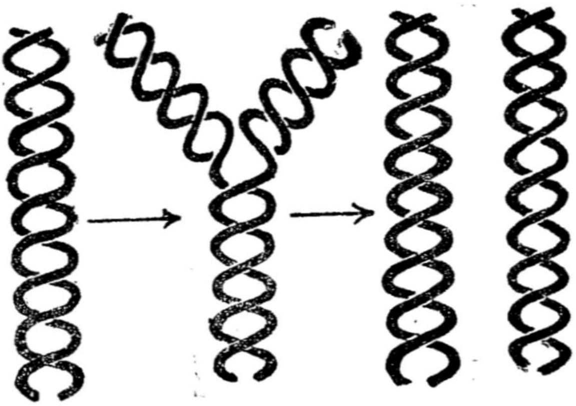


படம் 3-1.

அடினீன் தைமீனுடன் சேர்ந்தும் குவனீன் சைடோசீனுடனும் சேர்ந்து DNA ஏணியின் படிகளை அமைக்கின்றன. இவற்றை எளிதாகப் படங்களின் மூலமாக அறியலாம்.

	அடினீன் நியூக்லியோடைடு	தைமீன் நி	குவனீன் நி	சைடோசீன் நி
DNA_1	10	10	50	50
DNA_2	25	25	45	45

DNA யைத் தனிப்படுத்தி அதில் உள்ள நியூக்லியோடைடுகளின் எண்ணிக்கையைப் பார்த்தால் அடினீன் தைமீன் எண்ணிக்கை சமமாகவும் குவனீன் சைடோசீன் எண்ணிக்கையும் சமமாக இருப்பது தெளிவாகின்றது. உதாரணமாக, இத்தகைய DNA ஏணிகள் செல் பகுப்பின்போது ஏணிப்படிகள் பிரிந்து தகுந்த நியூக்லியோடைடுகள் சேர்ந்து படத்திலுள்ளவாறு, முடிவில் இரு DNA ஏணிகள் அமைவதை எளிதாக அறிந்துகொள்ளலாம்.



படம் 3-2. ஒரு DNA சுருள் இரண்டாதல்

இந்த DNA அமைப்பில் எவ்விதக் கோளாறுகளும் நிகழாத வண்ணம் செல்லின் அமைப்பு பாதுகாக்கின்றது. உயிர்களில் நிகழும் ஒவ்வோர் உருவ அமைப்பும், அது தோன்றும் வழியையும் DNA மூலக் கூறுகளே நிகழ்த்துகின்றன. ஏனெனில் DNAக்களால் அமைந்த குரோமசோம்களில் ஏதேனும் மாறுதல்கள் ஏற்பட்டால் உயிர்களின் வளர்ச்சியிலும் உருவத் தோற்றங்களிலும் மாறுபாடுகள் உண்டாகின்றன. எனவே உருவத் தோற்றியியல் (Morphogenesis) ஆராய்ச்சிகளில் DNA மூலக் கூறுகள் பெரும் பங்கு வகிக்கின்றன என்பதனைக் கீழ்க்கண்ட தலைப்புகளில் அறியலாம்.

1. DNAயும் உயிரியல் இரசாயனமும்.
2. DNA மாற்றமும்—திடீர்ப் பெருமாற்றங்களும் (Mutations) உருவத் தோற்றியியலும் (Morphogenesis)
3. DNAயும் மேலோங்கு நியதியும் (Dominance.)
4. DNAயும் பரம்பரையியலும்.

5. DNAயும் உயிர்களில் பால் நிர்ணயமும் (Sex determination)
6. DNAயும் புதுமையாகப் பெற்ற பண்புகளும் (Acquired traits)
7. சைட்டோபிளாசமும் பரம்பரையியலும் (Cytoplasmic inheritance)

(1) **DNAயும் உயிரியல் இரசாயனமும்:** ஜீன்களை அமைக்கும் DNAக்களில் மாற்றங்கள் ஏற்படுதலால் உயிர்களின் உணவுகொள்ளும் முறையும் அதன் அடிப்படையில் வளர்ச்சியும் மாறுபடுகின்றன. இதனை நியூரோஸ்போரா கிராசா (Neurospora Crassa) என்னும் பூஞ்சையில் பரம்பரையியலைப்பற்றி ஜார்ஜ் W. பீடில் (George W. Beadle), உயிரியல் இரசாயனத்தைப்பற்றி எட்வர்டு L. டாடம் (Edword L. Tatum) உலகறிய உணர்த்தியதற்கு 1959-ல் நோபல் பரிசு பெற்றனர். அவர்களுடைய பரிசோதனையைச் சுருக்கமாக அறியலாம்.

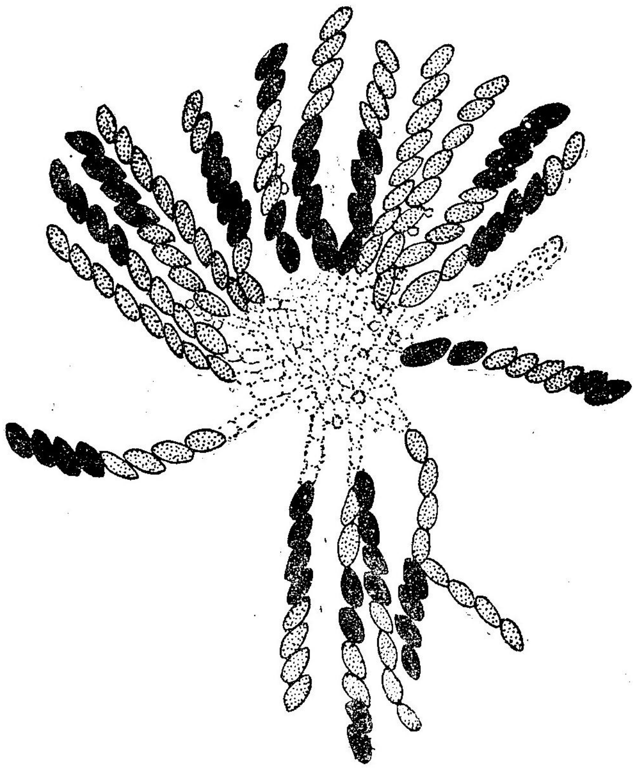
நியூரோஸ்போராவிற்கு சாதாரணமாக சூக்ரோஸ் (Sucrose) சர்க்கரை, நைட்ரேட் (Nitrate), பையோடின் (Biotin) வைட்டமின், தாதுக்கள் (Minerals) தேவைப்படுகின்றன.

நியூரோஸ்போராவின் ஸ்போர்களை X-கதிர்கள் விழும்படி செய்து பிறகு அவற்றை மேலே குறிப்பிட்ட உணவுப் பொருள்கள் மட்டுமே உள்ள ஏகார் (Agar) கலவையில் வளர்க்கிறோம். இதனால் X-கதிர்களால் மாறுதல்கள் ஏற்பட்ட ஸ்போர்கள் வளருகின்றன. இவைகள் முயூடன்ட் (Mutant) நியூரோஸ்போரா பூஞ்சைகளாகின்றன. இவை வளர்ந்து ஸ்போர்களைத் தோற்றுவிக்கின்றன. இதற்கு முயூடன்ட்களை தனிப் படுத்திப் பல தலைமுறைகளில் முன்னே குறிப்பிட்டுச் சேர்த்த உணவுச் சத்துக்கள் மட்டுமே உள்ள தளத்தில் வளர்த்ததில் சில ஸ்போர்களும், வளர்ந்த பூஞ்சை (Mycelum)களும் தொடர்ந்து வளர முடிவதில்லை. ஏனெனில் ஜீன்களில் உள்ள DNAக்களில் X-கதிர்களால் பாதிக்கப்பட்டதால் அவற்றால் சாதாரணமாக உபயோகித்து வளர்ந்த பொருள்களைக் கொண்டு வளர முடியவில்லை. எனவே X-கதிர் ஜீன் DNAக்களில் மாற்றங்களை நிகழ்த்துவதனால், குறிப்பிட்ட DNA மாற்றங்களால் குறிப்பிட்ட உணவு கொள்ளும் முறையிலும் மாற்றங்கள் நிகழ்கின்றன.

இத்தகைய DNA மாற்றங்களை மற்ற உயிர்களிலும் தோற்றுவித்து அவற்றினால் உயிர்களில் ஏற்படும் மாற்றங்களை அறியலாம். பெரிய உயிர்களில் எண்ணிலடங்கா DNA மூலக் கூறுகள் உள்ளதால் அவற்றில் எப்பகுதிகள் பாதிக்கப்படுகின்றன என்றும் அதனால் உயிர்களில் ஏற்படும் விளைவுகளையும் குறிப்பிட்டு அறிவது கடினமாக

உள்ளது. இதுபோலவே DNA மாற்றங்களே உயிர்களின் உருவத் தோற்றியியலேயும் வளர்ச்சியியலேயும் கட்டுப்படுத்துவதாக உள்ளது.

(2) DNAயில் மாற்றங்கள் நிகழ்வதால் முயூடன்ட் (Mutant)கள் தோன்றுதலும் அவற்றினுல் உருவத் தோற்ற மாற்றங்கள் நிகழ்வதும்



படம் 3-3. நியூரோஸ்போரா கிரசாவில் பரம்பரை இயல்

(After Dr. David R. Stadler)

டிரோசோஃபைலா (Drosophila) பூச்சிகளின் வளர்ச்சியிலும் மக்காச் சோள வளர்ச்சியிலும் அறிந்துள்ளோம்.*

குறிப்பிட்ட குரோமசோமில் உள்ள DNA மூலக்கூறுகள் இருப்பிடத்தை விட்டு மாறினுலும்கூட பெரு மாற்றங்கள் உருவத்தில்

* Heredity—David M. Bonner—Foundations of Modern Biology—Prentice—Hall of India (Pt.) Ltd. New Delhi. புத்தகத்தை ஆராயவும்.

தோன்றலாம். எனவே இவ்வழிகளில் மற்ற தாவர, பிராணிகளிலும் உருவத் தோற்றியியல் மாற்றங்கள் நிகழலாம்.

(3) DNAயும் மேலோங்கு (Dominance) நியதியும்: உயிர்களில் குறிப்பிட்ட ஜீன்களை அமைக்கும் DNAக்களில் மாறுதல்கள் ஏற்படுவதால் சில குணங்கள் மேலோங்கிக் காணப்படுவதைச் சர்க்கரை திரவங்களைப் புளிப்பேற்றும் ஈஸ்ட் (Yeast)டில் தெளிவாக அறியக் கிடக்கிறோம்.

ஈஸ்ட்டில் இருவகைப் பண்புகளை அறியலாம்.

(1) ஒரு வகையான (Strain) ஈஸ்ட் டிரிப்டோஃபேன் சிந்தடேஸ் (Tryptophan synthatase) என்னும் நொதியைத் தானாகவே தோற்றுவிக்கமுடியும்.

(2) இரண்டாம் வகை ஈஸ்ட் அந்த 'டிரிப்டோஃபேன் சிந்தடேஸ் நொதியை தாமாகவே தயாரிக்க முடியாது. அதற்கு டிரிப்டோஃபேன் கொடுத்தால் தயாரிக்கும்.

இவ்வாறு இருவகை ஈஸ்ட்களை தனித்தனியாக வளர்த்து அவற்றைக் கலந்தால் புதிதாகத் தோன்றிய கலப்புயிரிகள் (Hybrids) யாவும் முதல் வகையான ஈஸ்ட் தன்மையைப் பெறுகின்றன. அக்கலப்புயிரிகள் யாவும் டிரிப்டோஃபேன் சிந்தடேஸ் நொதியைத் தயாரித்துக் கொள்கின்றன. எனவே ஓர் உயிரின் ரசாயன ஆக்க அழிவு சக்தியை ஆட்டிப்படைக்கும் DNA மூலக் கூறுகள் பெரிய உயிர்களிலும் கட்டுப்படுத்துகின்றன.

(3) கிரிகர்ஜோஹன் மென்டல் (Gregor Johann Mendal) கண்ட சோதனைகளில் நெட்டை, குட்டை பட்டாணித் தாவரங்களில் நெட்டை மேலோங்கி கலப்புயிரின் உருவத் தோற்றத்தை (Mopho-genesis) நெட்டையாகவே இருக்கச் செய்கின்றது.

இது போல உருண்டை விதையுடைய பட்டாணித் தாவரத்தைச் சுருங்கிய விதையுடைய பட்டாணித் தாவரத்துடன் கலந்ததால் கிடைக்கும் கலப்புயிரிகள் யாவும் உருண்டையான விதைகளை மட்டுமே தோற்றுவிக்கின்றன.

இவ்வாறு எத்தனையோ மேலோங்கும் பண்புகளையும் (Dominant characters) மங்கிய பண்புகளையும் (Recessive) தாவர, பிராணிக் கூட்டங்களில் மலிந்திருப்பதை அறிகிறோம். எனவே உருவத் தோற்றத்தைக் கட்டுப்படுத்துவதில் ஜீன்களை அமைக்கும் DNAக் களுக்கு பெரும் பங்கு உண்டு என்பதை அறிகிறோம்.

எனவே உருவத் தோற்றத்தில் ஏற்படும் மாறுதல்களுக்குக் காரணம் ஜீன்கள் என அறிகிறோம். உருவத் தோற்றியியல் (Marphogenesis) சிக்கல் நிறைந்த சிந்தனைகளுக்கு இது முடிவு கூறுகின்றது.

(4) DNAயும் பரம்பரையியலும்: மெண்டல் 1854ஆம் ஆண்டிலேயே பட்டாணிச் செடிகள் உயரத்திலும் உருவத்திலும் நெட்டையாகவும் குட்டையாகவும் வளர ஒவ்வொரு பண்பிற்கும் இரு காரணிகள் (factors) உள்ளத்தைக் குறிப்பிட்டார். இவ்விரு பண்புகள் ஜீன்கள் அல்லது DNA மூலக் கூறுகள் எனக் குறிப்பிடுகிறோம்.

நெட்டைப் பட்டாணியை குட்டைப் பட்டாணியுடன் கலந்தால் அதனால் தோன்றும் முதல் தலைமுறை கலப்புயிரிகள் (Hybrids)யாவும் நெட்டையாக வளர்கின்றன. இவைகள் மறு தலை முறையில் நெட்டை குட்டைத் தாவரங்களை 3 : 1 என்னும் விகிதத்தில் தோற்றுவிக்கின்றன. அந்த மூன்று நெட்டைகளில் ஒன்று மட்டுமே உண்மையான நெட்டை; மற்ற இரண்டும் கலப்புயிரி நெட்டைகள். அவைகள் அடுத்த தலை முறையில் நெட்டை, குட்டைத் தாவரங்களை 3 : 1 என்னும் விகிதத்தில் தோற்றுவிக்கின்றன. எனவே ஒரு பண்பு தலைமுறைகளில் எங்ஙனம் சந்ததிகளுக்கு கைவரப் பெறுகின்றது என்றும், அவற்றை DNA மூலக் கூறுகள் எங்ஙனம் கட்டுப்படுத்துகின்றன என்பதனைத் தெளிவாக அறிகிறோம். இது போலவே டிரோசோஃபைலா (Drosophila) பூச்சிகளிலும், எத்தனையோ பிராணிகளிலும், தாவரங்களிலும் இவ்வாறு DNAக்கள் பண்புகளைக் கட்டுப்படுத்துகின்றன.

எனவே உருவத் தோற்றியியலுக்கு (Morphogenesis) அடிப் படைக் காரணம் DNA மூலக் கூறுகள் எனத் தெளிவாக அறியக் கிடக்கிறோம்.

(5) DNAயும் பால் நிர்ணயமும் (Sex determination): உருவத்தில் ஆண், பெண் என வேறுபட்டு வளர்வதற்கும் அடிப்படைக் காரணங்கள் பால் குரோமசோம்களில் உள்ள DNA மூலக் கூறுகளில் உள்ளன என்பதனை நம் உடல் செல்களிலுள்ள xy குரோமசோம்களிலும் மற்றப் பிராணிகளிலும் தாவரங்களிலும் அறிந்துள்ளோம். எனவே உருவத் தோற்றியியலில் பால் குரோமசோம்களின் இயக்கங்கள் நம்மை வியப்பிலாழ்த்துகின்றன.

(6) DNAயும் புதுமையாகப் பெற்ற பண்புகளும் (Acquired Characters): முயற்சியால் ஒரு ஜீவராசி தன் வாழ்நாளில் பெற்ற பண்பு பரம்பரையாகச் சந்ததிகளுக்கு கைவரப் பெறுது என்பதை அகஸ்ட் வீஸ்மன் (August Weismann), டார்வின் (Darvin) ஆகியோர் விளக்கியுள்ளனர். ஆனால் தற்காலத்தில் ஜோசுவா லேடர்பெர்க் (Joshua Lederberg) எஷ்சிரிசியா கோலை (Escherichia Coli) என்னும் பாக்டீரியாவில் புதுமையாகப் பெற்ற பண்புகள் சந்ததிகளுக்குக் கிடைப்பதைத் தெளிவாக விளக்குகிறார்.

சாதாரணமாக E. Coli நமது பெருங்குடலில் வாழ்கின்றது. இது ஸ்டிரப்டோமைசின் (Streptomycin) உயிர் எதிர்ப் பொருளில்

(Antibiolics) இறந்துபடுகின்றது. இந்த பாக்டீரியங்களைச் செயற்கை முறையில் வளர்த்தால் பல்கிப் பெருகும். அவற்றை (Streptomycin) உள்ள கலவையில் வளர்க்கும்போது பெரும்பாலும் எல்லாமே இறந்து படுகின்றன. ஆனால் சுமார் பத்து மில்லியன்களில் ஒன்றுமட்டும் பிழைத்து வாழ்கின்றது. அதனை ஜோசுவா (Joshua) தனிப்படுத்தி வளர்த்தார். அதன் விளைவாகத் தோன்றிய பாக்டீரியாக்களை Strepto-mycin பாதிப்பதில்லை.

எனவே சுற்றுப்புறச் சூழ்நிலையிலுள்ள Streptomycin புதிய பண்புபெற்ற பாக்டீரியாவைத் தோற்றுவிப்பதை அறிகிறோம். இதற்குக் காரணம் அந்த பாக்டீரியங்களின் DNAயில் ஏற்பட்ட மாறுதல்களே யாகும். இவ்வாறு உண்டான மாறுதல் பரம்பரையாகச் சந்ததிகளில் தோன்றுவது போலவே ஏனையத் தாவரங்களிலும் பிராணிகளிலும் சுற்றுப்புறச் சூழ்நிலைகளால் அவற்றின் DNAயில் மாறுதல்கள் ஏற்பட்டால் அவற்றின் பரம்பரையிலும் அம்மாறுதல்கள் இருக்கக் காணலாம். இத்தகைய DNA மாறுதல்கள் உயிர்களில் நிகழ்வதால் அவற்றின் உருவத் தோற்றியியலிலும் (Morphogenesis) மாறுதல்கள் நிகழலாம் எனத் திட்டவட்டமாகக் கூறமுடிகின்றது.

(7) சைட்டோபிளாசமும் பரம்பரையியலும் (Cytoplasmic inheritance) குரோமசோமில் உள்ள DNA மூலக் கூறுகளே உருவத் தோற்றியியலுக்கு அடிப்படைக் காரணமென்று நினைத்திருக்கிறோம். ஆனால் சைட்டோபிளாசமும் பரம்பரையியலைக் கட்டுப்படுத்துவதாக அறியக் கிடக்கிறோம். எனவே அது உருவத் தோற்றியியலைக் (Morphogenesis) கூட அது கட்டுப்படுத்துவதாக அறிகிறோம். சைட்டோபிளாசம் உருவத் தோற்றியியலை எங்ஙனம் கட்டுப்படுத்துகின்றது என்பதை ஆராயலாம்.

முட்டையும் சைட்டோபிளாசமும் : முட்டை முழுமையான செல். அதில் நியூக்லியஸ் சுற்றி உணவு பொதிந்த சைட்டோபிளாசம் இருக்கிறது. ஆண் இன செல் ஸ்பெர்ம் (Sperm) முட்டையுடன் சேரும்போது அதன் நியூக்லியஸ் மட்டுமே கலந்து கருவுறச் செய்கின்றது. எனவே கருவுற்ற முட்டையிலிருந்து வளரும் உயிருக்குத் தாயின் நியூக்லியஸ் மட்டுமன்றி சைட்டோபிளாசமும் சிறப்புப் பண்புகளைச் சந்ததிக்கு அளிக்கலாம்.

உதாரணமாக, பல்வண்ண இலைகளையுடைய குரோட்டன்ஸ் (Crotons), கோலியஸ் (Coleus) என்னும் தாவரங்களில் பல்வண்ண இலைகளைக் காண்கின்றோம். இவற்றிற்கு அடிப்படைக் காரணிகள் குளோரோபிளாஸ்ட்களேயாகும். எனவே குறிப்பிட்ட குளோரோபிளாஸ்ட்களை உடைய சைட்டோபிளாசம் இருந்தால்தான், பசுமை,

மஞ்சள், வெண்மை ஆகிய பல நிறங்கள் தோன்ற முடியும். குளோரோ பிளாஸ்ட்கள் சைட்டோபிளாசத்தில் உள்ள புரோபிளாஸ்டிட் (Proplastids)களிலிருந்து தோன்றுகின்றன. இவை சைட்டோ பிளாசத்தின் வழியாக கருவுறலின்போது சந்ததிகளுக்குக் கிடைக் கின்றன. ஆனால் நியூக்லியசில் உள்ள DNA மூலக்கூறுகள் குளோரோ பிளாஸ்ட்கள் தோன்றுவதைக் கட்டுப்படுத்த முடியாது. பல்வண்ண இலைகள் வளர்தல் பெரும்பாலும் தாய்ச் செடியையே சார்ந்திருக்கும். ஏனெனில் தாயின் சைட்டோபிளாசம்தான் சந்ததியில் உள்ளது என்பது காரணமாகின்றது.

அந்திமந்தாரை (Mirabilis 4'o clock plant)யில் உண்மை சிவப்பு மலர்களையுடைய தாவரத்தை வெண்மை மலருடைய தாவரத் துடன் கலத்ததால் தோன்றும் கலப்புயிரிகள் பெண் தாவரத்தின் மலர் நிறத்தைக்கொண்டு ஆண் தாவரத்தின் நிறம் கோடுகளாகக் காணப் படும். பெண் தாவர மலர் சிவப்பு என்றால் கலப்புயிரில் சிவப்பு மலரில் வெண்மைக் கோடுகளிருக்கக் காணலாம். இது போலவே பெண் தாவரம் வெண்மை மலரைக் கொண்டிருந்தால் கலப்புயிரி சிவப்பு நிறக் கோடுகளைப் பெற்றிருக்கும். எனவே உருவத் தோற்றியியலை சைட்டோ பிளாசமும் கட்டுப்படுத்துவது விளங்குகின்றது.

பாரமீசியம் அரிலியாவும் (Paramecium aurelia) சைட்டோ பிளாசத்தின் கப்பா (Kappa)வும், பாரமீசியம் அரிலியா என்னும் ஒரு செல் பிராணியில் இரு வகைகள் உள்ளன. அவைகள் (1) கொல் லும் (Killer) வகை, (2) இறப்பவை (Sensitive). இத்தகைய வேறுபாட்டிற்கு எளிதாகக் கொல்லும் வகை பாரமீசியத்தின் சைட்டோபிளாசத்தில் உள்ள கப்பா (Kappa) காரணமாக உள்ளது என டிராசி, சொனிபாரன் (Tracy and Sonneborn) ஆகியோர் கண்டுள்ளனர். இந்த கப்பா சைட்டோபிளாசத்தின் வழியாகச் சந்ததி களுக்கு கைவரப்பெற்றாலும், அவை அதிகமாக சைட்டோபிளா சத்தில் தோன்றுவதை குறிப்பிட்ட DNA உள்ள ஜீன் (Gene)களே கட்டுப்படுத்துகின்றன. ஆனால் சைட்டோபிளாசத்தில் கப்பா ஏதும் இல்லாமல் ஜீன்களால் மட்டுமே அவற்றைத் தோற்றுவிக்க முடியாது. எனவே சைட்டோபிளாசத்தின் வழியாகவும்கூட பரம்பரைக் குணங்கள் சந்ததிகளுக்குத் தரப்படுகின்றன என அறிகிறோம்.

இது இங்ஙனம் பாரமீசியத்தில் நிகழுமானால் பெரிய தாவரங் களிலும் பிராணிகளிலும் சைட்டோபிளாச வாயிலாக எத்தனையோ காரணிகள் பரிமாறப்பட்டு உருவத் தோற்றியியலையும் (Morpho- genesis) கட்டுப்படுத்தலாமல்லவா? இது ஆராய்ச்சிக்கும் விவாதத் திற்கும் உரிய விஷயமாகும்.

4. சைட்டோபிளாசமும் அதன் வழியாக பரம்பரையியலும்
(Cytoplasmic inheritance)

சாதாரணமாக பிளாஸ்டிட்கள் (Plastids) சைட்டோபிளாசத்திலிருந்துதான் தோற்றுவிக்கப்படுகின்றன; எனவே சைட்டோபிளாசம் பரம்பரை குணங்களைக் கட்டுப்படுத்துகின்றன.

இருப்பினும் சைட்டோபிளாசத்தின் தன்மைகள் DNAக்களால் கட்டுப்படுத்தப்படுகின்றன. எனினும் நியூக்லியஸிலுள்ள DNAக்களும் சைட்டோபிளாசமும் சேர்ந்துதான் செல்களை அமைத்து, உயிர்களின் உருவத்தை உண்டாக்கி இயங்கச் செய்கின்றன. எனவே, இவை இரண்டுமே ஒருங்கே இயங்கினாலும் சைட்டோபிளாசமும் நேரடியாகப் பரம்பரை நெறியைக் கட்டுப்படுத்துவதை அறியலாம்.

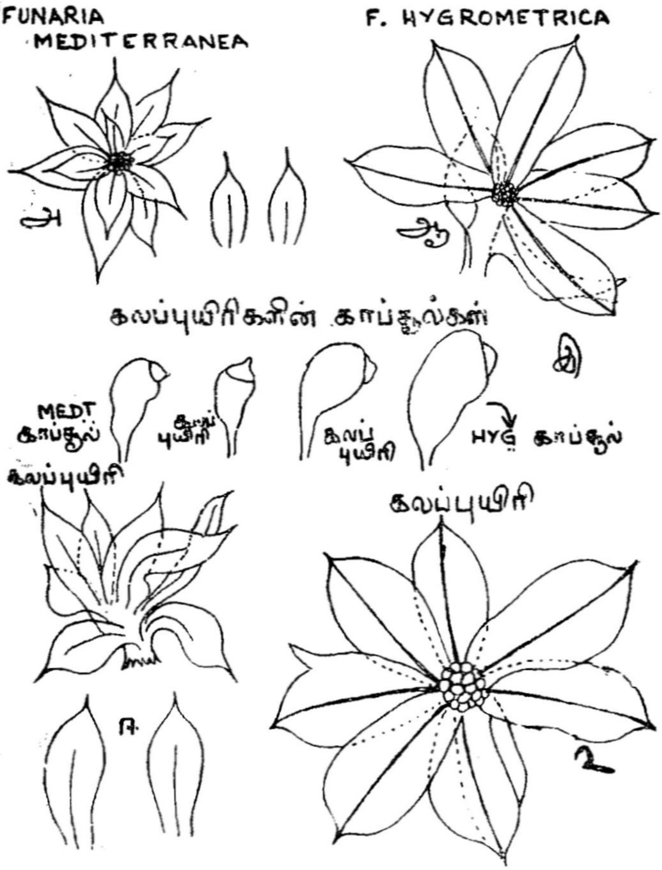
உதாரணமாக, பெண் எபிலோபியம் லுடியம் (Epilobium luteum) தாவரத்தை ஆண் எபிலோபியம் ஹிர்சுடம் (E. hirsutum) வுடன் கலந்து இனப்பெருக்கம் செய்யும்போது தாயின் பல சைட்டோபிளாச அமைப்பைப் பல தலை முறைகளில் இனப்பெருக்கம் நடந்த பின்பும் காணமுடிகின்றது. இதனை மைகேலிஸ் (Michaelis-1937) சோதனையின் அடிப்படையில் தெளிவாக்குகிறார்.

இதுபோலவே சைட்டோபிளாசத்தினால் ஆண் மலர் மலட்டுத் தன்மையை பெற்றிருப்பதை மக்காச் சோளத்தில் அறிஞர் ரோடேஸ் (Rhoades) சோதனைகள் மூலமாக அறிவுறுத்துகிறார். இதுபோல ஃபிளாக்ஸ் (Flax) தாவரத்திலும் ஆண் மலட்டுத்தன்மையை அறிஞர் கேய்ர்டினர் (Gairderer) விளக்குகிறார்.

அடுத்து வெட்ஸ்டின் (Wettstein) என்பவர் கீழ்க்காணும் மாஸ் (Mass) தாவரங்களிடையே கலப்பு இனப் பெருக்கம் செய்தார்.

Funaria hygrometrica × F. mediterranea
(பெண்) ↓ (ஆண்)
கலப்புயிரிகள். **F. hygrometrica**

இக் கலப்புப் பரிசோதனையில் F. hygrometrica பெண் தாவர மாகக் கொண்டு F. mediterraneaவை ஆணாகக் கொண்டு கலந்தால், இதனால் விளையும் கலப்புயுரிகள் (Hybirds) பெண்தாவர குணங்களையே



படம் 4-1. மாஸ் தாவரங்களின் பரம்பரை கலப்புயிரிகளில் உருவத் தோற்றியியல்

(After Wettstein)

கொண்டுள்ளன. முக்கியமாக அவைகள் தோற்றுவிக்கும் கேப்சூல்களும் (Capsules), ஆண் மலர்களும் F. hygrometrica போன்றே அமைந் துள்ளன ; F. mediterranea போன்றில்லை.

ஆனால்

F. hygrometrica × F. mediterranea
(ஆண்) ↓ (பெண்)
கலப்புயிரிகளின் காப்சூல்களும் ஆண்மலர்களும்
F. mediterranea வைப் போன்றிருக்கின்றன.

இது போலவே

Physcomitrium piriforme × Funaria hygrometrica
(பெண்) ↓ (ஆண்)

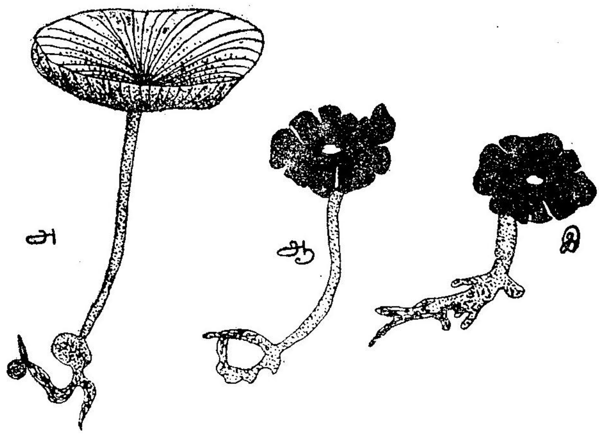
கலப்புயிரிகள் பெண் தாவரத்தின் குணங்களேயே பெற்றுள்ளன. எனவே மாஸ் பெண் தாவரங்களின் சைட்டோபிளாசத்தின் குணங்கள் பெருமளவில் பரம்பரையில் குணங்களைக் கட்டுப்படுத்துகின்றன.

இருப்பினும் சைட்டோபிளாசத்தில் எந்தப் பாகம் இத்தகைய பரம்பரைக் குணங்களைக் கட்டுப்படுத்துவதாக உள்ளன என்பது தெளிவாக அறியமுடியவில்லை. பெரும்பாலும் பிளாஸ்டிட்கள் (Plastids) இத் தொழிலைச் செய்வதாகக் கூறுகின்றனர். ஆயினும் சைட்டோபிளாச முழுமையே தொடர்ந்து எல்லாப் பகுதிகளிலும் கைவரப் பெற்று பரம்பரைக் குணங்களைக் கட்டுப்படுத்துவதாகச் சொல்லலாம்.

முடிவாக சைட்டோபிளாசத்தினால் பரம்பரைக் குணங்களைக் கட்டுப் படுத்த முடியுமா, முடியாதா என்பது பற்றி அசிடேபுலேரியா (Acetabularia) என்னும் குடைவடிவ கடல் ஆல்காவிலிருந்து அறியலாம். இதனை ஹேமர்லிங் (Haemmerling) பரிசோதனைமூலம் விளக்குகிறார்.

அசிடேபுலேரியா மெடிட்டரேனியா (Acetabularia mediterranea) என்னும் ஆல்கா குடைவடிவுடைத்து. இதன் அடிப்பாகம் பல கிளைகளைக் கொண்ட ரைசாய்டு (Rhizoid) பகுதி. இதில்தான் நியூக்லியஸ் இருக்கும். ஆனால் குடைவடிவப் பகுதியில் சைட்டோ பிளாசம்தான் உள்ளது. எவ்வித நியூக்லியசும் இல்லை. இந்த ஆல் காவின் குடைப்பகுதியை தோற்றுவிக்கும் இழையை வெட்டி விட்டாலும் அது தொடர்ந்து வாழ்ந்து பிறகு குடைப்பகுதியை வளர்விக்கின்றது. இதுபோலவே நியூக்லியஸ் உள்ள ரைசாய் பகுதிகளில் ரைசாய்டுகளைத் துண்டாக்கினால் காலம் தாழ்த்தாது புதிய ரைசாய்டுகளைத் தோற்றுவிக் கின்றன. இவ்வாறு பல ஆராய்ச்சிகள் நிகழ்த்தி இந்த ஆல்காவில் ரைசாய்டுகளைத் தோற்றுவிக்கும் பொருள் (Rhizoid substance) குடைத்தலை தோற்றுவிக்கும் பொருள் அல்லது தொப்பிப் பொருள் (hat substance) என ஹேமர்லிங் இருவகைப் படுத்துகின்றார். இவ் விரு பொருள்களையும் நியூக்லியஸ் தான் தோற்றுவிக்கின்றது.

எனவே அடுத்துள்ள பரிசோதனையில் A. mediterranea வின் நுனிப் பகுதியை வெட்டி A. wetsteniiயின் ரைசாய்டு பகுதியின் தலைப்பில் ஒட்டுக்கட்டினால், பிறகு தோன்றும் குடைத்தொப்பி A. wettstenii போன்றுதான் வளருகின்றது. இதிலிருந்து சைட்டோபிளாசத்தின் வளர்ச்சி முறைகளை நியூக்லியஸ்தான் கட்டுப்படுத்துகின்றது என்பது வெள்ளிடைமலையாக உள்ளது.



படம் 4-2. அ - அசிடேபுலேரியா மெடிட்டரேனியா
ஆ - அசிடேபுலேரியா வெட்ஸ்டீனிஐ
இ - அ - வெட்ஸ்டீனிஐ ஒட்டுக்கட்டிய நிலை
(After Haemmerling)

இது போலவே A. mediterranea வின் நடுப்பகுதியைத் துண்டாக்கி A. Wettsteniiயின் நியூக்லியஸ் உடைய ரைசாய்டு பகுதியுடன் ஒட்டுக் கட்டினால் நெடுங்காலங் கழித்து A. Wettstenii குடைத்தொப்பியே தோன்றுகின்றது.

எனவே இவற்றிலிருந்து சைட்டோபிளாசம் வளர்ச்சியைக் கட்டுப்படுத்துவதில்லை என அறிகிறோம். இருப்பினும் நுனிப்பகுதியிலுள்ள சைட்டோபிளாசம் போன்று உணர்ச்சி மிக்கிருந்தால்தான் நியூக்லியஸ்ஸினால் வளர்ச்சியை எளிதாக இயக்க முடியும் என அறிகிறோம். ஆகவே நியூக்லியஸ்ஸின் DNAக்கள் மட்டுமின்றி சைட்டோபிளசாமும் சிறப்பாக அமைந்திருந்தால்தான் உருவத் தோற்றியியல் சரிவரச் செயல்படமுடியும் என்பதை இதிலிருந்து அறிகிறோம்.

5. DNA அல்லது ஜீனின் இயக்கம்
(DNA or Genic Action)

ஜீன்கள் சாதாரணமாக சைட்டோபிளாசத்தில் தம் சக்திகளை இயக்கி உயிர்களின்அமைப்பிலும் வளர்ச்சி முறைகளையும் கட்டுப் படுத்துகின்றன. எனவே, ஜீன்களில் ஏதாவது மாற்றங்கள் நிகழ்ந்தால் அவற்றிற்கேற்றவாறு அவைகளின் உருவத்திலும் மாற்றங்கள் நிகழ் கின்றன.

உதாரணமாக, நியூரோஸ்போரா டெர்ராமெட்ரிகா (Neurospora tetrametrica) என்னும் பூஞ்சையின் (Fungi) ஸ்போர்களின் மேல் X-கதிர்களாலும் UV கதிர்களாலும் கதிர் வீச்சு செய்து அவற்றின் ஜீன்களில் மாற்றங்களை ஏற்படுத்துவதனால் அந்த ஸ்போர்களிலிருந்து முளைக்கும் 'நியூரோஸ்போரா' பூஞ்சை வைடமின், அமினோ அமிலம் (Amino acids), நியூக்லியிக் அமிலம் ஆகியனவற்றை தயாரிக்கும் திறமைகளை இழக்கின்றன. எனவே, ஒரு ஜீனை இழப்பதாலும் அல்லது அதில் மாற்றங்கள் நிகழ்வதாலும் பூஞ்சையில் ஏற்படும் வளர்சிதை மாற்றத் தொடர்ச்சிகள் பாதிக்கப்பட்டு முடிவில் அவ்வுயிரினால் சரிவர வளர முடிவதில்லை. இவ்வாறு ஏற்படும் முயூடேஷன் (Mutation) அல்லது திடீர்ப்பெருமாற்றங்களை ஜீன் முயூடேஷன் (Gene Mutation) என்கிறோம்.

உருவத்தோற்றியியலைக் கட்டுப்படுத்தும் ஜீன்கள் பலவகைப் பட்டவைகள் :

1. பிளாஸ்டோ ஜீன்கள் (Plastogenes)
2. பிளாஸ்மோ ஜீன்கள் (Plasmogenes)

இவைகளிரண்டும் சைட்டோபிளாசத்தில் உள்ளன.

அடுத்து நியூக்லியஸ்ஸில் உள்ள ஜீன்கள் :

1. மேஜர் ஜீன்கள் (Major genes)
2. சூபர் ஜீன்கள் (Super genes)
3. பாலி ஜீன்கள் (Poly genes)

பிளாஸ்டோ ஜீன்கள் சைட்டோபிளாசத்தில் காணப்படும் பிளாஸ்டிட்களில் உள்ளன.

பிளாஸ்மோ ஜீன்கள்: சுயமாகவே இனப்பெருக்கம் ஆற்றும் ஜீன்கள். இவை சைட்டோபிளாசத்தில் உள்ளன. இவைகளால் புரோடோசோவா, (Protozoa), மாஸ் (Moss), பெர்ன் (Fern) தாவரங்களில் ஜீன்களால் கட்டுப்படுத்த முடியாத மாற்றங்களைத் தோற்றுவிக்கின்றன. இவற்றை டார்லிங்டன், மேதர் (Darlington and Mather 1949) ஆகியோர்கள் தம் ஆராய்ச்சிகளில் விளக்கியுள்ளனர்.

மேஜர் ஜீன்கள் : இவைகள் உயிர்களில் ஏற்படுத்தும் பெரு மாற்றங்கள் அவற்றைத் தம் சிற்றினங்களிலிருந்து மாறுபட்டுத் தோன்றுகின்றன.

சூபர் ஜீன்கள் : பல ஜீன்களால் சேர்ந்தமைந்தது. இவை தம் ஜதையுடன் (Allelomorph) சேர்ந்து மாற்றங்களை ஏற்படுத்துகின்றன.

பாலி ஜீன்கள் : இவை மற்றவைகள் போன்றல்லாமல், மிகச் சிறு மாற்றங்களைத்தான் தோற்றுவிக்கின்றன. எனவே, இவைகளினால் ஏற்படும் விளைவுகளை அறிவது கடினமாகும்.

ஆனால் தற்காலத்தில் ஜீன்கள் DNAகளால் அமைந்திருப்பதும் அவற்றில் ஏற்படும் மாற்றங்கள் உருவத்தோற்றியியலை பாதிப்பதை இன்னும் விளக்கமாக அறியக்கிடக்கிறோம்.

6. DNA அல்லது ஜீன்களின் பாதிப்புக் காலம்
(Time action of Genes)

கருவிலிருந்து வளரும் ஒவ்வோர் உயிரினமும் முதிர்ச்சியடைந்து இனப்பெருக்கம் செய்து முடிவில் இறந்துவிடுகின்றது. இவ்வாறு அதன் வாழ்வில் ஒவ்வொரு நிலையிலும் ஏற்படும் உருவத் தோற்றி யியலுக்கும் தக்க உருவமாற்றங்களுக்கும் ஜீன்களின் பாதிப்பே காரண மாக உள்ளது. அங்ஙனம் குறிப்பிட்ட காலமறிந்து அந்தந்த உயிர் களில் தக்க வாழ்வியல், வளர்ச்சி மாற்றங்களை ஜீன்கள் எவ்வாறு இயக்குகின்றன என்பதை அறியலாம்.

இதைப்பற்றி அறிஞர்கள் 'ஆல்டேன் (Haldane 1932), கோல்டு ஸ்கிமிட் (Goldschmidt) பல கருத்துக்களை வெளியிட்டுள்ளனர்.

ஆனால் இப்போது ஜீன்கள் DNAயால் அமைந்திருப்பதும், அந்த DNAக்கள் தூது RNAக்கள் (Messenger RNA) வழியாக செல் பகுதி களில் உள்ள எண்டோபிளாச வலையில் (Endoplasmic reticulum) இயங்கிப் பல சிறு மாற்றங்களை ஏற்படுத்துகின்றன.

குறிப்பிட்ட DNAக்கள் குறிப்பிட்ட காலத்தில் தத்தம் செயல்களைச் செய்வதால் தக்க மாற்றங்கள் ஏற்படுத்துகின்றன என எளிதாகக் குறிப்பிடலாம்.

ஆனால் வார்ட்லா (Wardlaw) ஆல்டேன், கோல்டுஸ்கிமிட் ஆகி யோர் ஜீன்கள் DNAக்களால் ஆனவை என அறிந்தவர்களில்லை. இந்த DNA, செல் மற்றும் உயிர்களை பாதிக்கும் வழிமுறைகளையும் அறியவில்லை. தற்காலத்தில் அவ்வறிஞர்களுடைய கருத்துக்களை மாற்றிப் புனையவேண்டும்.

DNA, RNA ஆகியவற்றின் அமைப்பை அறிந்துள்ளோம். அவற்றின் செயல்முறைகளையும் பெருமளவுக்கு அறியக்கிடக்கிறோம்.

உருவத்தோற்றியியல் கருத்துக்களை இந்த DNA, RNA செயல்முறைகளை அடிப்படையாகக்கொண்டு ஆராய்ந்து கருத்துக்களை அறிவிக்க வேண்டும்.

சுற்றுப்புறமும் DNAக்களின் அமைப்பும்

ஓரிடத்தில் வளரும் தாவரம், அங்கு அதற்கு அமைந்த மண் வளம், தட்டபவெப்ப மற்றும் சீதோஷ்ணநிலை, மழை, மற்றத் தாவரங்களும் விலங்குகளும் அதனைச் சார்ந்த நிலைகள், ஆகிய இன்ன பிற சுற்றுப்புறக் காரணிகளால் அதன் DNA அவற்றிற்கேற்றவாறு செயல்படுகின்றன. இதனால் அத் தாவரத்தின் உருவத் தோற்றியியல் பெருமளவில் DNAக்கள் பல ஆண்டுகளில் மாற்றியமைக்கின்றன எனக் கூறலாம்.

7. ஜீன்களும் வளர்ச்சியும்
(Genes and Development)

ஒவ்வொரு தாவரமும் தனக்கே உரித்தான வேர், தண்டு, கிளைகள், இலைகள், உள் அமைப்பு, அவற்றின் இரசாயன மூலக் கூறுகளின் அமைப்பு ஆகியனவற்றை பிரத்தியேகமாகக் கொண்டுள்ளது. தாவரம் சிறந்த முறையில் வளர்ச்சியடைந்து பரம்பரையாகச் சந்ததிகளிடத்திலும் அவற்றின் பண்புகளைக் காண்கிறோம். இவற்றிற்கு ஜீன்களும் அவற்றை அமைக்கும் DNAக்களும் காரணமாக உள்ளன.

இதனை அறிய மக்காச்சோளப் பயிரை ஆராயும்போது அவற்றில் 'நெட்டை', 'குட்டை' தாவரங்கள் உள்ளன. நெட்டைத் தாவரங்கள், நெட்டையாக வளர மிக அதிகமான ஆக்சினை (Auxin) தாவரமே தோற்றுவித்துக்கொள்கின்றது. குட்டைத் தாவரம் வளரும்போதும் கூட இந்த ஆக்சின் ஏறக்குறைய அதே அளவில் அதே தாவரம் தோற்றுவித்துக் கொள்கின்றது. ஆயினும் அந்த ஆக்சின்களை ஆக்சிடேஸ் (Oxidase) என்னும் என்சைம் (Enzyme) அழித்து விடுகின்றது. இதனால்தான் குட்டைத் தாவரங்கள் தோன்றுகின்றன. இந்த ஆக்சிடேஸ் என்சைம் நெட்டைத் தாவரங்களில் உற்பத்தியாவதில்லை. இதனை ஜீன்கள் (அல்லது DNA-கள்) கட்டுப்படுத்துகின்றன. இவ்விவரங்களை ஓவர்பீக் (Overbeek - 1938) என்பவர் ஆராய்ந்து வெளியிட்டார்.

எனவே DNA-க்கள்தான் என்சைம்கள், ஹார்மோன்களான ஆக்சின்கள் மற்றும் பல பொருள்களைத் தோற்றுவித்து, தாவர வளர்ச்சி, குறைபாடுகள், அழித்தல், மலர்தல் போன்ற பல தொழில்கள் நடக்க காரணமாக உள்ளன.

இரசாயண பௌதீக அடிப்படையில் ஜீன்களின் இயக்க முறைகள்
(Physico-chemical Nature of the Switch Mechanisms)

கரு வளர்ச்சியுறும்போது செயற்கையாக பல வழிமுறைகளைக் கையாண்டதில் ஜீன்கள் இயக்கமடைந்து தக்க புரதங்களைத் தோற்று

வித்துச் சரியான நெறியில் வளர்ச்சியுறுவதைப்பற்றிப் பல சிறந்த கருத்துக்களை அறிந்துள்ளோம்.

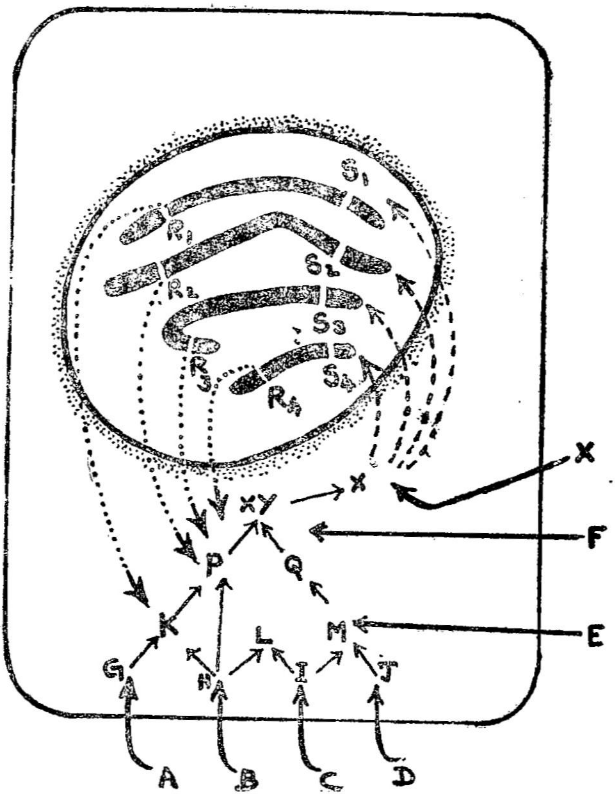
ஆம்ஃபியன் (Amphibian) முட்டையின் வளர்ச்சியின்போது மீசோடர்ம் (Mesoderm) திசுக்கள் மேற்புறமுள்ள எக்டோடர்ம் (Ectoderm) திசுக்களை இயக்கி மூளை நரம்புத் திசுக்களை (Neural tissue) உண்டாக்குகின்றது. சாதாரணமாக வளரும் முட்டையில் உள்ள பிளாஸ்டோஃபோர் ஸெல்கள் (Blastopore) இந்த இயக்கங்களைத் தூண்டுவதாக அறிகிறோம். இருப்பினும் நரம்புத் திசுக்கள் உண்டாவதை உயிருள்ள அல்லது இறந்த கரு அல்லது முழுமையான உயிர்களின் திசுக்களாலும் இயக்க முடியும். (It is discovered that neural induction can be carried out by many times, both alive and dead, from older embryos or adult animals).

Switch Mechanism = இயக்க முறை

அத் திசுக்களில் உள்ள பொருள்களை ஜீன் இயக்கங்களைக் கட்டுப்படுத்தும் பொருள்கள் (Gene - controlling or genotrophic) என்கிறோம். இந்த ஜீனோடிராபிக் (அல்லது masked evacator) பொருள் சாதாரணமாக எவ்வித இயக்கும் சக்தியும் இல்லாமலிருக்கின்றது. இதனை XY எனக் குறிப்பிடலாம். சைட்டோ பிளாசத்தில் உள்ள இந்த XY ஜீனோடிரோபிக் பொருளை வேறு பல (இன்னமும் விளக்கமாக அறியப்படாதவைகள்) சைட்டோபிளாச பொருள்கள் (GHIKLPQ) தான் பாதித்து XY-லிருந்து X என்னும் ஜீன்களை இயக்கும் பொருளை விடுவிக்க வேண்டும். இந் நிகழ்ச்சிகள் நிகழ குரோமசோம்களில் உள்ள ஜீன்களே காரணமாக உள்ளன. குரோமசோம்களில் இருவகை ஜீன்கள் உள்ளன. இவைகளில் ஒன்று GHIKLPQ எனப்படும் சைட்டோபிளாச பொருள்களை இயக்குபவைகள். இவற்றை R_1 R_2 R_3 R_4 எனலாம். மற்ற ஜீன்கள் X என்னும் பொருளால் இயக்கப்படுபவைகள். இந்த ஜீன்களை S_1 S_2 S_3 S_4 எனலாம்.

இந்த நிலையில் R_1 R_2 R_3 R_4 ரெகுலேடர் ஜீன்கள் (Regulator Genes) என்கிறோம். இந்த ஜீன்களே GHIKLPQ போன்ற பொருள்கள் சைட்டோபிளாசத்தில் தோன்றக் காரணமாக உள்ளன. இவற்றை வெளிப்புறத்திலிருந்து இயற்கையாகவோ அல்லது செயற்கையாகவோ $ABCDEF$ பொருள்கள் X உட்பட வெளிப்புறத்திலிருந்து உட்சென்று G முதல் Q வரை பொருள்களை இயக்கி XY ஜீனோடிரோபிக் பொருளிலிருந்து X விடுவிக்கப்படுகின்றது. இந்த X, குரோமசோமிலுள்ள S_1 S_2 S_3 S_4 ஜீன்களை இயக்குகின்றது. இந்த 'S' ஜீன்கள் குறிப்பிட்ட பல பொருள்களை உண்டாக்கிப் பல வேறு திசுக்களைத் தோற்றுவித்துப் பல உறுப்புக்களை உண்டாக்க இயங்குவதாக அறிகிறோம்.

இவ்வாறு நிகழும் நிகழ்ச்சிகளில் (1) X என்னும் பொருள் எது? (2) இந்த X பொருள் S_1 S_2 S_3 S_4 ஜீன்களை எங்ஙனம் இயக்குகின்றது? (3) இவ்வாறு செல்லினுள் இவ்வளவு இயக்கங்கள் நிகழ R வகை ஜீன் களா அல்லது X பொருளால் பல மாற்றங்களை யடைந்த S வகை



படம் 7-1. செல்லில் கருவளர்ச்சி தூண்டப்படுதல்
(பாடப் பகுதியை படிக்கவும்)

(After CH. Waddington)

ஜீன்களா? என்னும் கேள்விகளுக்கு விடைகளைக் கண்டால் ஜீன் இயக்கங்களையும் இதனால் திசுக்கள் வேறுபட்டு அமைவதையும் தொடர்ந்து இதன் விளைவுகளுக்கு ஏற்றவாறு உறுப்புக்கள் தோன்று வதும் உருவத் தோற்றியியலுக்கு (Morphogenesis) விளக்கங்களை யும் தெளிவாக்கும்.

8. ஜீன்களின் ஆதிக்கம்
(Control of gene activity)

ஒரு ஸெல்லாக தொடங்கும் முட்டை படிப்படியாக ஸெல் பகுப் படைந்து ஒரு கருவாக வளர்ந்து தக்க உருவத் தோற்றியல் (Morphogenesis) மாற்றங்களை அடைந்து முழுமையான உருவம் எய்துவற்கு அடிப்படைக் காரணமாக இருப்பது ஜீன்கள் (அல்லது DNA) ஆக உள்ளன. இந்த ஜீன்கள் எங்ஙனம் வளர்ச்சியைக் கட்டுப்படுத்து கின்றது என்று கீழ்க்காணும் தலைப்புக்களில் விரிவாக அறியலாம்.

1. பாக்டீரியாவில் தனிப்பட்ட ஜீன்கள் இயங்குதல் (Control of single gene in Bacteria).

2. மேல்மட்ட உயிர்களில் தனிப்பட்ட ஜீன்கள் இயங்குதல் (Control of single genes in Higher Organisms)

3. ஜீன்கள் வரிசையாக நின்று இயங்குதல் (Control of gene sequnce).

4. ஜீன்களின் இயக்கம் (Genetic switch mechanisms).

5. தவளை இன முட்டையில் ஜீன்களின் இயக்கமும் வளர்ச்சியும்.

6. கோழி முட்டையில் வளர்ச்சி.

1. பாக்டீரியாவில் தனிப்பட்ட ஜீன்கள் இயங்குதல் (Control of single gene in Bacteria)

பாக்டீரியம் ஒரு ஸெல். எனவே அதன் குரோமசோம்களில் உள்ள ஜீன்களின் இயக்கத்தை எளிதாக ஆராய்ச்சியாளர்களால் அறிய முடிகிறது.

பாக்டீரியாவைச் செயற்கை முறையில் ஆய்வுக் கூடங்களில் எளி தாக வளர்க்கலாம் (Bacteria culture). பாக்டீரியாவை வளர்க்கும்

பொருளில் குறிப்பிட்ட ஒரு பொருளைச் சேர்த்தால் அப்பொருளுக்கு எதிராகச் சில என்சைம்களை பாக்டீரியா தோற்றுவிக்கின்றது.

எஸ்சிரீசியா கோலை (Escherichie Coli) வளர்த்தல்: உதாரணமாகச் செயற்கை முறையில் எஸ்சிரீசியா கோலை என்னும் பாக்டீரியாவை செயற்கை முறையில் ஏகாரில் (Agar) வளர்க்கும்போது லேக்டோஸ் (Lactose) சர்க்கரையைச் சேர்த்தால் அந்த பாக்டீரியா பீடா கேலக்டோசிடேஸ் (beta galactosidase) என்னும் என்சைமை தோற்றுவித்து லேக்டோஸ் சர்க்கரையைக் குலைக்கிறது (breaks down). எனவே எஸ்சிரீசியா பாக்டீரியாவில் குறிப்பிட்ட என்சைம் தோற்றுவிப்பதைக் கட்டுப்படுத்த முடிகிறது. இதுபோலவே ஏகாரில் (Agar) பெனிசிலின் (Penicillin) சேர்த்தால் பெனிசிலினேஸ் (Penicillinase) என்னும் என்சைம் தோற்றுவித்து பெனிசிலின் ஆற்றலைக் குலைக்கின்றது. இவ்வாறு என்சைம்கள் தோன்றச் செய்வதை தோற்றுவித்தல் (Induction) எனவும், அவ்வாறு என்சைம் தோற்று வித்தலைக் கட்டுப்படுத்தி அடக்குதல் (Repression) நிலைகளையும் செயற்கை முறையில் பாக்டீரியாவை வளர்க்கும்போது அறியலாம். இவ்வாறு ஆற்றல்களைத் தோற்றுவித்தலும் அடக்குதலும் ஜீன்களால் எவ்வாறு கட்டுப்படுத்தப்பட்டு நிகழ்கின்றன என்பதனை விரிவாக அறியக்கிடக்கிறோம்.

ஆற்றல்களைத் தோற்றுவிக்கும் அல்லது அடக்கும் மூலக்கூறுகளை பாக்டீரியா வாழுமிடத்தில் சேர்த்தால் அது பாக்டீரியாவின் சைட்டோ பிளாசத்தை அடைகின்றது. அங்கு பல நிகழ்ச்சிகளை கட்டுப்படுத்தி நெறிப்படுத்தும் பொருள்கள் (Regulator substances) உள்ளன. இவற்றைத்தான் தோற்றுவிக்கும் அல்லது அடக்கும் மூலக்கூறுகள் பாதிக்கின்றன.

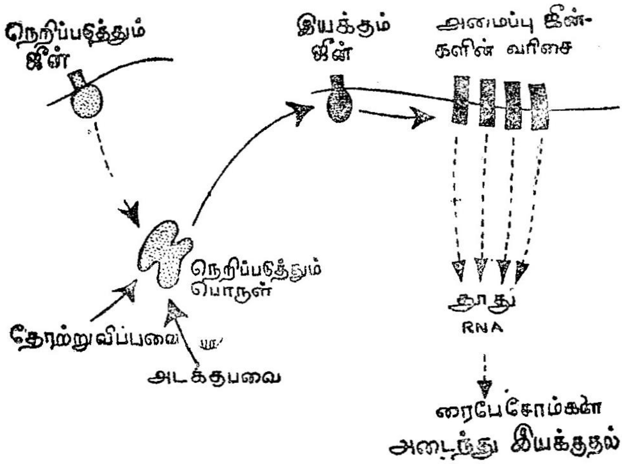
அந்த நெறிப்படுத்தும் பொருளை ஜீன்கள் சைட்டோபிளாசத்தில் தோற்றுவிக்கின்றன. அந்த ஜீன்களை நெறிப்படுத்தும் ஜீன்கள் என்கிறோம்.

என்சைம்களைத் தோற்றுவிக்கும் ஜீன்களை அமைப்பு ஜீன்கள் (Structural genes) என்கிறோம். ஏனெனில் இந்த ஜீன்கள் என்சைம் களின் அமைப்பைக் கட்டுப்படுத்துகின்றன.

சைட்டோபிளாசத்திலுள்ள நெறிப்படுத்தும் பொருள்கள் பல மூலக்கூறுகளால் (Molecules) பாதிக்கப்படும்போது அப்பொருள்கள் குரோமசோமிலுள்ள இயக்கும் ஜீன்களை (Operator genes) இயங்கச் செய்கின்றன. உடனே இயக்கும் ஜீன்கள் அமைப்பு ஜீன்கள் வரிசையை இயக்கித் தூது RNAக்களை (Messenger RNA) வெளி

விட்டு, இவை ரைபோசோம்களை அடைந்து குறிப்பிட்ட எம்சைம்களைத் தோற்றுவிக்கின்றன.

இவ்வழியில்தான் முதலில் குறிப்பிடப்பட்ட பீடாலேக்டோசிடேஸ் (betagalactosidase) என்னும் என்சைம் லேக்டோஸ் சர்க்கரையைக் குலைக்கத் தோற்றுவிக்கப்படுகின்றது.



படம் 8-1. பாக்டீரியாவில் ஜீன்களின் இயக்க முறைகள்
(*After C.H. Waddington*)

சிறிய பாக்டீரியாவில் இவ்வாறு நெறிப்படுத்தும் பொருள்களும் பல குறிப்பிட்ட ஜீன்களும் இயங்குவதலால் பல எம்சைம்கள் தோன்றி வயர்ச்சியை பாதிக்கின்றன. இந்த அடிப்படையில்தான் உருவத் தோற்றியியலும் (Morphogenesis) கட்டுப்படுத்தப்படுகின்றது எனத் திட்டமாகக் கூறலாம்.

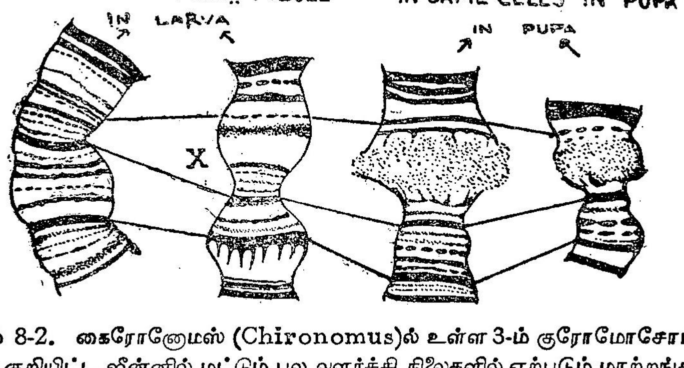
2. மேல் மட்ட உயிர்களில் தனிப்பட்ட ஜீன்கள் இயங்குதல் (Control of single genes in Higher organisms)

பாக்டீரியாவில் என்சைம்களைத் தோற்றுவிக்கும் முறைகள் ஜீன்களால் நிகழ்கின்றன என்பதைத் தெளிவாக ஆராய்ச்சிகளால் அறிய முடிந்தது. இதுபோலவே மேல் மட்ட உயிர்களிலும் ஜீன்கள் இயங்க வேண்டும். இருப்பினும் திட்டவட்டமாக இது இன்னமும் அறியமுடியவில்லை. ஏனெனில் பாக்டீரியாவில் உள்ள DNA மிகக் குறைந்த அல்லது சுத்தமாக புரோட்டீன்கள் இல்லாமல் அமைந்துள்ளது. ஆனால் மேல் மட்ட உயிர்களில் DNA, குரோமசோம்களாக புரோட்டீன்களுடன் கலந்தமைந்துள்ளது. எனவே அந்த DNAகள் புரதம் கலந்த

நெறிப்படுத்தும் பொருள்களால் பாக்டீரியாவிலுள்ளதைப் போல் நேரடியாகக் கட்டுப்படுத்த முடியாது. படிப்படியான ஆராய்ச்சிகள்தான் அதற்கு விளக்கம் அளிக்கமுடியும்.

3. ஜீன்கள் வரிசையாக நின்று இயங்குதல் (Control of genes sequence)

எனவே மேல்மட்ட உயிர்களில் குறிப்பிட்ட ஒரு ஜீனின் இயக்கத்தை அறிவது கடினமாக உள்ளது. இருப்பினும் அத்தகைய உயிர்களில் ஒரே ஒரு ஜீன் மட்டும் நின்று செயல்படுவதில்லை. ஆனால், பல ஜீன் வரிசை இயங்கி வளர்ச்சியையும் உருவத் தோற்றியியலையும் கட்டுப்படுத்துகின்றன. இதனை டிரோசோஃபைலா மற்றும் பல பூச்சியினங்களில் ஆராய்ச்சி செய்து அறிந்துள்ளோம். பூச்சிகளின் சில உறுப்புகளில் பெரிதாக வளர்ச்சியுற்ற செல்கள் காணப்படுகின்றன. இவைகள் தொடர்ந்து பகுப்படைவதில்லை. ஆனால், இவற்றின் நியூக்லியஸ்களிலுள்ள குரோமசோம்கள் பிரிந்து எண்ணிக்கையில் அதிகமாகிக் கொண்டு போகின்றன. இக் குரோமசோம்கள் குறிப்பிட்ட சாயத்தில் நனையவிட்டு நுண்நோக்கியில் பார்த்தால் அவற்றில் ஜீன்கள் பட்டை பட்டையாகக் காணப்படுகின்றன.

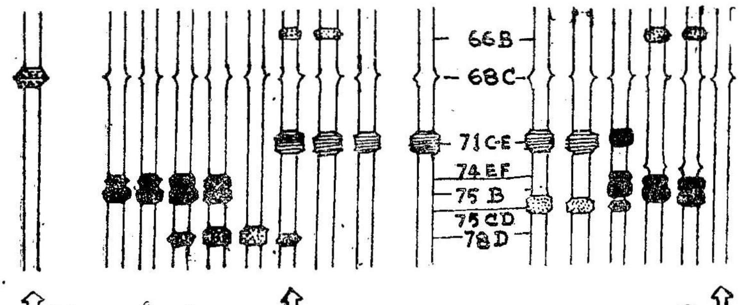


படம் 8-2. கைரோனோமஸ் (Chironomus)ல் உள்ள 3-ம் குரோமோசோமில் (×) குறியிட்ட ஜீன்னில் மட்டும் பல வளர்ச்சி நிலைகளில் ஏற்படும் மாற்றங்கள் (*After CH. Waddington*)

பூச்சியின் வளர்ச்சிப் பருவங்களில் (புழு, லார்வா, கூட்டுப்புழு நிலைகளில்) குறிப்பிட்ட திசுக்களின் குரோமசோம்களை வளர்ச்சிப் பருவங்களில் உற்று ஆராய்ந்தால், குரோமசோம்களில் ஜீன் பட்டைகள் தெளிவாகக் காணப்படுகின்றன. குறிப்பிட்ட ஜீன் பட்டை ஒரே மாதிரியாக எப்போதும் அமைந்திருப்பதில்லை. வளர்ச்சியின் கட்டத்தைப்

பொருத்து அது குறுகியோ அல்லது அகன்றமைந்தோ அல்லது சிறு துகள்களாகி பவ் (Puffs)களாகவும் காணப்படுகின்றன. ஜசோடோப்களின் உதவியால் இத்துகள்கள் RNAவால் ஆக்கப்பட்டுள்ளதை அறிகிறோம்.

இந்த பவ் (Puff)களைப் பற்றிய ஆராய்ச்சிகள் பல நடந்துள்ளன. குரோமசோமின் குறிப்பிட்ட ஜீன் அல்லது ஜீன்கள் உயிர்களின் வளர்ச்சி நிலைகளின்போது குறிப்பிட்ட நிலைகளில் பவ்களைத் தோற்றுவித்தும் மற்ற நிலைகளில் பவ்களைத் தோற்றுமலும் அமைகின்றன. எனவே செல் பகுப்பும், வளர்ச்சியும் திசுமாறுபட்டு அமைதலும் (Cellular differentiation) தொடர்ந்து இதன் விளைவாக "உருவத் தோற்றியியல்" (Morphogenesis) நிகழ்வதையும் ஜீன்களே தக்க மாற்றங்களை ஏற்படுத்திக்கொண்டு இயங்குகின்றன என்பது தெரியவருகின்றது.



படம் 8-3. பவ்கள் தோன்றுவதும் மறைதலும் டிரோசோஃபைலாவின் 3-ம் குரோமசோமின் இடது கை பாகத்தில் லார்வா நிலையில் இறுதி 6 மணி நேரங்களில் நிகழும் 'பவ்' மாற்றங்கள் தொடர்ந்து பூபாவில் முதல் 12 மணி நேரங்களில் நிகழும் 'பவ்' மாற்றங்கள்

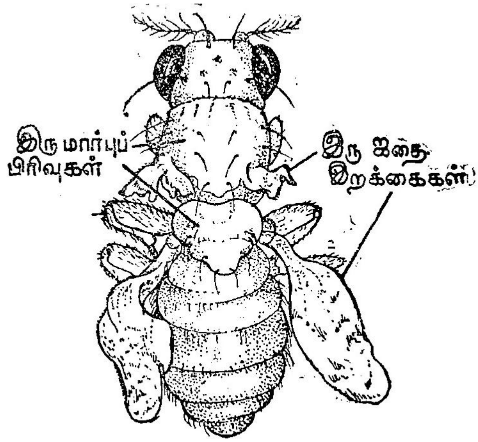
(After C.H. Waddington)

4. ஜீன்களின் இயக்கம்
(Genetic switch mechanism)

மேலே சென்ற பகுதிகளில் நாம் விரிவாக அறிந்த குரோமசோம் பவ் (Chromosome puffs)களிலிருந்து ஜீன்கள் ஒன்றன்பின் ஒன்றாக வரிசைக் கிரமத்தில் உருவத் தோற்றியியலைக் கட்டுப்படுத்துவதை அறிந்தோம். இனி ஜீன்கள் குறிப்பிட்ட உறுப்பைத் தோற்றுவிக்க எவ்வாறு இயங்குகின்றன என்பதைப்பற்றி விரிவாக ஆராயப்

போகிறோம். இதனையே நாம் ஜீன்களின் இயக்கம் (Genetic switch mechanism) என்கிறோம்.

டிரோசொஃபைலாவில் (Drosophila) இருமார்புப் பிரிவுகள் (Bithoralic segments) தோன்றி இரண்டாவது ஜதை இறக்கைகள் முளைப்பதில் ஜீன்களின் இயக்கம் முக்கியமானதாக உள்ளது. இதன்படி



படம் 8-4. இருமார்புப் பிரிவுடைய டிரோசோஃபைலா (Drosophila)

டிரோசொஃபைலா படத்திலுள்ளவாறு வளர்ச்சியுறுகின்றது. மார்புகள் இரண்டமைந்து இறக்கைகள் இரண்டு ஜதைகள் அமைய ஜீன்கள் எங்ஙனம் இயங்குகின்றன என்பதனை ஆராயவேண்டும்.

1. இருமார்புப் பிரிவுகள் தோன்ற மார்புஸெல் ஜீன்களின் இயக்கம் காரணியாக (Factor) உள்ளது.

2. மேலும் டிரோசொஃபைலாவின் 4 ஜதை குரோமசோம்களில் மூன்று ஜதை பெரிதாக உள்ளன. இவைகளின் மேலமைந்த ஜீன்கள் ஒருங்கே இயங்கி இருபிரிவுடைய மார்பைத் தோற்றுவிக்கின்றன.

3. அக்குரோமசோம் ஒன்றிலுள்ள சிறிய ஜீன் பெண்பூச்சி முட்டையிடும்போது அதன் குரோமசோம்களின் ஜீன் அமைப்பை மாற்றுவதால் இருமார்புப் பிரிவுகள் தோன்றுகின்றன.

4. பூச்சிகளில் கரு வளர்ச்சியின்போது ஈதர் ஆவி (Ether vapour) படும்படி செய்தால் ஜீன் இயக்க மாறுபாடுகள் ஏற்பட்டு இருமார்புப் பிரிவுகள் தோன்றுகின்றன.

எனவே இருமார்புப் பிரிவுகள் தோன்ற ஜீன்களின் இயக்கம் மட்டு மன்றி புறக்காரணிகளான ஈதரும் செயல்படுவதை அறிகிறோம்.

இதுபோலவே ஜீன்களில் ஏற்படும் பவ் (Puffs)களைக்கூட (Zinc chloride) அல்லது சோடியம் - பொட்டாசியம் (Sodium Potassium) அளவு வேறுபாடு நிலைகளும் கட்டுப்படுத்துகின்றன.

எனவே உயிர்களின் வளர்ச்சியிலும் உருவத் தோற்றியியலிலும் ஜீன்களின் இயக்கங்கள் மட்டுமன்றி, ஜீன்களை இயக்கும் பொருள் களும் (Genotropic substances) ஜீன்களின் இயக்கங்களைக் கட்டுப் படுத்துகின்றன. இந்த ஜீன்களை இயக்கும் பொருள்களைப்பற்றி நாம் இன்னும் விரிவாக ஆராய்ச்சிகள் செய்துதான் அறிய வேண்டியுள்ளது.

ஜீன் இருப்பிடத்தின் இயக்கம் (Position effect of gene): குரோமசோம்களை நுண்ணோக்கியில் கண்டு ஆராயும்போது அதில் சில ஜீன் பகுதிகள் நிறக்குறைவாக அல்லது நிறமின்றியே காணப் படுகின்றன. சாதாரணமாக குரோமசோம்களுக்கு நிறமில்லை. நாமாக அவற்றில் ஏற்றும் நிறம் பல வகையாக ஈர்க்கப்படுகின்றது. சில ஜீன் பகுதிகள் ஈர்ப்பதில்லை. இப்பகுதிகளை ஹெடிரோ குரோமாடின் (Heterochromatin) பகுதி ஜீன்கள் என்றும் நிறமேற்பவைகளை யூகுரோமாடின் (Euchromatin) எனவும் குறிப்பிடுகிறோம்.

டிரோசொஃபைலா, மக்காச்சோளம் ஆகியவற்றின் குரோம சோம்களில் மேற்கண்ட பகுதிகள் உள்ளன. இக்குரோமசோம் ஜீன்களைப் பிரித்து மாற்றுப் பகுதிகளில் ஆராய்சியாளர்களால் இணைக்க முடியும். ஹெடிரோகுரோமாடின் பகுதியின் அருகே அமையப்பெறும் ஜீன்களின் இயக்கம் நின்றுவிடுகின்றது. எனவே இதனை ஜீன்களின் இருப்பிட இயக்கம் (Position effect) என்கிறோம். இதன் விளைவாக உருவத் தோற்றியியல் (Morphogenesis) பாதிக்கப்படுகின்றது.

5. தவளை இன முட்டைகளில் ஜீன்களின் இயக்கம் (Genetic switch mechanism in Amphibian egg)

தவளை முட்டையைச் சுற்றி மெல்லிய சவ்வு உள்ளது. அதனுள் அமைந்த புரோட்டோபிளாசத்தில் யோக் (Yolk) எனப்படும் உணவு பொதிந்த கருமை நிறப்பகுதி உள்ளது. இது முட்டையில் கீழ்ப் பகுதியில் மிக அதிகமாக நிறைந்துள்ளது; மற்றக் குறைவாக உள்ள மேல் பகுதியில் நிறம் மங்கியுள்ளது.

இந்த முட்டை கருவுற்றபின் மேலே குறிப்பிட்ட இரு பகுதிகளுக் கிடையே சாம்பல் நிறப் பகுதி பிறைபோன்று அமைகின்றது. இதனைச்

சாம்பல் பிறை (Gray crescent) என்கிறோம். இதுவே வளரும் உயிரின் முதுகெலும்புப் பகுதியை அமைக்கின்றது. இந்தச் சாம்பல் பிறைப் பகுதி உயிரின் வளர்ச்சியில் பெரும் பங்கு கொண்டுள்ளது. இது முட்டையின் நடுப்பாகத்தில் அமைந்திருக்கும்.

சாம்பல் பிறைப் பகுதி முட்டையின் வளர்ச்சியில் முக்கிய பங்கு வகிக்கின்றது. கருவுற்ற முட்டையை மயிரிழையினால் முடியிட்டு வெட்டி பிரிக்கலாம். பிரித்த பகுதியில் சாம்பல் பிறையில்லாதிருந்தால் அப் பகுதியிலுள்ள செல் நியூக்லியஸ் பகுப்படைந்து வளர்ந்தாலும், முழுமையான தவளையாக வளர்வதில்லை. இதற்குச் சாம்பல் பிறைப் பகுதி இன்மையே காரணமாக உள்ளது. எனவே இப் பிறைப் பகுதி தான் நியூக்லியஸிலுள்ள ஜீன்களை இயங்கச் (Gene switching) செய் கின்றது என அறிய முடிகின்றது. பிறைப் பகுதிப் பொருள் இல்லாத நிலையில் நியூக்லியஸ் பிரிவு ஏற்படுகின்றது. ஆனால் மற்றப் பொருள் களைத் தயாரித்து முழுமையாக வளர முடியவில்லை.

தவளையின் முட்டை வளர்ச்சியுறும் போது பல செல்களாகி, பிளாஸ்டுலா (Blastula)* நிலை உருவாகி கேஸ்ட்ருலேஷன் (Gastrulation) நிகழ்ந்து மூன்றுதிசு வரிகளைத் (three layered) தோற்று விக்கின்றன. இவற்றினுள் அமையும் குழல் ஜீரண மண்டலத்தை அமைக்கின்றது. இவற்றில் அமையும் பிலாஸ்டோபோர் (Blastopore) சாம்பல் பிறைப் பகுதி அடியில் தோன்றுகின்றது. இந்த பிலாஸ்டோபோர் தோன்றிய நிலையில் கதிரியக்க ஐசோடோப் நிலையிலுள்ள அமினோ அமிலங்களையும், நியூக்லியோடைடுகளையும் (Radio active isotopes of amino acids and nucleotides) முட்டைக்கு அளித்தால் பிளாஸ்டோபோர் பகுதி செல்கள் அமினோ அமிலம், நியூக்லியோடைடுகளை மற்றப் பகுதிகளைவிட மிகுதியாக உபயோகித்து புரோடீன்களையும் நியூக்லியிக் அமிலங்களையும் அமைத்துக் கொள்கின்றன.

இவ்வாறு பயன்படுத்தப்பட்ட பொருள்கள் நியூக்லியஸிலுள்ள நியூக்லியோலஸ் (Nucleolus) பாகத்தில் காணப்படுகின்றது. இந்த நியூக்லியோலஸ் முதன் முதலில் பிளாஸ்டோபோர் பகுதி செல்களில் தான் தோன்றுகின்றன. இதுவே முதன் முதலில் கரையும் RNA (Soluble RNA) யையும் ரைபோசோம்களையும் (Ribosomes) தோற்றுவித்துப் பிறகு அவற்றில் தூது RNA (messenger RNA) களை அமைக்கின்றன. எனவே தவளை முட்டையின் வளர்ச்சியில் இது முக்கிய நிலையாகும். தூது RNAக்களை நியூக்லியஸ் இயக்கத்

* தவளை கருவளர்ச்சி நிலைகளை விலங்கியல் நூலில் விரிவாக அறிந்து பிறகு இதனைப் படித்தால் சிறந்து விளங்கும்.

தொடங்கியபின் மற்ற ஜீன்கள் இயங்கிக் குறிப்பிட்ட புரதங்களைத் தோற்றுவித்துக் கரு வளர்ச்சியை ஊக்குவிக்கின்றன. எனவே தவளைக் கரு வளர்ச்சியில் இக் கட்டத்தில்தான் ஜீன் இயக்கம் (Genetic switching) ஏற்படுவது தெளிவாகிறது. இதனைத் தொடர்ந்து கரு வளர்ச்சியுற்று உருவத் தோற்றியியல் (Morphogenesis) நிகழ்கின்றது.

இதுபோன்று ஏனைய பிராணிகளிலும் உறுப்புத் தோற்றியியலும் (Organogenesis) அதனைத் தொடர்ந்து உருவத் தோற்றியியலும் நிகழ்வதை அறியலாம்.

6. கோழி முட்டையில் வளர்ச்சி (Chick Embryo Development)

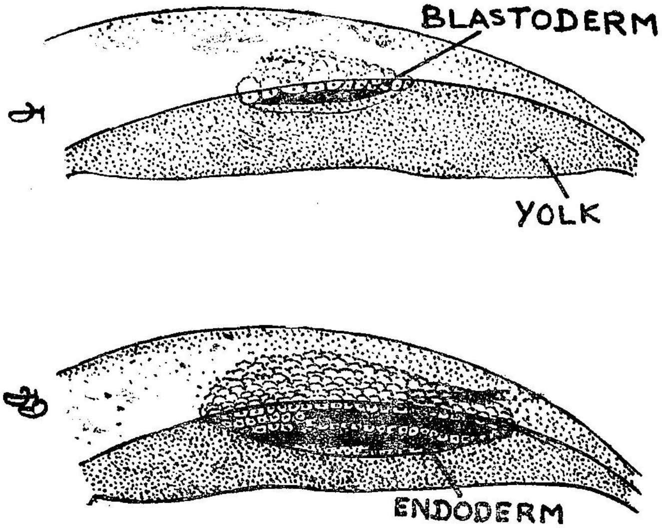
கோழி முட்டை தனி ஒரு செல் அமைப்பை உடையது. இதில் உள்ள மஞ்சட் கரு அல்லது யோக் (Yolk) உடன் சேர்ந்து உள்ளமைந்த நியூக்லியஸ், சுற்றியமைந்த விட்டலைன் சவ்வும் (Vitelline) முட்டை செல்லை அமைக்கின்றன. இந்த செல் ஓவிடக்ட் (Oviduct) வழியாக வெளியேறும்போது அல்புமென் (Albumen) எனப்படும் வெள்ளைக் கருவும், சவ்வும் அதனைச் சுற்றி முட்டை ஓடும் ஓவிடக்ட்டினுல் தோற்றுவிக்கப்படுகின்றன. முட்டை கோழியின் உள்ளே இருக்கும்போதே கருவுறுகின்றது.

கருவுற்ற முட்டை யோக்கின் ஒரு வெளிப் புறத்தில் அமைந்து பிரிகின்றது. இப்பிரிவினுல் நியூக்லியஸ் மைடாசிஸ் முறையில் பிரிந்து அத்துடன் சைட்டோபிளாசமும் பிரிந்து தட்டு போன்றமைந்த செல் கூட்டத்தை அமைக்கின்றது. செல் பகுப்பின்போது யோக் பகுதி பிரிவதில்லை. இந்த வட்டமான செல் தட்டுக் கூட்டத்தை பிளாஸ்டோடர்ம் (Blastoderm) என்கிறோம். இதனிலிருந்து எக்டோடர்ம், மீசோடர்ம், என்டோடர்ம் (Ectoderm, Mesoderm, Endoderm) பகுதிகள் தோன்றுகின்றன. கோழி முட்டையில் கேஸ்டுலேஷன் (Gastulation) படிப்படியாக நிகழ்கின்றது. முதலில் செல் தட்டு என்டோடர்ம்மையும் பிறகு எக்டோடர்ம், மீசோடர்ம் பகுதிகளையும் தோற்றுவிக்கின்றன.

இவ்வாறு வளர்ச்சியுறும்போது தேவைப்படும் உணவு யோக்கிலிருந்து பெறப்படுகின்றது. இதனுல் செல்களில் உணவு நிறைந்து *area opaca* என்றும் வளைய வடிவப் பகுதி நடுப்பகுதி யோக் உணவு சேகரிப்பதில்லை. இதனை *area pellucida* என்கிறோம்.

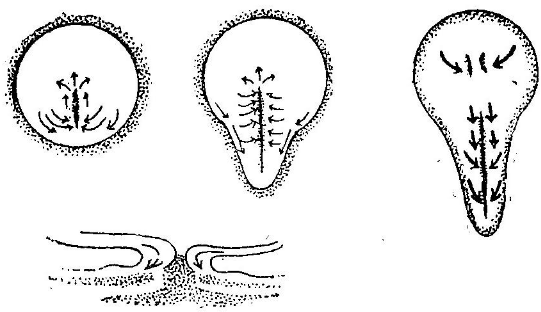
செல்களின் தனித் தன்மை: மேலே விவரித்தபடி பிளாஸ்டோடர்ம் பன்முறை செல் பகுப்படைந்து மேற்கூறிய நிலையை யடைந்த

பிறகு அதனைச் செயற்கை முறையில் சிறு செல் கூட்டங்களாகப் பிரித்துவிட்டால் ஒவ்வொரு செல் கூட்டமும் முழுமையான குஞ்சாக வளர்கின்றது. இதனை செல்களின் தனித் தன்மை (Individuation) எனக் குறிப்பிடுகிறோம்.



படம் 8-5. கோழிக் கரு வளர்ச்சி. அ-பிளாஸ்டோடர்ம் தோன்றுதல். ஆ-தொடர்ந்து எண்டோடர்ம் தோன்றுதல்

(After CH. Waddington)



படம் 8-5-A தொடர்ச்சி. கோழிக் கரு வளர்ச்சியின்போது பிளாஸ்டோடர்மில் திசுக்களின் இயக்கம்

இவ்வாறு பிளாஸ்டோடர்ம்மை நடுவில் இரண்டாக வெட்டிப் பிரித்ததில் பின்பகுதித் துண்டு பழையபடி முன்நோக்கி வளர்ந்து குஞ்சா

கிறது. ஆனால் முன்பகுதி தன் வளர்ச்சிக் கோட்டைத் தலைகீழாக வளர்துனி இயக்கத்தை (Polarity) திசை மாற்றி முன்பகுதியை பின்னதாக்கிக் கொண்டு குஞ்சாக வளர்ச்சியுறுகின்றது. எனவே வளர்ச்சியில் பின் பகுதியே வளர்ச்சியைத் தூண்டுவதில் பெரும் பொருப்புடையதாக உள்ளது.

இந்த பிளாஸ்டோடர்மில் என்டோடர்ம் தோன்றியவுடன் அதனைப் பிரித்துத் தலைகீழாக அமைத்தபின் அதன் பின்பகுதி வளர்ச்சியைத் தூண்டிக் கரு வளர்ச்சி இயக்கத்தை நேர் எதிராக மாற்றுகின்றது.

மேலும் பல நுண்ணிய ஆராய்ச்சிகளின் மூலம் ஒவ்வொரு வகைப் பட்ட திசு எப்போது எங்ஙனம் மாறுபட்டு (Differentiation) வேறு வகைத் திசுக்களைத் தோற்றுவிக்கின்றது என்றும், எக்காலத்தில் (time) தோற்றுவிக்கின்றது எனவும் கருவியல் (Embryology) நூல் களில் விளக்கப்பட்டுள்ளன. இவ்வாறு தோன்றும் திசுக்கள் தக்க வளைவு நெளிவுகளை ஏற்படுத்தி உறுப்புக்களைத் தோற்றுவிக்கின்றன. இவ்வாறு உறுப்புக்களைத் தோற்றும் நெறியைத்தான் உருவத் தோற்றி யியல் (Morphogenesis) என்கிறோம்.

9. திசுத் தோற்றியியலும் உருவத் தோற்றியியலும்
(Histogenesis and Morphogenesis)

தக்க காலத்தில் திசுக்கள் அமைதல்
(Differentiation of Tissues in time)

உயிர்கள் கருமுட்டையிலிருந்து செல் பகுப்படைந்து தக்க காலத்தில் பல வகைப்பட்ட திசுக்களைத் தோற்றுவிப்பதைத் திசுத் தோற்றியியல் என்கிறோம். இதன் விளைவாக உயிர்களின் உருவமும் மாறுபாடடைந்து உருவத் தோற்றியியலைப் பற்றிய நுணுக்கங்கள் ஏற்படுகின்றன. எனவே உயிர்களின் வளர்ச்சி நிலைகளில் பல விந்தையான உருவத் தோற்றியியல் நிகழ்ச்சிகளிருக்கக் காண்கிறோம். இவற்றைப் பற்றித் தற்கால ஆராய்ச்சிகள் பல நமக்கு விளக்கங்களை அளிக்கின்றன. அவைகளில் சிலவற்றைப்பற்றி விரிவாக அறியலாம்.

டிரோசோஃபைலா (Drosophila) பூச்சிகளில் இயற்கை முளைத்தல்

டிரோசோஃபைலா லார்வா (Larva) நிலையிலுள்ள புழுவின் உடலில் கற்பனைக் குருத்தாக (Imaginal bud) பல செல்கள் கூட்டமாக அமைந்து இறக்கையாக வளர முற்படுகின்றன. இது லார்வா பூப்பா (Pupa) வாக வளர முற்படும்போது தொடங்குகின்றது. இவ்வாறு குறிப்பிட்ட பல செல்கள் கற்பனைக் குருத்தை அமைத்து இறக்கையாக முளைப்பதைப்பற்றி இறுதியில் விரிவாக அறியலாம்.

கற்பனைக் குருத்து இறக்கையாக முளைக்க ஆரம்பிக்கும்போது ஒரு பை போன்றுள்ளது. அப்பையின் ஒரு பகுதி தடிப்பாக உள்ளது. இதன் நடுப் பகுதி உட்புறமாக மடிந்து மெல்லிய பகுதியினுள் நுழைந்து மறு பகுதியில் வெடித்துவிடுகின்றது. இவ்வாறு மடிந்த

பாகம் தொடர்ந்து வளர்ச்சியுற்றுப் படிப்படியாக அகன்று அமைந்து இறக்கையாகின்றது.

இவ்வாறு வளரும்போது இறக்கையில் பல மாற்றங்கள் ஏற்படுகின்றன. அவைகள் முறையே

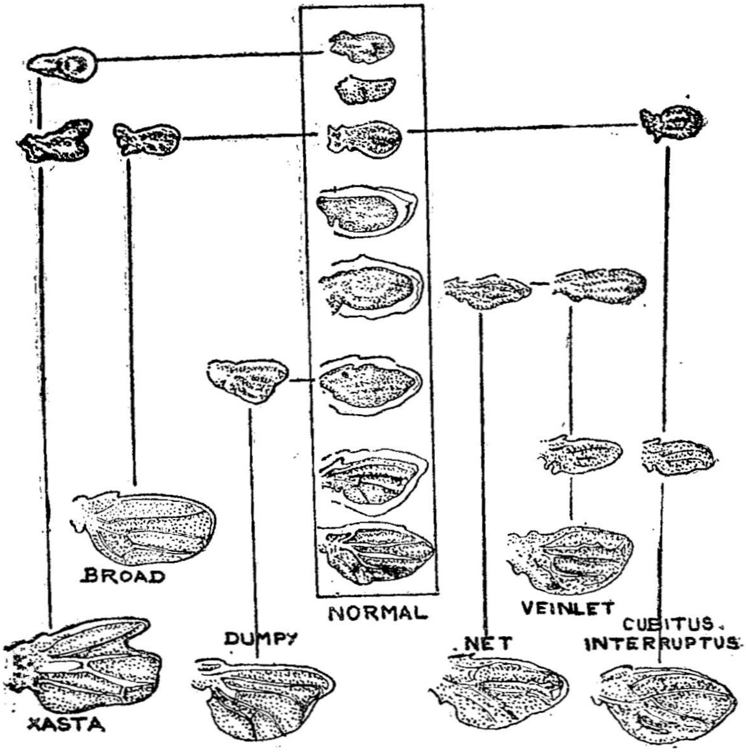
(1) Xarta wing (2) Broad wing

(3) Dumpy wing (4) Net wing

(5) Veinlet wing (6) Cubitus interruptus wing

(7) Normal wing

இவைகளைப் படங்கள் மூலமாக எளிதாக அறியலாம்.



படம் 9-1. டிரோசோஃபைலாவில் ஜீன்களின் இயக்கத்தினால் ஏற்படும் இறக்கைகளின் உருவத் தோற்றியியலும் மாறுபாடுகளும். நடுவிலிருக்கும் 8 படங்கள் இயற்கையாக வளரும் நிலைகளைக் காட்டுகின்றன.

(After CH. Waddington)

மேலே படங்களில் காணப்படும் இறக்கை மாற்றங்கள் ஜீன்களின் (Genes) இயக்கத்தினால் நிகழ்கின்றன. எல்லா ஜீன்களும் வளர்ச்சி நெறிகளை ஊக்குவிக்கின்றன என எண்ண முடியாது. பல ஜீன்கள் எதிராகவும் இயங்குகின்றன.

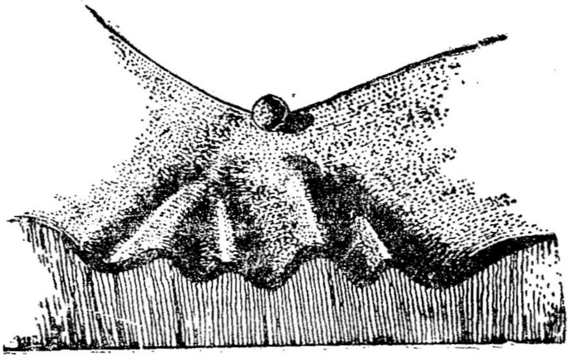
இவ்வழியில்தான் உயிர்களின் பல உறுப்புக்கள்—உதாரணமாக கால்கள், வயிறு, மார்பு, இறக்கைகள், கண்கள், வாயுறுப்புக்கள் போன்ற இன்ன பல உறுப்புகளை வளர்ச்சியின்போது பல ஜீன்கள் ஊக்குவிக்கின்றன. அப்போது வேறு சில ஜீன்கள் அவற்றின் வளர்ச்சியை மட்டுப்படுத்துவதிலும் செயல்படுகின்றன. இவ்விரு வகைகளில் நேர் எதிராக இயங்கியதன் விளைவாக உறுப்பு தக்க அமைப்பைப் பெறுகின்றது.

வளர்ச்சி இயக்கம் (Canalization of Development): கரு ஒன்று படிப்படியாக செல் பகுப்படைவதன் விளைவாக பல செல்கள் தோன்றுகின்றன. இந்தப் பிண்டத்திலிருந்து சில செல்களில் குறிப் பிட்ட காலத்தில் மாறுபட்டு உறுப்பை அமைக்க மேலும் செல் பகுப்புக் குள்ளாகி இறுதியில் முழு உறுப்பிற்கு வடிவம் தருகின்றது. இவ்வாறு ஒரேமாதிரியான செல்கள் குறிப்பிட்ட நிலையில் வேறுபட்டு உறுப்பை அமைக்க வளர்வதை வளர்ச்சி இயக்கம் (Canalization of Development) என்கிறோம். இவ்வாறு உறுப்பு வளர்ச்சி இயக்கத்தில் கருப்பிண்டத்தின் செல் ஒன்று கால் உறுப்பாக வளர முற்பட்டபின் அது பழைய நிலையை மீண்டும் அடைய முடியாது. எனவே குறிப் பிட்ட ஒரு செல்லின் எதிர்காலம் பல வழிகளையுடைய பள்ளத்தை நோக்கி உருண்டோடும் பந்தின் நிலையைப் போன்றது. அதுபோலவே கருவின் செல்களும் வளர்ச்சி இயக்கத்தில் குறிப்பிட்ட நெறியில் இயக்கமுற்றால் அது தொடர்ந்து முன்நோக்கி இயங்க வேண்டுமே தவிர பின்நோக்கித் தன் பழைய நிலையைத் திரும்ப அடைய முடியாது. இதனைக் கீழ்க்காணும் படத்தின் துணையுடன் வாடிங்டன் (Waddington) தம் நூலில் விளக்குகிறார் (படம் 9-2).

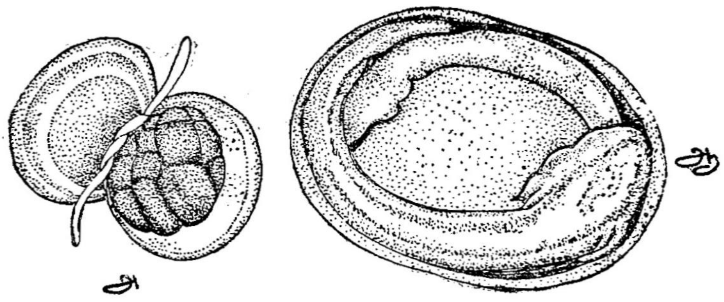
காலத்தினால் செல்களில் மாற்றங்கள் நிகழ்தல்: (Differentiation in time) வளர்ச்சி இயக்கங்களில் செல்கள் குறிப்பிட்ட உறுப்பாக வளருவது எப்போது என்னும் கேள்விக்கு இன்று நியூக்லியஸ்களை (transplantation) சோதனைகள் நமக்குப் பெரு மளவில் விளக்கங்களை ஆராய்ச்சியாளர்கள் தெளிவாக்கியுள்ளனர்.

ஸ்பிமன் நியூட் (Speman Newt) என்னும் பிராணியின் கரு முட்டையை மெல்லிய மயிரிழையினால் கட்டிவிட்டால் ஒரு பகுதியில் சைட்டோபிளாசமும் மற்றதில் சைட்டோபிளாசத்துடன் நியூக்லியசும் அமைந்துவிடுகின்றன. பிறகு நியூக்லியஸ் 4 முறை பகுப்படைந்து

16 செல்களை உண்டாக்கும் நிலையில், அப்பதினாறு நியூக்லியஸ்களில் ஒன்று; தனிப்படுத்தப்பட்ட சைட்டோபிளாசத்தைச் சேர்ந்து செல்



படம் 9-2. "பல வழிகளையுடைய பள்ளத்தை நோக்கி உருண்டோடும் பந்தைப் போன்றது வளர்ச்சி நிலையில் உள்ள ஒரு செல்லின் எதிர்காலம்"
(After CH. Waddington)



படம் 9-3. Spemannனின் Newt முட்டையில் ஆராய்ச்சி
அ-முட்டை மயிரிழையால் கட்டப்படுதல்
ஆ-அதே முட்டையில் இரு கருக்கள் வளர்தல்

பகுப்படைந்து லார்வாவாக வளர்கின்றது. எனவே 16 செல்களாவதற்கு முன் செல் ஒவ்வொன்றையும் தனிப்படுத்தினால் ஓர் நியூட் (Newt) லார்வாவக வளரமுடியும் என முடிவு கொள்ளலாம் (படம் 9-3).

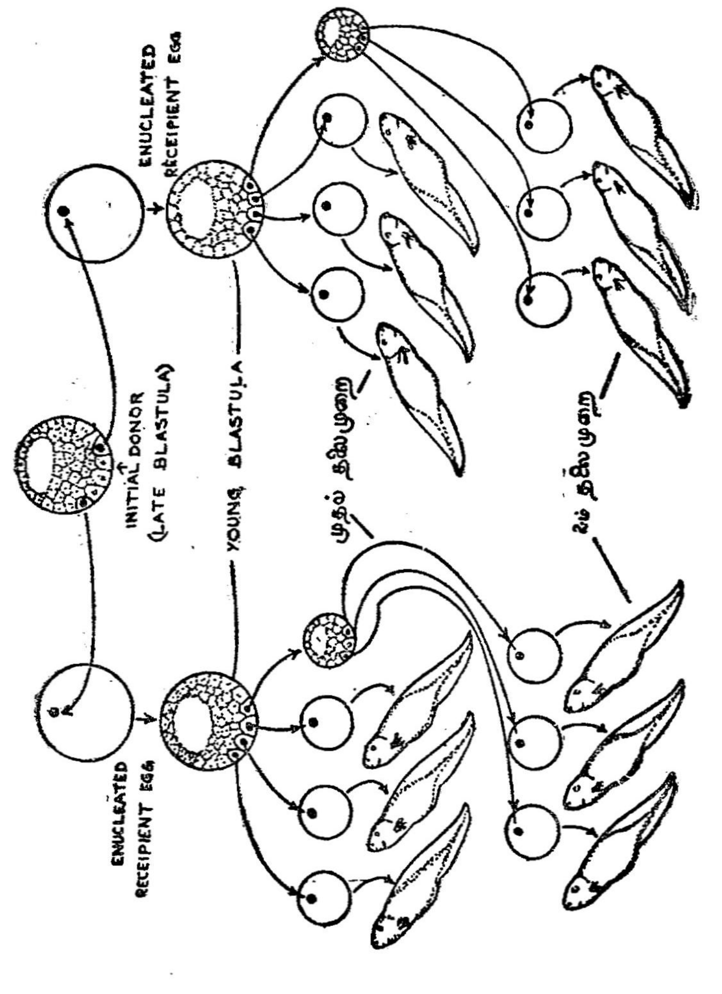
இத்தகைய வளர்ச்சியில் அடுத்தபடியாக உறுப்புகளை அமைக்க மாறுபட்டுக் குறிப்பிட்ட செல்களாக அமைந்த பிறகு அவைகளின் நியூக்லியஸ்களை நியூக்லியஸ் நீக்கப்பட்ட முட்டைகளில் பொருத்தி விட்டால் அத்தகைய கரு வளருமா என்னும் ஆராய்ச்சிகளில் பல விந்தையான உருவ வளர்ச்சி இயல்களை (Morphogenesis)

தவளையின் கரு வளர்ச்சியில் கண்டிருக்கிறார்கள். இவ்வாறு நியூக்லியசை ஒரு செல்லிலிருந்து வேறு ஒரு செல்லினுள் புகுத்தி அந்த செல்லை வளரவிடும் முறைக்கு **நியூக்லியஸ் மாற்றுதல் (Nuclear transplantation)** என்கிறோம்.

தவளைக் கரு வளர்ச்சியில் நியூக்லியஸ் மாற்றுதல் (Nuclear transplantation in Frog embryos): தவளை, தேரை ஆகியனவற்றின் கரு வளர்ச்சியின்போது பிளாஸ்டுலா (Blastula) நிலையை அடைந்தபிறகு செல்கள் பல பகுதிகளையமைக்க மாறுபடுகின்றன. அவற்றின் நியூக்லியஸ்களை ஜாக்கிரதையாக எடுத்து நியூக்லியஸ் நீக்கப்பட்ட புதிதாக வளரத் தொடங்கும் கருவினுள் செலுத்தி விடவேண்டும். கரு முட்டையினுள் உள்ள நியூக்லியசை அல்ட்ரா வயலட் (Ultra violet) கதிர்களால் அழித்துவிடலாம் அல்லது செல்லைப் பிரித்தும்கூட நீக்கிவிடலாம். புதிதாகச் செலுத்தப்பட்ட நியூக்லியஸ் கருவாக வளர்கின்றதா என்பதையும் கவனிக்க வேண்டும். அந்தக் கருவில் செல் பகுப்பு ஏற்பட்டுப் பல செல்களுடன் பிளாஸ்டுலா (Blastula) நிலையை அடைந்தபிறகு அவற்றின் செல்களிலிருந்து நியூக்லியஸ்களைத் தனிப்படுத்தி அவற்றை நியூக்லியஸ் நீக்கப்பட்ட கருவினுள் அமைத்துவிட வேண்டும். அக்கருக்கள் தொடர்ந்து லார்வாக்களாக (Larva) வளர்கின்றன. இவற்றில் சில கருக்கள் பிளாஸ்டுலா நிலை எய்தியபின் மறுபடியும் நியூக்லியஸ்களை நீக்கி, நியூக்லியஸ் நீக்கப்பட்ட கருக்களினுள் அமைத்து வளரவிடவேண்டும். இவ்வாறு பல தலைமுறைகளை வளர்க்கலாம். ஒரு சிலவற்றில் முழுமையான வளர்ச்சிகள் ஏற்படுவதில்லை. அவைகள் குன்றிய வளர்ச்சியுடைய லார்வாக்களையே தோற்றுவிக்கின்றன.

தவளையின் முட்டை செல் பகுப்படைந்து பிளாஸ்டுலா (Blastula) நிலையடையும்வரை உள்ள செல் நியூக்லியஸ்கள் ஒவ்வொன்றும் நியூக்லியஸ் நீக்கப்பட்ட கருவில் அமைந்து லார்வாவாக வளரும் சக்தியுடைய DNAகளைப் பெற்றுள்ளன. பிளாஸ்டுலா நிலைமாறிக் கருவளர்ச்சி முன்னேறிவிட்டதனால் தோன்றும் செல்களின் நியூக்லியஸ்கள் நியூக்லியஸ் நீக்கப்பட்ட கருவில் வளரமுடிவதில்லை. எனவே பிளாஸ்டுலா நிலைவரை நியூக்லியஸ்கள் லார்வாவைத் தோற்றுவிக்க அவசியமான எல்லா DNA அமைப்பையும் கொண்டுள்ளன என்பதைத் தெளிவாக அறிகிறோம்.

தேரையின் கரு வளர்ச்சி: ஃசினோபஸ் (Xenopus) என்னும் தேரைப் பேரினத்தின் கரு முட்டை வளர்ச்சிகளில் நடத்திய நியூக்லியஸ் மாற்றுதல் (transplantation) சோதனைகளில் பிளாஸ்டுலா நிலையைத் தாண்டிய கருவில் பல உறுப்புக்களும் அமைந்து செயல்படத் தொடங்கிய



படம் 9-4. தவளைக் கரு வளர்ச்சியில் நியூக்லியஸ் மாற்றுதல்
(After CH. Waddington)

நிலையில் கூட, அவற்றின் குடல் பாகத்தை அமைத்த செல்களின் நியூக்லியஸ்களைப் புதிய முட்டைக் கருக்களில் மாற்றியமைத்தால், அவைகள் லார்வாக்களாக வளருகின்றன.

எனவே தேரைகளின் கருவளர்ச்சியில் செல் நியூக்லியஸ்கள் மிகப் பிந்திய நிலையில்தான் மாறுபாடடைகின்றன என்பதனை அறிகிறோம்.

விளங்காத புதிர் : இவ்வாறு நியூக்லியஸ்கள் கருவில் வளர்ச்சியை நெறிப்படுத்தி அவைகள் இயங்கி மற்ற செல்களை இயக்கும் உண்மைகளை நம்மால் அறிய முடியவில்லை. பிளாஸ்டுலா நிலையைத் தாண்டிய தவளையின் கருசெல்கள் எந்த நிலைகளில் எப்போது, எவ்வாறு கரு வளர்ச்சியை இயக்கும் சக்தியை இழக்கின்றன என்பது விளங்காத புதிராக உள்ளது. தேரையிலே கரு பிளாஸ்டுலா நிலையையும் தாண்டி வளர்ந்தபின்னும் தனிப்படுத்திய நியூக்லியஸ்களுக்கு லார்வாக்களாக வளரும் சக்தி தொடர்ந்து இருப்பதும் விளங்காத புதிராக உள்ளது. குறிப்பிட்ட வளர்ச்சிவரைக் கரு நியூக்லியஸ்களின் ஜீன்கள் (DNA) யாவும் செயல்படுகின்றன. பிறகு அவைகள் தம் செயலிழக்க முற்படுவதாகக் கூறப்படுகின்றது. மேலும் இத்தகைய நியூக்லியஸ் மாற்று சோதனைகளை மற்றும் பல பிராணிகளில் நிகழ்வதை ஆராயவேண்டும். எனினும் தற்போது கருவளர்ச்சியியல் (Embryology) ஆராய்ச்சியாளர் நியூக்லியஸ் மாற்றுதல் சோதனைகளில் தீவிரமாக ஈடுபட்டு வருகிறார்கள்.

எனவே உயிர்களின் உருவத்தோற்றியலை (Morphogenesis) நியூக்லியஸ் எந்த அளவிற்கு கட்டுப்படுத்துகின்றது என்பதற்கு சில முடிவுகளை அறிந்துள்ளோம். இன்னமும் அறிய ஆராய்ச்சியாளர்கள் முனைந்துள்ளனர்.

10. உயிர்வேதியியலும் உருவத்தோற்றியியலும்
(Biochemistry and Morphogenesis)

இயற்கையாகத் தாவரங்கள் வளருகின்றன. ஆனால் தாவரங்களே தோற்றுவிக்கும் சில பொருள்கள் தக்க பகுதியை அடையும்போது வீறு கொண்டு பல மாற்றங்களுடன் பெரிதாக வளருகின்றன. இப்பொருள் களை ஆராய்ச்சியாளர்கள் தனிப்படுத்தி ஒவ்வொரு பொருளின் தன்மை யையும் அது தாவர வளர்ச்சியை நெறிப்படுத்துவதையும் தெளிவாக்கி யுள்ளனர். அத்தகைய பொருள்கள் :

1. வளர்ச்சி ஹார்மோன்கள் (Growth Hormones)
2. கிப்பரல்லின்கள் (Gibberellins)
3. கைனின்கள் (Kinins)
4. வைட்டமின்கள் (Vitamins)

இந்த பொருள்களின் இரசாயன அமைப்பையும் தன்மையையும் உயிர்வேதியியல் அறிஞர்கள் கண்டுள்ளனர்.

1. வளர்ச்சி ஹார்மோன்கள் (Growth hormones): இவை களை செல் ,புரோட்டோபிளாசம் தோற்றுவிக்கின்றது. இவைகள் தாவரங்களின் ஒரு பாகத்தில் தோற்றுவிக்கப்பட்டு மற்ற வளர்ச்சிப் பகுதிகளுக்குக் கடத்தப்படுகின்றன. அங்கு இந்த ஹார்மோன்கள் மிகச் சிறிய அளவில் வளரும் செல்களைத் துரிதமாக வளரத் தூண்டு கின்றன. ஆனால் புரதம், சர்க்கரைப் பொருள், கொழுப்புச் சத்துக்கள் ஆகியன வளர்ச்சிக்கு அதிகமாகத் தேவைப்படுகின்றன. ஹார்மோன் களை ஆக்சின்கள் (Auxin) என்கிறோம். இவைகள் கீழ்க் காண் பவைகள் :

(i) ஆக்சின்–a (Auxin–a), (ii) ஆக்சின்–b (Auxin–b), (iii) ஹிடிரோ ஆக்சின் (Heteroauxin)

ஆக்சின்-a புல்லின் தண்டு நுனிகளில் சாதாரணமாக உள்ளது. ஆக்சின்-b தாவர எண்ணெய்களிலும், ரைசோபஸ் (Rhzopus) பூஞ்சைகளிலும் காணப்படுகின்றது. ஹெடிரோ ஆக்சின் மலர் தாவரங்களில் காணப்படுகின்றது. இதனை உயிர் வேதியியல் கூடத்தில் இன்டால் 3 அசிடிக் அமிலம் (Indole 3 Acetic acid or IAA) எனக் கண்டுள்ளனர்.

இவ்வியற்கை ஹார்மோன்களை அறிந்தபின் உயிர் வேதியியல் அறிஞர்கள் மேலும் பல செயற்கை ஹார்மோன்களை உற்பத்தி செய்துள்ளனர்.

(1) ஃபினைல் அசிடிக் அமிலம் (Phenyl acetic acid), (2) ஆல்ஃபா நாஃப்தலீன் அசிடிக் அமிலம் (α Naphthalene acetic acid), (3) இன்டால் புடைரிக் அமிலம் (Indol butyric acid), (4) டைகுளோரோஃபினுக்சி அசிடிக் அமிலம் (Dichlorophenoxy acetic acid), (5) டிரைகுளோரோஃபினுக்சி அசிடிக் அமிலம் (Trichlorophenoxy acetic acid) இவைகளும் தாவர வளர்ச்சியை நெறிப்படுத்துகின்றன.

ஹார்மோன்களினுல் தாவர வளர்ச்சி: ஹார்மோன்கள் பல வகைகளில் தாவரவளர்ச்சியைக் கட்டுப்படுத்துகின்றன.

1. ஆக்சின்கள் செல்கள் நீளமாக வளரவும் வேர்களைத் தோற்றுவிக்கவும் செயல்படுகின்றன.

2. தண்டுகளின் கேம்பியம் (Cambium) திசுக்களில் வளர்ச்சியைத் தூண்டி செகண்டரி வளர்ச்சி (Secondary growth) அல்லது குறுக்கு வளர்ச்சியை ஊக்குவிக்கின்றது.

3. பக்கவாட்டில் வளரும் கிளைக் குருத்துக்களை ஹார்மோன்கள் கட்டுப்படுத்துகின்றன. ஆனுல் நுனிக் குருத்தை வெட்டிவிட்டால் ஹார்மோன்கள் கிளைக் குருத்துகளை அடைந்து அவைகளை வீறுகொண்டு வளரச் செய்கின்றன.

4. செயற்கை ஹார்மோன்களான ‘ஃபினைல் அசிடிக் அமிலமும்’ (Phynyl acetic acid) ‘இன்டால் அசிடிக் அமிலமும்’ (Indol acetic acid) போத்து நடும் கிளைகளின் வெட்டுக்காயத்தில் தடவிவிட்டால் அப்பகுதிகளில் தண்டு வேர்கள் வளர்ந்து புதிய தாவரம் வளர முடிகிறது.

5. 'அமோனியம் தையோசைனேட்'டை (Ammonium thiocyanate) வெங்காயம் கந்தம் கிழங்கு வகைகளின் மேல் தெளித்து விட்டால் அவைகள் பல வாரங்களுக்கு முன்பாக முளைத்துவிடுகின்றன.

6. ஆனால் ஆல்ஃபா நாஃப்தலீன் அசிடிக் அமிலத்தை (α Haphthalene acetic acid) வெங்காயம், மற்றும் கிழங்குகளின் மேல் தூவுவதால் அவைகள் முளைப்பது காலந்தாழ்த்தப்படுகின்றன.

7. இன்டால் அசிடிக் அமிலத்தை (Indol acetic acid) தக்காளி, ஆப்பின் மலர்களின் மேல் தூவுவதால் அவைகள் சாதாரணப் பழங்களை விட பன்மடங்கு பெரிதாக விதைகளில்லாமல் வளரச்செய்கின்றன. இவ்வாறு விதைகளில்லாமல் கனிகள் வளர்வதை பார்த்தினோ கார்ப்பி (Parthenocarpy) என்கிறோம்.

8. மரங்களிலிருந்து கனியாமல் விழுந்துவிடும் மலர்களை நிறுத்த ஆல்ஃபா நேஃப்தலீன் அசிடிக் அமில (α Naphthalene acetic acid)த்தை அம்மலர் அரும்புகளின் மீது தெளிக்க வேண்டும்.

எனவே இத்தகைய இயற்கை, செயற்கை ஹார்மோன்கள் தாவர வளர்ச்சியையும் அதன் உருவத்தோற்றத்தையும் கட்டுப்படுத்துகின்றன. ஆனால் இவைகள் எங்ஙனம் உருவத்தோற்றத்தைக் கட்டுப்படுத்து கின்றன என்பதனை இன்னமும் அறியமுடியவில்லை. தாவர ஆராய்ச்சி யாளர்கள் தாவர உருவத்தோற்றத்தை இந்த ஹார்மோன்களைக் கையாண்டு பெரும் சாதனைகளைச் செய்யலாம்.

கிப்பரல்லின்கள் (Gibberellins): இது ஜப்பானில் முதன் முதலில் கண்டுபிடிக்கப்பட்டது. சுமார் 1887ஆம் ஆண்டில் நெற் பயிர் திடீரென வேகமாக அகன்ற இலைப்பரப்புகளுடன் வளர்ந்து இறந்து பட்டன. அதற்குக் காரணத்தை ஆராய்ந்ததில், அடிப்படை யாக கிப்பரல்லா (Gibberella funcus) பூஞ்சை தாவரத்தினுள்ளே இருந்துகொண்டு அத்தகைய வளர்ச்சியைத் தூண்டி இறப்பை ஏற் படுத்தியது தெளிவாயிற்று. அந்த நோயை பிகானி நோய் (Bikanae) என்கிறோம். அந்த கிப்ரல்லா பூஞ்சையிலிருந்து கிப்பரல்லின் என்னும் பொருள் பிரிக்கப்பட்டு, அதனை வளரும் தாவரப்பகுதிகளில் தெளித்ததால் அவைகள் வேகமாகவும் பெரிதாகவும் வளரலாயின. எனவே கிப்பரல்லின்கள்கூடத் தாவர உருவத்தோற்றத்தைப் பெருமள வில் பாதிக்கக்கூடியனவாக உள்ளன.

கைனின்கள் (Kinins)

கைனின்கள் தாவரத்திசுக்களிலே உள்ளன. இவற்றை வேதியியல் கூடங்களில் ஆராய்ந்ததில் அது '6 ஃபர்ஃபுரைல் அமினோ புயீரைன்'

(6 Furfuryl aminopurine) என்று கண்டுபிடிக்கப்பட்டது. இவைகள் தாவர இளம் பகுதிகள் செல் பகுப்பைக் கட்டுப்படுத்து கின்றன. எனவே தாவர உருவத் தோற்றியியலை கைனின்களும் கட்டுப்படுத்துவதை அறிந்திருக்கிறோம், ஆனால் கைனின்கள் எவ்வாறு கட்டுப்படுத்துகின்றன என்பது இன்னமும் அறிவிக்கப்படவில்லை.

வைடமின்கள் (Vitamins)

வைடமின்கள் மிகக் குறைந்த அளவில் தாவர பாகங்களில் சுரக்கப் பட்டுப் பெரும் உருவ வளர்ச்சி மாற்றங்களைத் தோற்றுவிக்கின்றன.

வளர்ச்சியைக் குன்ற வைப்பதிலும், கவுமாரின் (Coumarin), ஸ்கோபாலிடின் (Scopoletin), CMO 1618, AMO 18 ஆகியவைகள் பயன்படுகின்றன. CMO 1618 மிகச் சாதுர்யமாக உபயோகித்து ஆல மரம், ஆரஞ்சு மரம் போன்றவற்றை 20 வருடங்களாக வீட்டினுள்ளேயே வளர்ப்பதை ஜப்பானிலும் இந்தியாவிலும் பொழுது போக்காகக் கொண்டுள்ளனர். எனவே உருவத் தோற்றியியலில் வளர்ச்சியைக் குன்ற வைக்கும் ஹார்மோன்களுக்கும் பெரும் பங்கு இருப்பதை அறி கிறோம். ஆனால் இவை எவ்வாறு உருவத் தோற்றத்தைக் கட்டுப் படுத்துகின்றன எனத் தெளிவாக அறிவிக்கப்படவில்லை.

11. வளர் நுனி இயக்கம் (Polarity)

தாவரங்களிலும் பிராணிகளிலும் வளர் நுனி இயக்கம் (Polarity) மிகவும் வியத்தகு நிகழ்ச்சியாகும். விதைகள் எத்தகைய நிலையில் மண்ணில் பதிந்தாலும் வேர்கள் மண்ணை நோக்கியும் தண்டுப் பகுதி விண்ணை நோக்கியும் வளர்கின்றன. இதனை வளர் நுனி இயக்கம் என்கிறோம். பதியன் போடும் தண்டை நுனிப்பகுதியை மண்ணில் நட்டால் அது வளருவதில்லை. பிராணிகளிலும் தலைப்பகுதி முன்னும் பின் பகுதி பின்னும் அமைந்து இயங்குகின்றன. இந்த வளர் நுனி இயக்கம் தாவர உருவத் தோற்றத்தைப் பல வழிகளில் பாதிக்கின்றது.

வாக்டிங் (Vochting 1878) என்பவர் தாவரத்தை மிகச்சிறு செல்களாக பிரித்துவிட்டாலும் அவற்றிற்கும் குறிப்பிட்ட வளர்முனை இயக்கமிருப்பதை ஆய்வுகள் மூலமாக விளக்கினர். பிறகு கிபல், சுவாரிட்ஸ் (Goebel 1908, Schwaritz 1935) ஆகியோர் தனி செல்களில் கூட வளர் நுனி இயக்கத்தைத் தெளிவாக்கியுள்ளனர்.

ஆல்கி, பூஞ்சை, டிரோப்சிடா

பெரும்பாலான தாவரங்களில் தனி ஒரு கரு செல் பன்முறை செல் பகுப்படைந்து கருவாகியபின் வளர் நுனி இயக்கத்தை உடனடியாகக் தெளிவாகக் காட்டிவிடுகின்றது. இத்தகைய வளர் நுனி இயக்கத்தை வளர்ச்சி ஹார்மோன்கள் கட்டுப்படுத்துவதாக அறிகிறோம்.

ஆக்சின்களும் வளர் நுனி இயக்கங்களும் (Auxins and Polarity)

ஆக்சின்கள் தாவரங்களின் ஒரு பகுதியிலிருந்து மற்றப் பகுதிகளுக்கு பாரங்கைமா திசு, ப்ளோயம் மற்றும் சாற்றுக் கற்றைகள் வழியாகக் கடத்தப்படுகின்றன. இவை கீழ் நோக்கி வேகமாகவும் மேல் நோக்கி மெதுவாகவும் கடத்தப்படுவதாக அறிகிறோம்.

டெரிடோஃபைட் தாவரங்களில் நடுப்பகுதிகளிலிருந்து ஒரு வகைப் பொருள் பக்கவாட்டில் கடத்தப்படுவதனுல் தண்டு, வேர், இலைகளின் சாற்றுக் கற்றைகள் அமைவதாக வார்ட்லா (Wardlaw) ஆய்வு செய்து அறிவிக்கின்ருர்.

மேலும் தாவர நுனிப்பகுதிகள் வளர் நுனி (Polarity) இயக்கத்தைக் கட்டுப்படுத்திக் குருத்துக்களும் வேர்களும் தோன்றுவதைச் சரிவர இயக்குகின்றன. சிகோரியம் இன்டைபஸ் (Cichorium intybus var witloof) தாவரத்தின் நுனிப் பகுதியை ஒரு சிறு முப்பட்டையாக வெட்டிச் செயற்கை உணவுக் கலவையில் நுனிப்பகுதி மேலே இருக்குமாறு வைத்தால் கீழ்ப்பகுதி வேர்களேயும் நுனிப்பகுதி குருத்துக்களேயும் தோற்றுவிக்கின்றன. அதுபோன்ற முப்பட்டையை நுனிப்பகுதி தலை கீழாக இருக்குமாறு பொருத்திஞல், மேலேயுள்ள வேர்ப்பகுதியில் சில குருத்துகள் தோன்றுகின்றன. ஆஞல் அடிப்பகுதியில் வேர்கள் தோன்றுவதில்லை. இதனே கேமஸ் (Camas 1944) கண்டறிந்தார்.

அறிஞர் கவ்தரிட் (Gautheret - 1945) டின் வளர் நுனி இயக்க (Polarity) ஆராய்ச்சிகளும் மிக விந்தையாக உள்ளன.

அவர் சைலம் பாரங்கைமாவையும் ப்ளோயம் திசுக்களும் சேர்ந்த திசுவைச் செயற்கை முறையில் ஆய்வுக்கூடத்தில் வளர்த்தார். இத் திசுக்கள் ஒரே மாதிரியான திசுக்களாக வளர்ந்து பிறகு சாற்றுக்கற்றைகளைத் தோற்றுவித்தன. இத் திசுக்கள் சைலம் பாரங்கைமா பகுதியிலிருந்து வளர்ந்திருந்தால் சைலம் பகுதி மேற்படி பாரங்கைமா பகுதியைச் சார்ந்து வளருகின்றது. ஆஞல் ப்ளோயம் பகுதியிலிருந்து திசுக்கள் வளர்ந்திருந்தால் புதிய சாற்றுக்கற்றையின் ப்ளோயம் பகுதி ப்ளோயம் இருக்கும் திக்கையே சார்ந்து அமைகின்றது. எனவே புதிய திசுக்கள் தாவரங்களில் அமையும் விதம் அவைகளைத் தோற்றுவித்த முந்தைய திசுவையே சார்புடையதாக அமைவது தெளிவாகிறது.

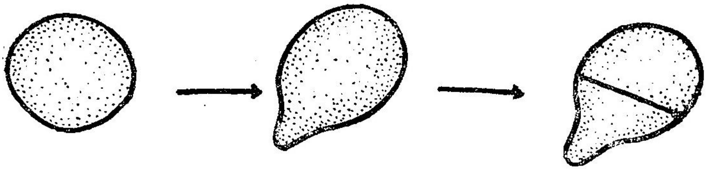
இத்தகைய ஆராய்ச்சியில் புதியதாகத் தோன்றிய திசுக்களில் ஆரம்பத்தில் எவ்வித வேறுபாடுகளும் இல்லை. ஆஞல் பின்னே வளரும்போது திசுக்கள் குறிப்பிட்ட அமைப்பைப் பெற்று வளருகின்றன. இத்தகைய அமைப்பைத் திசுக்கள் எவ்வாறு இயக்குகின்றன என்பது புதிராக உள்ளது.

அறிஞர் ஒயிட் (White - 1934) தம் சிறந்த ஆராய்ச்சிகளில் செயற்கை முறையில் திசுக்களை வளர்த்துப் பார்த்ததில் இரசாயனக் கலவை மாறுபாடுகளாலும், பௌதிக அமைப்புகளாலும், *PH* வேறுபாடுகளாலும், எலக்ரோஸ்டாடிக் (Electrostatic), ஹைட்ரோஸ்டாடிக் (Hydrostatic) மாறுபாடுகளாலும் வளர்நுனி இயக்கங்கள் கட்டுப்

படுத்தப்படுகின்றன என விளக்கினர். ஆயினும் இவ்வியக்கத்தை மேற்கூறிய காரணிகள் கட்டுப்படுத்தும் வழிமுறைகளைச் சரியாக அறிய முடியவில்லை. இறுதியாக வளர்நுனி இயக்கங்களுக்கு செல் புரோட்டோபிளாசத்தின் அமைப்பே அடிப்படைக் காரணமாக இருக்க வேண்டுமெனக் குறிப்பிட்டார். அத்தகைய அமைப்பை ஆராய்வது அவ்வளவு எளிதல்ல.

அறிஞர் வெண்ட் (Went - 1938) வளர்நுனிப் பகுதிகளை ரைசோகாலைன் (Rhizocaline) என்னும் பொருள் இயக்குவதாகக் குறிப்பிட்டார். ஆனால் ரைசோகாலைன் எவ்வாறு, எந்த அடிப்படையில் ஓரிடத்திலிருந்து வேறு இடங்களுக்கு நகருகின்றன என்பதைத்தான் கூற முடியவில்லை.

ஃபுயூகஸ் (Fucus) முட்டை வளர்ச்சியில் வளர்நுனி இயக்கங்கள் (Polarity in Fucus Eggs) : ஃபுயூகஸ் என்னும் பழுப்பு ஆல்கா (Brown Alga)வின் முட்டை உருண்டையாக எவ்வித வேறுபாடுகளுமின்றி நீரில் மிதந்து நகர்கின்றது. இதனில் ஏற்படும் வளர்ச்சி மாற்றத் தன்மை வெளிப்படையாகவும் தெரிகிறது. முதலில்



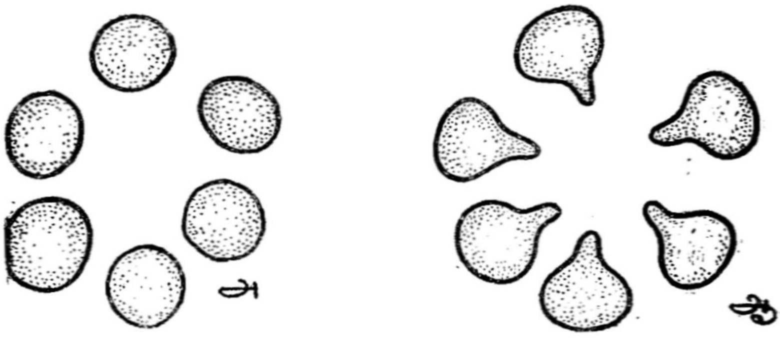
படம் 11-1. ஃபுயூகஸ் ரைசாய்டு முனை (Fucus) வளர்நுனி இயக்கம் (Polarity)

உருண்டையான முட்டையில் ரைசாய்டு (Rhizoid) தோன்றும் முனை தெளிவாகக் கூரிய நுனியாகக் காணப்படுகின்றது. முதல் செல் பகுப்பு ரைசாய்டு முனைக்குக் குறுக்காக ஏற்படுகின்றது. எனவே ரைசாய்டு வளரும் நுனிப்பகுதியே பிறகு ஏற்படும் செல் பகுப்பிற்கும் தொடர்ந்து வளரும் வழிமுறைகளுக்கும் காரணமாக உள்ளது. எனவே வளர்நுனி இயக்கம் முட்டை செல்லிலேயே ஏற்பட்டு விடுகின்றது. இவ்வியக்கம் கருவுறுத முட்டையில் காணப்படவில்லை என்பதையும் நினைவில் கொள்ளற்பாலதாகும்.

சிஸ்டோசைரா (Cistosira - Brown Alga) என்னும் ஆல்காவின் முட்டையில் கருவுறும்போது ஆண் கேமீட் நுழைந்த பகுதியே ரைசாய்டு வளரும் பகுதியாக இருப்பதை அறிந்துள்ளோம். இது போலவே ஃபுயூகஸ் (Fucus) ஆல்காவிலும் நிகழலாம்.

மேலும் ஃபுயூகஸ் முட்டை மீது ஒளிவிழச் செய்தால், மறுபக்கமான நிழலுள்ள பகுதியில் ரைசாய்டு தோன்றுகின்றது. ரோசன் விஞ் (Rosen Vinge - 1899), நிப் (Kneip - 1907), விடாகர் (Whitaker), லாரன்ஸ் (Lowrence - 1936) ஆகியோர் குறைவு அலை நீளமுள்ள ஒளிக்கதிர்களான 'வயலட் ஊதா', 'பச்சை' ஆகியனவும் ரைசாய்டுகள் வளரத் தூண்டுவதாக ஹர்டு (Hurd - 1920) குறிப்பிடுகிறார்.

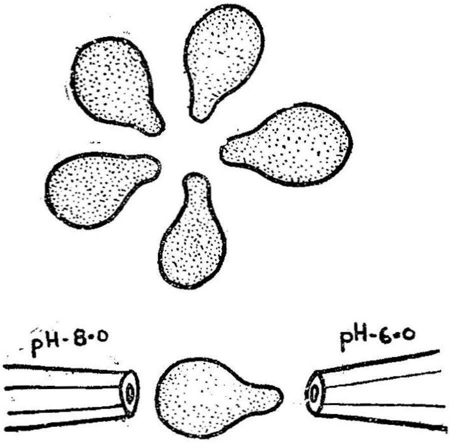
இருட்டில் முட்டைகளுக்கு மின்சாரம் பாய்ச்சினால் அது நேர்மின்னோட்ட முனை (Positive) உள்ள பாகத்தை நோக்கி ரைசாய்டை தோற்றுவிப்பதாக லுண்டு (Lund - 1923) குறிப்பிடுகிறார். பல முட்டைகள் கூட்டமாக இருக்கும்போது அவற்றின் நடுப்பகுதியை நோக்கியே ரைசாய்டுகள் தோன்றுகின்றன. இவ்வாறு ஒன்று மற்றொன்றை இயக்குவது சுமார் 0·3 mm தூரத்திலிருந்தாலும் நடைபெறுவதைச் சோதனையில் ரோசன் விஞ் (Rosen Vinge), நிப் (Kniep), அர்டு (Hurd), விடாகர் (Whitaker) ஆகியோர் கண்டுள்ளனர். இவ்வா



படம் 11-2. அ-ஃபுயூகஸ் முட்டைகளின் கூட்டம்
ஆ-முட்யடகள் நடுப்பகுதியை நோக்கி வளர்தல்

றிருக்க இரு முட்டைகளை மட்டும் அருகில் வைத்து வளரவிட்டால் அவைகளின் ரைசாயிடுகள் வேறு பக்கமாக வளருகின்றன. எனவே முட்டைகளின் கூட்டம் அவசியமெனத் தெளிவாக அறியப்படுகின்றது. இவற்றிற்கு காரணம், முட்டைகள் கார்பன் டை ஆக்சைடை (Co_2) நீரில் விடுவதாகும். இதனால் ஹைட்ரஜன் அயான் (Ion)களின் அடர்த்தி அதிகமாகி அமிலத்தன்மையையும் pH 6·0 ஆக உயர்வதால் ரைசாய்டுகள் நடுப்பகுதியை நோக்கி வளர்கின்றன. ஆனால் உப்புக் கலந்த கடல் நீரில் மேற்படி நிகழ்ச்சிகள் நிகழ்வதில்லை. எனவே முட்டை ஒவ்வொன்றும் தன்னிடமிருந்தும் மற்றவைகளிடமிருந்தும் வெளிப்படும் பொருள்களின் செறிவு அதிகமுள்ள திசையை நோக்கியே ரைசாய்டை வளரவிடுகின்றது என விடாகர் அறிவிக்கிறார்.

மேலும் முட்டை ஒன்றை pH 8·0 உள்ள (உப்பு) கடல்நீர் நிறைந்த பிப்பட் (Pipette)டிற்கும் pH 6·0 (அமிலத்தன்மை) உள்ள நீர் நிறைந்த பிப்பட்டிற்கும் நடுவில் வைத்தால் நாளடைவில் அமிலத் தன்மையுள்ள நீரை நாடியே ரைசாய்டுகள் வளருவதையும் அறிஞர் விடாகர் கண்டுள்ளார். ஆனால் அமிலத் தன்மை pH 5·6 ஆகக் குறைந்துவிட்டாலே ரைசாய்டு உப்பு நீர் (pH 8·0) நிறைந்த பகுதியின் பக்கமே வளருகின்றது. எனவே, பொருள்களின் செறிவுத் தன்மை திசையைப் (gradient) பொருத்தே ரைசாய்டுகள் வளருகின்றன.



படம் 11-3. ஃபுயூகஸ் முட்டை pH-6 உள்ள இடத்தில் நோக்கி ரைசாய்டு வளர்தல்

மேலும் இந்த முட்டைகளை 0·4°C அளவு உஷ்ணமுள்ள பகுதியை நோக்கி ரைசாய்டுகள் தோற்றுவிக்கப்படுகின்றன என லாரன்ஸ் (Lowrance-1937) குறிப்பிட்டு, அதற்கு உஷ்ணமான பகுதியில் அதிகமான சுவாசித்தல் நிகழ்ந்து pH இயக்கம் அதிகமாவதே காரணம் எனக் குறிப்பிடுகிறார்.

சென்ட்ரிபுயூஜ்ஜும் வளர் நுனி இயக்கமும்
Centrifuging and Polarity

தாவர செல்களையும் 'ஃபுயூகஸ்' முட்டைகளையும் சென்ட்ரிபுயூஜ் செய்வதனால் வளர் நுனி இயக்கங்கள் மாறுபடுவதை அறியக் கிடக்கிறோம்.

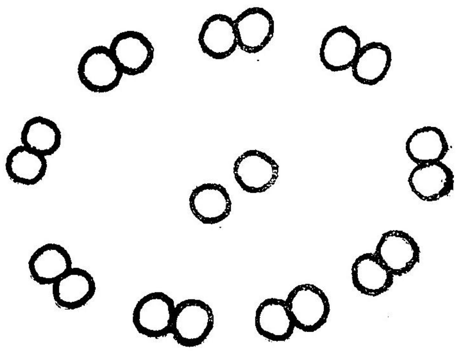
லில்லி (Lillie-1909) என்பவர் வளர் நுனி இயக்கப் பண்புகள் சைட்டோபிளாசத்தில் உள்ள தென்றுர். பிறகு கோன்கிலின் (Conklin-1931) அசிடியன் (Ascidian) முட்டைகளை செண்ட்ரிபுயூஜ் செய்வதனுல் பல சைட்டோபிளாச பகுதிகள் இடம் மாறுவதால் வளர் நுனி இயக்கமும் மாறுபடுவதைக் கண்டறிந்தார். இதுபோலவே செச்டர் (Schechter-1935) கிரிஃபித்சியா பெர்னிடியாரு (Griffithsia bornetiana) என்னும் சிவப்பு ஆல்காவைக் குறைந்த வேகத்தில் செய்ததால் சைட்டோபிளாசத்தில் எவ்வித மாற்றங்களும் ஏற்படவில்லை. இருப்பினும் வளர்நுனி இயக்கங்களில்.மாறுதல் தோன்றின.

அல்ட்ரா வயலட் கதிர்களை (Ultra Violet rays) ஃபுயூகஸ் முட்டைகளின்மேல் விழச்செய்தால் கதிர்கள் விழாத பகுதிகளில் ரைசாய்டு முளைக்கத் தொடங்கியது. இப்படிப் பலதரப்பட்ட தாவர பாகங்களில் வளர் நுனி இயக்கங்களைச் சுற்றுப்புறக் காரணிகளால் கட்டுப் படுத்தமுடியும் என்பதை அறிகிறோம்.

12. மைக்ரோடியூபியூல்களும் உருவத் தோற்றியியலும்
(Microtubules and Morphogenesis)

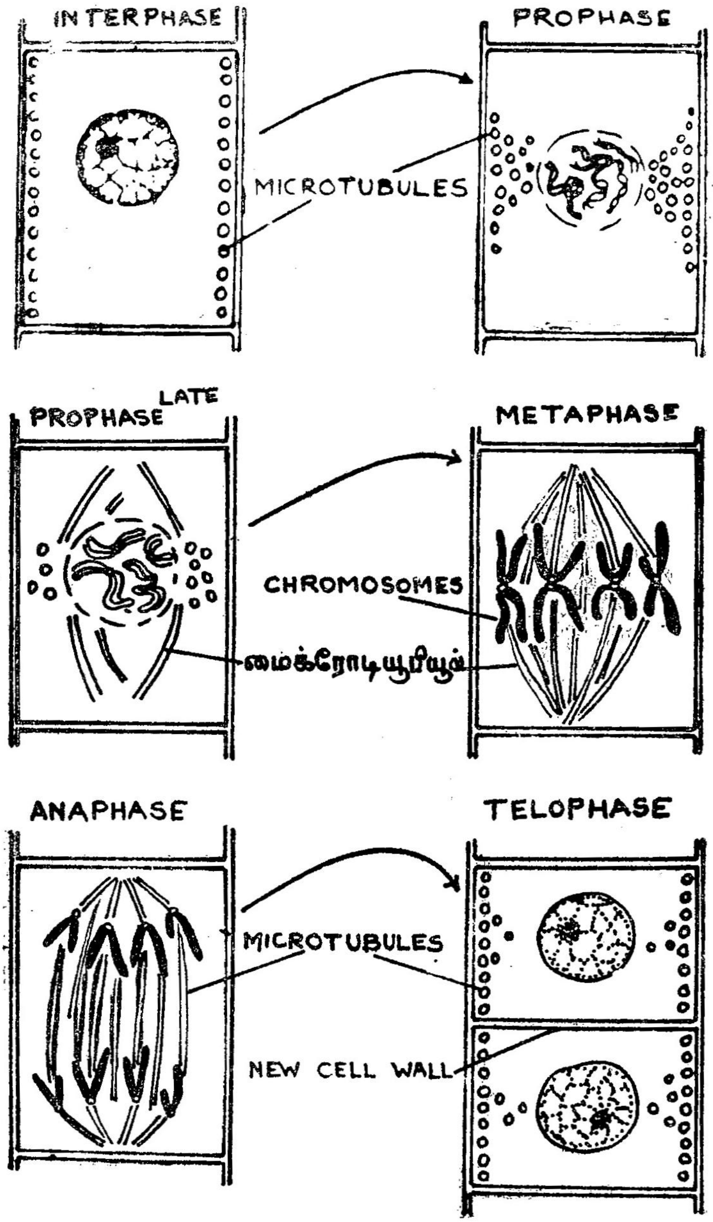
தற்போது 1971-ல் நடத்தப்பட்ட ஆராய்ச்சிகளின் விளைவாக செல் பகுப்பின்போது நிகழும் பல நிகழ்ச்சிகளுக்கு ஆதாரங்கள் கிடைத்துள்ளன.

செல்களில் காணப்படும் சிலியா இழைகளின் குறுக்கு வெட்டுத் தோற்றத்தை எலக்ட்ரான் நுண்நோக்கியில் பார்த்தால் அது படத்தி லுள்ளதுபோல் வட்ட அமைப்பில் 9 மைக்ரோடியூபியூல்களும் நடுவில்



படம் 12-1. சிலியாவின் குறுக்கு வெட்டு
9 + 2 மைக்ரேடியூபியூல்கள் உள்ளன

2 மைக்ரோடியூபியூல்களும் அமைந்து காணப்படுவதை அறிந்துள் ளோம். இதுபோன்ற மைக்ரேடியூபியூல்கள் செல் சென்ட்ரோசோம் களை (Centrosome)களையும் அமைக்கின்றன. தாவர செல்களில் பொதுவாக சென்ட்ரோசோம்கள் இல்லை.



12-2. மைக்ரோடியூபியூல்களும் செல் பகுப்பும்

தொடர்ந்து ஆராய்ச்சிகள் செய்ததில் ஸெல் பகுப்பு அடையும் வேர் நுனி ஸெல்களை எலக்ட்ரான் நுண்ணோக்கியில் ஆராய்ந்தால் அவற்றிலும் ஸெல் சுவர்களை ஒட்டி இருபக்கங்களில்மட்டும் நுண்ணிய மைக்ரோடியூபியூல்கள் படத்திலுள்ளவாறு அமைந்துள்ளதை (1971) கண்டுள்ளனர். இவைகள் ஸெல் பகுப்பின்போது இடம் பெயர்ந்து இயங்கி குரோமசோம்களை இயக்கி ஸெல் சுவர்களை அமைத்து ஸெல் பகுப்பை முழுமையடையச் செய்கின்றன.

இந்த மைக்ரோடியூபியூல்கள் சாதாரணமாக நேராக நிற்கும் ஸெல்களின் பக்கவாட்டில் உள்ள ஸெல் சுவர்களின் ஓரங்களிலேதான் படத்திலுள்ளவாறு காணப்படுகின்றன. இவைகள் கீழ் மேல் சுவர்களில் அமையவில்லை. எனவே ஸெல் வளர்ச்சியின்போது வளர்நுனி இயக்கத்தை இந்த மைக்ரோடியூபியூல்களின் அமைப்பை பொருத்த தாகும். எனவே வளர்நுனி இயக்கத்தை ஒட்டி அமையும் உருவத் தோற்றியியலையும் (Morphogenesis) இந்த மைக்ரோடியூபியூல்கள் கட்டுப்படுத்துகின்றன.

ஆகவே உயிர்களின் உருவத் தோற்றத்திற்கு மைக்ரோடியூபியூல்களும் காரணமாக உள்ளன என்பதனைச் சென்ற 1971-ஆம் ஆண்டு தான் அறிந்துள்ளோம். இவ்வாராய்ச்சிகளை கெய்த் ராபர்ட்ஸ் (Dr. Keith Roberts, cell biologist, John Innes Institute, Norwich) சிறந்த முறையில் நடத்தியுள்ளார்.

Signposts of the cell: Microtubules by Dr. Keith Roberts Page 13. New Scientist, January 6, 1972.

13. இலைக் குருத்துகளின் வளர்ச்சி
(Formation of Vegetative Buds)

உயிர் ரசாயனப் பொருள்கள் உருவ வளர்ச்சியைக் கட்டுப் படுத்துவதை அறிய கடினமாக உள்ளது. இருப்பினும் பல அறிஞர்கள் ஆராய்ச்சி முடிவுகளை விளக்கியுள்ளனர்.

திம்மன் (Thimann–1939) Indole acetic அமிலத்தைப் பதியன் களில் தடவுவதால் புதிய இலைக் குருத்துகள் வளருவதைக் காணலா மெனத் தெளிவாக்கினர். அப்படியானால் இயற்கையாக வளரும் பதியன் கிளைகளில் குருத்துகள் வளர்ச்சியை ஊக்குவிக்கும் பொருள்கள் எவை என அறிய முடியவில்லை. ஆனால் Went தம்முடைய Caline கொள்கைப்படி தண்டுகளில் Caulocaline எனப்படும் வளர்ச்சி நெறிப்படுத்தும் பொருள் உள்ளதால் குருத்துகள் கிளைகளாக வளரு கின்றன எனக் குறிப்பிட்டார்.

அதற்கு மேலும் ஆதாரமாகத் தக்காளித் தாவரங்களைக் காற்றோட்ட முள்ள நீரில் வேர்களை இருத்தி வளர்த்ததில் வளர்ச்சி சிறக்கவில்லை. ஆனால் வேர்ப்பகுதி ஓரளவுக்குக் காற்றிலிருக்குமாறு வளர்த்ததில் தண்டுத் தொகுதி சிறப்பாக வளர்ந்தது. எனவே காற்றில் வளரும் வேர்ப்பாகம் canlocaline எனப்படும் பொருள் தோன்றித் தண்டு இலைப்பகுதிகள் பசுமையாக வளர உதவியிருக்கக்கூடும் எனத் தெளி வாக்கினர்.

நுனி ஆக்குத்திசு (Apical meristem)

தண்டுமண்டல வளர்ச்சிக்குக் கருவிலேயே அடிப்படைப் பகுதிகள் தோன்றிவிடுகின்றன. இது போலவே குருத்துகள்கூடச் சிறு தண்டுத் தொகுதியாகும். அதற்குச் சிறப்புமிக்க வளர் நுனி இயக்கமும் (Polarity), பிறகு வளரும்போது தண்டு, இலை, மலர், குருத்துகள் ஆகியன வளர்வது மட்டுமல்லாமல் உட்பகுதிகளில் பித், காற்றுக்

கற்றைகள், புறனிப் பகுதிகளும் வளர்கின்றன. இத்தகைய வளர்ச்சிகள் ஆக்குத்திசு அமைக்கும் குருத்துகளால் நிகழ்கின்றன.

குருத்துத் தொடக்க நிலைகளின் வளர்ச்சி (Development of bud Rudiments) : Wardlawவின் ஆராய்ச்சிகளினால் Leptosporangiate பெர்ன்களில் நுனி ஆக்குத்திசு ஒரு வரிசை மெரிஸ்டமாடிக் ஸெல்களால் அமைந்துள்ளது. அவற்றின் நடுவில் நுனி ஸெல் ஒன்று அமைந்து மற்றெல்லா ஸெல்களையும் தோற்றுவிப்பதைத் தெளிவாகப் பார்க்கலாம். இது படிப்படியாக வளர்ந்து புறத்தோல், புறனி, சாற்றுக் கற்றை, பித் பகுதிகளைத் தோற்றுவிப்பதோடல்லாமல் நுனி ஆக்குத் திசுப் பகுதியையும் எப்போதும் அமைக்கின்றது. இவ்வாறு அது வளரும்போது குறிப்பிட்ட சில ஸெல்கள் குறிப்பிட்ட நுனி ஆக்குத் திசுப் பகுதியில் குருத்துகளை அரும்பச் செய்கின்றன.

இவ்வாறு சிறந்து வளரும் நுனியைக் கிள்ளிவிட்டால் பெர்ன் தாவரங்களில் நிகழ்வதை கீழ்க்கண்டவாறு வரிசைப்படுத்தலாம்.

1. ஓய்வெடுக்கும் நுனி ஆக்குத்திசுப் பகுதி வீறுகொண்டு வளர முற்படுகின்றது.

2. வெட்டுண்ட நுனி ஆக்குத்திசு ஸெல் பகுப்பைத் தொடங்கி வளர்ச்சிக்குரிய தூண்டுதல்களை உள்நோக்கிக் கடத்துகின்றது.

3. சிறு பக்கக் குருத்துகள் வளரமுற்படுகின்றன.

4. அக்குருத்து முனைகளில் முக்கோண வடிவ நுனி ஸெல்கள் அமைந்து ஸெல் பகுப்பைத் தொடங்குகின்றன.

5. இலை மற்றும் வேர் முன் வளர்ச்சிகள் தோன்றுகின்றன.

ஆனால் மலர்த் தாவரங்களில் நுனி ஆக்குத் திசுவைக் கிள்ளிவிட்டால் பல சிக்கலான வழிகளில் எல்லாப் பக்கக் குருத்துகளும் வளர முற்படு கின்றன. இவற்றை ஊக்குவிக்கும் வளர்ச்சி நெறிப்படுத்திப் பொருள்கள் யாவை என்பதையும் அவைகள் செயல்படும் வழிமுறை களையும் அறிய வேண்டியுள்ளது.

குருத்துகள் தூண்டப்படுதலும் தடுக்கப்படுதலும் (Bud induction and inhibition): குருத்துகள் இலைக் கக்கங்களிலும், தண்டு நுனிகளிலும், வேர்களிலும், இலைமுனைச்சிகளில் (Bryophyllum) இலைகள் மீதும் அமைந்து வளர்தலைக் காண்கிறோம். இக்குருத்துகள் வீறுகொண்டு வளருவதைச் செயற்கை முறையில் நிகழ்தலாம். அதற்கு (Indolacetic) அமிலம் போன்ற வளர்ச்சியைத் தூண்டும் அமிலங்கள் பயன்படுத்தப்படுகின்றன.

புதிய குருத்துகள் வளரத் தூண்டுதல் (Induction of buds): நன்ருக வளரும் செடியை அடித்தண்டில் வெட்டிவிட்டால் புதிய குருத்துகள் தண்டுவிளிம்பில் தோன்றுகின்றன. இதனைத்தான் குருத்துகள் வளரத் தூண்டுதல் (Induction of buds) என்கிறோம். மணத்தக்காளிச் செடியின் (Solanum nigrum) அடித் தண்டை வெட்டினுல் அதனைத் தொடர்ந்து வெட்டுப்பட்ட விளிம்புகளில் ஒருவகை தடித்த காலஸ் (Callus) திசு தோன்றுகின்றது. இதன் விளிம்புகளில் புதிய குருத்துகள் வளருகின்றன. இப்புதுக் குருத்துகளை நீக்கி விட்டால் அடுத்து மறுமுறையும் குருத்துகள் தோன்றுகின்றன. இவ்வாறு 10 தடவைகள் புதிய குருத்துகள் வளருகின்றன. இனியும் தொடர்ந்து வளரலாம். ஆனுல் தண்டு வயதாகி இறந்துபடுகின்றது. இது போலவே Povolochko (1937) புகையிலைத் தாவரத்தில் தண்டை வெட்டிச் சோதனை செய்யும்போது ஆர்கிடின் (Orchid) மகரந்தத்தை வெட்டுக்காயத்தில் தடவியதால் மிக அதிகமான குருத்துக்கள் வளர லாயின. எனவே மகரந்தத்திலுள்ள வளர்ச்சியைத் தூண்டும் பொருள்கள் தாவரங்களிலும் இருந்து குருத்து வளர்ச்சியை ஊக்கு விப்பதாக அறியலாம்.

Greenleaf (1937) புகையிலைத் தாவரத்தின் குருத்துகளை வெட்டி விட்டு அவற்றின்மேல் ஆக்சின் தடவியதால் புதிய குருத்துகள் அதே இடங்களில் வளரலாயின.

அடுத்து Populus என்னும் தாவரத்தில் வெட்டுண்ட பகுதியில் Sodium indole acetre acid உயர்ந்த அடர்த்தியில் (Concentration) தடவுவதால் வேர்கள் வளருகின்றன. குறைந்த அடர்த்தியில் தடவினுல் தண்டு மண்டலம் வளருகின்றது.

Chouard (1938) இலை முளைச்சிகளில் ஆராய்ச்சி செய்ததில், இலைகளில் ஆக்சின்களால் குருத்துகள் தோன்றுவதில்லை எனவும், புவியீர்ப்பு இலையின் நிலை ஆகியவற்றைப் பொருத்துக் குருத்துகள் தோன்றுகின்றன எனவும் கண்டார்.

Stoughton, Plant (1938) ஆகியோர் தாவரங்களில் வளர்ச்சித் தூண்டும் பொருள்கள் குருத்துகளை வளரச் செய்வதும் ஆரம்பத்தில் மெரிஸ்டம் திசுக்கள் தோன்றுவதையும் இயக்குவதாக அறிவித்தனர்.

அடுத்து Begonia rex எனப்படும் யானைக்காதுச் செடியில் சாதாரணமாகக் குருத்துகள் காம்பின் அடிப்பகுதியில் வளருகின்றன. ஆனுல் ஆக்சின் கலந்த லனோலின் (Lanoline) இலைப்பரப்பில் தடவு வதால் அங்குக் குருத்துகள் வளருவதை Prevot (1938) விளக்கி யுள்ளார்.

Lilium Larisu என்னும் தாவரத்தின் தண்டை Beal (1988) வெட்டி அதன்மேல் Indole acetic acid தடவிவிட்டால் புறத்தோல், புறனி, இலைக்கக்கம் (Leaf axil) பகுதிகளில் விரைவாக வளர்ச்சி ஏற்படுகின்றது. இலைக்கக்கங்களில் 2 முதல் 3 குருத்துகள் வளருகின்றன. ஆனால் Liliumத்தைச் சேர்ந்த மற்றச் சிற்றினங்களில் Thimann, Skoog (1934) அத்தகைய ஆராய்ச்சியின்போது குருத்துகள் வளராமல் அழிந்துவிட்டன. வேறு சிற்றினங்களில் குருத்துகளுக்கு பதில் வேர்கள் வளரலாயின. மேலும் Flax தாவர நாற்றில் விதையிலைக்குக் கீழே வெட்டிவிட்ட தனுல் புறத்தோல் செல்கள் புதிய குருத்துகளை வளரவிட்டுத் தொடர்ந்து வளர்ந்தன.

அடுத்துக் கடுகு (Bramica) தாவரத்தில் Indole acetic acid தடவியதால் குருத்து வேராக வளர்ந்தது.

மேலும் தண்டு மண்டலத்தில் தோன்றும் முண்டுகளின் (Galls) மேல் வளர்ச்சியைத் தூண்டும் பொருள்களையும் Carcinogemic agents களையும் தடவியதால் புதிய குருத்துகள் தோன்றிக் கிளைகளையும் வேர்களையும் தோற்றிவிட்டன என்னும் ஆராய்ச்சியை Levine (1939) வெளியிட்டார்.

தண்டுநுனி தட்டையாகச் சேவற்கொண்டை (Celosia) தாவரத்தில் வளர்வதை Fasciation என்கிறோம். இவ்வாறு நுனிக்குருத்து அகன்று தட்டையாகி அமைவதே தட்டையான தடித்த வளர்ச்சிக்குக் காரணமாகின்றது. Phaseolus multyflorus என்னும் தாவரத்தில் தட்டையான பாகங்கள் விதையிலைக் கக்கத்தில் வளருகின்றன. ஆக்சின் பசை தடவினுல் இவ்வளர்ச்சி கட்டுப்பட்டு, இவை சாதாரணமாக வளருகின்றன. ஆனுல் Eosin, Ultraviolet கதிர்களை ஏவுவதனுல் தாவரத்தினுள் உள்ள ஆக்சின் அழிக்கப்பட்டு நுனிகள் தடிப்பாகவும் தட்டையாகவும் வளருவதை Tutschova (1937) விளக்கினூர்.

முட்டைக்கோசு (Cabbage) தாவரத்தில் Goldberg (1938) நடத்திய ஆராய்ச்சிகள் ஈண்டு அறியலாம். Indoleacetic அமிலத்தைத் தண்டு வெட்டப்பட்ட நாற்றுக்காயத்தில் தடவுவதால் தண்டுவேர்களும் கிளைகளும் வளரலாயின. இவைகள் யாவும் புளோயம், பித்கதிர்கள் பகுதிகளிலிருந்து வளர்ந்தன. ஆனுல் கேம்பியம், புறனி, எண்டோடெர்மிஸ் சைலம் பகுதிகள் சிறிதளவே வளர்ந்தன. புறத்தோலும், பெரிசைகிளும் மிகக் குறுகிய அளவிற்கே மாறுபட்டன. இத்தகைய வளர்ச்சியின்போது கிளைகள் வளர்ந்தால் சில வேர்கள் மட்டும் வளர்ந்தன. கிளைகளில்லாவிடில் வேர்கள் அதிகமாக வளரலாயின. இத்தகைய சோதனைகளில் இளம் தாவரப் பகுதிகள் முதிர்ந்த பகுதிகளை விடச் சுறுசுறுப்பாக வளர்கின்றன. மேலும் நைட்ரஜன் குறைவான மண்ணில் வளரும் தாவரத்தைவிட நைட்ரஜன் வளமுள்ள மண்ணில்

வளரும் தாவரம் சிறந்த முறையில் Indol acetic அமிலத்திற்காக இயங்கி வீறுகொண்டு வளருவதையும் அறியக்கிடக்கிறோம். அடர்த்தி மிகுந்த Indole acetic, naphthylacetic அமிலங்களை horse radish வேர்த்துண்டங்களில் தடவுவதனால் வேர்கள் சிறந்து வளர்கின்றன. ஆனால் குருத்துகள் வளர்வதில்லை என Lindner (1938) அறிவித்தார். இதுபோலவே seakle roots களிலும் Radula aquatica விலும் நிகழ்ந்ததை Stoughon Plant (1938) மற்றும் LaRue (1942) அறிவிக்கின்றனர். இதுபோலவே Linder கூட அடர்த்தி மிகுந்த மேற்கண்ட அமிலங்களைத் தாவரங்களில் தூவுவதால் குருத்துகளாக வளர வேண்டியவைகள் வேர்களாக வளர்வதைக் கண்கூடாகக் காணமுடிகின்றது.

Limmerman, Hitchcock (1940) ஆகியோர்கள் Althaea தாவரப்பட்டைகளிலிருந்து வளர்ச்சியை ஊக்குவிக்கும் பொருளையும் மட்டுப்படுத்தும் பொருளையும் தனியாக்கினர். எனவே தாவரங்கள் இவ்விரு பொருள்களும் அமைந்து தாவரத்தைச் சரிவர வளரத் தூண்டுவது தெளிவாகின்றது.

செயற்கை முறையில் குருத்துகள் வளர்தல் (Bud formation in Tissue culture): Jerusalem artichoke திசுக்கள் செயற்கை முறையில் வளர்க்கும்போது ஆக்சின் சேர்த்தால்தான் வளருகின்றன என Gautheret (1945) ஆராய்ச்சிகளில் அறிவிக்கின்றார். White புகையிலைதிசு வளர்ப்பில் Indoleacetic அமிலம் அவசியமில்லை என்பதைத் தெளிவாக்குகின்றார். ஏனெனில் புகையிலைத் திசுக்கள் வளரும்போது தாமே Indole acetic அமிலத்தைத் தயாரித்துக் கொள்கின்றன.

செயற்கை முறைக் குருத்து வளர்ப்பில் Indoleacetic அமிலத்திற்குப் பதிலாக Indole butyric naphthalenacetic அமிலங்களை பயன்படுத்தலாம்.

திசு வளர்ச்சியில், எல்ம் கேம்பியத்தை (Elm cambium) வளர்க்கும்போது அதனுடன் 2% குளுகோஸ் சேர்த்து வளர்த்தால் அத்திசுக்கள் குருத்துகளை நன்கு வளரவிடுகின்றன. குளுகோஸ் சேர்க்காவிடில் குருத்துகள் வளருவதில்லை. சாதாரணமாக 1 முதல் 2% வரைதான் குளுகோஸ் சேரவேண்டும். அதற்குமேல் சேர்ந்தால் குருத்துகள் வளருவதில்லை. ஆனால் அந்நிலையில் ஆக்குத் திசுக்கள் வளருகின்றன. 10% குளுகோஸ் வளர்ச்சிக்கு இடையூறாக இருக்கின்றது. செல்களும் இறந்துபடுகின்றன. மற்றச் சர்க்கரை வகைகளும் குருத்துகள் வளருவதை ஊக்குவிக்கின்றன.

ஆனால் elm cambium திசுக்கள் வைட்டமின் B, அல்லது Glycol உள்ள நிலையில் வளருவதில்லை. மேலும் Indole acetic அமிலத்தில் குருத்துகள் வளருவதில்லை.

அடினீன் விளைவு (Effect of Adenine) :—White-ன் திசு வளர்ப்புப் பொருளில் அடினீன் சேர்ப்பதால் கணுக்களும், Callus திசுக்களும் அவற்றில் வளர்ந்து புதிய குருத்துகளைத் தோற்றுவிக்கின்றன. ஆனால் alpha naphthleneacetic (NAA) அமிலத்தை அடினீனுக்கு பதிலாக சேர்ப்பதால் Callus திசு வளர்ச்சிதான் அதிகமாகின்றது. அவற்றுடன் வேர்களும் வளருகின்றன. ஆனால் குருத்துகள் வளருவதில்லை. அடினீன், NAA இரண்டையும் சேர்த்தால் செல்கள் அதிகமாகத் தோன்றுகின்றன. முக்கியமாக பித் (Pith) பகுதி அதிகமாக வளரலாயிற்று, வேறு உறுப்புகள் வளருவதில்லை. இவற்றுடன் phosphate, Sucrose ஆகியன சேர்த்தால் NAA யின் ஆற்றலை எதிர்த்துவிடுகின்றன. எனவே குருத்துகள் திசுக்களில் தோன்றிவிடுகின்றன.

மேலே அறியப்படும் முடிவுகளிலிருந்து உறுப்புகள் வளருவதை இரசாயனப் பொருள்களால் செயற்கை முறையில் திசுக்களை வளர்க்கும் போது கட்டுப்படுத்த முடியு மென்பதைத் தெளிவாக அறிகிறோம். இச் சிறந்த ஆராய்ச்சிகளை Skoog, Tsui (1948) ஆகியோர் ஆராய்ந்து அறிவுறுத்துகின்றனர்.

குருத்து வளர ஈரப்பதன் தேவைப்படுதல்

நீரில் அல்லது ஈரமுள்ள காற்றில் குருத்துகள் நன்றாக வளருகின்றன என Gauthere கூறுகிறார். மாறாக உலர்ந்த காற்றில் குருத்துகள் வளருவதில்லை.

நீர் உள்ள செயற்கைத் திசு வளர்ப்பில் குருத்துகள் வளருவதை புகையிலையில் White (1939)ம், Begoniaவில் Prevot (1938)ம், Althacaவில் Limmermanம் Hitchcock (1940)ம் சேர்ந்து கண்டுபிடித்தனர்.

Elm தாவரத்தின் திசு செயற்கையாக ஆய்வுக்கூடத்தில் ஒளியில் வளர்த்தால் இலைகளுடன் கூடிய குருத்துகள் வளர்ந்தன. இருளில் வளரவிட்டதில் சிறு வளர்ச்சிகளாகவே இருந்தன. எனவே இலைகளுடன் குருத்துகள் வளர ஒளி அவசியமாகின்றது என்பது தெளிவாகின்றது.

இவ்வாறு குருத்துகள் வளருவது இருநிலைகளில் வளருவதை அறிகிறோம். முதலில் ஆக்குத் திசுவளர்ச்சியில் உண்டாகின்றன. இதற்குச் சர்க்கரை தேவைப்படுகின்றது. பின்னே இலைகள் குருத்துகளிலிருந்து வளர ஒளி தேவைப்படுகின்றது.

தண்டு நுனி மெரிஸ்டம் வாழும் முறைகள் : தண்டின் நுனி மெரிஸ்டம் தண்டின் வளர்ச்சிக்கு முக்கிய பகுதியாகும். இது தொடர்ந்து வளரப் போதிய உணவும், புரதம் தயாரித்துக் கொள்ளுதலும், வளர்ச்சியை நெறிப்படுத்தும் பொருள்கள் சரியான அளவில் அமைதலும் இவைகள் யாவும் பகுதிகளுக்கேற்பப் செயலாற்றி நன்கு வளர்தலும் நிகழும் வழிமுறைகளைவும் தெளிவாக அறிய வேண்டும். இது அவ்வளவு எளிதான காரியமல்ல. இப்பிரச்சனையைப்பற்றி Wardlaw (1951) கருத்துகளை விளக்கியுள்ளார்.

தண்டு நுனியில் புரதங்கள் நன்கு தயாரிக்கப்படுகின்றன. அப் பகுதி செல்கள் மிக எளிதாக அமினோ அமிலங்களையும், நைட்ரஜனையும் சேர்த்து விரைவாக புரோட்டோபிளாசத்தை அதிகமாக உற்பத்தி செய்து புதிய செல்களை அமைக்கும் பணியில் ஈடுபடுவதாக Loomis (1937) தெளிவாக்குகிறார். இத்தகைய சீரிய வளர்ச்சி ஏனைய செல்பிரிவு ஏற்படும் பகுதிகளான கேம்பியம் (Cambium), வேர் நுனிகள், மலர்கள், நடுத்தண்டுப் பகுதிகளில் நிகழ்வதில்லை. காரணம் இவற்றால் தாமே மேலே குறிப்பிட்டபடி புரோட்டோபிளாசத்தைத் தயாரிக்க முடிவதில்லை. இவைகளுக்கு ஆல்புமினோய்டு புரதம் கிடைத்தால்தான் புதிய செல்களை தயாரிக்க முடியும். மேலும் அத்தியாவசியமான ஆக்சின் (Auxin)களும் போதிய அளவு நுனி ஆக்குத்திசுப் பகுதிகளிலிருந்து கிடைக்கவேண்டும். இவைகளே நுனிப்பகுதிகள் வளர தேவைப்படும் அத்யாவசியப் பொருள்களை தாவரங்களினுள்ளே கடத்துகின்றன. Stuart (1938) இப்பொருள்பற்றிச் சிறந்த ஆராய்ச்சிகளை வெளியிட்டுள்ளார்.

குருத்து வளர்தலை மட்டுப்படுத்துதல் (Inhibition of Buds) : பலர் இதனைப்பற்றி ஆராய்ச்சிகள் செய்து முடிவுகளை வெளியிட்டுள்ளனர். தொட்டியில் வளரும் Halma (1919) தொட்டியில் வளரும் எலுமிச்சைச் செடியின் (Citrus medica) நுனிக்குருத்தைக் கிள்ளி விட்டபின் தாவரத்தைப் பூமிக்கு இணையாகக் கிடைமட்டமாக வைத்தார். அப்போது மேற்புறமுள்ள பக்கக் குருத்துகள் வேகமாக வளர்ந்தன. ஆனால் கீழ்ப்புறமுள்ளவை வளரவில்லை. இச்செடியை 180°க்கு சுற்றி மேல் கீழாக மாற்றி அமைத்தபின், வளராமலிருந்த பக்கக் குருத்துகள் வளர முற்பட்டன. ஏற்கெனவே வளர்ந்திருந்த குருத்துகளின் வளர்ச்சி குறையலாயின. எனவே குருத்துக்கள் வளர்தலை மட்டுப்படுத்தும் பொருள்கள் புவியீர்ப்புச் சக்தி இயங்கும் நேர்கோட்டின்படி கீழே கடந்து அடைவதால் தண்டின் கீழ்ப் பகுதியிலுள்ள குருத்துகள் வளர்வதில்லை என்பது தெளிவாகின்றது.

14. ஃபைடோகுரோம்களும் ஒளி உருவத்தோற்றியியலும் (Phytochromes and Photomorphogenesis)

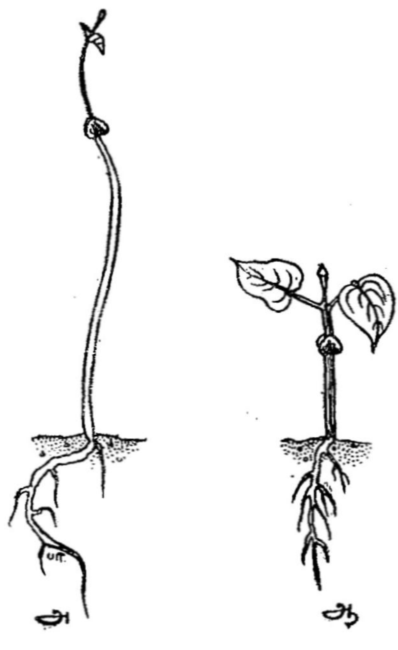
தாவரங்களின் வாழ்விலே ஒளியின் பங்கு முக்கியத்துவம் வாய்ந்தது. அது தாவர வளர்ச்சி ஒளிச்சேர்க்கை, நிறமேறுதல் (Pigmentation), மற்றும் எத்தனையோ வளர்சிதை மாற்றங்களை நேரடியாகவும் மறைமுகமாகவும் கட்டுப்படுத்துகின்றது. ஒளியினால் தாவர உருவத்தோற்றங்களில் (Morphogenesis) ஏற்படும் மாறுதல் களை ஒளி உருவத்தோற்றியியல் (Photomorphogenesis) என்கிறோம்.

சோதனைக்காக ஒரே மண்கலவையிலுள்ள இரு தொட்டிகளில் இரு அவரை விதைகளை விதைத்து ஒன்றினை சூரிய ஒளியிலும் மற்றதனை இருளிலும் வைத்தால், முன்னது கட்டையாகத் திடமான தண்டுடன் அகன்றமைந்த பசுமை இலைகளுடன் வளர்கின்றது. ஆனால் பின்னது வலுவில்லா நீண்ட தண்டுடனும் பசுமை நிறமற்ற சிறு இலைகளுடனும் படத்திலுள்ளவாறு (படம் 14-1) வளர்கின்றது. இதற்குக் காரணம் முன் னது பெறும் ஒளியின் அளவும் தன்மையுமேயாகும். எனவே தக்க ஒளி பெற்றுத் தாவரத்தின் அமைப்பை நெறிப்படுத்துவதற்கு சில முக்கிய பொருள்கள் தாவரங்களிலேயே இருப்பதாக அறிகிறோம். இவைகளே ஒளி உருவத்தோற்றியியலுக்கு அடிப்படைக் காரணங்களாகின்றன.

வெண்மை ஒளியின் சிவப்பு ஒளி (Red light of the white light spectrum): இலைக்கோசு (Lattuce or lactuca sativa) விதைகளை இருளில் வளரவிட்டால் பெரும்பான்மையானவைகள் வளர்வ

தில்லை. ஆனால் சிவப்பு ஒளியை (600 mμ) ஒரு விநாடி அவ்விதைகளின் மீது விழச் செய்தால் அவைகள் யாவும் வளர்கின்றன. இவற்றின் மீது உடனே தூரச் சிவப்பு ஒளியை (730 mμ Far red light) ஒரு விநாடி விழச் செய்தால் முன்னே சிவப்பு ஒளியினால் ஊக்குவிக்கப்பட்ட விதை வளர்ச்சி நிறுத்தப்படுகின்றது.

இச் சோதனையைப் பன் முறை செய்து கருத்துணர்த்திய பெருமை பர்த்விக் (Borthwick 1952) அவர்களைச் சாரும்.

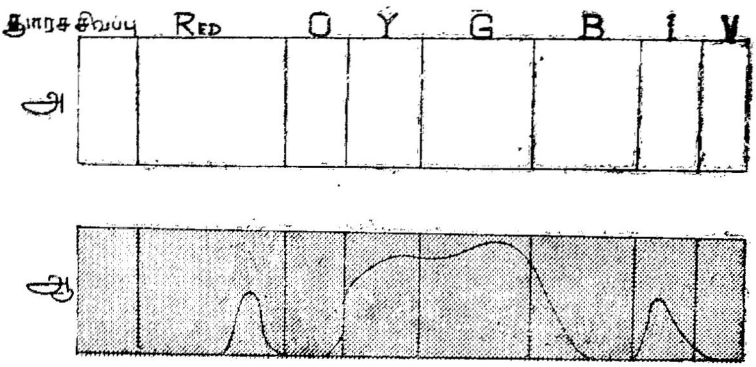


படம் 14-1.

அ-இருளில் வளர்ந்தநாற்று ஆ-ஒளியில் வளர்ந்த நாற்று

மருளூமத்தையில் சோதனை : இது போலவே மருளூமத்தை (Xanthium) என்னும் குறைந்த பகல் தாவரம் (Short day plant) குறைந்த சூரிய ஒளிக்காலங்களில் மலர்களைத் தோற்று விக்கின்றன. இத்தாவரத்திற்கு நீண்ட இருட்காலம் அவசியமாக உள்ளது.

இருளில் உள்ள தாவர மொன்றிற்கு அவ்வப்போது சிவப்பு ஒளி (600 mμ) விழச் செய்வதால் அவைகள் மலர்களைத் தோற்றுவிப்பதில் தாமத மேற்படுகின்றது. ஆனால் இவ்வாறு சிவப்பு ஒளி விழுந்தபின் தூரச் சிவப்பு ஒளியை (730 mμ Far red light) அதே தாவங்களின் மேல் விழச் செய்தால் சிவப்பு ஒளியினால் ஏற்பட்ட மாற்றங்களைச் சரிப்படுத்தி எப்போதும் போல் சீக்கிரத்திலேயே மருளுமத்தை மலர மூற்படுகின்றது.



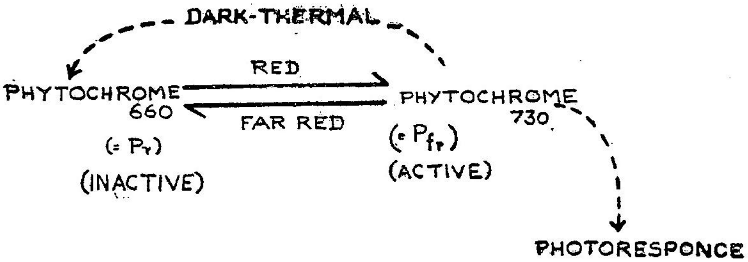
படம் 14-2. அ-சூரிய ஒளி நிறமாலை தூரச்சிவப்பு புலப்படுவதில்லை. ஆ-குளோரோஃபில் நிறமாலை. கருமைப் பகுதிகளை குளோரோஃபில் கிரகித்துவிட்டது

ஃபைடோகுரோம்கள் (Phytochromes)

மேலே விவரித்த சோதனைகளிலிருந்த இலைக்கோசு விதைகளிலும், மருளுமத்தைத் தாவரங்களிலும் ஒருவகை நிறமியிருக்க வேண்டுமென (Pigment) முடிவு செய்யப்பட்டது. இந்நிறமிக்கு ஒளி மாறுபாட்டு இயல்பு (Photo reversible receptor) இருக்க வேண்டுமெனவும் தெளிவாகியது. இந்த ஒளி மாறுபாட்டு இயல்புடைய நிறமியை (Photo reversible receptor pigment) ஃபைடோகுரோம் (Phytochrome) என பட்லர் (Butler) 1959-ல் பெயரிட்டார். இருளில் வளரும் வெளிறிய (Etiolated) மக்காச்சோளம், ஓட்ஸ் (Oats), பார்லி (Barley) நாற்றுகளிலிருந்து இந்த ஃபைடோகுரோம் தனியாக்கப் பட்டது.

ஃபைடோகுரோம் ஒருவகை ஊதா நிறமுள்ள நிறமி. இது தாவர செல்களின் சைட்டோபிளாசத்தில் உள்ளது. இது இருவகை நிலைகளில் இயங்குகின்றது.

(i) சிவப்பு ஒளியைப் பெறும் ஃபைடோகுரோம் (Phytochrome red absorbing form) *Pr* எனக் குறிப்பிடப்படுகின்றது. இது இருளில் திடமாக அமைந்து 660 mμ அளவிலுள்ள சிவப்பு ஒளியைப் பெறும் சக்தி படைத்தது. அவ்வாறு 660 mμ சிவப்பு ஒளி பெற்றவுடன் அந்த 'ஃபைடோகுரோம்' தூரச் சிவப்பு ஒளியை (730 mμ) பெறும் ஆற்றலை அடைகின்றது (Far-red light).

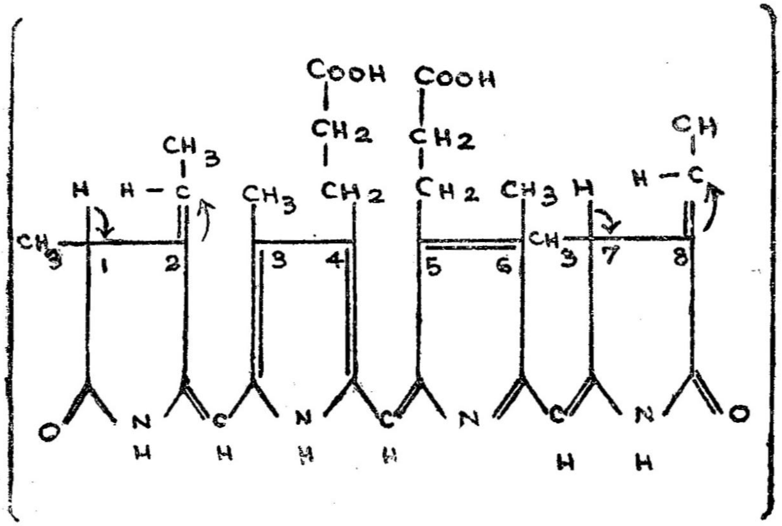


படம் 14-3. ஃபைடோகுரோமின் மாறுபாடுகள்

(ii) இந்த தூரச் சிவப்பு ஒளியைப் பெறும் ஃபைட்டோகுரோமின் நிலையை *Pfr* எனக் குறிப்பிடுகிறோம். இதற்குத் தூரச் சிவப்பு ஒளி பட்டால் உடனே ஒளி மாறுபாட்டு இயல்பை யடைந்து மறுபடியும் முதல் நிலையான சிவப்பு ஒளியைப் பெறும் ஆற்றல் படைத்த *Pr* ஃபைட்டோ குரோம் நிலையை அடைகின்றது.

இத்தகைய மாறுபாடுகளைச் சுற்றுப்புற உஷ்ணநிலை 20°C அளவி லிருந்தாலும் ஃபைடோகுரோம்களின் இவ்வியல்புகளை மாற்ற முடிவதில்லை.

ஃபைடோகுரோமின் இரசாயன அமைப்பு : இது ஒரு சிக்கலான அமைப்புடைய புரதமுள்ள நிறமி (Pigment protein complex). இது 4 பிர்ரோல்களை (Pyrrole) யுடைய (Tetrapyrrole அமைப்பைப் படத்திலுள்ளவாறு பெற்றமைந்துள்ளது. தாவரங்களின் செல்களி லுள்ள ஃபைடோகுரோம்கள் யாவும் ஒரே அமைப்புடையனவாகும். ஆனால் அவைகள் அமையும் உறுப்புக்களுக்கு ஏற்றவாறு இயல்புகளைக் கொண்டு இயங்குகின்றன.



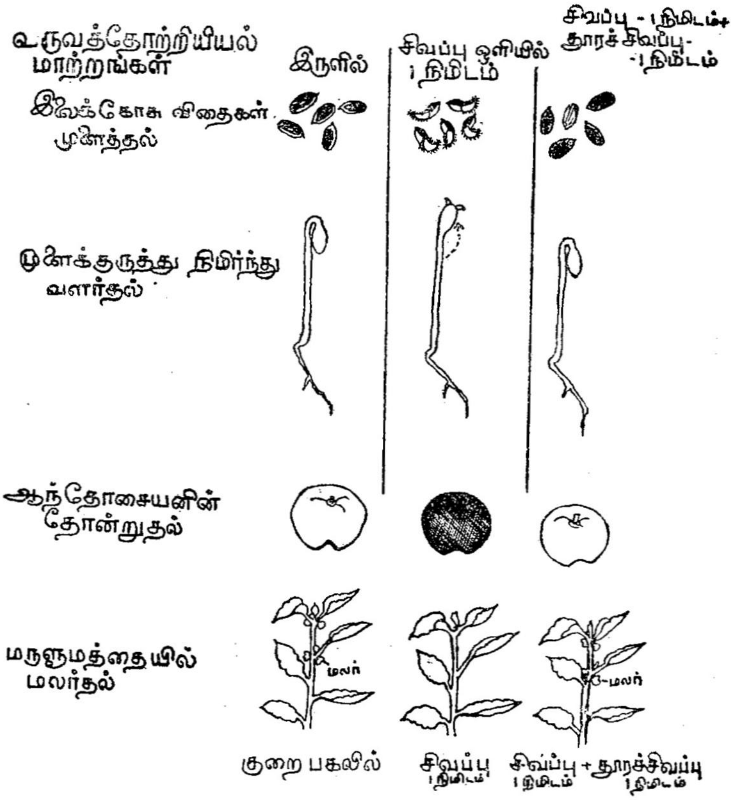
படம் 14-4. ஃபைடோகுரோம் அமைப்பு (Phytochrome)

ஃபைடோகுரோம்களால் சில தாவரங்களில் ஏற்படும் ஒளி மாறுபட்டு இயல்புகளும் ஒளி உருவத் தோற்றியியல் மாறுபாடுகளும் (Photoreversible Morphogenic changes in plants showing Photomorphogenesis)

எண்	தாவரப் பெயரும் ஒளி உருவத் தோற்றமாற்ற மடையும் பாகமும்	இருளில் சிவப்பு ஒளி தாவர பாகத்தில் விழுவதனுல் ஏற்படும் இயல்புகள்	சிவப்பு ஒளிக்குப்பின் தூரச் சிவப்பு ஒளி படுவதால் ஏற்படும் இயல்பு மாறுதல்
1.	மருளுமத்தையில் (Xanthium) மலர்தல்.	மலர்தல் நின்றுவிடுகின்றது	சிவப்பு ஒளியினுல் ஏற்பட்ட மாறுதலை எதிர்மாருக்கி விடுகின்றது
2.	இலைக்கோசி (Lactuca-sativa)விதை முளைத்தல்	நன்ருக முளைக்கிறது	,,
3.	ரட்ஜர் தக்காளி பழத் தோல் நிறம்	அதிகமாகின்றது	,,

எண்	தாவரப் பெயரும் ஒளி உருவத் தோற்றமாற்ற மடையும் பாகமும்	இருளில் சிவப்பு ஒளி தாவர பாகத்தில் விழுவதனுல் ஏற்படும் இயல்புகள்	சிவப்பு ஒளிக்குப்பின் தூரச் சிவப்பு ஒளி படுவதால் ஏற்படும் இயல்பு மாறுதல்
4.	சிவப்பு கிட்னி (Red kidney beans) அவரை நாற்றி வெளிறிய நிலை	ஹைபோகார்டில் நீழ்வதை குறைத்தல் இலைகளை அகல மாக்குகின்றது முளைக் குருத்தின் வளைவை நிமிர்த்துகின்றது	”
5.	சிவப்பு முட்டை கோசு ஆந்தோசையனின் தயாரித்தல் (Anthocyanin synthesis)	சிறப்பாக ஆந்தோசையனின் தோன்றுதல்	”
6.	பயறு விதையின் முளைக் குருத்து வளைவு தோன்றுதல் (Phaseolus Valgaris)	சிறப்பாக முளைக் குருத்து வளைவு தோன்றுதல்	”
7.	அதே பயறு நாற்றில் குளோரோஃபில் (Chlorophyll) தோன்றுதல்	அதிகமாகத் தோன்றி ஊக்குவித்தல்	”
8.	மார்சீலியா வெஸ்டிடா (Marselia Vestita) பெர்ன் தாவரம் நீண்டு வளர்தல் (elongation)	பெர்ன் தாவரம் நீண்டுவளர்தலை மட்டுப்படுத்துதல்	”
9.	சைநாபிஸ் ஆல்பாவில் (Sinapis alba) ஹைபோகாடில் வளைவில் மயிரிழைகள் தோன்றுதல் (Hair formation along hypocotyl)	அதிகமான மயிரிழைகள் தோன்றுகின்றன	சிவப்பு ஒளியினுல் ஏற்பட்ட மாறுதலை எதிர்மாருக்கி விடுகின்றது
10.	சைநாபிஸ் ஆல்பாவில் அஸ்கார்பிக் அமிலம் (Ascorbic acid) தயாரித்தல்	அதிகமாகத் தயாரிக்கப்படுதல்	”
11.	சைநாபிஸ் ஆல்பாவில் விதையிலைகள் புரோட்டீன் தயாரித்தல்	அதிகமாகத் தயாரிக்கப்படுதல்	”

இவற்றைக் கீழ்காணும் சில படங்கள் மூலமாகத் தெளிவாக அறிந்து கொள்ளலாம்.



படம் 14-5. சிவப்பு, தூரச்சிவப்பு ஒளிகளால் தாவரங்கள் சிலவற்றில் காணப்படும் உருவத் தோற்றியியல் மாற்றங்கள் 'Phytochrome'

(*After HN. Srivastava 'Phytochrome'*)

Pfr எங்ஙனம் இயங்குகின்றது

ஒளி உருவத்தோற்றியியல் *Pfr* எனப்படும் ஃபைட்டோ குரோம்கள் (Phytochrome)தாம் ஒளிமாறுபாடுகளை இயக்குகின்றன என அறிந்துள்ளோம். அவை எங்ஙனம் இயங்குகின்றன என அறிய Hans Moht செய்த சோதனையை அறியலாம். இவர் கடுகு விதையின் ஹைபோகாடில் (Hypocotyl) வளையத்தைச் சிறு குறுக்குத் துண்டு களாக வெட்டி அவற்றிற்கு சிவப்பு ஒளி (Red light) படுமாறு செய்ததில் *Pfr* ஃபைட்டோகுரோம்கள் புறத்தோலுக்கு (Epidermis) அடியிலுள்ள செல் வரிசைகள் யாவும் ஆன்தோசைனின் (Anthocyanin) என்னும் நிறமியைத் தோற்றுவிக்கின்றன. ஏனைய பகுதிகள்

தோற்றுவிப்பதில்லை. எனவே குறிப்பிட்ட புறத்தோல் அடியிலுள்ள சில செல் வரிசைகளுக்கு மட்டும் *Pfr* இருந்து ஒளி உறுப்பமைப்பியலில் மாறுபாடுகளைத் தோற்றுவிக்க முடியுமாயின் அத்தன்மையை அது இயற்கையாக (குரோமோசோம்களின்) ஜீன்களின் DNA அமைப்பின் வாயிலாகப் பெற்றிருக்கவேண்டும்.

ஃபைட்டோகுரோம்கள் மட்டுமல்ல: தொடர்ந்து Hans Mohr (1957), H. W. Sigelman, S. B. Hendricks (1957) ஆகியோர் ஒளி உருவத் தோற்றியியல் மாறுதல்களை அடைந்த பாகங்களின் ஒளிவண்ணப்பட்டை (Spectra)யை ஆராய்ந்ததில் *Pfr* ஃபைட்டோகுரோம்கள் மட்டுமன்றி ஒளிக்கிரியை (light reactions)களும் அந்த மாறுதல்களுக்குக் காரணமாக உள்ளதாக அறியமுடிந்தது. அத்தகைய ஒளிக்கிரியைகள் இருவகைப்படுகின்றன.

(i) குறைந்த சக்திக் கிரியை (Low Energy reaction). இதற்குத் தாவரங்களின்மீது குறைந்த ஒளியை மிகக் குறுகிய காலத்திற்கு விழச் செய்தல். இதனால் சிவப்பு, தூரச் சிவப்பு ஒளிக் கிரியைகள் நிகழலாம்.

(ii) அதிக சக்திக் கிரியை (High Energy reaction). இதற்குத் தாவரங்களின் மீது மிக அதிகமாக ஊதா, தூரச் சிவப்பு ஒளியை விழச்செய்தல்.

இவ்விரு வகைச் சக்திக் கிரியைகளைப் பற்றி இலைக்கோசு (Lettuce) விதை முளைத்தலில் அறியலாம்.

பரிசோதனை: இருளில் இலைக்கோசு விதைகளை முளைக்க விட வேண்டும். இவற்றின் சிறு நாற்றுகளுக்கு முளைக்குருத்து வளையம் இல்லை (Plumular hook). ஆனால் மிகக் குறுகிய காலத்திற்குக் குறைந்த ஒளியை (Low intensity of light) விழச் செய்தால் சிறு நாற்றுகளில் முளைக்குருத்து வளையம் தோன்றுகின்றது. ஆனால் குறைந்த ஒளி கொடுத்த உடனேயே தூரச் சிவப்பு ஒளி படச் செய்தால் முளைக்குருத்து வளையம் தோன்றுவதில்லை. ஆனால் முளைக்குருத்து வளையம் ஒரு முறை தோன்றிவிட்டால் அதனைக் குறைந்த ஒளி விழச் செய்து நிமிர்த்தமுடியாது.

அந்த முளைக்குருத்து வளையத்தை நிமிரச் செய்யவேண்டுமானால் அதிக சக்தி வாய்ந்த (High intensity of light) ஊதா அல்லது தூரச் சிவப்பு ஒளியை விழச் செய்து அதிகச் சக்திக் கிரியைகளை ஊக்குவிக்க வேண்டும். எனவே முளைக்குருத்து வளையம் தோன்றும் நிகழ்ச்சி

குறைந்த ஒளிச் சக்தியினால் ஏற்படுவதொன்றாகும். இதனை ஃபைட்டோ குரோம்களே இயக்குகின்றன. ஆனால் முளைக்குருத்து வளையத்தை நிமிர்த்தும் செயல் அதிக சக்திக் கிரியை (High energy reaction) நிகழ்ச்சியாகும்.

ஆந்தோசையனின் (Anthocyanin) கடுகு நாற்று, முட்டைக் கோசுகளில் தோற்றுவிப்பதற்கு முதலில் அதிக சக்திக் கிரியையை நிகழ்த்தும் சக்தி வாய்ந்த ஊதா தூரச் சிவப்பு ஒளியை அதிக நேரம் விழச்செய்ய வேண்டும். இது தொடர்ந்து *Pfr* ஃபைட்டோ குரோம்கள் கிரியைகளை நிகழ்த்த ஏற்ற சூழ்நிலைகளை உருவாக்கு கின்றது.

முடிவுகள்: இவ்வாறு (i) ஃபைட்டோ குரோம்களாலும், (ii) ஒளியினால் சக்திக் கிரியைகள் (Light energy reactions) நிகழ்த்துவதாலும் தாவரங்கள் ஒளி உருவத் தோற்றியியல் (Photo morphogenesis) மாறுபாடுகளைத் தம் வளர்ச்சிகளில் தோற்றுவிக் கின்றன. இவற்றிற்கு ஜீன்களும் (Genes) அடிப்படைக் காரணமாக இருக்கவேண்டுமென முடிவு செய்துள்ளோம். இருப்பினும் நாம் (i) ஃபைட்டோகுரோம்களின் அமைப்பையும், (ii) அதன் கிரியை முறைகளைப்பற்றியும், (iii) ஃபைட்டோகுரோம்களினால் தோற்றுவிக்கப் படும் பொருள்களுக்கும் ஆக்சின்கள் (Auxin), கிப்ரல் லின்கள் (Gibberellins), கைனின்கள் (Kinins), ஃபிளாரிஜன் (florigen) ஆகியனவற்றிற்கும் இடையே நிகழும் கிரியைகளையும் அதனால் தாவர உருவத் தோற்றியியலில் (Morphogenesis) ஏற்படும் மாறுதல்களைப் பற்றியும், (iv) தாவரங்களில் அதிக சக்திக் கிரியையின் (High energy reactions) வரையறை பற்றியும் இன்னமும் நாம் தெரிந்துகொள்ள வேண்டிய உண்மைகள் உள்ளன.

15. கருக்களும் இரசாயன மூலக்கூறுகளும்
(Molecular Biology of Embryos)

உயிரியல் இன்று ரசாயன மூலக்கூறுகளின் அடிப்படையிலே அறியப்படுகின்றது. முன்னமேயே DNA, RNA மூலக் கூறுகள் எங்ஙனம் செல்களின் முக்கிய பாகங்களை அமைக்கின்றன என்று ஓரளவு அறிந்தோம். அத்தகைய மூலக் கூறுகளும் இன்னும் பல கரு வளர்ச்சியின்போது பங்கு கொண்டு உருவத் தோற்றியியல் (Morphogenesis) நெறிகளை இயக்குகின்றன. இவற்றை DNA-களால் அமையப்பெற்ற ஜீன்களே ஆட்டிப்படைத்தலும் அந்த ஜீன்கள் எங்ஙனம் குறிப்பிட்ட புரதங்களை (Proteins) தயாரிக்க இயக்கு கின்றன என்பதையும் அறியலாம்.

புரதத் தயாரிப்பைக் கீழ்க்காணும் கட்டங்களாக அறியலாம் :

1. குரோமசோமில் DNAயின் நியூக்லியோடைடுகளின் அமைப்பு.

2. புரதம் தயாரிக்கும் பகுதிகள் ரைபோசோம்கள் (Ribosomes).

3. DNA—ரைபோசோம்களை இயக்கத் தூது RNA (Messenger RNA)க்களைத் தோற்றுவிக்கின்றன.

4. இந்தத் தூது RNAக்களுடன் கரையும் RNA (Soluble RNA)க்கள் ரைபோசோம்களிலுள்ள அமினோ அமிலங்களுடன் சேர்ந்து இறுதியாகத்தான் புரதங்கள் அமினோ அமிலங்களிலிருந்து தயாரிக்கப்படுகின்றன. இந்த RNAகள் எங்ஙனம் அமைந்து இயங்கு கின்றன என அறிந்துகொண்டால் கரு வளர்ச்சியும் உருவத் தோற்றி யியலும் நிகழும் விதத்தை அறிந்துகொள்ளலாம். இந்த RNAகளைப் பற்றி நான்கு முறைகளில் அறிந்துகொள்ளலாம்.

(1) ஆடோ ரேடியோகிராஃபி (Auto Radiography). (2) Differential Centrifugation. (3) Stimulation of Cell-free ribo-

somes. (4) மூலக்கூறுகள் கலத்தல் (Molecular hybridization).

(1) Auto Radiography : செயற்கை முறையில் வளரும் செல் களுக்கு அளிக்கப்படும் உணவுப் பொருள்களில் கதிரியக்கமுள்ள சில அணுக்களை (Radio active atom) சேர்த்துவிட வேண்டும். செல் அவற்றை உட்கிரகித்துப் பல பகுதிகளில் நிலைக்கச் செய்கின்றன. இவ்வாறு வளர்ந்த செல்களைக் குறுக்கு வெட்டுத் தோற்றத்தைப் புகைப் படமெடுத்தால் அதில் கதிர் வீச்சுடைய அணுக்கள் கருப்புப் புள்ளிக ளாகத் தெரியும். எனவே RNAகளை இம்முறையில் தெளிவாக அறியலாம். இருப்பினும் கருப்புப் புள்ளிகள் பெரிதாக விழுவதால் மிகத் தெளிவாகக் கண்டறிய முடியவில்லை.

(2) Differential centrifugation : செல்களில் கதிரியக்க அணுக்கள் உட்கிரகிக்கப்பட்டுத் தன்மயமான பிறகு அந்த செல் புரோட்டோபிளாசத்தை ரசமாக்கி அதனை Centrifuge செய்தால் கனமான துகள்கள் குழாயின் அடிப்பகுதியிலும் இலேசானவைகள் மேலேயும் மிதக்கின்றன. இவ்வகையில் RNAகளைத் தனிப்படுத்தித் தெளிவாக அவற்றை அறியலாம்.

(3) Stimulation of Cell-free Ribosomes : செல்களி லிருந்து பிரித்தெடுத்த ரைபோசோம்களைத் தக்க நிலையில் வைத்து அவற்றுடன் தூது RNAகளைக் கலந்தால் அந்த ரைபோசோம்கள் புரோட்டீன்களை அமினோ அமிலங்களிலிருந்து தயாரிக்கலாம். (ரைபோ சோம்களைத் தக்க நிலையில் மேலே குறிப்பிட்டவாறு அமைக்க இன்ன மும் ஆராய்ச்சிகள் நடந்தபடியுள்ளன.)

(4) மூலக்கூறுகள் கலத்தல் (Molecular hybridization): DNAயிலிருந்து ஒரு RNA தோற்றுவிக்கப்பட்டுள்ளது. இந்த RNA மறுபடியும் மற்ற DNAஐ அடைந்து அதன்மேல் படிந்தால், அந்த RNAஐத் தோற்றுவித்த DNAயும் பிறகு அது போய்ப் படிந்த பிறிதொரு DNAயும் ஒரே மாதிரியானவையென அறிந்துகொள்ளலாம். இதனை Molecular hybridization (மூலக்கூறுகள் கலத்தல்) எனலாம். இவ்வகையில் செல்களின் RNAகளையும் DNAகளையும் அடையாளம் கண்டுகொள்ளலாமா?

இத்தகைய முறையில் இதுவரை நம்மால் அறிந்து கொள்ள முடிவது மிகக் குறைவேயாகும். இருப்பினும் கருவளர்ச்சியில் Molcular Biology தற்போது எவ்வளவு தூரம் முன்னேறிக் கொண்டு இருக்கிறது என்பதனை அறிந்தால் உருவத் தோற்றியியல் கருத்துக்களுக்குச் சில கலங்கரை விளக்கங்கள் தெரியலாம்.

1. செல் வளர்ச்சிக்குப் புரதங்கள் தேவைப்படுகின்றன. புரோட்டீன்களின் உற்பத்திக்கு RNAகள் ரைபோசோம்களை அமினோ அமிலத்துடன் இயக்கவேண்டும்.

முட்டை கருவுற்ற தருவாயில் ரைபோசோம் RNAகள் இல்லை; செல் புரோட்டோபிளாசம் அவற்றைத் தோற்றுவிக்க வேண்டும். இந்த நிலையில் கதிரியக்க RNA கச்சாப் பொருள்களை (Radio active raw material for RNA) முட்டைக்கு அளிக்கவேண்டும். அப்போது முட்டையில் இந்தக் கதிரியக்கக் கச்சாப் பொருள் எப்பகுதிகளில் எந்த RNA மூலக் கூறுகளைத் தோற்றுவிக்கின்றன என Centrifugation முறையில் அறிய ஆராய்ச்சியாளர்கள் முற்படுகின்றனர். இதன் விளைவாக U.S.A., U.S.S.R. ஆராய்ச்சி நிலையங்களில் புதிய வகையான RNA துகள்கள் முட்டை கருவுற்ற நிலையில் உண்டாவதாக அறிவித்துள்ளனர். இவற்றை இன்ஃபார்மசோம்கள் (Informosomes) எனக் குறிப்பிட்டுள்ளனர். இவைகள் ரைபோசோம்களைவிடச் சிறியன. அமைப்புப் புரதம் கலந்த தூது RNA (Messenger RNA combined with protein) வாக உள்ளன. இந்த இன்ஃபார்மசோம்கள் (Informosome) கரு வளர்ச்சியியலிலும் உருவத்தோற்றியியல் (Morphogenesis) சிக்கல் நிறைந்த ஆராய்ச்சிகளுக்கும் தெளிவு கொடுக்கலாம்.

இந்த நிலைகளில் மூலக்கூறு உயிரியலறிஞர்கள் (Molecular biologists) கருவளர்ச்சி நிலைகளில் [illegible] கட்டங்களை அறிய முற்படுகின்றனர். உதாரணமாக, கரு வளரும்போது செல்களும் திசுக்களும் பல்வேறு உறுப்புக்களைத் தோற்றுவிக்க அவைகளே வேறுபாடுகளைத் தோற்றுவிக்கின்றன. மூளை, இருதயம், கண், கல்லீரல் இன்னும் உள்ள பல உறுப்புக்களைத் தோற்றுவிக்க அந்த இளம் கருவில் உள்ள செல்களில் வெவ்வேறு வகையான தூது RNAகள் தோற்றுவிக்கப்படுவதாக அறிகிறோம். (a) இந்தத் தூது RNAகள் எப்போது எவ்விடத்தில் வேற்றுமைகளுடன் தோற்றுவிக்கப்படுகின்றன? (b) தசை நார் செல்களிலுள்ள புரோட்டீன்களுக்கும் மற்றுள்ள நுரையீரல் செல்களிலுள்ள வேறுவகையான புரோட்டீன்களைத் தோற்றுவிப்பதில் தூது RNAகள் எங்ஙனம் இயங்குகின்றன என இப்படி எதிர் கொண்டு நிற்கும் ஆராய்ச்சிக் கேள்விகளுக்கு மூலக்கூறு உயிரியலறிஞர்கள் (Molecular biologists) உண்மைக் கருவூலங்களைத் தெரிவித்தால் கருவளர்ச்சியியலுக்கும் உருவத்தோற்றியியலுக்கும் (Morphogenesis) அடிப்படை மூலக்காரணங்களை அறியமுடியும்.

16. கருவளர்ச்சியும் நாற்றுவளர்ச்சியும்
(Growth of Embryos and Seedlings)

கருவளர்ச்சி செல் பகுப்பினுல் நிகழ்கின்றது. நாற்று வளர்ச்சி பொதுவாக செல்கள் பெரிதாக நீழ்ச்சியடைவதனுல் ஏற்படுகின்றது. எனவே இவ்விரு வளர்ச்சிகளும் சிறிது வேறுபட்டவைகளாகின்றன. ஆயினும் நாற்றின் குருத்துகள் வளருவது கருவளர்ச்சியின்போது ஏற்பட்ட உயிர் வேதியியல் மாற்றங்களைப் பொருத்ததாக உள்ளது.

தேங்காய்ப் பாலும் கருவளர்ச்சியும் (Growth of embryos influenced by coconut milk): தேங்காய்ப் பாலில் மூன்று வித வளர்ச்சி நெறிப்படுத்தும் பொருள்கள் உள்ளன.

1. கரு வளர்ச்சிப் பொருள் (Embryo factor): இது செல்களை பகுப்படைவதன் மூலம் அதிகப்படுத்தி மெரிஸ்டெம் வளர்ச்சியை ஊக்குவிக்கின்றன.

2. ஆக்சின்கள் இருப்பதால் வேர்களில் வளர்ச்சி குறைக்கின்றது.

3. இலை வளர்ச்சிப் பொருள் (Leaf factor): இது விதையிலைகளின் (Cotyledons) வளர்ச்சியை கட்டுப்படுத்துகின்றது. இது ஒளியில் சிறப்பாக நிகழ்கின்றது.

முதிர்ச்சியுற்ற கரு வளரத் தேவைப்படும் பகுதிகளைப் பெற்றுள்ளதால் அது செயற்கை முறையில் ஆய்வுக்கூடத்தில் தேங்காய்ப் பாலில் சிறப்பாக வளருகின்றது. மேலும் முதிர்ச்சியுருத கருக்களும் அப்பாலில் தொடர்ந்து செல் பகுப்படைந்து வளருகின்றன. இதனை Overbeek, Conklin, Blackslee (1941-42) ஆராய்ந்து அறிவுறுத்தினர்.

செயற்கை முறையில் ஆய்வுக்கூடத்தில் கருக்களை வளர்க்க கீழ்க் காணும் பொருள்களினால் செய்யப்பட்ட கலவையை உபயோகிக் கின்றனர்.

(i) அகார் (Agar)
(ii) தாது உப்புக்கள் (Minerals)
(iii) டெக்ஸ்ட்ரோஸ் (Dextrose)
(iv) வைடமின்கள் B_1, B_6, C
(v) பேன்டோதனிக் அமிலம் (Pantothenic acid)
(vi) நிகோடினிக் அமிலம் (Nicotinic acid)
(vii) அடினீன் (Adenine)
(viii) கிளைசீன் (Glycine)
(ix) சக்சினிக் அமிலம் (Succinic acid)

இவற்றுடன் கருவளர்ச்சிப் பொருளையும் (Embryo factor) சேர்த்துப் பிறகு அக்கலவையில் சிறு கருக்களை வளரவிட்டதில் அவைகள் சுமார் 500 முதல் 3500 மடங்கு பெரிதாகி வளர்கின்றன. இக் கருக்கள் உருவத்தில் சாதாரண அமைப்பைப் பெற்றிருப்பினும் ஸெல்களின் எண்ணிக்கை மிக அதிகமாகியது.

ஆனால் மேற்கூறிய செயற்கைக் கலவையில் கருவளர்ச்சிப் பொருளை (Embryo factor) சேர்க்காது விட்டால் கருக்கள் வளருவ தில்லை. ஒருசில கேலஸ் (Callus) போன்று வளருகின்றன.

இந்தக் கருவளர்ச்சிப் பொருளைச் சில நாட்கள் கழித்துக் கருக் களுக்கு அளித்தால் அவைகள் வளருவதில்லை. எனவே தக்க சமயத்தில் இந்தக் கருவளர்ச்சிப் பொருள் கருவைச் சேரவேண்டுமென்பது விளங்குகின்றது.

தாவரங்களும் அவற்றின் கருவளர்ச்சியும்: செயற்கை முறையில் கரு வளர்வது அது சார்ந்த தாய்த்தாவரத்தின் வளரும் நிலையைப் பொருத்ததாகும். கண்ணாடிக் கட்டிடங்களில் (Green House) வளர்த்த தாவரங்களின் கருக்கள் வெயிலில் வளர்ந்த தாவரங்களின் கருக்களைப் போல் சிறந்து வளருவதில்லை. அவைகள் வளராமலேயே இருந்து விடுகின்றன. எனவே சூரிய ஒளியில் வளர்ந்த தாவரம் தன் கருக் களுக்குக் கருவளர்ச்சிப் பொருளைக் கொடுப்பதை அறியமுடிகிறது.

ஊமத்தைக் கருக்களை, தேங்காய்ப்பால் கோதுமைக் கரு, ஆப்பிள் குருத்துக்கலவை கலந்த செயற்கைக் கலவையில் வளரவிடுவ

தால் நன்கு வளருகின்றன. இவற்றைக் கண்ணாடிக் கட்டிடங்களில் மேலும் தாவரமாக வளர்த்ததில் அதற்கு வேர்மண்டலமும், தண்டு, 30 இலைகள், மலர்கள், கனிகள் ஆகியன வளர்ந்தன என Van Overbeek (1942) தம் ஆராய்ச்சிகளில் கண்டறிந்தார். எனவே தேங்காய்ப் பால் உபயோகிப்பதால் அதிலுள்ள ஆக்சின்கள் வேர் வளர்ச்சியைக் கட்டுப்படுத்துகின்றதையும் அறியமுடிகின்றது. மேலும் அந்த ஆக்சின் கரு வளர்ச்சிப் பொருளின் தன்மையையும் பாதிக்கின்றது. இது போலவே புகையிலைக் கருவளர்ச்சியின் போதும் நிகழ்கின்றது.

Datura stramonium என்னும் ஊமத்தைத் தாவரத்தில் Haploid தாவரங்கள் கருவுறாத சூல்களிலிருந்து வளருவதை Blacklee (1941) தெளிவாக்கியுள்ளார். ஆனால் செயற்கை முறையில் இதனைக் காண முடியவில்லை. அதற்குக் காரணம் செயற்கையில் மகரந்த ஸ்பரிசம் ஏற்படாததேயாகும் என Van Overbeek, Conkin (1941) ஆகியோர்கள் ஆராய்ச்சிகள் மூலம் அறிவுறுத்துகின்றனர். எனவே மகரந்தக் குழாய் பிளாசண்டா (Placenta) இன்டெகுமென்ட் (Integuments) களினுள் வளரும்போது வளர்ச்சியைத் தூண்டிப் பருத்து வளர்ந்து கருவுள்ள சூலை அறுந்துபோகாது நிலைக்கச் செய்து விதையாக உதவுகின்றன. இது போலவே Naphthalene acetic அமிலம் உட்செலுத்துவதனால் ஊமத்தைத் தாவரத்தில் கனிகள் சிறந்து விதைகளில்லாமல் வளருகின்றன. மேலும் அந்த அமிலம் நியூசெல்லஸ் திசுவை நன்கு வளரத் தூண்டுகின்றது.

எனவே நாமறியும் இவ்வாராய்ச்சி முடிவுகளால் கருவளர்ச்சிக்குப் பல குறிப்பிட்ட ரசாயனப் பொருள்கள் தேவைப்படுவதை நன்கு அறிகிறோம்.

17. டிரையோடெரிஸ் ஃபெலிக்ஸ் மாஸ்
(Dryopteris Felix-Mas)

பெர்னின் நுனி வளர்ச்சி

தாவரங்களின் வளர்நுனி இயக்கம் (Polarity in plants): ஆல்கா, பூஞ்சை, மாஸ் (Moss), பெர்ன், சைகஸ், மற்றும் மலர்த் தாவரங்களில் கீழ்ப்பகுதி மேல்பகுதி என மாறுபட்டுப் பல திட்டவட்டமான திசைகளில் சிறந்த முறையில் தொடர்ந்து வளர்கின்றன. அத்தகைய திட்டவட்டமான திசை சார்ந்த வளர்ச்சியை வளர்நுனி இயக்கம் என்கிறோம். இவ் வளர்நுனி இயக்க உடைமை கருவளர்ச்சியின்போதே தொடங்குகின்றது. உயிர்களின் கரு செல் முதல் பிரிவடைவும்போதே அதனிலிருந்து வளரும் உயிர் வளர்ச்சியடையும் நெறி முறைகளை வகுத்துக்கொள்கின்றது. தொடக்கத்தில் ஏற்படும் செல் பகுப்புகள் உறுப்பமைப்பை உறுதி செய்துவிடுகின்றன.

உதாரணமாக, பெர்ன் தாவர ஸ்போரோஃவைட்டின் வளர்ச்சி அச்சை ஆராயலாம். ஒரு செல் கருவிலிருந்து மூனை குவிந்த ▱ வடிவில் அமைகின்றது. பிறகு கூம்பு வடிவாகித் திட்டமிட்டபடி இலைகள் தக்க இடங்களில் வளர்கின்றன. அவ்விலைகளின் முதல் தோற்றமும் பிறகு பெரிதானபின் பரவி வளர்தலும் வியத்தகு உருவத்தோற்றமாக உள்ளது. பிறகு குறிப்பிட்ட பகுதிகளில் சோரங்களும் (Sori) ஸ்போராஞ்ஜியங்களும் தோன்றுகின்றன. ஸ்போர்களைத் தோற்றுவிக்கும் தாய்செல்கள் குன்றல் பகுப்படைந்து ஸ்போர்களை உண்டாக்குகின்றன. பிறகு இந்த ஸ்போர்கள் படிப்படியாக புராதாலஸ் (Prothallus) ஆக வளர்ந்து பால் இன உறுப்புகளைத் தோற்றுவித்து இனப்பெருக்கம் செய்வதும் உருவத் தோற்றியல் வழிமுறைகளாகும். இவ்வியற்கை நிகழ்ச்சிகளில் சம்பந்தப்பட்ட தாவரத்தின் உருவமைப்பு பரம்பரையியல் அடிப்படையில் தொடங்கி, வாழ்வியல் அடிப்படையில் உறுப்புகள் அமைந்து வளர்ந்து சுற்றுப்புறச் சூழ்நிலைகளின் பாதிப்பி

னுல் மாற்றங்களடைந்து பரிணுமமடைந்து பூரண உருவத்தை அடைகின்றது.

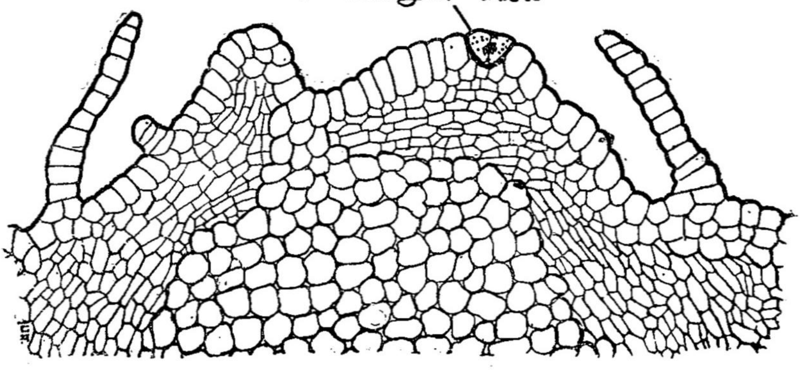
டிரையோடெரிஸ் ஃபெலிக்ஸ் மாஸ் (Dryopteris felix-mas) என்னும் பெர்னின் தண்டு நுனியில் நிகழும் உருவத்தோற்றியியலை ஆராயலாம்.

அதன் தண்டு நுனியில் இரு முக்கிய பகுதிகளைக் காணலாம்.

(i) நுனி மெரிஸ்டெம் (Apical meristem)

(ii) நுனியடிப் பகுதி (Sub apical region)

(i) நுனி மெரிஸ்டெம் பகுதியில் நுனிசெல்லின் மூன்று பக்கங்களில் செல் பகுப்படைந்து வளர்ச்சியை இயக்குகின்றது. இது முப்பட்டை வடிவாக உள்ளதால் முப்பட்டை நுனி செல்லாக அமைந்துள்ளது. நுனி செல்லின் வெளிப்பக்கத்தில் வெளிப்புற செல் வரிசை இலை முதல் வளர்ச்சிகளையும் (Leap primordia) குருத்துகளையும்



படம் 17-1. டிரையோடெரிஸ் (Dryopteris) தண்டு நுனியிலுள்ள முப்பட்டை வளர்நுனி செல்

தோற்றுவிக்கின்றன. அவற்றுடன் ஆங்காங்கே செதில்களும் (Scales) வளர்கின்றன. நுனி செல் வெளிப்புறத்தில் அமைக்கும் ஒரு செல் வரிசைக்கு உட்புறமாக வாஸ்குலார்த் திசுக்கள் தோன்றுகின்றன.

(ii) நுனியடிப் பகுதியானது (Sub apical region) பக்கவாட்டில் வளரும் உறுப்புக்களைத் தோற்றுவிக்க அடிப்படையாக செல் பகுப்

படைந்து பலவகைப்பட்ட திசுக்களைத் திட்டமிட்டுத் தோற்றுவிக் கின்றது.

எனவேதான் உருவத்தோற்றியியல் ஆராய்ச்சிகளில் 'நுனி மெரிஸ்டமும்' அதனடியிலுள்ள 'நுனியடிப்பகுதியும்' முக்கிய பங்குகளை வகிக்கின்றன.

பெர்ன்களில் அமைந்துள்ள நுனிப்பகுதித் திசுக்களைவிட மலர்த் தாவரத் திசுக்கள் மிக எளிய முறையில் அமைந்துள்ளன என வார்ட்லா (Wardlaw 1951) தம் ஆராய்ச்சிகளில் உணர்த்துகிறார்.

உருவத்தோற்றியியல் பகுதி (Morphogenetic region): வளரும் பகுதிகளே உருவத்தோற்றியியலை இயக்கும் பகுதியாகும். இது தொடர்ந்து பல்லாண்டுகள் வாழ்கின்றது. மரங்கள் நூற்றாண்டுகள் வாழ வளர்ச்சி நெறியில் முன்னோடியாக அமைவது வளரும் பகுதிகளே. இவைகள் உருவத்தோற்றத்தை சாத்தியப்படுத்துகின்றன. எனவே அந்த வளரும் பகுதிகளை உருவத்தோற்றியியல் பகுதி என்கிறோம்.

கண்களுக்குப் புலப்படாத இந்த நுனி மெரிஸ்டெம் பகுதிகள் சரிவரச் செயல்பட எத்தனையோ காரணங்கள் உள்ளன.

முதலில் செல் பகுப்படையும் திசுக்கள் வளர்ச்சிப் பகுதிகளை அமைக்கவேண்டும்.

இரண்டாவதாக, அவற்றிற்கு செல்களைத் தோற்றுவித்து அமைக் கும் ஆற்றல்கள் இருக்கவேண்டும்.

மூன்றாவதாக, நுனி மெரிஸ்டெம் பகுதிகளின் பௌதீக இரசாயன முறைகளின் அமைப்பு காரணமாக உள்ளது.

நான்காவதாக, இந்த மெரிஸ்டெம்கள் எப்போதும் நுனிப் பகுதி களிலேயே அமையவேண்டும்.

ஐந்தாவதாக, தாவர வளர்ச்சிக்கு மூலாதாரமாக இருக்கும் இந் நுனிகளுக்கு முக்கிய உணவுப் பொருள்கள் எங்ஙனம் சேர்கின்றன, அவற்றை அப்பகுதிகள் எவ்வாறு பயன்படுத்துகின்றன எனப்படும் பல்வேறு ஆராய்ச்சிக் கருத்துகளையும்கூட உருவத் தோற்றியிய லுக்குக் காரணமாக விளக்க முற்படுகின்றது.

வாழ்வியல் செயல்கள் நுனி மெரிஸ்டத்தின் உள் அமைப்பிலும் வெளிப்புறத் தோற்றங்களிலும் மாறுதலை ஏற்படுத்துகின்றன. இதுவே உருவத் தோற்றியியல் முதற்படியாக இருந்து தாவரத்தைத் தோற்று விக்கின்றது.

18. டெரிடோஃபைட் இலைகளின் தோற்றவியல்

(Morphology of the Origin of Leafy Shoot in Pteridophytes)

இலைகளுடன் கூடி வளரும் தண்டுத் தொகுதி எங்ஙனம் மற்றத் தாவரங்களிலிருந்து பரிணமித்திருக்கும் என்பதை ஒப்புப் புறவமைப்பியல் ஆராய்ச்சியாளர்கள் தாவர வர்க்கங்களிலிருந்து ஆதாரங்களை அறிவிக்கின்றனர் என்பதை ஆராய்வோம்.

டெரிடோஃபைட் தாவரங்களின் முன்னோடி மூதாதை (Protype) மிகச் சாதாரணமாக, வேர்களும் இலைகளும் இல்லாத தண்டுத் தொகுதியாக இருந்திருக்க வேண்டும். அத் தண்டினுள் சாதாரண வாஸ்குலார் திசுக்களை அமைந்திருக்க வேண்டும். நுனி சாதாரணமாகவோ அல்லது ஸ்போராஞ்ஜியமாகவோ வளர்ந்திருக்க வேண்டும்.

ஆனால் பிரையோஃபைடா (Bryophyta) மிக எளிமையான நிலத் தாவரங்களாகும். இவற்றில் ஸ்போரோபைட் (Sporophyte) கேமிடோஃபைட் (Gamitophyte) தாவரத்தினின்று உணவு பெற்று வளரும் சிறு பாகமாக உள்ளது.

இவைகளிரண்டும் இவ்வாறிருக்க, இவற்றுடன் நெருங்கிய உறவுடைய டெரிடோஃபைட் (Pteritophyte) லெப்டோ ஸ்போராஞ்சியேட் பெர்ன் (Lepto sporangiate ferm)களிலோ தண்டுகளினுள் டிக்டையோஸ்டீல் (Dictyostele) அமைப்பும், அவற்றின் மேல் பல பெரிய இலைகளும், செதில்களும், ஸ்போராஞ்ஜ்யங்களும், வேர்களும் அமைந்திருப்பது அதில் பல சிக்கலான வடிவைப் பெற்றிருப்பது தெரிகின்றது. இத்தகைய சிக்கலான வடிவம் முன்னோடி

மூதாதைகளில் (Prototype) இல்லாததால் அத்தகைய வடிவங்கள் படிப் படியாகப் பரம்பரை வழியில் பரிணமித்திருக்கவேண்டும். அவ்வாறு பரிணமித்த வழி முறைகளைப் புறவமைப்பு ஒப்புமை ஆராய்ச்சி யாளர்கள் எல்லோருக்கும் புரியும்படியாகவும், உண்மையுள்ளதாகவும் அமையும் விளக்கங்களைத் தர முற்பட்டுள்ளனர். அவர்களின் ஆராய்ச்சி கீழ்க் காணும் இரு கருத்துக்களைப் பற்றியதாகும்.

(i) செதில்களையும் ஸ்போராஞ்ஜியங்களையும் உடைய பெரும் இலைகள் (முன்னோடி) சாதாரண மூதாதையிலிருந்து எங்ஙனம் தோன்றியிருக்கமுடியும்.

(ii) இக் கருத்தை விளக்க நுனியில் ஸ்போராஞ்ஜியத்தை யுடைய சாதாரண தண்டுத் தொகுதியே முதல் தோன்றலாக இருக்க வேண்டும். ஆகவே தண்டுத் தொகுதியே முதலில் தோன்றிய உறுப் பாகும்.

அறிஞர் கீதே கருத்து : இது இவ்வாறிருக்க கீதே (Goethe) தம் உருவ மாறுபாட்டியலில் (Metamorphosis) கூறுவதாவது : "எல்லாத் தண்டுத் தொகுதிப் பாகங்களும் இலை (Ideal leaf)களி லிருந்து தோன்றியிருக்க வேண்டும்" என்பது. அத்தகைய இலை யமைப்பு எவ்வாறு இருந்திருக்கவேண்டும் என்பதுதான் புதிராக உள்ளது.

அறிஞர் கீதே கருத்துக்களை தழுவியவர்கள் இலைகள் நெருங்கி யமைந்த காலோம் (Caulome) தண்டும், ஃபில்லோம் (Phyllome), மட்டக் கிழங்கு (Rhizome) டிரைகோம் (Trichome) தண்டுக ளுடைய தாவரங்களிலிருந்துதான் மற்றவைகள் பரிணமிக்க சாத்திய மாகும் என்கின்றனர். ஆகவே ஸ்போராஞ்ஜியங்கள் மேற்கூறிய பகுதிகளிலிருந்து உருவ மாறுபாடுகளை (Metamorphosis) அடைந்து தோன்றியிருக்க வேண்டும். எனவே சிறந்த திட்டத்தின் அடிப்படையிலேதான் தண்டு மண்டலம் தோன்றியிருக்கக் கூடும். அந்த அடிப்படை இன்னமும் தெரியவில்லை.

முடிவுகள் : ஆகவே பெரிய இலைகள் தண்டு நுனியில் புறப்பகுதி வளர்ச்சியிலிருந்து தோன்றியதாகக் கருதப்படுகின்றன. இவைகள் தண்டுகளுடன் தனித்திராமல் திசுக்கள்வாயிலாகவும் தொடர்ந்தே அமைந்துள்ளன. இவை தண்டுப் பகுதியைவிட மிக விரைவாக வளர் கின்றன. மற்ற பாகங்களிலிருந்தும் இலைகள் முற்றிலும் மாறுபட்டுத் திட்டவட்டமான நிலையான அமைப்பை உடையதாகின்றன. இவை

இவ்வாறு இருக்கப் பழமையான இலைகளிலில்லாத தாவரங்களிலிருந்து பெரும் இலைகளையுடைய பெர்ன்களும், மலர்த் தாவரங்களும் தத்தம் இலைகளைப் படிப்படியாக பரிணமத்தில் எவ்வாறு பெற்றிருக்க முடியும் என்பது ஆராய்ச்சிக்குரிய விஷயமாகும்.

இது சம்பந்தமாகத் தண்டுகளுடன் இலைகள் இணைந்து வளரும் அமைப்பு ஆராய்ச்சிக் குரியதாகும்.

மற்ற இலைத் தண்டுகளில் தண்டுகளுடன் இணைந்த இலைப் பரப்பு முக்கியமானதாகும்.

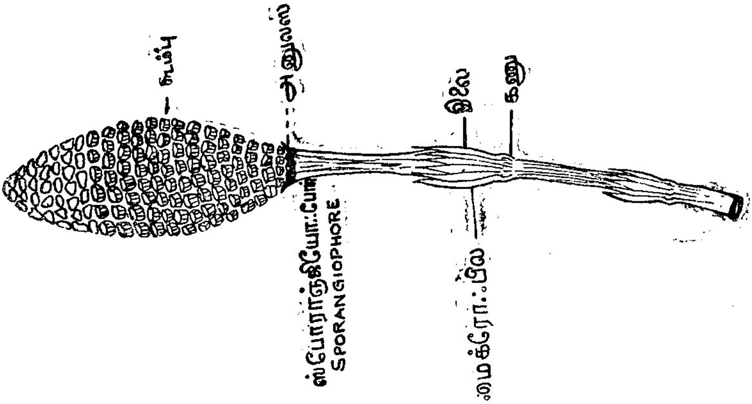
இவ்வாறிருக்கத் தண்டு இலைகளினடியால் சேர்ந்தமைந்த பகுதியாகக் கருதப்படுகின்றது. எனவே இலைகளும் தண்டுகளும் ஒருங்கிணைந்தவை என சேக்ஸ் (Sachs) கருதுகிறார்.

மற்றும் ஸ்போரோஃபைட்களிலும் கேமிடோஃபைட்களிலும் இலைகள் தனித்தனியே வெவ்வேறு வடிவங்களில் தோன்றுவதையும் அறிகிறோம். எனவே ஒவ்வொன்றிலும் எவ்வாறு தோன்றியிருக்கலாம் என்பதற்கு பவர் (Bower) கருத்து ஈண்டுக் கூறுவது சாலச் சிறப்புடையதாகும்.

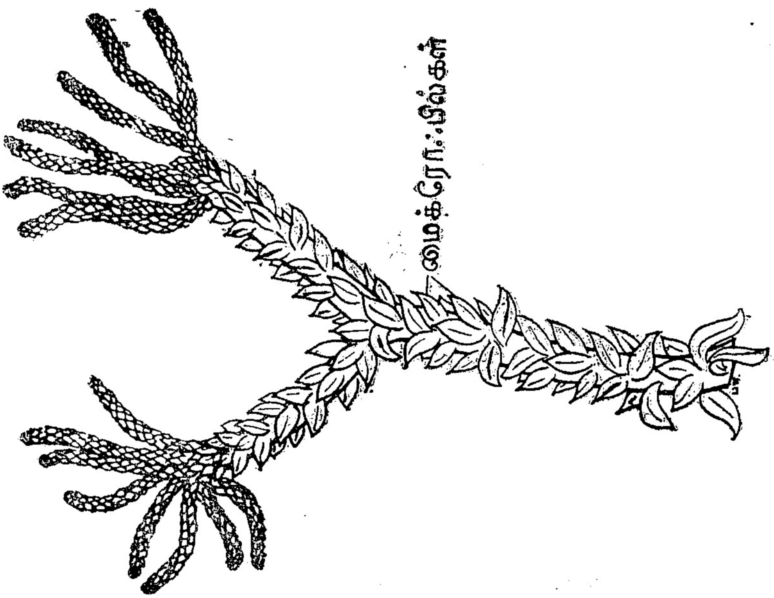
"ஹேப்ளாய்டு தாவரங்களான கேமிடோஃபைட்களில் இலைகள், டிப்ளாய்டு (ஸ்போரோஃபைட்) தாவர இலைகளினின்றும் மாறுபட்டுத் தோன்றுவதை அறிந்துள்ளோம். எனவே இலைகளின் தோற்றம் இரண்டு தலைமுறைகளிலும் ஓமோபிளாஸ்டிக் (Homoplastic) ஆகவும் ஆனால் ஓமோஜெனிடிக் (Homogenetic) ஆக இருக்க முடியாது" என்கிறார்.

ஸ்போரோஃபைடிக் இலைகள் – மெகாஃபில்கள் அல்லது பெரும் இலைகள்
(Sporophytic Leaves - Megaphylls)

டெரிடோஃபைட் தாவரங்களில் முக்கியமாக லைகோபோடியம் (Lycopodium), ஈகுசிடம் (Equisetum), அஸ்ட்ரோசைலான் (Astroxylon) ஆகியவற்றின் ஸ்போரோஃபைட் தலைமுறை முறை தண்டுத் தொகுதிகளில் மிகச்சிறிய இலைகள் அல்லது மைக்ரோஃபில்கள் (Microphyll) உள்ளன. ஆனால் பெர்ன் தாவர இலைகள் பெரிதாக மெகாஃபில்கள் (Megaphyll) ஆக வளர்கின்றன. அத்தகைய மைக்ரோஃபில்களையும் மெகாஃபில்களையும் சிறியனவற்றி

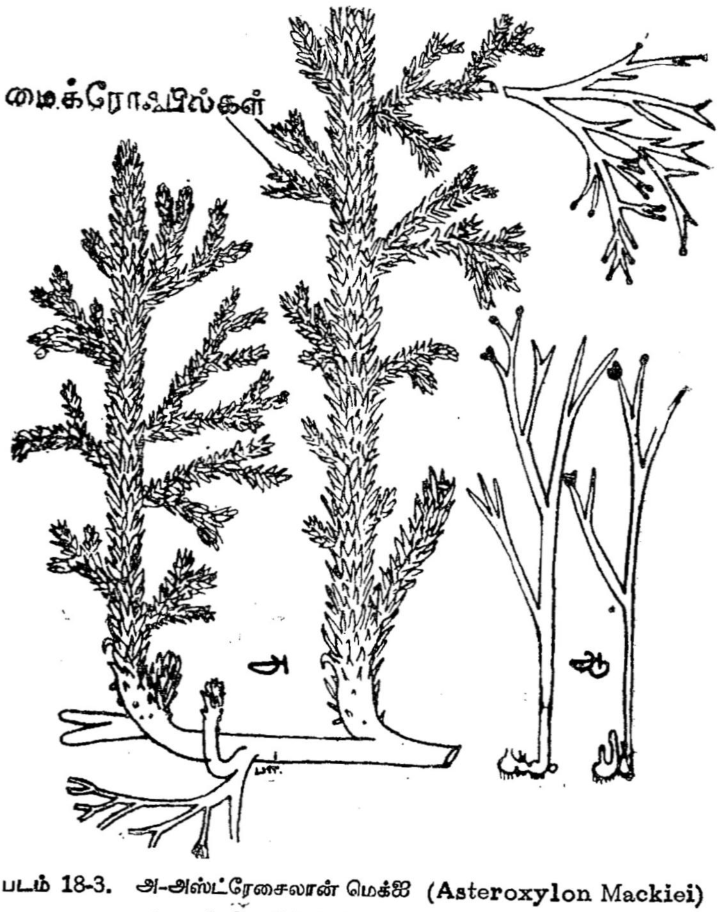


படம் 18-2. ஈகுசிடம் (**Equisetum**)



படம் **18-1.** லைகோபோடியம் ஃபிளக்மேரியா
(**Lycopodium Phlegmaria**)

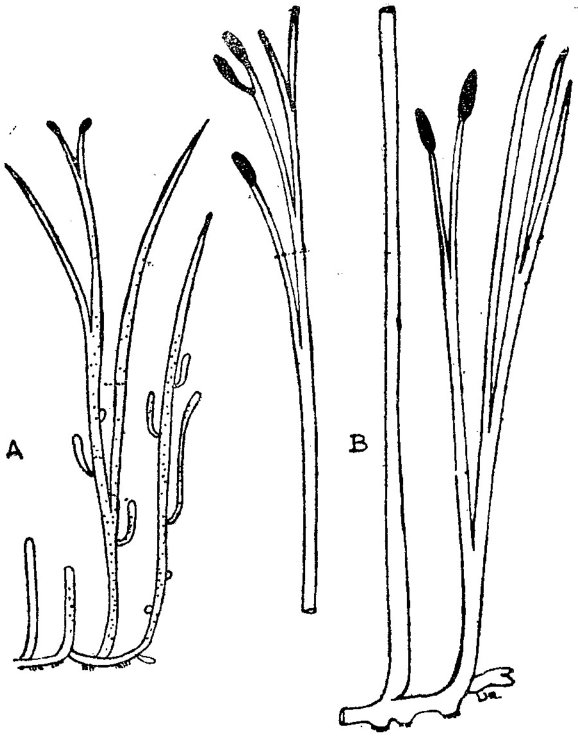
லிருந்து பெரியனவற்றின் வரை படிப்படியாக வரிசையாக வைத்துப் பார்த்தால் அவற்றினிடையே உள்ள சம்பந்தங்களையும் பரிணாம வளர்ச்சியைப் பற்றிய கருத்துக்களைப் பற்றியும் கூறவேண்டிய முடிபுகள் விவாதத்துக்குரியனவாகும்.



படம் 18-3. அ-அஸ்ட்ரேசைலான் மெக்ஐ (Asteroxylon Mackiei)
ஆ-ஹார்னியு லிங்னிஐ (Hornea Ligniei)

சைலோஃபைடேல்ஸ் (Psilophytales) தாவரங்களை ஆராய்தால் அவற்றில் வேர்களும் இலைகளும் இல்லாத பசுந் தண்டு அமைந் திருப்பது அறியக்கிடக்கின்றது. அடுத்து ரைனியா (Rhynia) ஹார்னியோஃபைடான் (Horneophyton) பாசில் தாவரங்களில்

ஸ்போரோஃபைட் சிறிது முன்னேற்றமடைந்து வளருகின்றது. இவற்றில்தான் இருசம கிளைத்தல் (அல்லது டைகாடமி Dichotomy) முறையில் சம அளவில் இரு கிளைகளும் தோன்றுகின்றன. இதனை டைகோபோடியல் அமைப்பு (Dichopodial system) என்கிறோம். இத்தகைய வளர்ச்சிதான் இலைத்தொழில் தண்டு அல்லது கிலாடோட்



படம் 18-4. A-ரைனியா கின்வகனே, B-ரைனியா மேஜர்

(Cladode) என அறிஞர் பவர் (Bower) குறிப்பிடுகின்றார். பெர்ன் இலைகளின் வளர்ச்சியை ஆராய்ந்ததால் பவர் அவர்கள் இங்ஙனம் கூறத் தோன்றியிருக்க வேண்டும். ஏனெனில் பெர்ன் இலைகளைக் கண்ணுற்றால் டைகோபோடியல் அமைப்பைக் காணலாம். “பெர்ன் களில் நடுக்காம்பு உள்ளது. அதன்மேல் உள்ள இலைகள் இருசமக் கிளைத்தல் முறையில் அமைந்துள்ளன. இவைகள் தோன்றிய வழி முறைகளை ஆராய்ந்தால் முதலில் பசுமைத் தண்டு ரைனியாவிலுள்ளது போல் இருசமக் கிளைத்தல் வழியாகக் கிளைத்திருக்க வேண்டும். பிறகு

படிப்படியாக இருசமமாகக் கிளைக்காமல் ஒன்று சிறிதாகவும் மற்றது பெரிதாகவும் வளர்ந்திருக்க வேண்டும். சிறியது நாளடைவில் பக்க வாட்டில் வளர்ந்து படிப்படியாக மோனோபோடியல் வளர்ச்சியடைந் திருக்க வேண்டும். இது போலவே பக்கவாட்டில் வளர்ந்த கிளை இலைக ளாகவும் வளர வாய்ப்பிருந்திருக்கின்றன. இதனால் நாளடைவில் இலைகள் நிறைந்த தண்டுத் தொகுதி தோன்றியிருக்கக்கூடும்" என்கிறார் பவர் (Bower - Primitive land plants P. 550). இதற்கு ஆதாரமாகக் கீழ்க்காணும் பாசில்கள் (Fossils) நமக்கு உதவு கின்றன.

ரைனியாவில் (Rhynia)—நுனி இருசமக் கிளைத்தல்.

ஹார்னியாவில் (Hornea)—நுனி இருசமக் கிளைத்தலைப் பெற் றிருந்தும் ஒரு கிளை நீண்டு வளர்ந்தும் மற்றது சிறிதாக வும் இருக்கக் காணலாம்.

சைலோஃபைடான் (Psilophyton)—பக்கவாட்டில் இலைத் தொழில் தண்டு அல்லது சிற்றிலைப் பகுதிகள் தோன்று கின்றன.

ஸ்டாரோடெரிஸ் (Stauropteris)—இதில் இருசமக் கிளைத்தல் ஒரு தளத்தில் மட்டுமன்றி பல கோணங்களிலும் தோன்று கின்றது.

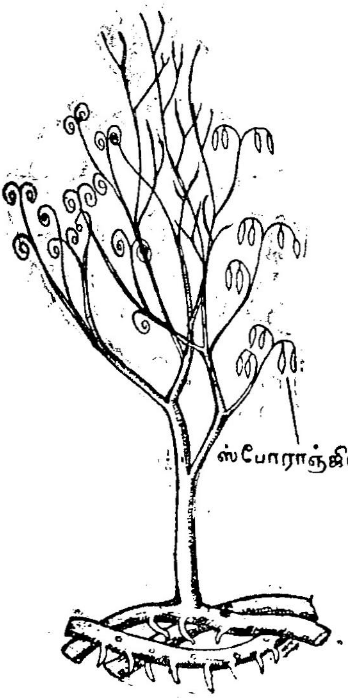
போட்ரியா டெரிஸ் சிலின்ட்ரிகா (Botryopteris cylindrica) வில் மேலே குறிப்பிட்ட இருசமக் கிளைத்தல் பல தளத்தில் ஏற்பட்டு அவற்றிற்கு ஏற்றவாறு தண்டின் உள்ளே சாற்றுக் கற்றைகளும் அமைந்துள்ளன.

இவைகளின் அடிப்படையிலேதான் பெர்ன் இலைகள், சமகிளைத் தலைப் பெற்ற முன்னோடித் தாவரங்களிலிருந்து படிப்படியாகப் பரி ணமித்திருக்க வேண்டும்.

ஸ்போரோஃபைட்டின் இலைகள் - சிற்றிலைகள் அல்லது மைக்ரோஃபில்கள் (Sporophytic Leaves - Microphylls)

சிற்றிலைகள் அல்லது மைக்ரோஃபில்கள் (Microphylls) தண்டின் மேலே சிறிய இலையாக வளரும் பகுதிகளாகும். இவைகளின் வளர்ச்சியையும், அவற்றிற்குக் கிடைக்கும் சாற்றுக்கற்றைத் திசுவமைப் பையும் கீழ்க்காணும் மூன்று ஃபாசில் தாவரங்களில் காணலாம்.

(i) சைலோஃபைடான் பிரின்செப்ஸ் (Psilophyton princeps) என்னும் ஃபாசில் தாவரத்தில் சிற்றிலைத் தண்டின் மேல் வளர்ச்சியாகும். இதற்கு நீர் கடத்தித் திசுக்களான சாற்றுக்கற்றைத் திசுக்கள் அமைய வில்லை (படம் 1–2).



படம் 18-5. சைலோஃபைடான் பிரின்செப்ஸ்
Psilophyton Princeps (Fossil)

(ii) அஸ்ட்ரோசைலான் (Asteroxylon) என்னும் ஃபாசில் தாவரத்தில் நடு நரம்பு சிற்றிலைகளுக்கு இல்லை. ஆனால் மிகக் குறுகிய சாற்றுக்கற்றை இலையடிப் பகுதியை விட்டுச் சிறிது நீளமாக வளர்ந்துள்ளது. ஆயினும் முழு நீளத்திற்கும் அமையவில்லை. இது போலவே இன்று வாழும் சைலோடம் டிரைகுட்ரம் (Psilotum triquetrum)ல் சிறு சாற்றுக்கற்றையமைப்பு இலை அடிப்பகுதிக்குத் தண்டின் சாற்றுக்கற்றையிலிருந்து வளர்ந்துள்ளது.

(iii) இவற்றையடுத்து அர்த்ரோஸ்டிக்மா (Arthrostigma) ஃபாசில் தாவரத்திலும், இன்று வாழும் ஈகுசிடம் தாவரத்திலும் வளர்ந்

துள்ள சிற்றிலைகளுக்குச் சாற்றுக்கற்றைத் திசு நுனிவரையில் இலை நடு நரம்பாக வளர்ந்துள்ளது.

மேற்கூறிய மூன்று வகை வளர்ச்சிகளை ஆராயும்போது படிப்படியாகச் சிற்றிலைகள் தோன்றிச் சாற்றுக்கற்றைகளுடன் அமைவதைச் சிறப்பாக அறிகிறோம். ஆனால் இத்தகைய படிப்படியான வளர்ச்சி மெகாஃபில் அல்லது 'பெரும் இலைகளில் வளர்ச்சி பரிணாம நிலைகளைக் காணமுடியவில்லை.

பாசில் தாவரமான சைலோஃபைடான் கோல்ட்ஸ்கிமிடி-ஐ (Psilophyton Goldschmidtii)யில் மைக்ரோஃபில்கள் கூர்மையான சிறு வளர்ச்சிகளாகவும் மற்றும் இலைத் தொழில் கிளைகளாக கிலாடோட்களும் வளர்கின்றன.

இன்று வாழும் சைலோடேல்ஸ் (Psilotales)களின் கரு வளர்ச்சியில் முதல் இலைகள் வளரவில்லை. ஆனால் லைகோபோடியம் ஈகுசிடம் கருக்களில் இலைகள் ஆரம்ப நிலைகளிலேயே வளர ஆரம்பித்துவிடுகின்றன.

இவற்றை எல்லாம் ஆராய்ந்த பவர் (Bower 1935) மைக்ரோஃபில்களை ஈனேஷன்கள் (Enations) என்கிறார். ஏனெனில் இவைகளே முதன்முதலாகத் தண்டுகளில் வளரும் பாகங்களாகின்றன. பெரன் தாவரங்களின்மேல் வளரும் சிறு மயிரிழைகளும், பழுப்பு நிற ஸ்கேல்களும் (Scales), சிறு முட்களும் (Prickles) மற்ற வளர்ச்சிகளும், ஒளிச்சேர்க்கையாற்றும் சிற்றிலைகளையும் (லைகோபோடியத்திலுள்ள வற்றைப்போல்) ஈனேஷன்கள் (Enations) என பவர் குறிப்பிடுகிறார். ஏனெனில் இலைகளில்லாத நிலையிலுள்ள தாவரங்கள் முதற்படியாக இலைகளைத் தோற்றுவிக்க இந்த ஈனேஷன்களையே வளரவிடுகின்றன.

இது வளர மைக்ரோஃபில் மெகாஃபில்களைப் பற்றி நாம் ஆராய்ந்தவைகள் ஒப்புமை புறவமைப்பியல் அறிஞர்கள் விளக்கிப் போந்த உண்மைகளாகும். மற்றும் ஹேம்ஷா தாமஸ் (Hamshan Thomas 1950), “ இலைகள் அடிப்படையான தாவர அமைப்பு எனக் கூறமுடியாது. அவைகள் படிப்படியாகப் பரிணாமமடைந்து வளராமல் இணைப்பரிணாம (Parallel evolution) வழிகளில் பல நெறிகளில் வளர்ச்சியடைந்து ஒளிச்சேர்க்கையாற்றச் சிறந்ததோர் உறுப்பாக வளர்ச்சியடைந்திருக்க வேண்டும் ” என்றார்.

டிலோம் கொள்கை (Telome theory): இக் கொள்கையை முதன் முதலில் கூறியவர் ஜெர்மானிய நாட்டு சிம்மர்மன் (Zimmerman). தாவரங்களில் காம்புடன் கூடிய ஸ்போராஞ்ஜியத்தை

டிலோம் (Telome) என்கிறோம். இதனுள் சிறு சாற்றுக்கற்றையும் அமைந்திருக்கும்.

முதன் முதலில் சாற்றுக்கற்றைகளையுடைய தாவரங்கள் கடற் தாவரங்களினின்றுதான் தோன்றியிருக்க வேண்டுமெனக் கருதப்படு கின்றது. பெரும்பாலான கடற்தாவர ஆல்காக்கள் இரு சமக் கிளைத்தல் (Dichotomy) முறையில் பரவி வளருகின்றன. ஒவ்வொரு கிளையிலும் ஒரே சாற்றுக்கற்றை அமைந்து டிலோம் ஆக வளர்கின்றது. இவை ஸ்போராஞ்ஜியத்துடனே அல்லது சாதாரணமாகவோ வளர்கின்றன. இத்தகைய கடற் தாவர டிலோம்களிலிருந்து மற்றச் சாற்றுக்கற்றை யுடைத் தாவரங்கள் படிப்படியாகப் பல வழிகளில் பரிணமித் திருக்கவேண்டும். இவ்வாறு தோன்றிய தாவரங்களை லைகோப்சிடா (Lycopsida), ஆர்டிகுலோடா (Articulata), டிராப்சிடா (Pteropsida) எனப் பாகுபடுத்தியுள்ளோம்.

இந்தத் தாவர டிலோம்கள் பல்வேறு வழிகளில் வளரும்போது அவைகள் Overtopping, planation, fusion, reduction, recurvation மற்றும் longitudinal differentiation வளர்ச்சி முறைகளில் பலவகைப்பட்ட தாவரங்களாக வளர்ந்திருக்கவேண்டும்.

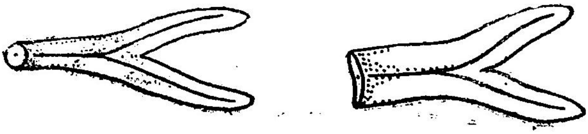
ஓவர்டாப்பிங் (Overtopping) : இம்முறையில் தாவர டிலோம்கள் இரு சமக் கிளைத்தல் முறையில் வளரும்போது ஒரு கிளை சிறுத்தும் மற்றது நீண்டும் வளருவதனுல் நாம் காணும் பெரிய இலைகளும் பெருமரக்கிளைகளும், மொனோபோடியல் (Monopodial) முறையில் வளர்ந்து பரிணமித்திருக்கவேண்டும். இக்கருத்து பவர் (Bower) அவர்களின் கருத்தைச் சார்ந்துள்ளது.

படம் 18-6. ஓவர்டாப்பிங் (Overtopping)

பிளேனேஷன் (Planation) : தாவரங்கள் உருளை வடிவில் இரு சமக் கிளைத்தல் முறையில் வளரும்போது நாளடைவில் கிளைகள் தட்டையாகி விடுவதைக் குறிப்பதே பிளேனேஷன் முறையாகும்.

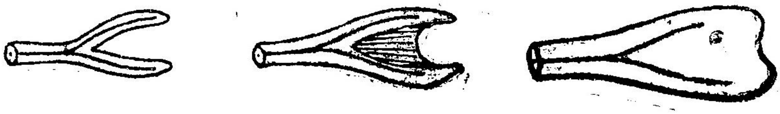
இணைதல் (Fusion) : டிலோம்கள் வளரும்போது அவைகள் மெல்லிய இணைப்புத் திசுக்களால் சேர்க்கப்படுகின்றன. இவை தவளையின் பின்னங்கால் விரல் இடைகளிலுள்ள சவ்வுப்போன்று

தோன்றியமைந்திருக்க வேண்டும். இவ்வாறு தோன்றிய இணைப்புக்கள் நாளடைவில் டிலோம்களுக்கு மேலே வளர்ந்து இலையமைப்பைத்



படம் 18-7. பிளேனேஷன் (Planation)

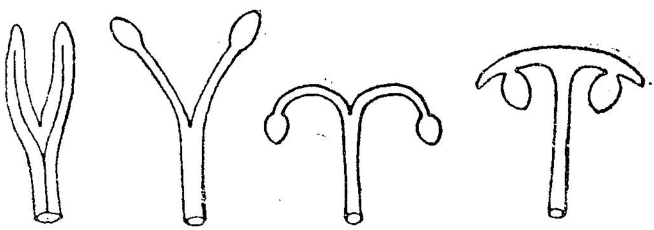
தோற்றுவித்திருக்க வேண்டும். இத்தகைய இணைப்புகள் தொடர்ந்து சாற்றுக்கற்றைகளிலும் ஏற்படும்போது இலைப்பரப்புகளில் வலை நரம்பமைப்பும் தோன்ற வாய்ப்புகள் ஏற்படுகின்றன. இதனைக் கீழ்க் காணும் படங்களின் மூலம் எளிதாக அறியலாம்.



படம் 18-8. இணைதல் (Fusion)

குறைதல் (Reduction) : டிலோம்கள் வளரும்போது சில கிளைகள் குறைவுறுவதனால் தாவரபாகங்கள் பரிணமமடைந்து மாறுபட்டு வளருகின்றன.

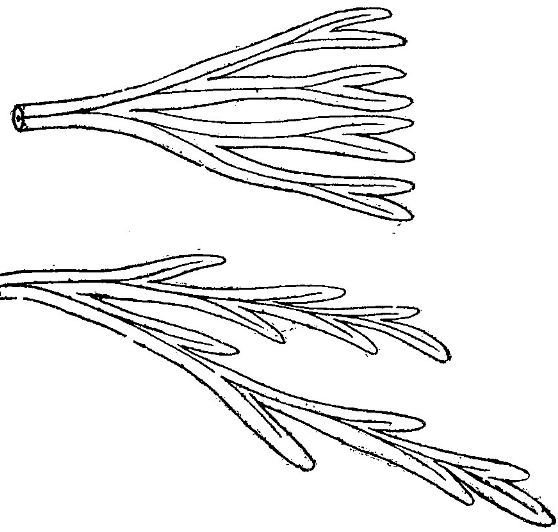
வளைதல் (Recurvation) : நேராக வளரும் டிலோம்கள் நாளடைவில் வளைந்து வளர்ந்து ஈருசிடம் ஸ்போராஞ்ஜியோஃவோர்களில் காணப்படுவது போன்று வளருகின்றன.



படம் 18-9. வளைதல் (Recurvation)

நேர்முக வளர்ச்சி மாற்றம் (Longitudinal differentiation) : டிலோம்கள் வளரும்போது கிளைகள் மாற்றங்களை அடைந்து இலைகளைத் தோற்றுவிக்கின்றன.

இவ்வாறு டிலோம்களில் மாற்றமேற்பட்டுத் தாவர உறுப்புக்களில் பரிணமம் ஏற்படுகின்றது. இக்கொள்கை ஏற்புடையதாக இருப்பினும் ஃபாசில் தாவரங்கள் சிலவற்றில் ஸ்போராஞ்ஜியங்கள் இரண்டாக வளராமல் வட்டங்களாக வளருவதைக் காணும்போது டிலோம்



படம் 18-10. நேர்முக வளர்ச்சி மாற்றம்
(Longitudinal Differentiation)

கொள்கையின்படி வளர்ச்சியை எங்ஙனம் ஒப்பிடுவது? மற்றும் பெர்ன்களில் இலைகளும் அவற்றினடியில் சோரங்களும் ஸ்போராஞ்ஜியங் களும் டிலோம்களிலிருந்து தோன்றிய முறை விவாதத்திற்குரிய தாகும். இருப்பினும் டிலோம் கொள்கையினடிப்படையில் தாவர உறுப்புக்களில் ஏற்பட்டுள்ள பரிணம மாற்றங்களை எளிதாக அறிய முடியும்.

எனவே இந்த அத்தியாயத்தில் தாவர உறுப்பு வளர்ச்சி முறை களைப்பற்றிப் பல வேறுபட்ட கொள்கைகள் சொல்லப்பட்டு விவாதித் தோம். இவைகள் யாவும் நாமறிந்த ஃபாசில் தாவர ஆராய்ச்சிகளி லிருந்தும், இன்றுள்ள தாவர உறுப்பு வளர்ச்சி ஆராய்ச்சிகள், ஒப்புமைக் கொள்கைகள் ஆகியனவற்றின் அடிப்படையிலே அறியப்படு கின்றன. இன்று வாழும் தாவர வளர்ச்சி வேற்றுமைகளின் ஆராய்ச்சி களினால் மேலும் பல புதிய கருத்துகள் தோன்றிய வண்ணம் இருக்கின்றன.

19. இலைகளின் தோற்றமும் வளர்ச்சியும்

தண்டுகளின் மேல் இலைகள் புறவளர்ச்சிகளாக (Exogenous) பக்கவாட்டில் வளர்பவைகள். இவைகள் ரசாயனப் பொருள்களாலும், பரம்பரைப் பண்புகளாலும், வாழ்வியலாலும் பலவாறுக உருவத்திலும், அமைப்பிலும் வளர்ச்சியிலும் வளரும் விதத்தை விரிவாக அறியலாம். Went ன் ஆராய்ச்சி (1938) இவர் கோனேகேரியம் (Conocaryum) என்னும் தாவர வளர்ச்சியில் ஆராய்ச்சிகள் நடத்திஞர். இது நிழலில் விதையிலிருந்து வளரும்போது நன்கு பச்சையத்துடன் இலைகளைத் தோற்றுவித்தன. பிறகு சீக்கிரத்திலேயே இலைகள் விழுந்து தண்டு மட்டும் தொடர்ந்து பல செதில்களுடன் (Scales) வளர்ந்தன. இந்நிலையில் சூரிய ஒளியில் அதனை வைத்த சில நாட்களில் செதில்கள் வளர்ந்த இடத்தில் சிறந்த பசுமையான இலைகள் வளரலாயின.

எனவே முதலில் நிழலில் தோன்றிய பசுமை இலைகள் விதைகளிலிருந்த ஃபில்லோகாலைன் (Phylocauline) என்னும் பொருளால் வளர்ந்திருக்க வேண்டும். இது தீர்ந்துபோன பிறகு இலைகள் விழுந்து விட்டன. ஒளியில் செடியை வைத்தபின் இந்த 'ஃபில்லோகாலைன்' மறுபடியும் தோன்றி புதிய இலைகளை வளர ஊக்குவித்ததாக முடிபுகளை Went விளக்கிஞர். எனவே ஃபில்லோகாலைன் என்னும் பொருள் விதையிலைகளிலும் ஒளியில் வளரும் இலைகளிலும் தோன்றுவதாக அறியப்பட்டது. ஆனல் இப்பொருள் தாவரங்களில் இல்லை எனச் சோதனைகள் மூலம் விளக்கப்பட்டது.

ஆக்சின்கள் (Auxins): இலை நடுநரம்பு செல்கள் நீழ்ச்சி ஏற்பட்டு நீண்டு பெரிதாக வளருவதாகச் சோதனைகள் மூலம் அறியப்பட்டது. ஆனல் இலை பெரிதாகி வளருவதாகச் சோதனைகள் மூலம் அறியப்படவில்லை என Laibach (1934), Avery (1935), Went and Thimann (1937) மறுபடியும் Went (1938)ல் கருத்துக்கள் வெளியிட்டனர்.

பரம்பரையியலும் இலை வளர்ச்சியும்: பரம்பரைப் பண்புகளும் இலை வளர்ச்சியைக் கட்டுப்படுத்துவதாகப் புகையிலை deformis strain-ல் Lesley and Lesley (1928) அறிவித்தனர்.

ஆக்சின்களும் இலை வளர்ச்சியும் : வேர்கள் தண்டுகள் குருத்துக்கள் ஆக்சின் உள்ள அளவு நிலைகளுக்கு ஏற்றவாறு மாறுபட்ட வளர்ச்சியைக் காட்டுகின்றன. வேர்கள் குறைவான ஆக்சின் உள்ள நிலையில் வேகமாக வளர்கின்றன. ஆனால் தண்டுகளுக்கு நேர் எதிர் நிலையான அதிக ஆக்சின்கள் தேவைப்படுகின்றது. மற்றக் குருத்துக்களும் ஏனைய பாகங்களும் ஆக்சின் உள்ள அளவுக்கேற்றவாறு வளர்ச்சியில் மாறுபடுகின்றன; இலைகள் நுனிகளில் வளருகின்றன. ஏனெனில் ஆக்சின் அங்கு அதிகமுள்ளது. இந்நிலையில் தண்டின் கீழ்ப்பகுதியிலுள்ள குருத்துக்கள் வளர்வதில்லை. ஆனால் நுனிக் குருத்தை கிள்ளிவிட்டால் பக்கக் குருத்துக்கள் ஆக்சின் பெற்று வேகமாக வளர்கின்றன. எனவே நுனி இலைகள் பக்கக் குருத்துக்களுக்கு சாதாரணமாகத் தேவைப்படும் ஆக்சின் கிடைத்தாலே அவை நன்கு வளர்வதை அறிய முடிகிறது. இலைகளின் முதல் வளர்ச்சிகள் தோன்றிய உடன் பிறகு அவைகள் தேவையான பல பொருள்களைப் பெற்று காம்பு, இலைப்பரப்புடன் வளருகின்றன. இவ்வாறு வளரப் பரம்பரைக் குணங்களும் காரணமாகின்றன.

அடினீனும் இலை வளர்ச்சியும் (Adenine and Leaf growth) : Cosmos என்னும் தாவரத்திற்குச் சிறிதளவு அடினீன் சேர்ப்பதால் எளிதாக வளருவதாக D. Bonner and Hagen-Smit (1939) Went (1939) ஆகியோர் குறிப்பிட்டனர். அடினீனை நீரில் சேர்த்துத் தாவரங்களுக்குப் பாய்ச்சுவதால் இலைப்பரப்பு வளர்ச்சி தாவர வளர்ச்சியைவிட அதிகமாகிறது. ஆனால் இதே தாவரங்களுக்கு வைடமின் B_1, B_6, நிகோடினிக் அமிலம் சேர்ப்பதனால் மாருக வேர்ப்பகுதிகள் சிறந்து வளர்கின்றன.

இலைமுன் வளர்ச்சியும் இலை வளர்தலும் (Leaf (primordia and leaf formation) : தண்டுநுனிப் பகுதியின் வளர்ச்சி இலை முன் வளர்ச்சியை பாதிக்கின்றது. தண்டின் நுனியில் ஒரு ‘ இலை முன் வளர்ச்சி ’ தோன்றியபின் அடுத்த இலைமுன் வளர்ச்சி தண்டு சிறிதளவு வளர்ந்த பிறகு நிகழ்கின்றது. இதனை Priestley, Scott (1933), M. R. Snow (1948), Wardlaw (1948) ஆகியோர் சிறப்பாக விளக்கியுள்ளனர்.

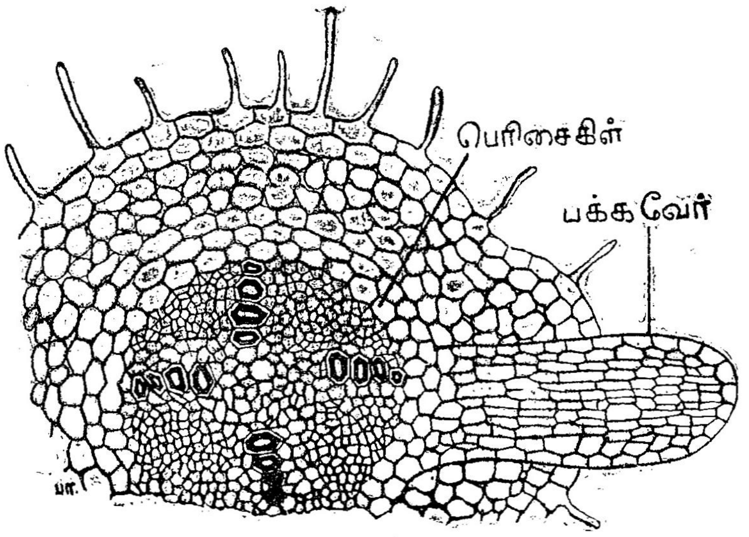
இலை வளர்ச்சியும் ஒளிக்காலமும் (Leaf formation and Photoperiod): ஸ்டக்கி (Stuckey 1942) சிறந்த ஆராய்ச்சிகள் செய்து அதிக ஒளிக்காலங்களில் வளர்த்த தாவரம் நீண்ட அகன்ற இலைகளுடனும் தண்டுகளுடனும் வளர்வதை அறிவுறுத்துகின்றார். இதனால் அவற்றின் உள்ளமைப்பும் மாறுபடுவதை எளிதாக அறிய முடிகின்றது.

இறுதியாக, இலைகள் தாவரங்களில் வளர ஆக்சின்கள், அடினீன், உணவுப் பொருட்கள் ஒளிக்காலம் மற்றும் அவைகள் பெறும் பரம்பரைப் பண்புகள் பாதிக்கின்றன என்பதை அறிகின்றோம்.

20. உறுப்புக்கள் வளரும் முறைகள்

1. வேர்களின் தோற்றமும் அமைப்பும் (Form and structure of Roots)

தாவரங்களின் இளம் வேர்கள் யாவும் ஒரே அமைப்பைப் பெற்றுள்ளன. அவைகளில் பித் (Pith) நடுவிலுள்ளது. அதனைச்சுற்றி சைலம் (Xylem), ஃபுளோயம் (Phloem) தனிக் கற்றைகளாக மாறி



படம் 20-1. இளம்வேரின் பெரிசைகிள் பக்க வேரைத் தோற்றுவித்தல்

மாறி அமைந்துள்ளன. இவற்றைச் சுற்றி பெரிசைகிள் (Pericycle) ஒரே வரிசையிலமைந்த ஸெல்களால் ஆனது. இந்த ஸெல்கள் யாவும் உயிருள்ளவைகள். இவைகளில் ஸெல் பகுப்பு ஏற்பட்டுப் புதிய

பக்க வேர்கள் வளருகின்றன. ஆனால் பல சோதனைகள் செய்து பார்த்தால் பெரிசைகிளை அடுத்துள்ள புறனிப் பகுதிகளிலும் பக்க வேர்கள் வளர்வதைக் காணலாம்.

வேர்கள் பல்வேறு பருமனில் உள் அமைப்பு மாறுபட்டு, டெரிடோஃபைட், மலரும் தாவரங்கள் ஆகியனவற்றில் பல்வேறு எண்ணிக்கைகளில் சைலம், ஃபுளோயம் சாற்றுக் கற்றைகளைப் பெற்று அமைந்துள்ளன. ஆனால் முதலில் வேர்கள் தோன்றிய வழிமுறையை ஆராய்ந்தால் சுமார் 400 மில்லியன் ஆண்டுகளுக்கு முன் வளர்ந்த சைலோஃபைடேல்ஸ் (Psilophytales) தாவரங்களில் தொடங்கி ஆராய வேண்டும். அப்பிரிவைச் சேர்ந்த பாசில் (Fossil) தாவரங்களான ரைனியா, (Rhynia), சைலோஃபைடான், (Psilophyton) தாவரங்களில் வேர்களே இல்லை. இன்று அவற்றின் வழித்தோன்றல்களான சைலோடம் (Psilotum) மிசப்டரிஸ் (Mesepteris) தாவரங்களின் வேர்கள் சரிவர வளரவில்லை. இவற்றை பவர் (Bower 1930) வார்ட்லா (Wardlan 1947) ஆகியோர் சிறந்த முறையில் விளக்கியுள்ளனர்.

வேர்கள் தோன்றுதல்: சாதாரணமாக ஆணிவேர் விதையிலுள்ள முளைவேர்ப் பகுதிகளிலிருந்து தோன்றுகின்றது. ஆனால் வேற்றிடத்து வேர்கள் (Adventitious roots) தண்டு மண்டலத்தின் பல பகுதிகளிலிருந்து வளருகின்றன.

தண்டு வேர்கள் பெரிசைகிள் பகுதிகளில் உள்ள செல்கள் செல் பகுப்படையும் திறமைபெற்று வளருவதால் புதிய வேர்முன் வளர்ச்சிகள் (Root primordia) தோன்றுகின்றன. இம் முன் வளர்ச்சிகள் பிறகு வேர்களாக வளருகின்றன.

இத்தகைய புதிய வேர் முன் வளர்ச்சிகள் தோன்றுவதை வளர்ச்சியை நெறிப்படுத்தும் (Growth regulators) பொருள்கள் கட்டுப்படுத்துகின்றன.

வென்ட், திம்மன் (Went, Thimann 1937) ஆகியோர்கள் புதிய வேர்கள் தோன்றுவதைப்பற்றி ஆராய்ந்துள்ளனர். வேர்கள் தோன்றுவது மிகச் சிக்கலான நிகழ்ச்சி. அது பல வகைப்பட்ட காரணிகளால் (Factors) கட்டுப்படுத்தப்படுகின்றன.

அத்தகைய பல காரணிகளில் ஆக்சின் (Auxin), கார்போஹைட்ரேட், மற்றும் குறிப்பாக பையோடின் (Biotin) ஆகியனவும்—எல்லாவற்றிற்கும் மிக முக்கியமாக—நம்மால் எளிதாக அறிந்து கொள்ள முடியாத தாவரங்களின் உட்புற நிகழ்ச்சிகளும் வேர்கள் தோன்றுவதில் பங்கு கொள்கின்றன.

சேக்ஸ் (Sachs) காலத்திலிருந்தே பல ஆராய்ச்சியாளர்கள் பதியன் போடும் கிளைகளின் அடிப் பகுதிகளில் சில முக்கிய வளர்சிதை மாற்றப் பொருள்கள் இருந்து புதிய வேர்கள் தோன்றுவதை ஊக்குவிப்பதை அறிகிறோம்.

வேன் டெர் லெக் (Van der Lek 1925) ஆராய்ச்சி செய்ததில், வீறுடன் வளரும் குருத்துக்களையுடைய பதியன் எளிதாக வேர்களை வெட்டுப்பகுதிகளில் தோற்றுவிக்கின்றன. ஆனால் உறங்கும் (dormant) குருத்துக்களையுடைய பதியன் புதிய வேர்களைத் தோற்றுவிப்பதில்லை. இத்தகைய வேர் வளர்ச்சி ஏற்பட பதியனின் நுனிப் பகுதிகளிலிருந்து கீழ் நோக்கிக் கடத்தப்படும் ஆர்மோன்களே (Hormones) காரணிகளாக உள்ளன. இவை யாவும் ஃபுளோயம் திசுக்கள் வாயிலாகவே கடத்தப்படுவதாக சோதனைகளின் மூலம் அறியப்படுகின்றது வேன் டெர் லெக் (Ven der Lek) பழையவேர் வளர்முனைகள் வேர்களாக வளர்வதும் வளர்ச்சியைத் தூண்டும் பொருள்களால் தோன்றி வளரும் வேர்களின் வளர்ச்சியையும் தனிப்பட்ட முறையில் ஆராய்ந்துள்ளார். இவ்வாறு குருத்துக்களிலிருந்தும் இலைகளிலிருந்தும் தோன்றும் வளர்ச்சியை நெறிப்படுத்தும் பொருள்களை ரைசோகாலைன் (Rhizo-cauline) என புல்லியன் (Bouillienne), வென்ட் (Went) குறிப்பிட்டனர். நெமக் (Nemec 1934) கூட அதேபோன்ற ஆராய்ச்சிகளை நிகழ்த்தி அந்த வளர்ச்சியை நெறிப்படுத்தும் பொருளுக்கு ரைசோஜீன்ஸ் (Rhizogens) எனப் பெயரிட்டார். இவையன்றித் தற்காலத்தில் இன்டால் அசிடிக் அமிலம் (Indol acetic acid) போன்ற பல செயற்கை வளர்ச்சி நெறிப்படுத்தும் பொருள்கள் கண்டுபிடிக்கப்பட்டுள்ளன.

மேலும் மகரந்தம் (Pollen), கிப்பரல்லின் (Gibberellin) போன்றவைகளும், பாக்டீரியா, இலைகள், மற்றும் மூத்திரம் ஆகியவைகளும் கூட வளர்ச்சியை நெறிப்படுத்தி ஆக்சின்களைப் போன்று செயலாற்றுகின்றன. இந்த ஆக்சின்கள் தாவரங்களில் ஃப்ளோயம் (Phloem) திசுக்கள் வழியாகக் கடத்தப்படுவதை கூப்பர் (Cooper 1936) சோதனைகள் மூலம் அறிவித்தார்.

திம்மன் (Thimann 1935) வேர்கள் வளர்ச்சியை Indene-3-acetic acid, Coumaryl-1-acetic acid ஆகியன பதியன் கிளைகளில் வேர்கள் தோன்றுவதை ஊக்குவிப்பதைக் கண்டறிந்தார். ஆனால் அந்த அமிலங்கள் தாவரப் பகுதிகளில் கடத்த முடிவதில்லை.

Phenylacetic acid வேர்கள் வளர்வதைத் தூண்டுவதாக சிம்மர்மன் (Zimmerman), வில்காக்சன் (Wilcoxon 1935) ஆராய்ந்து அறிவித்துள்ளனர். அந்த அமிலம் ஆக்சின் போலச் செயல்

படுவதாகப் பிறகு அறியப்பட்டது. எனவே இதுபோலச் செயற்கை அமிலங்களும் வேர்கள் வளருவதைக் கட்டுப்படுத்துகின்றன.

ஆக்சின்களுக்கிடையில் சேர்க்கை மாற்றங்கள் நிகழ்வதை வென்ட் (Went), திம்மன் (Thimann 1937) ஆகியோர் கண்டுள்ளனர். ஹெடிரோ ஆக்சின் (Heteroauxin) அதிகமாக இருக்கும்போது சிறிதளவு ஆக்சின் 'a' (Auxin a) இருந்தால் வேர்கள் விரைவாக வளருகின்றன. ஆனால் குறைந்த அளவு ஹெடிரோ ஆக்சின் அதிக அளவு ஆக்சின் 'a' உடன் சேர்ந்து வேர்களை வளரத் தூண்டுவதில்லை. இத்தகைய சேர்க்கை மாற்றங்களும் அதனால் வேர் வளர்ச்சி கட்டுப்படுவதையும் விவரமாக அறியமுடியவில்லை.

வளர்ச்சியை நெறிப்படுத்தும் செயற்கை ஆர்மோன்கள் வெட்டுண்ட கிளைகளின் அடிப் பகுதிகளில் உள்ள பெரிசைகிள் திசுக்கள் முதல் வேர் வளர்ச்சிகளை தோற்றுவிக்கின்றன. மேலும் பல சோதனைகளில், தக்காளி, அந்திமந்தாரை (Mirabilis) அவரை (bean), இர்சின் (Iresine) ஆகியவற்றில் வேர் வளர்ச்சியைத் தூண்டும். ஆர்மோன்கள் புதிய வேர் வளர்ச்சிகளை கேம்பியம் திசுக் களிலிருந்து தண்டின் உட்பாகத்தை நோக்கி தோற்றுவிப்பதை பார்த்விக், ஹேம்மர், பார்கர், ஹேரிசன், பீல் (Borhwick, Hamner, Parker 1937), Harrison Beal (1946) ஆகியோர் சோதனைகள் மூலம் தெளிவுபடுத்தியுள்ளனர்.

திசுவமைப்பு மாறுதல்கள் (Hislotogical changes): வளர்ச்சியை நெறிப்படுத்தும் பொருள்கள் பொதுவாக திசுக்களின் வளர்ச்சியில் மாற்றங்களைத் தோற்றுவிக்கின்றன. குறிப்பிட்டு எதனை யும் கூற முடிவதில்லை.

பொதுவாக வளரும் நிலையிலுள்ள எல்லாத் திசுக்களுமே மாற்றங் களைக் காட்டுகின்றன. புறனி, பித், சைலம், ஃபுளோயம், கேம்பியம் திசுக்கள் பெரிதாகி வளருகின்றன. ஆனால் அவற்றினிடையே வேறு மாறுதல்கள் காணப்படுவதில்லை.

வளர்ச்சியை நெறிப்படுத்தும் பொருள்களின் முக்கிய வேலைகளும் இயக்கங்களும்

புறவமைப்பிலும் திசுவமைப்பிலும் வளர்ச்சியை நெறிப்படுத்தும் பொருள்கள் ஏற்படுத்தும் மாற்றங்கள் :

(i) திசுக்களின் வளர்ச்சி அவற்றின் வயதைப் பொருத்தது. தண்டுத் தொகுதிகளில் பெரிசைகிள் பகுதியே வேகமாக மாற்றங்களை

அடைகிறது. வேறு சிலவற்றில் பெரிசைகிள் தவிர மற்றப் பகுதிகளே பெருமாற்றங்களை யடைகின்றன.

(ii) வளர்ச்சியை நெறிப்படுத்தும் பொருள்களை ஓரிடத்தில் சேர்த்தால் மற்ற இடங்களுக்குக் கடத்தப்படுகின்றன. இதனை டெலிமார்ஃபிக் செயல் (Telemorphic effects) என்கிறோம்.

(iii) வளரத் தேவைப்படும் பொருள்களை ஓரிடத்திலிருந்து வேறு இடத்திற்குக் கடத்தப்படுவதையும் வளர்ச்சியை நெறிப்படுத்தும் பொருள்கள் கட்டுப்படுத்துகின்றன.

தாவரப் பகுதிகளும் அவற்றைச் சார்ந்து வேர்கள் வளர்வதும் (Obligatory Relationships in Root formation): தாவரப் பகுதிகளான வேர், தண்டு, இலைகள், குருத்துகள், மலர்கள் ஆகியன யாவும் ஒருங்கிணைந்து செயலாற்றித் தாவரத்தை உருவாக்குகின்றன. எனவே ஒரு வேர் புதிதாக வளரத் தாவரப்பகுதிகளான இலை, தண்டு ஆகியன அமைந்த முறையே அடிப்படை ஆய்வாகும். Hamner, Kraus (1937) ஆகியோர் அவரைவிதைகளை 3% Indol acetic acid in Lanoline கலவையிலிட்டு வளரவிட்டனர். அவைகள் வேர்களையும் பெரிய முண்டுகளையும் (Tumours) தோற்றுவித்தன. ஆனால் குருத்துக்களைத் தோற்றுவிக்கவில்லை. எனவே வேர்களின் வளர்ச்சி அவற்றை வளரவிடும் செல் பகுப்படையும் மெரிஸ்டத்தைப் பொருத்ததாகும். எனவே தண்டு, இலைகளைப் பொறுத்ததல்ல என்பது தெளிவாயிற்று.

ஸ்கோக் (Skoog 1944) செயற்கை முறையில் திசு வளர்ப்பு செய்து ஆற்றிய ஆராய்ச்சிகளில் தண்டுத் தொகுதிகள் வேர்களைத் தோற்றுவிக்கும் பொருள்களை உண்டாக்குகின்றன என்றும், எனவே வேர்கள் தோன்ற தண்டு மண்டலம் தோற்றுவிக்கும் வளர்ச்சியை நெறிப்படுத்தும் பொருள்கள் அவசியமாகிறது எனவும் தெளிவாக்கினர்.

வேர் தோன்ற கார்போஹைட்ரேட் மற்றும் பல பொருள்களும் ஆக்சின்களுடன் தேவைப்படுகின்றன. வெளிர்ந்த (Etiolated) தண்டுத் தொகுதிக்கு கார்போஹைட்ரேட்களை கொடுத்தால் புதிய வேர்கள் வளரமுடியும். பதியன் கிளையின் வெட்டுக் காயத்தில் டிரிப்டோஃபேன் (Tryptophane) அமினோ அமிலம் தடவினால் அது Indolacetic) அமிலமாகி வேர்களை வளரத் தூண்டுகின்றன. ஆனால் மற்ற அமினோ அமிலங்கள் (Amino acids) அத்தகைய வேர் வளர்ச்சியை ஊக்குவிப்பதில்லை.

ஈஸ்ட் (Yeast) தோற்றுவிக்கும் பையோடின் (Biotin) என்னும் பொருள் Indol acetic acid உடன் கலந்து பதியன் வெட்டில் தடவி

னால் வேர்கள் விரைவாகவும் அதிகமாகவும் வளருகின்றன. ஆனால் 'பையோடின்' மட்டும் வெட்டுக் காலத்தில் தடவுவதால் வேர்கள் வளருவதில்லை என Went, Thimann ஆகியோர் கண்டனர்.

Thaelin (female sex harmore 1937) கெரோடின் (Carotin) ஆகியன 'ஆக்சின்' உடன் சேர்ந்து வேர்களை அதிகமாக வளரத் தூண்டுகின்றன. எனவே சர்க்கரை, பையோடின், ஆக்சின் ஆகியன வேர்கள் வளர ஊக்குவிக்கின்றன. ஆனால் எந்த அளவில் ஒவ்வொன்றும் வேர்கள் வளருவதை இயக்குகின்றது என்பதை அறிய முடியவில்லை.

வேர் வளர்ச்சி ஆர்மோன்கள் பட்டாணித் தாவரத்தில் உள்ள வளர் முனைப் பகுதிகளில் வளர்ச்சியைக் கட்டுப்படுத்துகின்றன. வைடமின் B_1, நிகோடினிக் அமிலம் குறைவதால் வேர்கள் வளர்ச்சி தடைப்படுகின்றது. அக்குறைவினால் செல்கள் பகுப்படைவது குறைந்து வேர்கள் சிறிதாகி விடுகின்றன.

செயற்கை முறையில் வேர்களை ஆய்வுக்கூடத்தில் வளர்க்கும்போது வைடமின் B_1, B_6, நிகோடினிக் அமிலம் ஆகியன அவசியமாகின்றன. ஆனால் பல தாவரங்களுக்கு இது வேறுபடுகின்றது.

தாவரங்களின் உட்புறக் காரணிகளும் வேர்களின் வளர்ச்சியும் வேர்கள் தோன்ற அவற்றின் முன் வளர்ச்சிகளும் (Primordia) ஏற்கெனவே வளர்ந்துள்ள வேர்களின் எண்ணிக்கைகளாகும். மேலும் தனியாகப் பிரிக்கப்பட்ட இலைமுனைச்சி (Bryophyllum) இலைகளிலும் வேர்களின்மீது சிறு வேர்கள் வளர்வதும் தண்டு மண்டலங்களிலுள்ள பல வளர்ச்சியை நெறிப்படுத்தும் பொருள்களாலேயே நிகழ்கின்றன.

21. மலர்கள் தூண்டப்படுதல்
(Induction of Flowering)

தாவரக் குருத்துக்கள் தண்டு இலைகள் கிளைகளாக வளர்ந்துகொண்டு பெரிதாகும்போது ஆங்காங்கே குறிப்பிட்ட சில பாகங்களில் மட்டும் இலைகள் அல்லது கிளைகளுக்குப் பதிலாக மலர்கள் வளர்கின்றன. இவ்வாறு மாறி வளரக் காரணங்கள் இருக்கத்தானே வேண்டும். தாவரங்கள் அவ்விடங்கள் மலர்களை எந்தெந்த அடிப்படைகளில் தோற்றுவிக்கின்றன, அவற்றிற்கு எவை காரணமாக இருக்கின்றன என்பதே மலர் உருவத் தோற்றியியலில் உள்ள ஆராய்ச்சியாகும்.

சேக்ஸ் (Sachs), மற்றும் பல விஞ்ஞானிகள் ஃபிளாரிஜன் (Florigen) எனப்படும் மலர் தோற்றிப் பொருளாலேயே தாவரங்களில் மலர்கள் தோன்றுவதாகக் கூறினர். ஆனால் இதனை முழுமையாக ஏற்றுக்கொள்ள முடியவில்லை.

மலர் தோன்றுவதைக் கீழ்க்காணும் தலைப்புக்களில் விரிவாக ஆராயலாம்.

(1) தண்டுகள் இலைகள் வளர்வது சிறிது மெதுவாகத் தடைப்பட்டு மலர்கள் வேகமாக வளர்ச்சியடைதல் எங்ஙனம்?

(2) மலரின் ஒவ்வொரு பாகத்தின் குறிப்பிட்ட பகுதிகள் குறிப்பிட்ட இடத்தில் உரிய காலத்தில் தோன்றி வளர்தல் எங்ஙனம்?

(3) மலரின் புல்லிகள், அல்லிகள், மகரந்தத் தாள்கள், சூலகம் ஆகியன குறிப்பிட்டபடி வளர்தல் எங்ஙனம்?

(4) மலரின் ஒவ்வொரு பாகமும் தனித்தனியே வளர்ந்தாலும் மலரின் முழுமையான தோற்றத்தையும் வளர்ச்சியையும் எங்ஙனம் ஒழுங்கே செயல்பட இயக்குகின்றது?

இவைபோன்ற பல ஆராய்ச்சி சிந்தனைகளுக்கு உருவத் தோற்றி யியலில் முடிவுகளைக் காண்போம்.

மலர்கள் தோன்றுதல் (Onset of flowering): மலர்கள் தோன்றி வளர்தலைப் பற்றிக் கீழ்க்காணும் தலைப்புக்களில் சில முடிவு களை அறியலாம்.

1. மண்ணில் வளர்ச்சியை நெறிப்படுத்தும் பொருள்களைச் சேர்த்து (growth regulation) மலர்களைத் தோன்றச் செய்தல்.

2. ஒட்டுக்கட்டுதலும் தோன்றுதலும்.

3. ஒளிக்கால (Photoperiod) மாறுபாட்டினால் மலர்கள் தோன்றுதல்.

(1) மண்ணில் வளர்ச்சியை நெறிப்படுத்தும் பொருள்களைச் சேர்த்து Hitchcock, Zimmermann(1935) ஆராய்ந்தனர். அவர்கள் indoleacetic, indolbutyric, மற்றும் அவற்றைப் போன்ற மற்ற அமிலங்களைத் துருக்கி புகையிலைத் தாவரம் (Turkish Tobacco) மலர்களைத் தோற்றுவிப்பதற்கு 3 முதல் 6 வாரங்களுக்குமுன் மண்ணில் கலந்துவிட்டனர். இதனால் முன்னதாகவே மலர்கள் தோன்றி வளர லாயின. இது போலவே பட்டாணி, அவரைகளில் ஈஸ்ட் சாறு (yeast extract), மற்றும் பெண்பால் ஹார்மோன் (Female sex hormone)களை மண்ணில் சேர்த்ததனால் மலர்கள் முன்னதாக வளர லாயின என்பதனை Schoeller, Goebel (1935), Virtamen (1933), Hausen (1934) கண்டறிந்தனர்.

தண்டு மலர்க் குருத்துக்களில் ஆக்சின் (Auxin) சேர்த்தால் அவைகள் மலர்களாக வளராமல் இலைகளைத் தோற்றுவிப்பதை டாஸ்டல் (Dostal 1926) சோதனைகள் மூலம் விளக்கினார். மேலும் மண்ணில் நைட்ரஜன் குறைவாக இருப்பின் ஆக்சின்கள் தாவரங்களில் தோன்றுவ தில்லை. எனவே இலைகள் அதிகமாக வளர்கின்றன.

ஜீன்களும் ஒட்டுக்கட்டுதலும் (Genes and grafting experiments): Hyoscyamus nigar என்னும் தாவரத்தில் ஒன்று ஓர் ஆண்டு வாழ்வதும் மற்றது ஈராண்டு வாழ்வதுமாக இருவகைகள் உள்ளன. அதற்கு ஒரு ஜதை ஜீன்களே காரணமாவதை மெல்செர்ஸ் (Melchers 1937) விளக்கினார். ஓர் ஆண்டு வாழ்ந்து மலர்களைக் கொடுக் கும் தாவரத்தின் கிளையை ஈராண்டு வாழ்வதனின்மேல் ஒட்டுக் கட்டி னால் பின்னது ஓராண்டிலேயே மலர்களை உண்டாக்கி வளர்கின்றது. அதுபோல் ஈராண்டு வாழும் தாவரத்தின் கிளையை ஓராண்டு கழித்து ஒரே ஆண்டு வாழும் தாவரத்தின் மேல் ஒட்டுக்கட்டினால் அது உடனே

மலர்களைத் தோற்றுவிக்கின்றது. எனவே ஒரு ஜதை ஜீன்களே இத்தகைய வேறுபாட்டிற்குக் காரணமாகிறது. அந்த ஜீன் குறிப்பிட்ட சில முக்கிய பொருள்களைத் தோற்றுவித்து இயக்குவதேயாகும்.

ஒளிக் காலமும் மலர்கள் வளர்தலும்: ஒரு நாளில் சூரிய ஒளியுள்ள காலத்தை ஒளிக் காலமென்கிறோம். இது பருவ காலங்களில் வேறுபடுவதை அறிகிறோம். ஒளிக்கால நேரம் அதிகமாவதும் குறைவதும் தாவரங்கள் வளருவதையும் மலர்களைத் தோற்றுவிப்பதைப் பற்றியும் விரிவாக கார்மர் (Garmer 1937), முர்நீக் (Murneek 1937), Whyte and Oljorikov (1939), Cholodny (1939), Hamner (1944) and Skoog (1951) பல ஆராய்ச்சிக் கருத்துக்களை வெளியிட்டுள்ளனர்.

Hamner and Bonner (1938) மருளூமத்தை எனத் தமிழில் வழங்கப்படும் Xanthium Pennsylvanicum என்னும் தாவரத்தில் சிறந்த சோதனைகளைச் செய்துள்ளனர்.

(i) Xanthium தாவரங்களை சோதனைக்குக் கொண்டு, ஒரு தாவரக் கூட்டத்தில் இலைகளை நீக்கிவிட்டு மற்ற ஒரு கூட்டத்தை இலைகளுடன் கொண்டு குறுகிய ஒளிக்காலத்தில் வாழவிட்டால் 11 நாட்கள் கழித்து இலைகளுள்ள தாவரங்கள் சீக்கிரத்திலேயே மலர்களைத் தோற்றுவிக்கின்றன. மற்ற இலைகளில்லாதவை இலைகளைத் தோற்றுவித்து வளர்கின்றன.

(ii) அடுத்த சோதனையில் மருளூமத்தைத் தாவரமொன்றில் ஒரே ஒரு இலைமட்டும் குறுகிய ஒளிக்காலத்தில் வைக்கப்பட்டு மற்றப் பகுதிகள் நீண்ட ஒளிக்காலத்தில் வளருமாறு செய்ததில் சீக்கிரத்திலேயே மலர்கள் தோன்றலாயின.

(iii) அடுத்து இரு கிளைகளையுடைய மருளூமத்தைத் தாவரங்களில் ஒரு கிளையைக் குறுகிய ஒளிக் காலத்திலும் மற்றதனை நீண்ட ஒளிக் காலத்திலும் இருக்கச் செய்து, பிறகு பார்த்ததில் தாவரங்கள் யாவும் மலர்களை சீக்கிரத்தில் தோற்றுவிக்கச் செய்தன. ஆனால் அத்தகைய குறுகிய ஒளிக்காலமடைந்த கிளையின் இலைகளைப் பிறகு நீக்கிவிட்டால் மலர்களைத் தோற்றுவிப்பதைக் காணலாம். ஆனால் சோதனைக்கு முன் இலைகளை நீக்கிவிட்டால் சோதனைக்குப் பின் மலர்கள் வளர்வதில்லை.

(iv) அடுத்து இளம் தளிர்களையுடைய தாவரங்களைவிட முதிர்ந்த இலைகளையுடைய தாவரங்களே குறுகிய ஒளிக்காலம் பெற்று மலர்களைத் தோற்றுவிக்கமுடியும்.

எனவே முதிர்ச்சியுற்ற இலைகள் குறுகிய ஒளிக்காலங்களில் இருக்கச் செய்வதனுல் அவைகள் தயாரிக்கும் பொருள்கள் தாவரத்தின் ஏனைய பாகங்களுக்குக் கடத்தப்பட்டு மலர்களைத் தோற்றுவிக்கச் செய்வதை அறிகிறோம். இவ்வாறு நிகழ்த்தும் பொருள் இன்னதுதான் என இன்னும் அறிய முடியவில்லை.

உருவத் தோற்றியியல் பொருள் (Morphogenetic Substance) : தாவரங்களில் மலர்கள் தோன்ற ஃபிளாரிஜன் (florigen) என்னும் பொருள் மிக அவசியமெனவும், இது ஒளிக்காலத்தினுலும் மற்ற வாழ்வியல் நிகழ்ச்சிகளாலும் தாவரங்களிலேயே தோன்றுவதாக வும் கூறப்படுகிறது. இதுவன்றி ஒளிக்கால வேறுபாடுகளால் வெர்நலின் (Vernalin) என்னும் பொருள் தோன்றி மலர்களைத் தோற்றுவிப்பதாக மெல்சர்ஸ் (Melchers 1939) குறிப்பிட்டார். மேலும் வைட்டமின் B_1, B_2, B_6, நிகோடினிக் (Nicotinic acid) அமிலம், அஸ்கார்பிக் அமிலம் (Ascorbic acid), பேன்டோதனிக் அமிலம் (Pantothenic acid), இனேசிடால் (Inositol), தியலின் (Thaelin), தியலால் (Thaelol), இன்டால் அசிடிக் அமிலம் (Indole acetic acid), ஈஸ்ட் கரைசல் ஆகியன பல தாவரங்களில் மலர்களைத் தோற்றுவிக்கும் உருவத்தோற்றியியல் (Morphogenetic) பொருளாகப் பயன்பட்டது. இருப்பினும் அவைகள் எல்லாத் தாவரங்களிலும் ஒரேமாதிரியாகச் செயல் படுவதில்லை. இதனை Hamner, Bonner (1938, 1944) விரிவாக ஆராய்ச்சி செய்து வலியுறுத்துகின்றனர். ஏனெனில் மேலே குறிப்பிட்ட பொருள்கள் யாவும் Xanthium தாவரத்தில் எந்த வகையிலும் மலர்களைத் தோற்றுவிப்பதில் பயன்படுவதில்லை.

அடுத்து Leopold, Thimann (1949) ஆகியோர் பார்லி தாவரத்தில் ஒளிக்கால மாறுபாட்டினுலும் அதே தருணத்தில் ‘ஆக்சின்’ (10^{-3M}) நிலையில் (Auxin) செலுத்தியும் ஆராய்ந்ததில், மலர்களைத் தோற்றுவித்தன. மிக அதிக அடர்த்தியில் ஆக்சின் மலர்களைத் தோற்றுவிக்கவில்லை.

இதுபோல் மலர்களைத் தோற்றுவிக்காத ஒளிக் காலத்தில் ஆக்சின் தகுந்த அளவில் செலுத்தியும் மலர்கள் வளரவில்லை. எனவே ஒளிக் காலத்தினுல் மலர்கள் வளர்வது பாதிக்கப்படுகின்றது. எனவே ஆக்சின் மிகக் குறைந்த அளவில் தக்க சூழ்நிலைகளில் மலர்களைத் தோற்றுவிக்கலாம் எனக் கருதப்படுகின்றது.

TIBயும் மலர்கள் வளர்தலும் Zimmermann Hitchcock (1942) 2, 3, 5 triiodobenzoic acid (TIB) என்னும் பொருள்களைத்

தக்காளித் தாவரங்களின்மீது தெளித்தால் இலை, கிளைகளாக வளரும் குருத்துக்கள் மலர்களைத் தோற்றுவிக்கின்றன என ஆராய்ந்தறிந்தனர். இத்தகைய பொருளை ஃபார்மஜென் (formagen) எனக் குறிப் பிடலாயினர்.

இந்த TIB பொருள் எல்லாத் தாவரங்களிலும் இவ்வாறு மலர்களைத் தோற்றுவிக்கும் எனக் கூறமுடியாது. அதன் தன்மை தாவரங்களிலே வேறுபடுகின்றதை விரிவாக Wardlaw தம் நூலில் குறிப்பிட்டுள்ளார்.

முடிவு: தாவரங்களில் மலர்கள் வளரத் தூண்டும் பொருள் நிச்சயமாக உண்டு என்பது வெள்ளிடைமலையாக உள்ளது என Hamner (1944) கருதுகிறார். இத்தகைய பொருள்கள் இலைகளில் சூரிய ஒளியினால் தோற்றுவிக்கப்பட்டு, குருத்துகளுக்குக் கடத்தப் பட்டு ஆங்கு மலர்கள் வளருவதை ஒளிக்கால ஆராய்ச்சிகள் மூலம் விரி வாக அறிந்தோம். இருப்பினும் இதுநாள்வரை மலர்கள் வளர்ச்சியைத் தூண்டும் பொருளைத் தாவரங்களிலிருந்து தனிப்படுத்தமுடியாத நிலையில் இருக்கிறோம் என ஸ்கோக் (Skoog) குறைபடுகிறார்.

22. மலர்களின் பின் வளர்ச்சி—கனியாதல்
(Post-Flowering Developments)

மலர் தோன்றியபின் சூலகம் கருவுற்ற பிறகு கனியைத் தோற்று விப்பதையே மலரின் பிற்கால வளர்ச்சி எனலாம். இவ்வளர்ச்சி சில தாவரங்களில் எங்ஙனம் நிகழ்கின்றது என்பதை ஆராய்வோம்.

முருங்கை மலரின் சூற்பை சுமார் 5 மில்லிமீட்டர் அளவே உள்ளது. ஆனால் கருவுற்றபின் சுமார் 30 செ.மீ. முதல் 100 செ.மீ. நீளத்திற்கு வளர்கின்றது. இதுபோலவே பெரிமயில் கொன்றை (Delonix regia) யிலும் 1 செ.மீ. நீளமுள்ள சூற்பை 100 செ.மீ. நீளத்திற்கு வளர் கின்றது. கண்களுக்குப் புலப்படாத சூற்பைகள் கனியாகப் பெருத்து வளர்தல் இயற்கையாக நாம் அன்றாடம் காணும் அதிசயமாகும். இதற்குக் காரணம் மகரந்தங்களிலிருக்கும் கிப்பரல்லின் (Gibbe-rellin), இண்டால் அசிடிக் அமிலமும் (Indole acetic acid) சூலகத்தை அடைந்தபிறகு வளர்ச்சியை ஊக்குவிக்கின்றன என்பது அறியக்கிடக்கிறோம்.

செயற்கையாகக் கனிகளை வளர்த்தல்: இவ்வாறு அதிசய வளர்ச்சியைக் காட்டும் சூற்பையில் பல சோதனைகளைச் செய்துள்ளனர்.

1849 ஆண்டிலேயே Gaertner பூசணிமலர் சூலகமுடியில் லைகோ போடியம் (Lycopodium) தாவரத்தின் ஸ்போர்களை தூவினர். அதன் விளைவாக கருவுறாமலேயே பூசணிக் கனி பெரிதாக வளரலாயிற்று.

Millardet (1901) Ampelopsis hederacea தாவரத்தின் மகரந் தத்தை திராட்சை மலர்களில் சேர்ப்பித்ததனல் கனிகள் தோன்ற லாயின.

இவ்வித ஆராய்ச்சிகளில் Zimmermann (1942), மஹேஸ்வரி (Maheshwari) (1940), Gardner and Kraus (193), Gustafson

(1938) Hagemann (1937), Oinoue (1938), Schroeder (1938), Wong (1939), Yasuda (1935), Hitchcock (1939) பல நுண்ணிய விளக்கங்களை அறிந்து அறிவுறுத்தியுள்ளனர்.

தாவரமுண்டுகள் (Plant galls): தாவரங்களில் முண்டுகள் வளர்வதைச் சாதாரணமாகக் காட்டுமரங்களிலும் பொங்க மரங்களிலும் (Dalbergia lalyolia) காண்கிறோம். இது பூச்சிகளினால் தோற்றுவிக்கப்படுகின்றது.

குறிப்பிட்ட பூச்சிகளான ரம்பப் பூச்சி (Saw fly) போன்றவைகள் Salix fragilis, Salba, S. cappea போன்ற சிற்றினங்களில் முண்டுகளைத் தோற்றுவிக்கின்றன. இப்பூச்சிகள் இலைகளில் முட்டையிடும் கூரிய உறுப்பை நுழைத்து முட்டையிடுகின்றன. அதுபோழ்து வெளிப்படும் சில இரசாயனப் பொருள்கள் வேகமாகத் திசுக்களை வளரத் தூண்டுகின்றன. இதன் விளைவாகத் தாவர முண்டுகள் வளர்கின்றன.

மற்றும் பல தாவரங்களில் நிமடோட் (Nematode) வகுப்பைச் சார்ந்த உருளைப் புழுக்கள், உருளைக்கிழங்கு தாவர வேர்களிலும் முட்டை கோசு மற்றும் பல தாவர வேர்களிலும் முண்டுகளைத் தோற்றுவித்து அவற்றில் பல்லாயிரக்கணக்கான முட்டைகளை இடுகின்றன.

அவரைக் குடும்பத் தாவரவேர்களில் ரைசோபியம் (Rhizobium) பாக்டீரியாவினால் வேர்முண்டுகள் தோன்றுகின்றன.

செயற்கையாக இன்டால் அசிடிக் அமிலத்தைச் சிவப்பு கிட்னி அவரையில் (Red Kidney Bean) தாவரத்தில் தெளித்ததால் முண்டுகள் படத்திலுள்ளவாறு தோன்றலாயின.

எனவே சில இரசாயனப் பொருள்களால்தான் தாவரமுண்டுகள் தோன்றுகின்றன என முடிவு கொள்ளலாம். ஆனால் எத்தகைய ரசாயனப் பொருள் என்பதைத்தான் விரிவாகக் கூறமுடியவில்லை.

லைகென்களில் உருவத் தோற்றியியல் (Morphogenesis in Lichens): லைகென் என்பது பூஞ்சையும் ஆல்காவும் சேர்ந்து அமைக்கும் ஒரு கூட்டுத் தாவரமாகும். ஆல்காவிருப்பதனால் பூஞ்சை வளர்ச்சி பாதிக்கப்பட்டுக் குறிப்பிட்ட உருவத்தை அடைகிறது. இத்தகைய உருவமடைதலைச் சூழ்நிலைக் காரணங்களோ அல்லது பரம்பரையியல் காரணங்களோ கட்டுப்படுத்தாமல் இருப்பது நாமறிந்துள்ளோம். எனவே உருவத்தோற்றியியலில் (Morphogenesis) லைகென் ஒரு புதிராக உள்ளது. அதனைப்பற்றி ஆராய்ச்சி முடிவுகளை நாம் கண்டறியவேண்டும்.

23. அறிஞர் பவேரியின் ஆராய்ச்சி
(Prof. Boveri's Research)

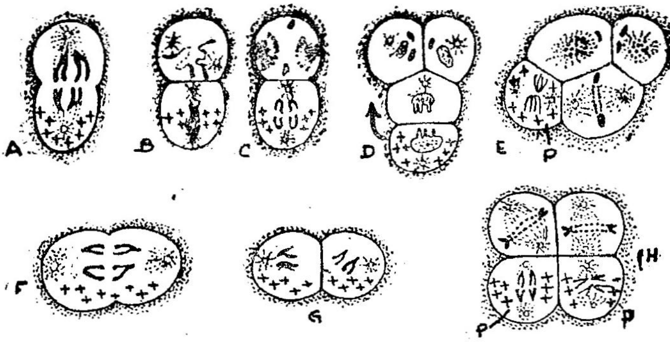
பவேரி ஜெர்மானியர், இவர் உயிர்களின் பண்புகளை நியூக்லியஸ் கட்டுப்படுத்துவதை உணர்ந்து உணர்த்தியவர். நியூக்லியஸ் பரம்பரையாகக் குணங்களை நெறிப்படுத்துவதையும் அறிவுறுத்தினர். அவர் அஸ்காரிஸ் (Ascaris) என்னும் குடல் ஒட்டுண்ணிப் புழுவின் முட்டையின் வளர்ச்சியில் கண்ட ஆராய்ச்சியை விரிவாக அறியலாம்.

அஸ்காரிஸ் புழுவின் முட்டை குறுக்காக இரு செல்களாகின்றது. செல் பகுப்பின்போது இரு குரோமசோம்கள் மட்டுமே நியூக்லியஸிலிருந்து தோன்றுகிறதை அறியலாம். முட்டை குறுக்காக பகுப்படைந்து இரு செல்களாகின்றது. மேலே உள்ள செல்லின் இரு குரோமசோம்களும் துண்டுகளாகின்றன. இத்துண்டுகளில் குரோமசோம் முனைத்துண்டுகள் அடுத்து உருவாகும் நியூக்லியஸை அமைப்பதில்லை. அது படத்திலுள்ளவாறு வேறுபட்டு சைட்டோபிளாசத்திலேயே இருந்து விடுகின்றது (படம் 21-1).

கீழ்ப்புறமுள்ள செல் கூட பிரிகின்றது. ஆனால் இதன் குரோமசோம்கள் தெளிவாகப் பக்கத்திற்கு இரு குரோமசோம்களாகப் பிரிந்து ஒதுக்குகின்றன. இப்போதும் மேற்புறமமைந்த செல்லின் குரோமசோம் துண்டுகளாகி முனைத்துண்டுகள் சைட்டோபிளாசத்திலேயே இருந்து மற்றவைகள் நியூக்லியஸை அமைக்கின்றன.

கீழ்ப்புறமுள்ள செல்லின் குரோமசோம் சிறு துண்டுகளாகப் பிரியாமல் முழுமையாக அமைந்து நியூக்லியஸாகின்றன. எனவே கீழ்ப்புறமாக அமைந்த இந்த செல்லின் சைட்டோபிளாசத்தில் சில பொருள்கள் இருக்கவேண்டும். இவையே செல்லின் குரோமசோமின் பிரிவுகளைக்

கட்டுப்படுத்துகின்றன என பவேரி கருத்துத் தெரிவித்தார். இதைப் பற்றி இன்னும் விளக்கமாகப் படம் மூலம் அறியலாம்.



படம் 23-1. குடற்புழு அஸ்காரிஸ் (Ascaris) அறிஞர் 'பவேரி' (Boveri)யின் ஆராய்ச்சிகள் A to E இயற்கையாக முட்டை வளர்தல். P குறியிட்ட செல்களில் முழுமையாகப் பொருள்கள் இருத்தல். F to H முட்டை (Centrifuge) கருவியில் சுற்றியபின் வளர்ச்சியில் தோற்றுவிக்கும் மாற்றங்கள். + குறியிட்டவைகள் நியூக்லியஸ் பிரிவைக்கட்டுப்படுத்தும் சைட்டோபிளாசப் பொருள்கள்

அறிஞர் Th மார்கன் (Morgan) அவர்களின் கருவளரியல் (Embryology) மற்றும் பரம்பரையியல் கருத்துக்கள்

பிராணிகளின் கருவளர்ச்சி நியூக்கியஸ்களிலுள்ள ஜீன்களாலேயே கட்டுப்படுத்தப்பட்டு நெறிப்படுத்தப்படுகின்றன என Th மார்கன் தம் ஆராய்ச்சிகளின் அடிப்படையாகக் கொண்டு கருத்துக்களை வெளியிட்டுள்ளார்.* எனவே அத்தகைய ஜீன்கள் எங்ஙனம் கட்டுப்பாடுடன் இயங்குகின்றன என்பதே ஆராய்ச்சிக்குரிய கருத்தாகும்.

பவேரி, மார்கன் கருத்துக்களில் ஒருமைப்பாடு

பவேரி கருவளரியல் ஆராய்ச்சிகளின் முடிவில் கருமுட்டையின் (ஜீன்களைக்கொண்ட) நியூக்லியசும் அது அமைந்த சைட்டோபிளாசமும் கருவின் வளர்ச்சியைப் பாதிக்கின்றன என உருளைப்புழு அஸ்காரிஸ் (Ascaris) மூலமாக விளக்கியருளினர்.

---

* Embryology and Genetics by D. T. H. Morgan (1934).

அவருக்குப்பின் மார்கன் "சைட்டோபிளாசப் பகுதிகள் தக்க வாறு இயங்கி செல் பகுப்படைந்து கருவைத் தோற்றுவிப்பதை ஜீன்களே கட்டுப்படுத்துகின்றன" என்னும் அடுத்த மேல்தளக் கருத்தை வெளியிட்டார்.

இக்கருத்தைச் சொன்னதோடல்லாமல் அவர் எடுத்துக்காட்டாக விளக்கிய இரு கருவளரியல் ஆராய்ச்சிகளை அறியலாம்.

நத்தை ஓட்டில் இடம்புரி வலம்புரி ஆராய்ச்சி (Limnaea Peregra)

நத்தைகளின் மெல்லிய உடலின்மேல் சுருள்வடிவில் ஓடு அமைந்துள்ளது. இவ்வோடு சாதாரணமாக இடம்புரிச் சுருளாக அமைந்துள்ளது. ஒரு சில வலம்புரிச் சுருளாக வளர்கின்றன. இதற்கு அடிப்படைக் காரணங்கள் கருமுட்டையின் ஜீன்களில்தான் இருக்க வேண்டுமென எல்லா ஆராய்ச்சியாளர்களும் கருதுவார்கள்.

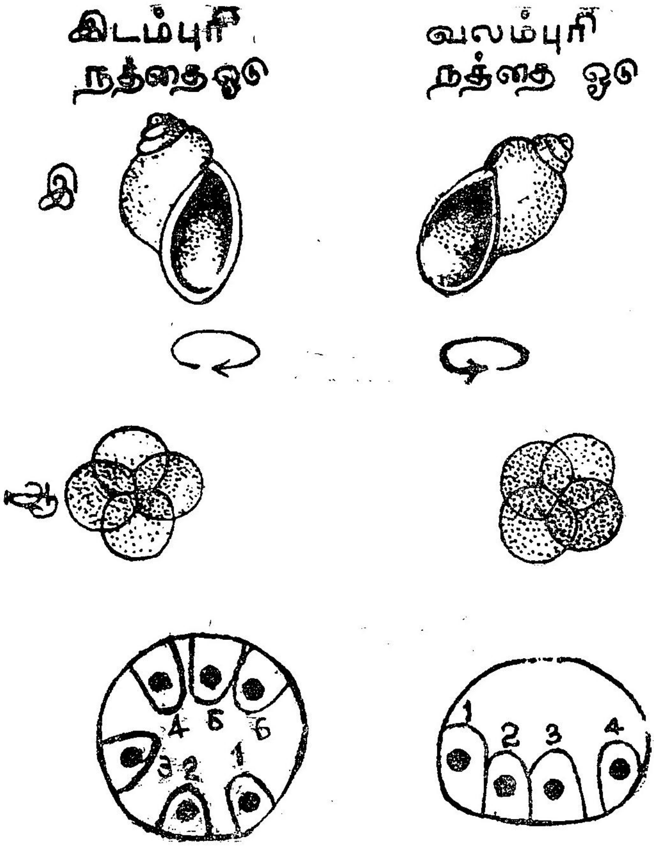
மார்கன் உடன் சேர்ந்த ஆராய்ச்சியாளர் ஸ்டர்ட்வண்ட் (Sturte-want) வலம்புரி இடம்புரி ஓடுகள் அமைய முட்டையினை இறுதியாகத் தோற்றுவிக்கும் செல்களின் ஜீன்களே காரணமாக விளங்குகின்றன என்றார்.

நத்தையின் முட்டையைத் தோற்றுவிக்கும் கருப்பையின் ஃபாலிகிள் செல்கள் (Ovarian follicle cells) இறுதியாகப் பகுப்படைந்து முட்டையை உண்டாக்கும்போது அதன்மேல் ஃபாலிகில் செல்கள் தம் படிவங்களை அமைத்து விடுகின்றன. இப் படிவங்களைப் புள்ளிகளாக முட்டையின்மேல் அமைவதை நூதன நிறமிகளைக் (dyes) கொண்டு அறியலாம். இப் புள்ளிகள் (அதாவது ஃபாலிகிள் செல்கள் முட்டையின்மீது படிந்திருந்த நிலை) ஒழுங்கற்று இடமிருந்து வலமாக (படம் 23-2), அமைந்திருந்தால் அந்தக் கருமுட்டை சாதாரணமான இடம்புரி ஓட்டைக் கொண்ட நத்தையாக வளர்கின்றது.

அவ்வாறின்றி முட்டையின் மீது ஃபாலிகிள் செல்களின் அச்சுப் படிவங்கள் வலமிருந்து இடமாக அமையப்பெற்றால் அது வலம்புரி ஓட்டைத் தோற்றுவிக்கும்.

எனவே நத்தையின் முட்டை இறுதியாகத் தோன்றும் கட்டத்தில் அதைத் (முட்டையை) தோற்றுவிக்கும் ஃபாலிகிள் (Follicle) செல்கள் அமைத்துவிடும் அச்சுப் படிவத்தைப் பொறுத்ததாகும். அதன் வலம்புரி–இடம்புரி ஓடு எனத் தெளிவாக அறிகிறோம்.

எனவே நத்தை ஒன்றின் வலம்புரி அல்லது இடம்புரி வளர்ச்சி தன்னுடைய ஜீன்களை மட்டுமன்றித் தாயின் ஜீன்களையும் பொருத்துள்ளது எனத் தெளிவாக அறிய முடிகின்றது.



படம் 23-2. அ-ஃபாலிகிள் செல்கள் அமைத்துவிடும் அச்சுப்படிவங்கள். ஆ-அடுத்து வளரும் நிலைகள்

(After CH. Waddington)

ஆகவே வலம்புரி அல்லது இடம்புரி நத்தை ஓட்டைத் தோற்றுவிப்பதில் முட்டையைத் தோற்றுவிக்கும் செல்கள் படியும் விதத்திலுள்ளது. அத்தகைய படிமானத்தைத் தாய் செல்லின் ஜீன்களே நிர்ணயம் செய்கின்றன. ஓடு வலம்புரியா இடம்புரியா என்பது தாயின் ஜீன்களையும் மகவு நத்தையின் ஜீன்களையும் பொருத்ததாகும்.

எனவே ஜீன்கள் சாதாரணமாக உயிர்களின் வளர்ச்சியை மட்டும் கட்டுப்படுத்துவதோடு நிற்காமல் சிறந்த மாறுபாடுகளையும் தோற்றுவிக்கும் சிற்பிகள் எனலாம்.*

---

* "Morgan was absolutely justified in arguing that every aspect of—even the most general—of biological form is ultimately under the control of genes (or gene-like bodies) and that there is no serious case for arguing that organisms have a basic nongenetic pattern to which the genes of the geneticists just add a few superficial ornaments, as regretably 'architects' have sometimes been persuaded to plater a little Renaissance detail on to the facade of buildings put up by competent engineers. Genes are engineers as well as architects, though they may take an extra generation to convert a railway station into a heliport?"

—*Prof. C. H. Waddington*

24. உருவத் தோற்றியியலும் அறிஞர் வாடிங்டனின் கருத்துக்களும்*
(Waddington's Principles on Morphogenesis)

உருவத் தோற்றியியலுக்கு அடிப்படைக் காரணங்களில் ஒன்று பரிணாமம் (Evolution) என ஹெக்கல் (Haeckel), பவர் (Bower), சிம்மர்மன் (Zimmermann) ஆகிய இன்ன பிற அறிஞர்கள் எத்தனையோ சான்றுகளை அடுக்கடுக்காக அமைத்து விளக்கங்கள் தந்துள்ளனர்.

இன்றைய உலகில் எலக்ட்ரான் நுண் நோக்கியும் (Electron microscope), எத்தனையோ நூதனக் கருவிகளும், செயற்கை முறைத் திசு வளர்ச்சியும் முன்னேறிய இக்காலத்தில் வாடிங்டன் எழுப்பும் கேள்விகளை அறிந்து ஆராயவேண்டியுள்ளது; உருவத் தோற்றியியலுக்கும் அடிப்படைக் காரணங்களை அறிய முற்பட முடிகிறது.

கருவியல் (Embryology) ஆராய்ச்சிகளில் செவுள்களை (Gillslits) யுடைய நிலையை வளரும் மானிட, மற்றும் பல பிராணிகளின் கருக்கள் வளரும் நிலைகளில் நாம் காண முடிகின்றது. எனவே இத்தகைய பிராணிகள் செவுள்களுள்ள பிராணிகளிலிருந்து தோன்றியிருக்க முடியும் எனக் கூறி முடிப்பதில் இன்றைய அறிவுலகத்திற்குப் பொருந்தாது.

"இன்று நம் கண்களுக்கு முன் வளரும் கருவில் செவுள்கள் உள்ளன; ஆனால் முழுமையான உயிரில் இல்லை. அங்ஙனம் செவுள்கள்

---

* Principles of Development and Differentation by C. H. Waddington (Macmillan Co., N.Y.) நூலைத் தழுவிய கருத்துக்கள்.

கருவில் வளருமானால் அது நிகழும் வழிமுறைகளை இன்றைய ஆராய்ச்சி முறைகளின் அடிப்படையில் விளக்க முற்படவேண்டும்."

"It is not at all sufficient, to our present way of thinking, to say that human embryo possess gill slits because it was evolved from a fish which also possesses gill slits. This is true enough as far it goes out. We want to be able to go much further and to state what processes and reaction are going on within this particular egg, which we see in front of us cause it to develop with structures that we see appearing. We want to understand the immediate causes, as well as the historical derivation, of the changes that we see proceeding in any given instance of embroynic development."

—*C. H. Waddington*

"Eggs usually have a very simple shape, often spherical. The orgsnisms into which they develop have, of course, complicated shapes. Not only is their overall external surface moulded into a structure of trunk, legs, head, tail and what have you, but internally they contain many different organs, such with a rather constant and particular shape. The process by which these changes in shape occur are known as MORPHOGENESIS."

—*C. H. Waddington*

"உயிர்களின் முட்டைகள் யாவும் ஒரே மாதிரியாக உள்ளன. ஆனால் வெவ்வேறு உயிர்களில் முட்டைகள் வளர்ச்சியின்போது செல் களிலும் திசுக்களிலும் தக்க தருணத்தில் மாறுதல்கள் ஏற்பட்டு பல்வேறுபட்ட உயிர்கள் தம் உருவத்தைத் தோற்றுவிக்கின்றன. இவ்வாறு முட்டைகள் வளர்ச்சி மாற்றங்களுற்று வளர்வதையே உருவத் தோற்றியியல் (Morphogenesis) என்கிறோம்" என்கிறார் அறிஞர் வாடிங்டன்.

முட்டை வளர்ச்சியுறும்போது வேறுபாடுகள் தோன்றுதல்

ஒரு முட்டையின் அமைப்பைச் சோதித்தால் அதில் எவ்வித வேறு பாடுகளும் தெரிவதில்லை. ஆனால் அது பகுப்படையும் நிலை (plane)யும், ஒவ்வொரு செல் படிப்படியாக வேறுபட்டு உறுப்புக்களைத் தோற்று விப்பதும் ஒரு வியத்தகு நிகழ்ச்சியாகும். முட்டை வளர்ச்சியின்போது வேறுபடுவதைக் காலத்தினால் வேறுபடுவதாகவும் (differentiation

in time), இடத்தில் வேறுபடுவதாகவும் (differentiation in space), உருவத்தில் வேறுபடுவதாகவும் (differentiation in shape) கூறலாம்.

காலத்தினுல் வேறுபடுதல்: முட்டை தன் அமைப்பில் வேறுபாடுகளின்றி அமைந்துள்ளது. இது செல் பகுப்படைந்து பெருகும்போது அந்தந்த செல்கள் உரிய காலத்தில், தக்க ரசாயன மாற்றங்களை அடைந்து, உதாரணமாகத் தசைநார் செல்கள் தசைநார் சுருங்கும் புரோட்டீன்களைத் தோற்றுவிக்கும் தசை நார் திசுக்களை அமைத்தல் வேண்டும். அதே காலத்தில் எலும்புகளைத் தோற்றுவிக்கும் செல்கள் அதற்கேற்ற காலப் பக்குவத்தில் எலும்புத் திசுக்களாக அமைதல் வேண்டும். இவ்வாறு உடல் உறுப்புகள் காலத்தினுல் வேறுபடுதல் உருவத் தோற்றியியலுக்கு (Morphogenesis) மிக அவசியமாகும்.

இடத்தில் வேறுபாடுகள்: காலமும் இடமும் (Time and space)தான் அளவாகக் கொண்டு பூமியையும் அண்டங்களையும் அளக்கிறோம். செல் பகுப்படைந்து வளரும் முட்டை பெரிதாகும்போது இடத்தை அடைக்க முற்படுகிறது. இதற்குக் காரணம் செல்கள் திசுக்களாகிப் பல பகுதிகளாக அமைகின்றன (regionalization). இதனுல் வளர்ச்சியுறும் பாகங்கள் இடத்தை அதிகமாக அடைத்து வேறுபாகளைத் தோற்றுவிக்கின்றன. எனவே காலத்தினுல் வளர்ச்சியுற்று இடத்தை அடைக்க முற்படுதலும் உயிர்கள் உருவ அமைப்பைப் பெறுவதில் முக்கிய நிலை என்பதை அறிகிறோம்.

உருவத்தில் வேறுபாடுகள்: இவ்வாறு காலத்தினுல் தக்க திசுக்கள் தோன்றி உரிய உறுப்புகளை அமைத்துத் தக்க அங்கங்களுடன் வளர்ந்து உயிரைத் தோற்றுவிப்பதை உருவத் தோற்றியியல் (Morphogenesis) என்கிறோம். இதற்கு மேற்கூறிய மூன்று வேறுபாட்டு நிகழ்ச்சிகளும் நிகழ்ந்த பிறகு முழுமையான உயிர் தோன்றி வாழமுடியும். அவ்வாறு உயிர் தோன்றி வாழும் போதும் அவ்வப்போது மாறுபாடுகளை அது அமைத்து வளர்கிறது.

எனவே காலத்தினுலும் உயிர் அமையும் இடத்தினுலும் உருவத்தினுலும் ஏற்படும் வேறுபாடுகள் ஒருங்கிணைந்து வளர்ச்சியை ஊக்குவித்தால்தான் (Integration of Development) உயிர் தொடர்ந்து வளர்ந்து இயங்க முடியும். இதற்குத் திசுத் தோற்றவியல் (Histogenesis), உறுப்புப் பகுதிகள் தோன்றுதல் (Regionalization) இவற்றை முழுமையாக்க உருவத் தோற்றியியலும் (Morphogenesis) ஒருங்கிணைந்து நிகழவேண்டும்.

திசுத் தோற்றவியலின் (Histogenesis) போது திசுக்களின் குறிப்பிட்ட பகுதிகள் தக்க ரசாயன வேறுபாடுகள் குறித்த காலத்தில் நிகழ்வது முக்கியமாகும். அதனையடுத்து உறுப்புப் பகுதிகள் தோன்றுதலையும் (Regionalization) பல பகுதிகளிலுள்ள செல்களில் உண்டாகும் இரசாயன மாற்றங்களே நிகழ்த்துகின்றன. எனவே இத் தகைய திசுத் தோற்றங்களும் அவற்றைத் தொடர்ந்து உறுப்புக்கள் வளர்வதற்கும் வளரும் உயிர்களில் ஆங்காங்கே ஏற்படும் ரசாயன மாற்றங்களே காரணமாகின்றன. இறுதியாக உயிருக்கு உருவத் தோற்றத்தைச் சமைப்பது இந்த செல்களின் இரசாயன மாற்றங்கள் என்றால், அந்த இரசாயன மாற்றங்களை செல்லின் எப்பகுதி இயக்கு கின்றது என்பதை அறிந்துவிட்டால் உருவத் தோற்றியியலின் (Morphogenesis) அடிப்படைக் காரணங்களைக் கூறிவிடமுடியும்.

எனவே திசுத் தோற்றமும் உறுப்புத் தோற்றமும் உருவத்தின் முழுமையும் செல் வளர்ச்சி மட்டங்களிலும், திசு வளர்ச்சி மட்டங் களிலும், உருவத் தோற்றியியல் மட்டங்களிலும் நிகழ்கின்றன.

உதாரணமாக, மீசோடர்ம் (Mesoderm) செல் ஒன்று படிப் படியாகத் தசைநார்களை அமைக்க முற்படுகின்றது. அந்த செல் மட்டும் தனியாகப் பிரித்தெடுத்துச் செயற்கை முறையில் வளரத் தூண்டினால் அது வளர்வதில்லை. அந்த செல் ஏனைய செல்களுடன் சேர்ந்திருக்கும் போதுதான் வளரமுடியும். எனவே திசு வளர்ச்சியில் உருவத் தோற் றியியல் நிகழ்கின்றது. இவ்வாறு பல கட்டங்களில் செல், திசு உறுப்பு வளர்ச்சி வேறுபாடுகள் ஒருங்கிணைந்து நிகழ்வதால் உருவ மாற்றங்கள் நிகழ்வதையே உருவத் தோற்றியியலுக்குக் காரணங்கள் கூறமுடி கின்றது.

தாவர வளர்ச்சி: தாவரங்களும் பிராணிகளும் முட்டைகளி லிருந்து வளர்கின்றன. பிராணிகளின் வளர்ச்சியில் கருவிலிருக்கும் போது உறுப்புக்கள் யாவும் தோன்றிவிடுகின்றன. பின்னே நிகழ்வது அவைகள் பெரிதாகி வலுவுடன் அமைவதாகும். ஆனால் தாவரங்களில் கருவளர்ச்சி ஓர் அளவிற்குத்தான் நிகழ்கின்றது. உதாரணமாக இது விதையாகின்றது. பிறகு இவ்விதை சிறு நாற்றாகித் தொடர்ந்து ஆயுட் காலம் வரை வளர்வதைக் காண்கிறோம். எனவே தாவரங்களில் காலத்தினால் ஏற்படும் வேறுபாடுகளும் (differentiation in time), அவை ஆட்கொள்ளும் இடம் அதிகமாகி (differentiation in space) உருவ வேறுபாட்டை அடைந்து (differentiation in shape) தாவரங்களில் தொடர்ந்து வளர்ச்சியை இயக்குகின்றன. இவைகளே தாவர உருவத் தோற்றியியலுக்கும் பிராணிகளின் உருவத் தோற்றியிய லுக்கும் அடிப்படைக் காரணங்களாகின்றன.

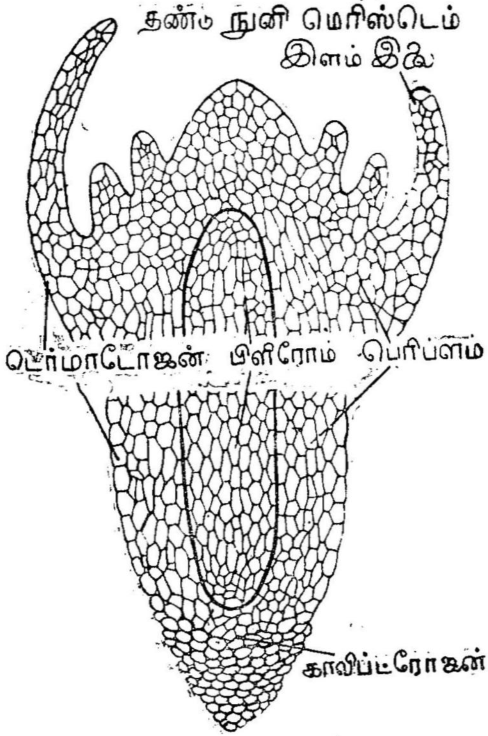
மலரும் தாவரங்களில் கரு வளர்ச்சி : சூல்களின் கருப்பையி னுள் (Embryo sac) முட்டையும் எண்டோஸ்பெர்ம் நியூக்லியசும் உள்ளன. ஒவ்வொன்றும் மகரந்தக் குழாயிலிருந்து வெளிப்படும் ஸ்பெர்ம்கள் இரண்டுடன் கலந்து கருவுறுகின்றன. கருவுற்ற கரு செல் பழுப்படைந்து விதையிலைகள் முளைக் கருவையும் அமைக் கின்றது. மற்ற எண்டோஸ்பெர்ம் செல் கருவைச் சூழ்ந்தமைகின்றது (சில தாவரங்களில் எண்டோஸ்பெர்ம் இல்லை. அதற்குப் பதிலாக விதை யிலைகளே பருத்து வளர்கின்றன.) பிறகு முழுமையான விதையமைந்த வுடன் சிறிது ஓய்விற்குப் பிறகு மண்ணில் தக்க சூழ்நிலையில் முளைக் கரு விதையிலை அல்லது எண்டோஸ்பெர்மிலிருந்து உணவு பெற்று வளர்கின்றது.

முளைக் கருவின் வளர்ச்சி அது எண்டோஸ்பெர்மிலிருந்து பெறும் உணவைப் பொருத்துள்ளது. ஆனால் பிராணிகளிலோ கருவின் வளர்ச்சி அதனைச் சுற்றியுள்ள யோக் (Yolk) என்னும் உணவு பொதிந்த சைட்டோபிளாசப் பகுதியினைப் பொருத்துள்ளது.

நுனி ஆக்குத் திசு (Apical Meristem) : விதையின் முளைக் கரு வளர்ந்து தாவரத்தின் வளர்ச்சிப் பகுதியைச் சிறப்பாக அமைக் கின்றது. இதற்கு வளர்ச்சியை ஊக்குவிக்கத் தண்டு நுனி ஆக்குத் திசுவும் (Stem Apical Meristem) வேர் நுனி ஆக்குத் திசுவும் (Root Apical Meristem) தொடர்ந்து செல் பகுப்படைந்து தாவரத்தை அமைக்கின்றன. இந்த நுனிப் பகுதியில் ஒரே மாதிரியான செல்களே அமைந்துள்ளன. இவை ஒவ்வொன்றிலும் மெல்லிய பெக்டின்(Pectin)ஞல் அமைந்த சுவரும், நியூக்லியஸ், சைட்டோ பிளாசம் முதலியனவும் உள்ளன. எவ்வித மாற்றங்களுமில்லாத இந்த செல்கள் பகுப்படைந்து பல மாற்றங்களடைந்து தாவரத்தை அமைக் கின்றன.

வேர் நுனி மெரிஸ்டெம் (Root Apical Meristem): வேர் நுனி செல்கள் மிகச் சாதாரணமானவை. இவைகளின் செல் சுவர் பெக்டின் (Pectin) பொருளால் அமைந்து விரியும் தன்மையுடையன. செல்களினுள்ளே நியூக்லியசும் சைட்டோபிளாசமும் உள்ளன. ஆனால் வாக்குவோல்கள் (Vacuoles) இல்லை. நுனி செல்களி னிடையே வேறுபாடுகளின்றி அவைகள் யாவும் செல் பகுப் படைந்து உருளை வடிவ வேர் நுனியை அமைக்கின்றன. இவ்வாறிருக்கும் போதே வேரின் நடுப்பாகத்திலுள்ள செல்கள் பன்முறை பெரிதா கின்றன. இப்போதுதான் சைட்டோபிளாசத்தில் பெரிய வாக்குவோல் கள் தோன்றுகின்றன. அவற்றினுள் செல் சாறு (Cell sap) நீர் மல்கி அமைகின்றது. சைட்டோபிளாசமும் நியூக்லியசும் பெரிதாவதில்லை.

இவ்வாறு செல்கள் பெரிதாகும்போது வேரில் பல உருவ மாற்றங்களைத் தோற்றுவிக்கின்றன (Morphogenesis). இதற்கு சைட்டோபிளாசத்தின் தன்மைகளும் செல் சுவர்களின் வடிவங்களுமே காரணமாகின்றன.

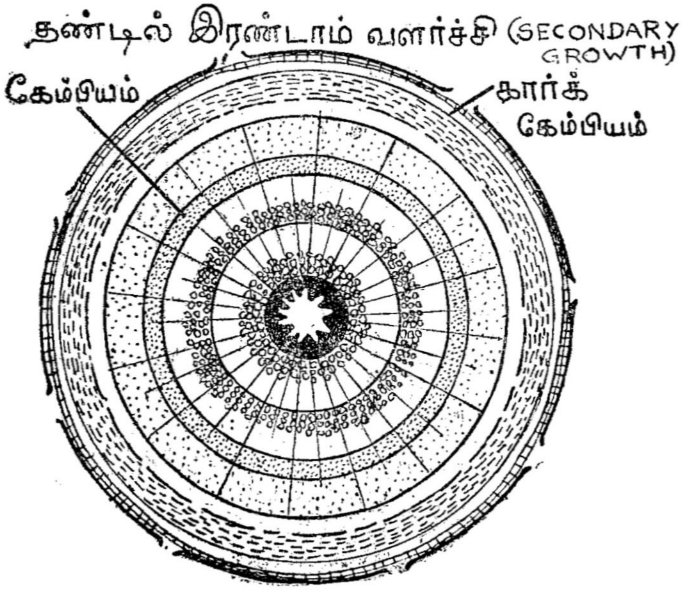


படம் 24-1. வேர் நுனி ஆக்குத் திசு

செக்கண்டரி ஆக்குத் திசு (Secondary Meristem): மேலே குறிப்பிட்டவாறு நுனி மெரிஸ்டெம் வளரும்போதே வாக்குவோல்களையுடைய பல பெரிய செல்கள் வேரின் சைலம் பகுதியில் கேம்பியத்தை (Cambium)யும், புறணிப் (Cortex) பகுதியில் ஃபெல்லோஜன் (Phellogen) எனப்படும் பாகத்தையும் தோற்றுவிக்கின்றன.

கேம்பியம் திசு வட்டமாக அமைந்தத் திசு. இது பகுப்படைந்து உட்புறத்தில் சைலம் திசுக்களையும் வெளிப்புறத்தில் ஃபுளோயம் திசுக்களையும் தோற்றுவிக்கின்றன.

ஃபெல்லோஜன் திசுவும் புறனிப் பகுதியில் ஸெகண்டரி புறனி செல்களேயும், வேரின் வெளியே பட்டைத் (Bark) திசுக்களேயும் தோற்றுவிக்கின்றன.



படம் 24-2. தண்டின் (மெரிஸ்டம்) ஆக்குத் திசு

இவ்வாறு ஸெகண்டரி ஆக்குத் திசுக்கள் அமைய முற்படும் போது புதிதாகப் பக்க வேர்கள் வளரப் புதிய நுனி ஆக்குத்திசுக்கள் சைலம் திசுக்களுக்கு வெளியே தோன்றிப் புதிய வேர்களே அமைக்க முற்படுகின்றன. இவைகளும் மேலே விவரித்தவாறு தொடர்ந்து வளர்கின்றன. இத்தகைய வளர்ச்சி தொடர்ந்து அவ்வப்போது முடிவில்லாமல் வளர்ந்துகொண்டே வருகின்றது.

தண்டு நுனி ஆக்குத் திசு (Stem Apical Meristem): வேர்களேப் போலவே தண்டு நுனியிலும் செல்களின் வளர்ச்சி ஏற்படுகின்றது. ஆனல் வேர்களேவிடத் தண்டு நுனியில் பல்வேறு உறுப்புக்களேத் தோற்றுவிக்கும் முதல் வளர்ச்சிகள் (Primordis) ஆரம்ப நிலேகளிலேயே வளர்கின்றன. இவைகள் தண்டு, இலேகள், குருத்துக்களாக வளர்கின்றன. அதுபோழ்தே தண்டின் நடுப்பகுதி திசுக்களேயும் அமைக்கின்றன. மேலும் இலேகளுடன் வளர்ந்துவரும் நுனி மெரிஸ்டெம் மலர்களாகவும் வளர்கின்றன.

தண்டின் கேம்பியம் திசுக்கள்: இவ்வாறு பல வகை உறுப்புக்கள் வளரும்போது சைலம் ஃபுளோயம் திசுக்களுக்கிடையே கேம்பியம் அமைந்து செகண்டரி சைலம் ஃபுளோயம் திசுக்களைத் தோற்றுவித்துப் பருமனுகின்றன. இப்பருமனைத் தாளாது புறணித் திசுக்கள் பிரிகின்றன. அவற்றிற்குப் பதிலாகப் புதிய புறணித் திசுக் களை கார்க் கேம்பியம் புறணிப் பகுதியில் தோன்றி மரப்பட்டையை (Bark) வெளியே தோற்றுவித்துப் பாதுகாப்பு அளிக்கின்றது.

இவ்வாறு தண்டுப் பகுதி வளரும்போது செல்களினுள் பிளாஸ்டிட்கள் (Plastids), மைட்டோகாண்ரியான்கள் (Mitochondria) இன்னும் பல பகுதிகள் மட்டுமே அமைந்து செல் வேறுபாடுகளுக்குக் காரணமாகின்றன. ஆனால் ஆங்காங்கு அமைந்த செல்கள் கட்டைத் திசுக்களை (wood tissue) அமைக்க செல் சுவர் களில் லிக்னின் (Lignin), கார்க் மரப்பட்டைத் திசுக்களை அமைக்க சுபரின் (Suberin) சுவர்களில் சுரக்கப்படுகின்றன. இவைகள் தாவரப் பகுதிகளில் உருவ வேறுபாடுகளைத் தோற்றுவிக்கின்றன.

ஆனால் பிராணிகளில் தாவரங்களில் உள்ள உறுப்பு வேறுபாடு களைப்போல சாதாரணமாக செல் சுவர்களிலும், சைட்டோபிளாசத்தின் பிளாஸ்டிட்களில் அமையவில்லை. ஆனால் அவற்றின் புரோட்டோ பிளாசத்திலேயே இரசாயன மாற்றங்களைக்கொண்டு அமைந்துள்ளன. உதாரணமாக தசை, ஈரல், நரம்பு, சுரப்பிகள், குடல், இனப் பெருக்கத் திசுக்களின் செல் சைட்டோபிளாசங்களே மாறுபடுகின்றன.

தாவரங்களைப்போல் பிராணிகளால் வாழமுடியுமா? தாவரங் களின் முதிர்ந்த பகுதிகள் வளர்ந்தவுடன் அது தொடர்ந்து புதிய உறுப்புக்களைத் தோற்றுவிக்கமுடியும். பல தாவரங்களின் (முருங்கை, பூவரசு, ரோஜா) கிளைகளை வெட்டி நட்டால் அவைகள் தண்டு வேர்களை மண்ணில் வளர்த்துப் புதிய தாவரங்களாகின்றன. இலை முளைச்சியில் இலை விளிம்புகளே குருத்துக்களைத் தோற்றுவித்து, அவைகள் புதிய தாவரங்களாக வளர்கின்றன. இலைக் குருத்துக்கள் மலர்களைத் தோற்று விக்கின்றன. இவ்வாறு தாவரப் பகுதிகள் பலவாருக உருவங்களை மாற்றி அமைந்து வளர முற்படினும் தாவர நுனிப் பகுதிகள் வேர்களாகவும் வேர் நுனிகள் தண்டுப் பகுதிகளாகவும் வளரமுடியாது.

கேலஸ் (Callus) திசு: தாவர வளர்ச்சியின் இரகசியம் கேலஸ் (Callus) திசுவிலுள்ளது. வெட்டுண்ட பகுதிகள் உடனே கேலஸ் (Callus) திசுக்களை அமைக்கின்றன. இத்திசுக்களிலிருந்து குருத்துக் களும் வேர்களும் வளர்கின்றன. சோதனைக்காக முதிர்ந்த திசுவைச்

செயற்கை முறையில் வளர்த்தால் அது முதலில் கேலஸ் திசுவாகி பிறகு வேர் தண்டுத் தொகுதிகளை அமைக்கின்றது. தாவரங்களின் செல் ஒவ்வொன்றிற்கும் இத்தகைய கேலஸ் திசுவை அமைக்கும் சக்தி யிருப்பதால் தனியாகப் பிரித்த செல்லைக் கேலஸ் திசுக் கலவையில் வளர்த்தால் அது தாவரமாக வளரும் வியத்தகு நிகழ்ச்சியை தாவரயியல் ஆராய்ச்சியாளர்கள் சாத்தியப் படுத்தியுள்ளனர். எனவே தாவரத் திசுக்களில் தாவரங்களின் உருவத் தோற்றியியலில் (Morphogene sis) ஒவ்வொரு செல்லிற்கும் பங்குண்டு என்பது தெளிவாகிறது. ஆனால் பிராணிகளின் திசுக்களும் செல்களும் அவைகள் ஒவ்வொன் றின் தொழிலுக்கேற்ப மாறுபட்டு அமைகின்றன. எனவே பிராணி களின் உருவத் தோற்றியியல் தாவரங்களினின்றும் முற்றிலும் மாறு பட்டுள்ளன.

மேற்கோள்நூற் பட்டியல்
(Bibliography)

1. Phylogeny & Morphogenesis—by C. W. Wardlaw-Macmillan & Co.
2. Embryogenesis in Plants—by C. W. Wardlaw-Macmillon & Co.
3. The Cell—by Carl Swanson-Prentice Hall of India (Pvt) Ltd.
4. Cellular Physiology & Biochemistry—William D. McElroy-Prentice Hall of India (Pvt) Ltd.
5. Cell Biology—De Robertis-Sounders.
6. Growth Development & Pattern—by N. J. Berrill-W. H. Freeman & Co.
7. Regeneration—Hay-Holt Reinehart Winston.
8. Cell Structure & Function—Loewy & Siekevitz—Holt Reinehart Winston.
9. Morphogenesis-An essay on Development—by J. T. Bonner-Oxford IBH.
10. Embryology & Genetics—by Dr. T. H. Morgan.
11. Borthwick HA. Hendricks SB. Parter MW. & Tools VK (1952) Proc. Natl. Acad. Sci. US 38. 662.
12. Butler WL. Norris KH. Siegleman HW. Hendricks SB (1969) Proc. Natl. Acad. Sci. US 45. 1703.
13. Hendricks SB. & Borthwick HA. (1965) in Chemistry & Biochemistry of Plant Pigments pp 405-434 (Goodwin TW.ed), Academic Press, London & New York.

14. Mohr H. (1957) Planter 49, 389.

15. Mohr H. (1962) Ann Rev. Plant Physiology 13, 465.

16. Mohr H. (1968) in 'An Introduction to Photobiology' pp 99-141 (Carl P Swanson ed) Prentice Hall, Inc. New Jersy.

17. Siegelman HW. & Henricks SS. (1957) Plant Physiology 1, 378.

18. Principles of Development & Differentiation—by C. H. Waddington Macmillan & Co.,

19. Phytochrome—N. Srivastava Science Reporter Sept. 1971.

20. Wassink, EC and Stolwijk, JAJ (1956), Ann, Rev. Plant Physiol. 7, 378.

21. Heredity—David M. Bonner Foundations of Modern Biology—Prentice Hall Publications.

கலைச்சொல் அகராதி

(தடித்த எழுத்துகளில் காணப்படும் சொற்கள் பெயர்களைக் குறிப்பனவாகும்)

A

Acetabularia mediterranea — அசிடேபுலேரியா மெடிட்டரேனியா
A. wettstenii — அ. வெட்ஸ்டினிஐ
Acquired traits — பெற்ற பண்பு
Adenine — அடினீன்
Albumen — அல்புமென்
Allopolyploidy — அல்லோபாலிப்ளாய்டு
Allosteric proteins — அல்லோஸ்டிரிக் புரோட்டீன்கள்
Allometric growth — அல்லோமெட்ரிக் வளர்ச்சி
Amino acids — அமினோ அமிலம்
Ammonium thiocyanate — அமோனியம் தையோசைனேட்
Amphibian — ஆம்ஃபிபியன்
Amphibious — ஆம்ஃபிபியஸ்
Anatomy — உள் உறுப்பமைப்பியல்
Anemia — அனீமியா
Angiospermae — ஆஞ்ஜியோஸ்பெர்மி—மலர்த் தாவரங்கள்
Antheridia — ஆன்தரீடியா
Annulus — அனுலஸ்
Anthoceros — ஆன்தோசெராஸ்
Anthocyanin — ஆன்தோசையனின்
Antibiotics — உயிர் எதிர்ப்புப் பொருள்
Antithetic — அன்டிதெடிக்
Apical meristem — நுனிமெரிஸ்டெம்
Apical ridge — நுனிமேடு
Apogamous — அபோகாமஸ்
Arachnoxylon — அரக்னோசைலன்
Arales — ஆரேல்ஸ்

1757—10

Archegonia	—	ஆர்கிகோனியா
Archaeocalamites	—	ஆர்கியோகலமைடிஸ்
Archaeopteris	—	ஆர்கியோடெரிஸ்
Archogonic monera	—	ஆர்கோனிக் மெனீரா
Archytype	—	ஆர்கிடைப்
Area opaca	—	வளைய வடிவப்பகுதி
Area pellucida	—	வளைய வடிவ நடுப்பகுதி
Arnold	—	அர்னால்டு
Ascidia	—	அசிடியா
Asplenium	—	எஸ்பிளீனியம்
Athyrium filix-femina	—	அதீரியம் ஃபெலிக்ஸ் ஃபெமீனா
Autoradiography	—	ஆடோரேடியோகிராஃபி
Auxin	—	ஆக்சின்

B

Bacteria culture	—	பாக்டீரியா வளர்க்கும் பொருள்
Baily	—	பெய்லி
Barghoorn	—	பார்கோர்ன்
Bark	—	மரப்பட்டை
Barley	—	பார்லி
Beta galactosidase	—	பீடா கேலக்டோசிடேஸ்
Bikanae disease	—	பிகானி நோய்
Biochemistry	—	உயிர் வேதியியல்
Biotin	—	பையோடின்
Bithoracic segments	—	இரு மார்பு பிரிவுகள்
Blastoderm	—	பிளாஸ்டோடர்ம்
Blastopore	—	பிளாஸ்டோபோர்
Blastula	—	பிளாஸ்டுலா
Bouillienne	—	புல்லியன்
Boveri	—	பவேரி
Bower, F.O.	—	பவர், F.O.
Brassica	—	(கடுகு) பிராசிகா
Bryophyllum	—	இலை முளைச்சி
Bryophyta	—	பிரையோஃபைட்டா
Butler	—	பட்லர்

C

Calcium ions	—	கால்சியம் அயனிகள்
Callus	—	கேலஸ்
Cambium	—	கேம்பியம்
Campbell	—	கேம்பெல்
Camus	—	கேமஸ்
Canalization of development	—	வளர்ச்சி இயக்கம்
Capsule	—	கேப்சூல்
Carboniferous	—	கார்பொனிவெரஸ்
Carinal canal	—	கேரினல் குழாய்
Carotin	—	கெரோடின்
Caulome	—	காலோம்
Cell membrane	—	செல் மெம்பரேன் அல்லது சவ்வு
Celosia	—	(சேவற் கொண்டை) செலோசியா
Centrifuge	—	சென்ட்ரிஃப்யூஜ்
Centrosome	—	சென்ரோசோம்
Ceterach	—	சிடேராக்
Chaetophora	—	கிடோஃபோரா
Charles Darwin	—	சார்லஸ் டார்வின்
Chemical	—	வேதியியல்
Chromosome puff	—	குரோமசோம் பவ்
Chorda	—	காரிடா
Church	—	சர்ச்
Cichorium intybus	—	சிகோரியம் இன்டைபஸ்
Cingularia	—	சிங்குலேரியா
Circinate	—	சிர்சினேட்
Cladode	—	கிலாடோட் (அல்லது இலை தொழில் தண்டு)
Cladophorella	—	கிளாடோஃபோரெல்லா
Cladoxylon	—	கிளாடோசைலான்
Coleus	—	கோலியஸ்

Coenopterid — சினோப்டெரிட்
Coenopteridaceae — சினோப்டெரிடேசி
Coniferales — கோனிஃபெரேல்ஸ்
Control of gene sequence — ஜீன்கள் வரிசையாக நின்றியங்குதல்
Conklin — கோன்கிலின்
Cookson — குக்சன்
Cooksonia — குக்சோனிய
Cortex — புறணி
Coulter and Chamberlin — கூல்டர், சேம்பர்லின்
Coumarin — கவுமாரின்
Cristae — கிரிஸ்டே
Crotons — குரோடன்ஸ்
Cubitus interruptus — குபிடஸ் இன்டரப்டஸ்
Cuticle — குயூடிகிள்
Cyathea — சையாதியா
Cyatheaceae — சையேதியேசி
Cyclosis — சைக்லோசிஸ்
Cystosira — சிஸ்டொசைரா
Cytogenetics — செல் லியல் பரம்பரையியல்
Cytoplasmic inheritance — சைட்டோபிளாசமும் பரம்பரையியலும்
Cytotaxonomy — செல்லியல் பாகுபாட்டு முறை
Cytosine — சைடோசீன்

D

D'Arcy Thompson — டி'ஆர்சி தாம்சன்
Darlington — டார்லிங்டன்
Degeneriaceae — டிஜெனிரேசி
DNA-Deoxyribose Nucleic Acid — DNA (டி.என்.ஏ.)
Desmosome — டெஸ்மோசோம்கள்
Dextrose — டெக்ஸ்ட்ரோஸ்
Dialypetalae — டையாலிபெடலி
Dichlorophenoxy acetic acid — டைகுளோரோஃபினுக்சி அசிடிக் அமிலம்

Dichotomy	—	டைகாடமி அல்லது வெட்டு முறை
Dictyostele	—	டிக்டையோஸ்டீல்
Differentiation in space	—	இடத்திறுல் வேறுபடுதல்
Differentiation in shape	—	உருவத்திறுல் வேறுபடுதல்
Differentiation in time	—	காலத்திறுல் வேறுபடுதல்
Diploid	—	டிப்ளாய்டு
Dipteris conjugata	—	டிப்டிரிஸ் காஞ்ஜுகேடா
Dominanace	—	மேலோங்கு
Drosophila	—	டிரோசோஃபைலா
Dryopterid ferns	—	டிரையோடெரிட் ஃபெர்ன்
Dryopteris felix-mas	—	டிரையோடெரிஸ் ஃபெலிக்ஸ் மாஸ்
Dumpy wing	—	டம்பி இறக்கை
Dye	—	நிறமி அல்லது சாயம்

E

Eames	—	ஈம்ஸ்
Ecology	—	சுற்றுப்புறவியல்
Ectoderm	—	எக்டோடர்ம்
Electron microscope	—	எலக்ட்ரான் நுண்ணோக்கி
Electrostatic	—	எலக்ட்ரோஸ்டாடிக்
Embryo factor	—	கருவளர்ச்சிப் பொருள்
Embryology	—	கருவளர்ச்சியியல்
Embryo sac	—	கருப்பை
Enations	—	ஈனேஷன்கள்
Endarch	—	என்டார்க்
Endoderm	—	என்டோடர்ம்
Endoplasmic reticulum	—	எண்டோபிளாச வலை
Endoscopic	—	என்டோஸ்கோபிக்
Engler	—	எங்லர்
Enzyme	—	என்சைம்
Epidermis	—	புறத்தோல்
Epilobium luteum	—	எபிலோபியம் லுடியம்
Equisetum	—	ஈகுசிடம்

Equisetineae — ஈகுசிடினி
Escheritia coli — எஷ்சிரிசியா கோலை
Etapteris lacateii — எடாடெரிஸ் லெகாடிஐ
Ether vapour — ஈதர் ஆவி
Etiolated — வெளிர்ந்த
Eusporangiate — யூஸ்போராஞ்ஜியேட்
Evaluation — சீர்தூக்கிக் காண்பது
Exoscopic — கரு வெளிப்புற மிருந்த

F

Factors — காரணிகள்
Fagaceae — ஃபேகேசி
Farinales — ஃபேரினேல்ஸ்
Far red light — தூரச் சிவப்பு ஒளி
Fasciation — அகண்ட வளர்ச்சி
Fern — ஃபெர்ன்
Ficus — ஃபைகஸ்
Filicineae — ஃபிலிசினி
Florigen — ஃபிளாரிஜன்
Funaria mediterranea — ஃபுனேரியா மெடிட்டரேனியா
Formagen — ஃபார்மஜன்
Fossil — ஃபாசில்
Flax — பிளாக்ஸ்
Fritsch — பிரிட்ச்
Fucus — புயூகஸ்
Funaria hygrometrica — ஃபுனேரியா ஹைக்ரோமெட்ரிகா
Fungi — பூஞ்சை
Fusion — இணைதல்

G

Galls — முண்டுகள்
Galtheret — கல்தரிட்
Gametophyte — கேமிடோஃபைட்
Gastrulation — கேஸ்ட்ருலேஷன்
Gene — ஜீன்

Gene action	—	ஜீன் இயக்கம்
Gene mutation	—	ஜீன் முயூடேஷன்
Genetics	—	பரம்பரையியல்
Genetic switching	—	ஜீன் இயக்கம்
Genotypic substance	—	ஜீன்களை இயக்கும் பொருள்
Genus	—	பேரினம்
Gibberella	—	கிப்பரல்லா
Gibberellins	—	கிப்பரல்லின்கள்
Gill slits	—	செவுள் வெளிகள்
Glumales	—	குளுமேல்ஸ்
Glycine	—	கிளைசின்
Goethe	—	கீதே
Goldschemidt	—	கோல்டுஸ்கிமிட்
Golgi apparatus	—	கோல்கி மெய்
Gonocarium	—	கோனோகேரியம்
Gradient	—	சரிவு
Gravity	—	புவியீர்ப்பு
Grey crescent	—	சாம்பல் பிறைப் பகுதி
Griffithsia bornetiana	—	கிரிஃபித்சியா பெர்னிடியானா
Growth hormones	—	வளர்ச்சி ஹார்மோன்
Guanine	—	குவனின்

H

Haeckel	—	ஹெக்கல்
Haldane	—	ஆல்டேன்
Halle	—	ஹேல்லி
Haemmerling	—	ஹேமர்லிங்
Hamshaw Thomas	—	ஹேம்ஷா தாமஸ்
Haploid	—	ஹேப்ளாய்டு
Haustorium	—	ஆஸ்டோரியம்
Heteroauxin	—	ஹெடிரோ ஆக்சின்
Heterochromatin	—	ஹெடிரோகுரோமாடின்
Heterotrichous	—	ஹெடிரோடிரைகஸ்
Hicklingia	—	ஹிக்லிங்கியா

High energy reactions	—	அதிக சக்திக் கிரியை
Histogenesis	—	திசுத்தோற்றியியல்
Histology	—	திசுவமைப்பியல்
History of creation	—	உயிர்களின் தோற்ற வரலாறு
Hofmeister	—	ஒவ்மிஸ்டர்
Holdfast	—	ஊன்றுப்பு
Homogenetic	—	ஓமோஜனிடிக்
Homoplastic	—	ஓமோபிளாஸ்டிக்
Homosporous	—	ஓமோஸ்போரஸ்
Hormones	—	ஆர்மோன்கள்
Hornea	—	ஹார்னியா
Horneophyton	—	ஹார்னியோ ஃபைடான்
Hostimella	—	ஹோஸ்டிமெல்லா
Hurd	—	அர்டு
Hutchinson	—	அட்சின்சன்
Huxley TH	—	ஹக்ஸ்லி
Hybrid	—	கலப்புயிரி
Hybridization	—	ஹைப்ரடைசேஷன்
Hydrostatic	—	ஹைட்ரோஸ்டாடிக்
Hymenophyllum	—	ஹைமினோபில்லம்
Hypocotyl	—	ஹைபோகாடில்

I

Imaginal bud	—	கற்பனைக் குருத்து
Individuation	—	தனித்தன்மை
Indol acetic acid	—	இன்டால் அசிடிக் அமிலம்
Indol 3 acetic acid	—	இன்டால் 3 அசிடிக் அமிலம்
Indol butyric acid	—	இன்டால் புடைரிக் அமிலம்
Induction	—	தூண்டுதல்
Indusium	—	இன்டூசியம்
Inositol	—	இனோசிட்டால்
Integration	—	ஒருங்கிணைதல்
Integument	—	இன்டெகுமென்ட்
Irwin Chargaff	—	இர்வின் சார்காப்

J

Janakiammal	—	ஜானகியம்மாள்
Jurassic	—	ஜுராசிக்

K

Kappa	—	கப்பா
Keith Roberts	—	கெய்த் ராபர்ட்ஸ்
Kidston	—	கிட்ஸ்டன்
Kinin	—	கைனின்
Kniep	—	நிப்
Krausal	—	கிராசல்

L

Lactuca sativa	—	இலைக்கோசு
Lamarch	—	லமார்க்
Laminaria	—	லேமினேரியா
Lang	—	லாங்
Larva	—	லார்வா
Leaf factor	—	இலை வளர்ச்சிப் பொருள்
Leaf traces	—	இலைக் கற்றை
Lens	—	லென்ஸ்
Lepidocarpon	—	லெபிடோகார்பன்
Lepidodendron	—	லெபிடோ டென்ரான்
Leptosporangiate	—	லெப்டோஸ்போராஞ்ஜியேட்
Leptopteris	—	லெப்டோடெரிஸ்
Lichens	—	லைக்கென்
Light reactions	—	ஒளிக்கிரியைகள்
Lignin	—	லிக்னின்
Ligules	—	லிச்யூல்
Lillie	—	லில்லி
Liliales	—	லில்லியேல்ஸ்
Limnaea pregra	—	லிம்னேயா பிரிக்ரா (நத்தை)
Lipid	—	லிபிட் அல்லது கொழுப்பு
Longitudinal differentiation	—	நேர்முக வளர்ச்சிமாற்றம்
Low energy reaction	—	குறைந்த சக்திக்கிரியை

Low intensity of light — குறைந்த ஒளி
Lysosome — லைசோசோம்

M

Mangelsdorff — மேன்குல்டார்வ்
Manton — மேன்டன்
Mathe — மேத்
Medulla — மெடுல்லா
Megaphyll — மெகாஃபில்
Megaspores — மெகாஸ்போர்
Major gene — மேஜர் ஜீன்
Mendel — மென்டல்
Mesoderm — மிசோடர்ம்
Messenger RNA — தூது RNA
Metamorphosis — உருவ வளர்ச்சி மாற்றம்
Microphyll — மைக்ரோஃபில்
Microspore — மைக்ரோஸ்போர்
Microtubule — மைக்ரோடியூபியூல்
Mid-Devonian — நடு டெவோனியன்
Minerals — தாது உப்புகள்.
Minispermaceae — மினிஸ்பெர்மேசி
Missing link — இடைநிலை
Mixtae — மிக்ஸ்டே
Mohria — மோஹ்ரியா
Monera — மொனீரா
Monocotyledon — ஒருவிதையிலை
Monophyletic origin — மோனோஃபைலடிக் மூலம்
Monopodial — மோனோபோடியல்
Moraceae — மோரேசி
Morgan, T. H. — மார்கன்
Morphogenesis — உருவத்தோற்றியியல்
Morphogenetic region — உருவத்தோற்றியியல் பகுதி
Moss — மாஸ்
Mutant — முயூடென்ட்

Mutation — ம்யூடேஷன், திடப்பொருள் மாற்றம்
Mycelium — மைசீலியம்

N

Naphthalene acetic acid (alpha) — α நேப்தலீன் அசிடிக் அமிலம்
Natural selection — இயற்கைத் தேர்வு
Nematode — நிமடோட், உருளைப்புழு
Nemec — நெமக்
Nephrodium — நெவ்ரோடியம்
Neurospora tetrametrica — நியூரோஸ்போரா டெட்ரா மெட்ரிகா
Nicotinic acid — நிகோடினிக் அமிலம்
Nitrate — நைட்ரேட்
Notholaena — நொதோலினா
Nuclear envelope — நியூக்லியஸ் சவ்வு
Nuclear pore — நியூக்லியஸ் துளை
Nuclear transplantation — நியூக்லியஸ் மாற்றம்
Nucleolus — நியூக்லியோலஸ்

O

Oats — ஓட்ஸ்
Ontogeny — கருவளர்ச்சி
Operator gene — இயக்கும் ஜீன்
Ophioglossum — ஒஃபியோ குலாசம்
Orchidales — ஆர்கிடேல்ஸ்
Organelles — ஆர்கனெல்
Organogenesis — உறுப்புத் தோற்றியியல்
Osmunda — ஆஸ்முன்டா
Ovarian follicle — கருப்பையின் ஃபாலிகிள்
Overbeek — ஓவர்பீக்
Overtopping — ஓவர்டாப்பிங்
Oviduct — ஓவிடக்ட்
Oxidase — ஆக்சிடேஸ்

P

Palmales — பாமேல்ஸ் அல்லது பனைக் குடும்பம்

Pantothenic acid — பேன்டோதனிக் அமிலம்

Parallel evolution — இணைப் பரிணாமம்

Paramecium aurelia — பாரமிசியம் அரீலியா

Parthenocarpy — பார்த்திநோகார்பி

Penicillin — பெனிசிலின்

Penicillinase — பெனிசிலினேஸ்

Paranema — பெரனிமா

Permian — பெர்மியன்

Pellaea — பெல்லியா

Pericycle — பெரிசைகிள்

Pfr=phytochrome far red absorbing form — தூரச் சிவப்பு ஒளியைப் பெறும் ஃபைடோகுரோம்

Phaeophyceae — ஃபெயோஃபைசி - பழுப்பு ஆல்கா

Phanerogams — பெனிரோகேம்ஸ் - விதைத் தாவரங்கள்

Phellogen — பெல்லோஜன்

Phloem — ப்ளோயம்

Photomorphogenesis — ஒளி உருவத்தோற்றியியல்

Photoperiod — ஒளிக்காலம்

Photoreversible receptor — ஒளி மாறுபாட்டு இயல்பு

Phyllome — ஃபில்லோம்

Phyllocauline — ஃபில்லோகாலைன்

Phyllotheca — ஃபில்லோதிகா

Phyla — ஃபைல

Phylogenetic classification — ஃபைலோகெனிடிக் பாகுபாட்டு முறை

Phylogeny — தோற்ற நெறி

Phynyl acetic acid — ஃபினைல் அசிடிக் அமிலம்

Physico chemical — ரசாயன பௌதிகம்

Physiology — வாழ்வியல்

Phytochrome — ஃபைடோகுரோம்

Pigment protein complex — புரோட்டீன் உள்ள நிறமி

Placenta	—	பிளாசன்டா
Pith	—	பித்
Pit	—	பிட், நுண்குழி
Planation	—	பிளேனேஷன்
Plasmogenes	—	பிளாஸ்மோஜீன்
Plastogenes	—	பிளாஸ்டோஜீன்
Polarity	—	வளர்முனை இயக்கம்
Polycyclic	—	பாலிசைக்லிக்
Polygenes	—	பாலிஜீன்
Polyphyletic origin	—	பாலிஃபைலடிக் மூலம்
Polystele	—	பாலிஸ்டீல்
Populus	—	பாபுலஸ்
Position effect of gene	—	ஜீன் இருப்பிடத்தின் இயக்கம்
Pr=phytochrome red absorbing form	—	சிவப்பு ஒளி ஈர்க்கும் ஃபைடோ குரோம்
Prickles	—	சிறு முட்கள்
Primordia	—	முன் வளர்ச்சி
Proplastid	—	புரோபிளாஸ்டிட்
Protangiosperms	—	புரோடேஞ்ஜியோஸ்பெர்ம்
Prototype	—	புரோடோடைப்
Pseudopodia	—	சுடோபோடியா
Pseudosprochnus	—	சுடோஸ்புரோக்னஸ்
Pteridophyta	—	டெரிடோஃபைட்டா
Puff	—	பவ்
Puri	—	பூரி

R

Ranales	—	ரேனேல்ஸ்
Recessive	—	மங்கிய
Recurvation	—	வளைதல்
Red light	—	சிவப்பு ஒளி
Reduction	—	குறைதல்
Regionalization	—	பகுதித்தோற்றம்
Regulator substance	—	நெறிப்படுத்தும் பொருள்
Reimannia	—	ரெய்மேன்னியா

Repression — அடக்குதல்
Retina — ரெடினு, விழித்திரை
Retrogressive — பின்னேக்கி
Rhizobium — ரைசோபியம்
Rhizocauline — ரைசோகாலேன்
Rhizome — தரைமட்டத் தண்டு
Rhizophore — ரைசோவோர்
Rhoades — ரோடேஸ்
Rosenvinge — ரோசன்விஞ்

S

Sachs — சேக்ஸ்
Saprophyte — சேப்ரோஃபைட்
Sargassum — சர்காசம்
Sawfly — ரம்பப்பூச்சி
Scalariform — ஸ்கெலரிஃபார்ம்-ஏணி வடிவம்
Scale — ஸ்கேல்
Schizoneura — சைசோநியூரா
Schechter — செச்டர்
Scitaminales — சைடாமினேல்ஸ்
Schizea — சைசியா
Scopalitin — ஸ்கோபாலிடின்
Selaginella — செலாஜினெல்லா
Scott — ஸ்காட்
Secondary meristem — இரண்டாம் ஆக்குத்திசு
Sex determination — பால் நிர்ணயம்
Sea urchin — கடல் அர்ச்சின்
Sieva tubes — சல்லடைக் குழாய்
Skoog — ஸ்கோக்
Smith — ஸ்மித்
Soluble RNA — கரையும் RNA
Sori — சோரை
Species — சிற்றினங்கள்
Spemann — ஸ்பிமென்
Spermatophyta — ஸ்பெர்மடோஃபைட்டா

Spore — ஸ்போர்
Sporophyte — ஸ்போரோஃபைட்
Sprague — ஸ்பிரேக்
Stebbins — ஸ்டெப்பின்ஸ்
Stellate — நட்சத்திர வடிவ
Sterile tissue — மலட்டுத் திசு
Stomata — ஸ்டொமாட்டா - இலைத்துளை
Streptomycin — ஸ்டிரப்டோமைசின்
Structural gene — அமைப்பு ஜீன்
Sub-apical region — நுனியடிப்பகுதி
Suberin — சுபரின்
Sucrose — சுக்ரோஸ்
Succinic acid — சக்சினிக் அமிலம்
Super genes — சூபர் ஜீன்
Suspensor — சஸ்பென்சார்
Sympodium — சிம்போடியம்

T

Tapetum — டெபிடம்
Telome — டிலோம்
Telemorphic effects — டெலிமார்ஃபிக் செயல்
Tetraploid — டெட்ராப்ளாய்டு
Tetrapyrrole — டெட்ராபிர்ரோல்
Thaelin — தேய்லின்
Thaelol — தேய்லால்
Thallophyta — தாலோஃபைட்டா
Thimann — திம்மன்
Thymine — தைமின்
Todea — டோடியா
Trichlorophenoxy acetic acid — டிரைகுளோரோஃபினாக்சி அசிடிக் அமிலம்
Trichomanes — ட்ரைகோமேன்ஸ்
Tuber — கிழங்கு
Tunours — முண்டு
Turrill — டர்ரில்

U

UV Rays — UV ரே, UV கதிர்

V

Van der Lek — வேன் டெர் லெக்
Vascular bundle — சாற்றுக் கற்றை
Veinlet wing — நரம்புள்ள இறகு
Vernalin — வெர்னலின்
Vitelline — விடலின்
Vochting — வாக்டிங்
Voucheria — வவ்சீரியா

W

Waddington, C. H. — வாடிங்டன், C. H.
Walton — வால்டன்
Wardlaw, C. W. — வார்ட்லா, C. W.
Went — வென்ட்
Wettstein — வெட்ஸ்ட
Weyland — வெய்லாண்ட்
Whitaker — விடாகர்
White — ஒயிட்
Wilcoxon — வில்காக்சன்

X

Xanthium — மருளூமத்தை
Xasta wing — க்சாஸ்டா இறகு
Xenopus — க்சீனோபஸ்
X-ray — 'X' கதிர்
X-ray diffraction — 'X' கதிர் டிஃப்ராக்ஷன்
Xylem — சைலம்
Xylem rays — சைலம் கதிர்கள்

Y

Yarravia — யராவியா
Yolk — யோக்

Z

Zosterophyllum — சோஸ்டிரோஃபில்லம்
Zygopterideae — சைகோபெடெரிடீ

தமிழ்நாட்டுப் பாடநூல் நிறுவனம்
சென்னை-600031

தமிழில் பயில்பவர்க்குக் கல்லூரிப் பாடநூல்கள்
(Tamil Medium Books for Colleges)

இதுவரை 606 நூல்கள் வெளியிடப்பட்டுள்ளன

மேலும், விரைவில் வெளிவருபவை

பொறியியல்	...	...	43	நூல்கள்
சட்டம்	...	...	19	,,
மருத்துவம்	...	...	9	,,
இயற்பியல்	...	...	27	,,
வேதியியல்	...	...	21	,,
தாவரவியல்	...	...	17	,,
விலங்கியல்	...	...	7	,,
கணிதம்	...	...	19	,,
வணிகவியல்	...	...	30	,,
பொருளாதாரம்	...	...	21	,,
புவியியல்	...	...	12	,,
வரலாறு	...	...	36	,,
மனையியல்	...	...	2	,,
தத்துவம்	...	...	5	,,
உளவியல்	...	...	4	,,
புள்ளியியல்	...	...	2	,,
கல்வி	...	...	3	,,
நிலப் பொதியியல்	...	...	3	,,
அரசியல்	...	...	25	,,

கிடைக்குமிடம் :

தமிழ்நாட்டுப் பாடநூல் நிறுவனக் கிடங்கு

(கல்லூரிக் கல்வி இயக்குநர் அலுவலகச் சுற்றுக்குள்)

கல்லூரிச் சாலை, நுங்கம்பாக்கம்

சென்னை–600006

கல்லூரிப் பாடநூல்களுக்கு 20% கழிவு வழங்கப்படும்