தாவரங்களின் வாழ்வியல்

ஆசிரியர்
எஸ். சுந்தரம்

தமிழ் வெளியீட்டுக் கழகம்
தமிழ்நாடு — அரசாங்கம்

தமிழ் வெளியீட்டுக் கழக வரிசை எண்—145

தாவரங்களின் வாழ்வியல்

(PLANT PHYSIOLOGY)

ஆசிரியர் :

எஸ். சுந்தரம்,

தாவரவியல் துறைப் பேராசிரியர்,

அரசினர் கலைக் கல்லூரி,

கோவை.

தமிழ் வெளியீட்டுக் கழகம்

தமிழ்நாடு - அரசாங்கம்

First Edition—April 1967

B.T.P. No. 145

© Bureau of Tamil Publications

PLANT PHYSIOLOGY

S. SUNDARAM

Price Rs. 6 - 50

Printed by
Guru Printers,
Madras-1.

அணிந்துரை

(திரு. இரா. நெடுஞ்செழியன், தமிழகக் கல்வியமைச்சர்)

தமிழைக் கல்லூரிக் கல்வி மொழியாக ஆக்கி ஆறு ஆண்டுகள் ஆகிவிட்டன. குறிப்பிட்ட சில கல்லூரிகளில் பி.ஏ., வகுப்பு மாணவர்கள் தங்கள் பாடங்கள் அனைத்தையும் தமிழிலேயே கற்று வருகின்றனர். தொடக்கத்தில் இருந்த இடர்ப்பாடுகள் மெல்ல மெல்ல மறைந்து வருகின்றன. நாடு முழுதும் பரந்துள்ள மாணவர்களின் ஆர்வம், 'தமிழிலேயே கற்பிப்போம்' என முன்வந்துள்ள கல்வி ஆசிரியர்களின் ஊக்கம், பிற பல துறைகளிலும் தொண்டு செய்வோர் இதற்கெனத் தந்த உழைப்பு, தங்கள் சிறப்புத் துறைகளில் நூல்கள் எழுதித்தர முன்வந்த நூலாசிரியர்கள் தொண்டுணர்ச்சி, இவற்றின் காரணமாக இத்திட்டம் நம்மிடையே மகிழ்ச்சியும் மனநிறைவும் தரத்தக்க வகையில் நடைபெற்று வருகிறது.

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

வரலாறு, அரசியல், உளவியல், பொருளாதாரம், புவியியல், வேதியியல், உயிரியல், வானியல், புள்ளியியல், தத்துவம் ஆகிய பல துறைகளில் தனி நூல்கள், மொழிபெயர்ப்பு நூல்கள் என்ற இருவகையிலும் தமிழ் வெளியீட்டுக் கழகம் நூல்களை வெளியிட்டு வருகிறது.

இவற்றுள் ஒன்றான 'தாவரங்களின் வாழ்வியல்' என்ற இந் நூல் தமிழ் வெளியீட்டுக் கழகத்தின் 145ஆவது வெளியீடாகும். கல்லூரித் தமிழ்க் குழுவின் சார்பில் வெளியான 35 நூல்களையும் சேர்த்து இதுவரை 180 நூல்கள் வெளிவந்துள்ளன.

கணக்கிலடங்காத் தடைகளை எல்லாம் அகற்றித் தமிழன்னை கல்லூரிக் கலைமண்டபத்தில் கொலுவீற்றிருக்கிறாள். எனவே, இவ் அன்னையை வாழ்த்துவோமாக! உழைப்பின் வாரா உறுதிகள் இல்லை; ஆதலின், உழைத்து வெற்றி காண்போம். தமிழைப் பயிலும் மாணவர்கள் உலக மாணவர்களிடையே சிறந்த இடம் பெறவேண்டும்; அதுவே தமிழன்னையின் குறிக்கோளுமாகும். சென்னைப் பல்கலைக் கழகத்தின் பலவகை உதவிகளுக்கும் ஒத்துழைப்புக்கும் நம் மனம் கலந்த நன்றி உரித்தாகுக.

இரா. நெடுஞ்செழியன்

முன்னுரை

தாவரங்களின் வாழ்விலே எத்தனையோ இரகசியங்கள் மறைந்து கிடக்கின்றன. விலங்குகளைப் போலவே தாவரங்களும் உண்கின்றன, சுவாசிக்கின்றன, வளர்கின்றன, இனப்பெருக்கம் செய்கின்றன இயக்கங்களைக் காட்டுகின்றன, முடிவாக இறந்து படுகின்றன. இவற்றைத் தவிர, விலங்குகள் செய்யாத ஒரு பணியையும் தாவரங்கள் செய்கின்றன. சூழலிலிருந்து எளிய பல பொருள்களை எடுத்துக்கொண்டு உணவாகக் கட்டுவதே அந்த வேலை. இது பசுந்தாவரங்களுக்கு மட்டுமே உரித்தான ஒரு பண்பு. இந்த நிகழ்ச்சியின்போதுதான் இவ்வுலகை இயக்குவிக்கும் ஆற்றல் அனைத்தும் கிடைக்கிறது. விஞ்ஞானிகள் பலர் பல ஆண்டுகள் பாடுபட்டுச் செய்த ஆராய்ச்சிகளின் பயனாக, தாவரங்களின் வாழ்க்கை நிகழ்ச்சிகளைப்பற்றி நாம் ஓரளவு தெரிந்துகொண்டுள்ளோம். அந்த ஆராய்ச்சிகளின் சுருக்கமான தொகுப்பே இந்த நூல்.

பட்டப் படிப்பு மாணவர்களின் தரத்திற்கு ஏற்ப இந்த நூல் எழுதப்பட்டுள்ளது. எனவே, தாவரங்களின் வாழ்க்கை நிகழ்ச்சிகளில் உள்ளார்ந்துள்ள சில சிக்கலான வேதி மாறுபாடுகள் சில இடங்களில் விடப்பட்டுள்ளன. வேறு சில இடங்களில் மேலெழுந்தவாரியாகக் கையாளப்பட்டுள்ளன. எனினும், நிகழ்ச்சி எதுவும் விளக்காது விடப்படவில்லை.

இந்தப் பொருள்பற்றித் தமிழில் வெளிவரும் முதல் நூல் இது. எனவே, பல கலைச் சொற்களைப் புதிதாகத் தோற்றுவிக்க வேண்டியிருந்தது. இவை பொருத்தமானவையாக உள்ளனவா என்பதைத் தீர்மானிக்கவேண்டியது இந்நூலைப் படிக்கும் அறிஞர்களுடைய பொறுப்பு.

இந்த நூலை எழுதுதற்கு என்னை அனுமதித்த உயர்கல்வி இயக்குநருக்கும், எழுத எனக்கு உதவிய நண்பர்களுக்கும், வெளியிட்ட தமிழ் வெளியீட்டுக் கழகத்தாருக்கும் என் உளங்கனிந்த நன்றி.

கோயம்புத்தூர்,
14-10-66

எஸ். சுந்தரம்

பொருளடக்கம்

1.	உயிரெனும் புதிர்	...	1
2.	ஸெல்—செயல் அலகு	...	6
3.	புரோடோப்ளாசம்—உயிரின் பௌதிக அடிப்படை	...	11
4.	ஆஸ்மாஸிஸ்	...	20
5.	நிலத்தின் அமைப்பும் நீர் உறிஞ்சுதலும்	...	33
6.	நீராவிப்போக்கு	...	43
7.	சாறேற்றம்	...	60
8.	கனிமப் பொருள் ஊட்டம்	...	70
9.	பிளாஸ்மா சவ்வும் செலுத்து திறனும்	...	82
10.	ஒளிச் சேர்க்கை	...	91
11	புரதங்களும் கொழுப்புப் பொருள்களும்	...	111
12.	உணவு, கனிமங்கள் இவற்றின் இடப்பெயர்ச்சி		129
13.	சுவாசித்தல்-I	...	152
14.	சுவாசித்தல்-II	...	164
15.	வளர்ச்சி	...	192
16.	இயக்கங்கள்	...	211
17.	இனப்பெருக்கம்	...	223
18.	வளர்வடக்கம்	...	233
19.	தாவர நோய்கள்	...	237
20.	முடிவுரை	...	246
	ஆதாரங்கள்	...	247
	கலைச்சொற்கள்		
	தமிழ்—ஆங்கிலம்	...	248
	ஆங்கிலம்—தமிழ்	...	273
	பொருள்குறிப்பு அகராதி	...	290

தாவரங்களின் வாழ்வியல்
(PLANT PHYSIOLOGY)

1. உயிரெனும் புதிர்

நம்மைச் சுற்றியுள்ள உலகை ஒரு முறை பாருங்கள்! அதன் பல்வகைத் தன்மை உங்கள் கவனத்தை ஈர்க்கும். அதில்தான் எத்தனை எத்தனை வகையான பொருள்கள்! மலைகள், ஆறுகள், கட்டடங்கள், மனிதர்கள், விலங்குகள், தாவரங்கள், புழு பூச்சிகள், பறவைகள், இயந்திரங்கள் இவைபோன்ற பற்பல பொருள்கள் இருக்கின்றன. ஒரு சிறிய புழுவையும் பெரிய மலையையும் எடுத்துக்கொள்ளுங்கள். இவற்றிடையே உள்ள வேறுபாடு என்ன? சிறு குழந்தைக்குக்கூட இக் கேள்விக்கு விடை தெரியும். புழு உயிருள்ளது; மலை உயிரற்றது; ஆக உலகிலுள்ள பொருள்களை உயிருள்ளவை, உயிரற்றவை என இருவகையாகப் பிரிக்கலாம்.

ஏன் நாம் சில பொருள்களை உயிருள்ளவை என்றும், மற்றவற்றை உயிரற்றவை என்றும் கூறுகிறோம்? உயிர் என்றால் என்ன? இது இன்னும் முற்றிலும் விளங்காத பெரும் புதிர். உயிர் என்பதைத் திட்டவட்டமாக வரையறை செய்து கூறமுடியாது. ஆனால், உயிரின் பண்புகளை நாம் விளக்கிக் கூறமுடியும். அதாவது, இன்ன இன்ன பண்புகளைக் கொண்டிருந்தால் அது ஓர் உயிரினம் என்று விளக்கிக் கூற முடியும்.

அப்படியானால் அப் பண்புகள் யாவை? உயிரினங்களின் அங்கங்கள் செல்களாலானவை. செல்களில் 'உயிரின் பௌதீக அடிப்படை' யாகிய புரோடோப்ளாசம் உள்ளது. புரோடோப்ளாசத்திற்கு வெளித் தூண்டல்களை அறியக்கூடிய உணர்திறன் (sensitinity) உண்டு. உயிரினங்கள் உணவு உண்கின்றன; சுவாசிக்கின்றன. அதாவது, அவற்றிற்கு வளர்சிதை மாற்றம் (metabolism) உண்டு. உயிரினங்கள் வளர்ச்சி அடைகின்றன. எல்லா உயிரினங்களுமே சில இயக்கங்களைக் (movements) காட்டுகின்றன. முடிவாக உயிரினங்கள் தங்களைப்போன்ற சந்ததிகளைத் தோற்றுவிக்கின்றன. அதாவது, அவை இனப் பெருக்கம் (reproduction) செய்கின்றன.

ஆக, உணர்திறன், வளர்சிதை மாற்றம், வளர்ச்சி, இனப் பெருக்கம், இயக்கங்கள் ஆகிய ஐந்து பண்புகள் உயிரினங்கட்கு உரித்தானவை.

இப் பண்புகளை ஒவ்வொன்ருக எடுத்துக்கொண்டு பார்த்தால், இவற்றில் பல பண்புகள் உயிரற்ற உலகிலும் இருப்பதைக் காணலாம். ரயில், மோட்டார்போன்ற இயந்திரங்கள் இயக்கத்தைக் காட்டுகின்றன. மின்னணுப்பொறியைக் (electronic) கொண்ட பொம்மைகளின் அருகே நெருப்பைக் கொண்டுபோனல் அவை கையை இழுத்துக்கொள்கின்றன. தடைகளைக் கண்டு விலகிச் செல்கின்றன். அதாவது, அவை சூழலின் தூண்டலை உணருகின்றன. சில தானியங்கு (automatic) இயந்திரங்களுக்குத் தேவையான கச்சாப் பொருள்களை அளித்தால், அவை தங்களைப்போன்ற மற்ற இயந்திரங்களை உண்டாக்குகின்றன. அதாவது, அவை இனப் பெருக்கமில்லாவிட்டாலும், 'வகைப்பெருக்கம்' செய்கின்றன. ஒரு சிறு படிகத்தை அதன் பூரிதக் கரைசலில் (saturated solution) கட்டித்தொங்கவிட்டால் அது வளர்கிறது. என்ருலும், இந்த ஐந்து பண்புகளும் ஒருசேர இணைந்து, ஒரே சமயத்தில் மிகச் சிக்கலான முறையில் வெளிப்பாடு அடைவது உயிரினங்களில் மட்டுந்தான் என்பது விஞ்ஞானிகளின் கருத்து.

எனில், இந்த ஐந்தொழில்களைச் செய்யும் திறமை, உயிரினங்கட்கு எங்கிருந்து வந்தது? உயிரினங்களின் இச் செயல்கள் எந்த விதிகட்குக் கட்டுப்பட்டு நடக்கின்றன? நாம் இதுவரை அறிந்துள்ள இயற்கை விதிகளைக் கொண்டு உயிரின் செயல்களை விளக்க முடியுமா? முடியாது, என்று சில விஞ்ஞானிகள் கருதி வந்தனர். உயிர் என்பது உயிரினங்கட்கே உரித்தான ஒரு தனிப் பண்பு. நம்மால் புரிந்துகொள்ள முடியாத ஒரு ஜீவித ஆற்றல் (vital force) உயிரினங்களை இயக்குகிறது. இந்த ஆற்றலே மேலே கூறிய ஐந்து தொழில்களுக்கும் அடிப்படையாகிறது. அதையே நாம் உயிர் என்கிருேம். அது உடலைவிட்டு மறையும்போது உயிரினங்கள் இறந்துவிடுகின்றன. இதுவே அவர்களது வாதம். அவர்கள் ஜீவிதக் கோட்பாட்டினர் (vitalists) என்று அழைக்கப்பட்டனர். 19 ஆவது நூற்ருண்டின் முடிவுக் காலத்திலும், 20 ஆவது நூற்ருண்டின் தொடக்கத்திலும் இக் கோட்பாடு பெரிதும் பரவியிருந்தது.

பின்னர் பௌதீக இயலிலும் வேதி இயலிலும் மகத்தான பல முன்னேற்றங்கள் ஏற்பட்டன. இவற்றின் விளைவாக உயிர் நிகழ்ச்சிகளையும், பௌதீக இரசாயன விதிகளால் விளக்க முடியுமென்ற கருத்து மேலோங்கியது. இக் கோட்பாட்டினர் இயந்திரீகக் கோட்பாட்டினர் (mechanists) என்று அழைக்கப்பட்டனர் பௌதீகம்,

வேதி இயல் ஆகிய துறைகளின் புதிய சாதனைகள் உயிரியலிலே பயன்படுத்தப்பட்டன. உயிரின் அடிப்படையாகிய புரோடோப் ளாசம் பலவகையான ஆய்வுகளுக்கும் உட்படுத்தப்பட்டது. உயிர் செயல்களின் ஒவ்வொரு நிலையும் நுணுக்கமாக ஆராயப்பட்டது. இந்த ஆராய்ச்சிகளின் விளைவாகப் பல உயிர் நிகழ்ச்சிகள் பௌதீக-இரசாயன விதிகளால் விளக்கப்பட்டன. இந்த விளக்கங்களின் தொகுப்பே வாழ்வியல் (physiology) எனப்படுகிறது. ஓர் உயிரினத்தின் வாழ்விலே நடைபெறும் நிகழ்ச்சிகள் யாவை? அவற்றின் காரணங்கள் என்ன? அவற்றின் செயல் முறை யாது? அவை எந்த அம்சங்களால் பாதிக்கப்படுகின்றன? அவற்றிடையே யுள்ள இடைமிடைந்த உறவு எப்படிப்பட்டது? இன்ன பிற பிரச்சினைகளை விளக்க வாழ்வியல் முயல்கிறது.

உயிரினங்களின் உலகிலே இரண்டு வகைகள் இருப்பதைக் காண்கிறோம். ஒருவகையைத் தாவரங்கள் என்றும், மற்றொரு வகையை விலங்குகள் என்றும் கூறுகிறோம். ஒரு மரத்தையும் ஒரு விலங்கையும் ஒப்பிட்டுப் பார்ப்போமானால், அவற்றிடையே உள்ள வேற்றுமை நமக்குப் புலனாகிறது. விலங்குகள் இடம்விட்டு இடம் நகர்கின்றன. தாவரங்கள் ஓரிடத்திலே வேரூன்றி வாழ் கின்றன. தாவரங்கள் தங்கள் உணவைத் தாங்களாகவே தயாரித்துக் கொள்கின்றன. விலங்குகள் தங்கள் உணவை வேறு விலங்குகளிடமிருந்தோ, தாவரங்களிலிருந்தோ எடுத்துக்கொள் கின்றன. விலங்குகளின் வளர்ச்சி ஒரு குறிப்பிட்ட முறையிலே நடைபெறுகிறது. தாவரங்களின் வளர்ச்சி பரவலாக நடை பெறுகிறது. எனவே, இவ்விரண்டிற்குமிடையே எந்த வகையான ஒற்றுமையும் இருப்பதுபோலத் தெரியவில்லை. மனிதன் வெகு நாள்வரை இந்த வேற்றுமைகளைமட்டுமே அறிந்திருந்தான். தொன்றுதொட்டே மனிதர்களுக்கும் தாவரங்களுக்குமிடையே நெருங்கிய தொடர்பு இருந்துவந்திருக்கிறது. மனிதன் தனக்கு வேண்டிய உணவு, இருப்பிடம், உடை மருந்துகள் அனைத்தையும் தாவரங்களிடமிருந்தே பெற்றான். தாவரங்களைக் கடவுளாகவே எண்ணி வழிபட்டான். ஆனால், தனக்கும் அவற்றிற்குமிடையே இருந்த ஒற்றுமையை அவனால் உணர முடியவில்லை. தாவரங்களை விட விலங்குகளே அவனுக்கு உற்ற உறவினர்களாகத் தோற்ற மளித்தன. ஏன்? விலங்குகள் தன்னைப்போலவே இயங்குவதை அவன் பார்த்தான். அவை உண்பதையும், மூச்சு விடுவதையும், நோய்வாய்ப்படுவதையும், இறப்பதையும் கண்டான். தாவரங் களின் வெளித் தோற்றத்தை விலங்குகளின் வெளித் தோற்றத் தோடு ஒப்பிட்டுப் பார்த்தவரை அவனால் எந்த ஒற்றுமையையும் காண முடியவில்லை. தாவரங்களுக்கும் விலங்குகளுக்குமிடையே

யுள்ள ஒற்றுமை புற ஒற்றுமையன்று! அக ஒற்றுமை! எனவே, இவ்விரு வகை உயிரினங்களின் உள் அமைப்பைக் காணும்வரை அவனால் இந்த ஒற்றுமையைப் புரிந்துகொள்ள முடியவில்லை.

அதைப் புரிந்துகொள்வதற்கு அடிகோலியவர் ராபட் ஹூக் (Robert Hooke) என்ற ஆங்கில விஞ்ஞானி. அவர் காலத்தில்தான் மைக்ரோஸ்கோப்புகள் புதியதாகக் கண்டுபிடிக்கப்பட்டிருந்தன. மற்றப் பல விஞ்ஞானிகளைப்போலவே, ராபர்ட் ஹூக்கும் பல பொருள்களையும் மைக்ரோஸ்கோப்பில் வைத்து ஆராய்ந்து கொண்டிருந்தார். சீசாவின் தக்கை (cork) ஒன்றை மெல்லிய படலமாக அரிந்து, அதை மைக்ரோஸ்கோப்பிலே வைத்துப் பார்த்தார். அதில் பல சிறு அறைகள் இருப்பதைக் கண்டார். தேன் கூட்டின் அறைகள்போல் தோற்றமளித்த இச் சிறு அறைகளுக்கு அவர் 'செல்' என்று பெயரிட்டார். அதற்குப் பின் பல காய்களையும் இது போல ஆராய்ந்து எல்லாவற்றிலும் செல் இருப்பதைக் கண்டார். இந்த செல்களைச் சுற்றி செல் சுவர் (cell wall) இருப்பதையும் கண்டார். அவரைத் தொடர்ந்து அநேக விஞ்ஞானிகள் பல செடிகளையும் ஆராய்ந்து எல்லாவற்றிலும் செல் இருப்பதைக் கண்டனர். ஆக, தாவரங்களின் உடல் பல செல்களால் ஆகியது என்ற கருத்து ஏற்பட்டது.

விலங்குகளின் உடலும் செல்களால் ஆனதுதானா என்ற கேள்வி எழுந்தது. பல விலங்குகள் பரிசோதனைக்கு உள்ளாக்கப் பட்டன. ஆனால், அவற்றின் உடலிலே 'செல்' எனும் அறைகள் காணப்படவில்லை! ஏன்? ராபர்ட் ஹூக் தாவரங்களில் செல் சுவரைக் கண்டார் என்று பார்த்தோம். விலங்குகளிலும் அந்த செல் சுவரைத்தான் விஞ்ஞானிகள் தேடினர். ஆனால், அது காணப்படவில்லை. விலங்குகளின் செல்லுக்குச் சுவர் கிடையாது என்பது பின்னர்தான் தெரிந்தது.

இதற்கிடையில் ராபர்ட் பிரவுன் (Robert Brown) என்ற விஞ்ஞானி, ஆர்கிட் (Orchid) எனும் செடிகளின் செல்களில் கோள வடிவமான நியூக்ளியஸ் (nucleus) இருப்பதைக் கண்டார். பின்னர் ஷ்வான் (Schwann) என்ற ஜெர்மன் விஞ்ஞானி, விலங்குகளின் செல்களிலும் அதே நியூக்ளியஸ் இருப்பதைக் கண்டார். நியூக்ளியஸைச் சுற்றி ஒரு நீர்மமும், அதைச் சூழ்ந்து ஒரு சவ்வும் இருப்பதைக் கண்டார். இதன் விளைவாக செல் என்பதற்கு அவர் ஒரு புதிய வரையறையைக் கொடுத்தார். நியூக்ளியஸையும், சூழ்ந்துள்ள நீர்மத்தையும் கொண்ட அலகே செல். அதைச் சூழ்ந்து ஒரு சுவரோ, சவ்வோ இருக்கலாம். இக் கண்ணோட்டத்தில் பார்க்கும்போது விலங்குகள், தாவரங்கள் இவற்றின் உடல் செல்

எனும் அலகுகளால் ஆனது என்ற உண்மை விளங்குகிறது. இதுவே செல் கோட்பாடு எனப்படுகிறது. இவ்விதம் விலங்குகளுக்கும் தாவரங்களுக்கு மிடையேயுள்ள அடிப்படையான ஒற்றுமை கண்டுபிடிக்கப்பட்டது. இரண்டின் அங்கங்களும் செல்களால் ஆனவை. சில உயிரினங்கள் ஒரே ஒரு செல்லைக் கொண்டுள்ளன. இவை 'ஒரு செல் உயிரினங்கள்' (unicellular organisms) எனப் படுகின்றன. மற்ற உயிரினங்களின் அங்கங்கள் பல செல்களைப் பல்வேறு வகைகளில் இணைத்து ஆக்கப்பட்டிருக்கின்றன. இவை 'பல செல் உயிரினங்கள்' (multicellular organisms) எனப்படு கின்றன. எனவே, செல் என்பது உயிரினங்களின் மிகச் சிறிய அடிப்படை அமைப்பு அலகு (structural unit) என்ற கருத்து ஏற்பட்டது.

உயிரினங்களின் அமைப்பு அலகாக செல் உள்ளது என்று பார்த்தோம். அதாவது, உயிரினங்களின் அங்கம் செல்கள் எனும் சிறு கூறுகளாகப் பிரிக்கப்பட்டுள்ளது. உயிர் நிகழ்ச்சிகள் நடை பெறக்கூடிய ஒவ்வொரு செல்லிலும் உயிரின் அடிப்படையாகிய புரோடோப்ளாசம் உள்ளது. உயிர் நிகழ்ச்சிகளுக்குத் தேவை யான மூலப்பொருள்களும் நொதிகளும் உள்ளன. எனவே, ஒவ்வொரு செல்லிலும் உயிர் நிகழ்ச்சிகள் நடைபெறுகின்றன. எல்லா செல்களிலும் நடைபெறும் நிகழ்ச்சிகளின் தொகுப்பே உயிர் எனும் நிகழ்ச்சியாக வெளிப்பாடு அடைகிறது. ஆனால், இதைக் கூறும்போது ஒன்றை நினைவில் வைத்துக்கொள்ள வேண்டும். 'பல செல் உயிரினங்களின்' செல்கள் தனித்து நின்று இயங்குவதில்லை. அவை மற்ற செல்களுடன் நெருங்கிய தொடர்பு கொண்டுள்ளன. ஒவ்வொரு செல்லின் இயக்கமும், மற்ற செல் களால் பாதிக்கப்படுகிறது. எனவே, செல்லைத் தனித்து இயங்கும் ஓர் அலகாக மட்டுமன்றி, அங்கம் எனும் முழுமையின் ஒரு பகுதி யாகவும் நாம் காணவேண்டும்.

ஒரு செல்லைப் பகுத்து அதிலுள்ள பாகங்களைத் தனித் தனியாக எடுக்கலாம். இவற்றில் சில செல்லிலிருந்து தனிமைப் படுத்தப்பட்ட பின்பும்கூட, சில உயிர் இயக்கங்களைக் காட்டு கின்றன. உதாரணமாக, செல்லிலிருந்து பிரித்தெடுக்கப்பட்ட பசுங்கணிகம் (chlorophyll) தகுந்த சூழ்நிலைகளின் கீழ் ஒளிச் சேர்க்கை செய்கிறது. மிடோகாண்டிரியா 'சுவாசிக்கிறது' ஆனால், உயிரின் பண்புகள் என்று நாம் மேலே கூறிய ஐந்து தொழில் களையும் ஒருசேரச் செய்யக்கூடிய மிகச் சிறிய அலகு செல்தான். எனவே, செல் உயிரினங்களின் அமைப்பு அலகாக மட்டுமன்றிச் செயல் அலகாகவும் (functional unit) இருக்கிறது. எனவே, நாம் முதலில் செல்லின் அமைப்பைத் தெரிந்துகொள்வோம்.

2. செல்—செயல் அலகு
(Cell–Functional Unit)

தாவரங்கள் செல்களாலானவை என்றும், அவை தாவரங்களின் அமைப்பு அலகாக மட்டுமன்றிச் செயல் அலகாகவும் இருக்கின்றன என்றும் பார்த்தோம். இனிச் செயல் அலகு என்ற முறையில் தாவர செல்லின் அமைப்பைப்பற்றித் தெரிந்து கொள்வோம்.

செல்களில் பல வகையுண்டு. ஒவ்வொரு செல்லும் அது செய்யும் வேலைக்கேற்ப ஒரு குறிப்பிட்ட அமைப்பை உடையதாக இருக்கிறது. எனினும், தாவரங்களின் வளர்சிதை மாற்றத்தில் நேரடியாகப் பங்கு கொள்ளும் ஒரு செல்லைப்பற்றிப் பொதுவாகத் தெரிந்துகொள்வோம்.

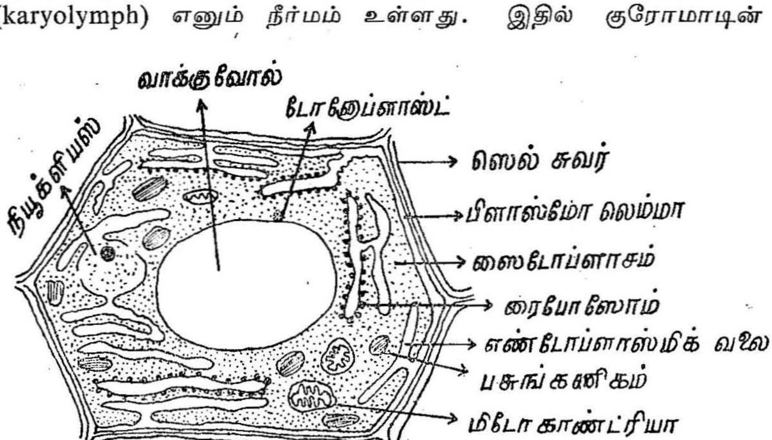
தாவர செல்லில் செல் சுவர் (cell wall), புரோடோப்ளாஸம் (protoplasm) என்ற இரண்டு முதன்மையான பகுதிகள் உள்ளன.

செல் சுவர்: செல்லிற்கு உருவத்தையும் உறுதியையும் அளிப்பது செல் சுவர்தான். இது சற்று தடியானது. ஓரளவு நெகிழ்வு உடையது; உயிரற்றது. பொதுவாக, உயர் தாவரங்களின் செல்களின் சுவரில் 'செல்லுலோஸ் (cellulose) எனும் பொருள் மிகுதியாக உள்ளது. இதைத் தவிர ஹெமிசெல்லுலோஸ் (hemi cellulose), லிக்னின் (lignin), பெக்டின் (pectin) ஆகிய பொருள்களும் ஓரளவு கலந்திருக்கலாம்.

புரோடோப்ளாசம்: செல் சுவரினுல் சூழப்பட்டுள்ள பகுதியை புரோடோப்ளாசம் என்று கூறுகிறோம். இதை மேலும் இரண்டு பகுதிகளாகப் பிரித்துக்கொள்ளலாம். அவையாவன: 1. **சைடோப்ளாசம்** (cytoplasm); 2. நியூக்ளியஸ் (nucleus). (படம் 2-1)

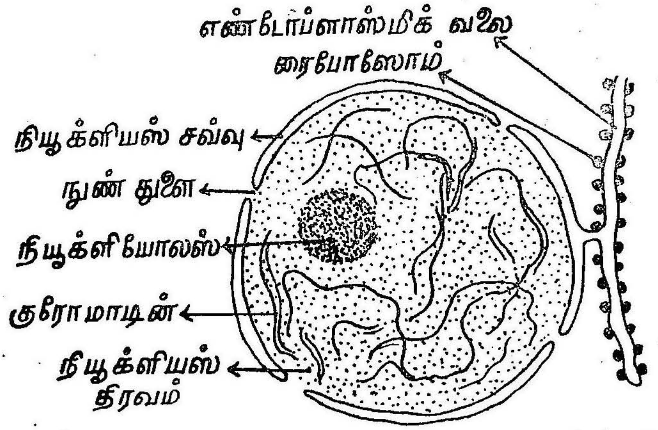
சைடோப்ளாசம் : இது சற்று அடர்த்தியான ஒரு நீர்மம். நன்கு வளர்ச்சி அடைந்த செல்களில் இது செல் சுவரின் உட்புறத்தை ஒட்டிப் படர்ந்துள்ளது. சில செல்களில் இது செல்லின் ஊடே இழைகளாகவும் பரவி இருக்கலாம். சைடோப்ளாசத்தின் வெளிப்புறத்தில் செல் சுவரை ஒட்டி ஒரு சவ்வு உள்ளது. இது 'பிளாஸ்மோலெம்மா' (plasmolemma) என்று கூறப்படுகிறது. சைடோப்ளாஸத்தில் பல பொருள்கள் விரவியுள்ளன. இவற்றில் சில, தாவரங்களின் வளர்சிதை மாற்றத்தில் நேரடியாகப் பங்கு கொள்பவை. மற்றவை வளர்சிதை மாற்றத்தின் துணைப் பொருள்களாகவோ, முடிவுப் பொருள்களாகவோ தோன்றுபவை. இவற்றைப்பற்றியும், சைடோப்ளாசத்தின் வேதி பௌதீக அமைப்பைப்பற்றியும் பின்னர் விரிவாகக் காண்போம்.

நியூக்ளியஸ் : சைடோப்ளாசத்தில் பொதிந்துள்ள, ஏறத்தாழக் கோள வடிவமான அங்கம் நியூக்கிளியஸ் எனப்படுகிறது. தாவரங்களின் வாழ்வில் இது ஒரு முக்கியமான பங்கு வகிக்கிறது. செல்களின் வளர்சிதை மாற்றத்தையும், உயிரினங்களின் மரபுக் குணங்களையும் கட்டுப்படுத்துவது இந்தப் பகுதியே. நியூக்ளியஸைச் சுற்றிலும் ஒரு சவ்வு உள்ளது. இந்தச் சவ்வு 'நியூக்ளியஸ் சவ்வு' (nuclear membrane) எனப்படுகிறது. இது இரண்டு அடுக்குகளாலான இரட்டைச் சவ்வு. இதில் ஆங்காங்கே நுண் துளைகள் உள்ளன. சைடோப்ளாசத்திற்கும் நியூக்ளியஸுக்குமிடையே பொருள் பரிவர்த்தனை நடைபெறுவதற்கு இத் துளைகள் ஓரளவு உதவுகின்றன. நியூக்ளியஸ் சவ்வினுள்ளே நியூக்ளியஸ் திரவம் (karyolymph) எனும் நீர்மம் உள்ளது. இதில் குரோமாடின்



படம் - 2.1 பொதுவான செல்

(chromatin) என்னும் பொருள் இருக்கிறது. இது சில சமயங்களில் ஒரு வலைபோலக் காணப்படுவதால் இதைக் குரோமாடின் வலை என்றும் கூறுவார்கள். மரபு, குணங்களின் தொடர்ச்சிக்குக் காரண மான குரோமஸோம்கள் (chromosomes) இந்தப் பகுதியிலேயே அடங்கியுள்ளன. நியூக்ளியஸிற்குள்ளே ஒன்று அல்லது ஒன்றுக்கு மேற்பட்ட கோள வடிவமான சிறு அங்கங்கள் இருக்கின்றன. இவற்றை நியூக்ளியோலை (nucleoli) என்று கூறுகிறார்கள். (படம் 2-2) (ஒருமை நியூக்ளியோலஸ்)



படம்-2.2 நியூக்ளியஸ் — எண்டோப்ளாஸ்மிக் வலையின் ஒரு பகுதி காட்டப்பட்டுள்ளது

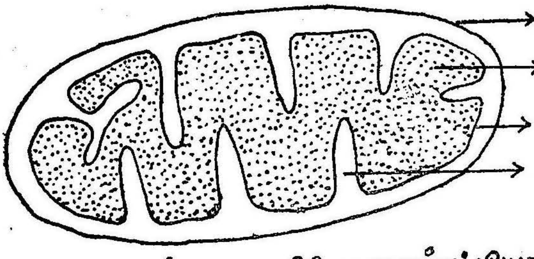
நியூக்ளியஸில் டி. என். ஏ. (DNA) என்று சுருக்கமாக அழைக் கப்படும் டி ஆக்ஸிரைபோ நியூக்ளியிக் அமிலமும், (deoxyribo-nucleic acid) ஆர். என். ஏ. (RNA) என்று சுருக்கமாக அழைக்கப் படும் ரைபோ நியூக்ளியிக் அமிலமும் (ribonucleic acid) மிகுதியாக உள்ளன. தாவரங்களின் வாழ்வியலில் மிக முக்கியமான புரதச் சேர்க்கையில் இவை பங்கு கொள்கின்றன என்பதைப் பின்னர்க் காண்போம்.

வாக்குவோல் (Vacuole): சைடோப்ளாசத்தின் நடுவே உள்ள சிறு அறைபோன்ற பகுதி வாக்குவோல் எனப்படுகிறது. சாதாரண மாக, முழுதும் வளர்ச்சியடைந்த ஸெல்களில், ஸெல்லின் நடுவே ஒரே ஒரு பெரிய வாக்குவோல் இருக்கும். சில ஸெல்களில் ஒன்றுக்கு மேற்பட்ட சிறிய வாக்குவோல்களும் இருக்கலாம். வாக்குவோலைச் சுற்றிலும் ஒரு சவ்வு உள்ளது. இதற்கு

'டோனேப்ளாஸ்ட்' (tonoplast) என்று பெயர். இந்தச் சவ்வு வாக்குவோலை சைடோப்ளாசத்திலிருந்து பிரிக்கிறது. வாக்குவோலினுள்ளே ஒரு நீர்மம் உள்ளது. இதற்கு 'செல்ரசம்' (cell sap) என்று பெயர். இந்த ரசத்தில் பல பொருள்கள் கரைந்துள்ளன; சில பொருள்கள் விரவியுள்ளன. வளர்சிதை மாற்றப் பொருள்களின் சேமிப்பு அறையென வாக்குவோலைக் குறிப்பிடலாம்.

சைடோப்ளாசத்தில் தாவரங்களின் வளர்சிதை மாற்றத்தில் பங்குகொள்ளும் சில அங்கங்கள் விரவியுள்ளன என்று முன்னரே பார்த்தோம். அவற்றைப்பற்றி இனித் தெரிந்துகொள்வோம்.

மிடோகாண்ட்ரியா (Mitochondria): இவை கோள வடிவிலோ அல்லது நீண்ட கோல் போன்றோ, கம்பிகள் போன்றோ இருக்கலாம். செயலூக்கமுள்ள செல்களில் இவை பெருமளவில் காணப்படுகின்றன. மிடோகாண்ட்ரியாவைச் சுற்றிலும் வெளிச் சவ்வு, உள் சவ்வு என்ற இரண்டு சவ்வுகள் உள்ளன. உள்சவ்வு உள்நோக்கி மடிந்து சிறு குழல்கள்போல நீட்டிக்கொண்டு இருக்கிறது. இக் குழல்களுக்கு கிரிஸ்டே (cristae) என்று பெயர். மிடோகாண்ட்ரியாவின் நடுப்பகுதியில் இடைப் பொருள் (matrix) இருக்கிறது (படம் 2-3).



படம்-2.3 மிடோகாண்ட்ரியா

தாவரங்களின் வாழ்வியலில் மிடோகாண்ட்ரியா மிக முக்கியமான பங்கு வகிக்கின்றது. உயிரினங்களுக்கு இன்றியமையாத சுவாசித்தல் எனும் நிகழ்ச்சியின் முக்கியமான நிலைகள் இங்குதான் நடைபெறுகின்றன. சுவாசித்தலின் முக்கியமான பகுதியாக ஆற்றல் வெளிப்பாடு இங்குதான் ஏற்படுகிறது. அதற்குத் தேவையான நொதிகள் (enzymes) இவற்றில் உள்ளன. இவற்றை 'செல்லின் ஆற்றல் சாலை' என்று கூறுவது முற்றிலும் பொருந்தும்.

ரைபோஸோம் (Ribosome): இவை மிகச் சிறிய வட்டமான துகள்கள். இவற்றில் ஆர். என். ஏ. எனும் அமிலம் மிகுதியாக உள்ளது. ஒரு செடிக்குத் தேவையான குறிப்பிட்ட புரதம் இவற்றில்தான் கட்டப்படுகிறது.

எண்டோப்ளாஸ்மிக் வலை (Endoplasmic Reticulum): இது இரட்டைச் சவ்வுகளாலான குழல்போன்ற ஒரு அமைப்பு. சைடோப்ளாசத்தில் குறுக்கும் நெடுக்குமாக வலைபோலப் பின்னிக்கொண்டு செல்கிறது. இந்த வலை வெளிப் பக்கத்தில் பிளாஸ்மோலெம்மாவுடனும், உள்ளே நியூக்ளியஸ் சவ்வினுடனும் இணைந்துள்ளது. புரதச் சேர்க்கையில் பங்கு கொள்ளும் ரைபோ ஸோம்கள் இவ் வலைகளில் சிலவற்றின் வெளிப் பரப்பில் ஒட்டிக் கொண்டிருக்கின்றன. தாவரங்களின் வாழ்வியலில் இதன் பங்கு என்னவென்பது திட்டவட்டமாகத் தெரியவில்லை. எனினும், இவை வளர்சிதை மாற்றப் பொருள்களைச் சேமித்து வைக்கவும், வேறு இடங்களுக்குக் கொண்டு செல்லவும் பயன்படுவதோடு, நியூக்ளியஸ் சவ்வுபோன்ற மற்ற ஸெல் சவ்வுகளைத் தோற்றுவிக் கவும் பயன்படலாம் என்று கருதுகின்றனர்.

கணிகங்கள் (Plastids): சைடோப்ளாசத்தில் விரவியுள்ள பொருள்களில் மிகப் பெரியவை இவைதாம். இவற்றில் பல வகைகள் உண்டு. சில பச்சையாக உள்ளன. அவை பசுங் கணி கங்கள் (chloroplasts) எனப்படுகின்றன. இவற்றில் பச்சையம் எனும் நிறமி உள்ளது. இலைகள், இளந்தண்டு இவற்றின் பசுமை நிறத்திற்கு இக் கணிகங்களே காரணம். சிவப்பு, மஞ்சள், ஆரஞ்சுபோன்ற வண்ணங்களைக் கொண்ட கணிகங்களும் உண்டு. இவையனைத்தையும் பொதுவாக வண்ணக் கணிகங்கள் (chromo-plasts) என்று கூறுகிறார்கள். பெரும்பான்மையான பூக்கள், பழங்கள் இவற்றின் பல்வகைப்பட்ட வண்ணங்களுக்குக் காரண மாயிருப்பவை இவையே. சில கணிகங்கள் வண்ணம் ஏதுமற்றவை. இவை 'வெளிர் கணிகங்கள்' (leucoplasts) எனப்படுகின்றன. இவை பொதுவாக வேரிலும், சேமிப்பு அங்கங்களிலும் மிகுதியாக உள்ளன. தரசச் சேமிப்பில் இவை பங்கு கொள்கின்றன. இவை புரதத்தாலானவை.

இதுவரை நாம் ஸெல்லின் பல பகுதிகளையும்பற்றி விரிவாகத் தெரிந்துகொண்டோம். உயிருள்ள எல்லா ஸெல்களிலும் விதி விலக்கின்றிக் காணப்படும் ஒரு பொருள் புரோடோப்ளாசமாகும். இதுவே உயிரின் 'பௌதீக அடிப்படை' எனக் கருதப்படுகிறது. இனி, புரோடோப்ளாசத்தின் பௌதீக, வேதி அமைப்பைப் பற்றித் தெரிந்துகொள்வோம்.

3. புரோடோப்ளாசம்—உயிரின் பௌதீக அடிப்படை

(Protoplasm—The Physical Basis of Life)

புரோடோப்ளாசத்தின் வேதி அமைப்பு: உயிருள்ள புரோடோப்ளாசத்தின் வேதி அமைப்பைக் கண்டுபிடிப்பது எளிதன்று. ஒரு பொருளின் வேதி அமைப்பைக் கண்டுபிடிப்பதற்குச் சாதாரணமாக ஆய்வுக் கூடங்களிலே பயன்படுத்தப்படும் முறைகளைக் கொண்டு புரோடோப்ளாசத்தைப் பகுத்தாயும்போது, அது தனது உயிர்த் தன்மையை இழந்துவிடுகிறது. எனவே, நாம் முடிவாகப் பெறுவது, இறந்துவிட்ட புரோடோப்ளாசத்தின் வேதி அமைப்பையேயன்றி உயிருள்ள புரோடோப்ளாசத்தின் வேதி அமைப்பையன்று. எனினும், ஸெல் சுவரற்ற சில பூஞ்சைகளின் (fungi) புரோடோப்ளாசத்தைப் பகுத்தாய்ந்து அதன் வேதி அமைப்பைக் கண்டுபிடித்திருக்கிறார்கள். அதன்படி புரோடோப்ளாசத்தில் கீழ்க்கண்ட பொருள்கள் இருப்பதாகத் தெரிகிறது.

A.	தண்ணீரில் கரையக்கூடியவை (பெரும்பாலும் வாக்குவோலில் உள்ளவை)	உலர் எடையின் சதவீதம்
	மானோஸாக்கரைடு (monosaccharide)	14.2
	புரதங்கள் (protein)	2.2
	அமினோ அமிலங்கள் (amino acids)	24.3
B.	கரையாத அங்ககப் பொருள்கள் (பெரும்பாலும் புரோடோப்ளாசத்தில் உள்ளவை)	
	நியூக்ளியோ புரோடீன்ஸ் (nucleo proteins)	32.3
	நியூக்ளியிக் அமிலங்கள் (nucleic acids)	2.5
	கிளாபுலீன் (globulin)	0.5
	லிபோ புரோடீன்ஸ் (lipo proteins)	4.8

	நடுநிலைக் கொழுப்புகள்	6.8
	ஃபைடோஸ்டீரால் (phytosterol)	3.2
	பாஸ்படைடு (phosphatides)	1.3
	மற்ற அங்ககப் பொருள்கள்	3.5
C.	கனிமப் பொருள்கள் (minerals) (தண்ணீரில் பாதி கரையக்கூடியவை)	4.4

(லெபச்கின், 1923)

மேலேயுள்ள அட்டவணையைக் காணும்போது ஒன்று தெளிவாகத் தெரிகிறது. இயற்கையில் பரவலாக உள்ள கார்பன், ஆக்ஸிஜன், ஹைட்ரஜன் (hydrogen), நைட்ரஜன் (nytrogen), பாஸ்பரஸ் (phosphorous) போன்ற மூலகங்களின் கூட்டுப் பொருள்களே புரோடோப்ளாசத்தில் உள்ளன. இக் கூட்டுப் பொருள்களில் சிலவற்றைத் தனித் தனியாக ஆய்வுக்கூடங்களிலே தயாரிக்க முடியும். எனினும்கூட, உயிருள்ள புரோடோப்ளாசத்தைத் தயாரிப்பதில் விஞ்ஞானிகள் இன்னும் வெற்றி காணவில்லை. புரோடோப்ளாசத்தின் வேதி அமைப்பைக் காட்டிலும் அதன் பௌதீக அமைப்பு முக்கியத்துவம் வாய்ந்ததெனத் தோன்றுகிறது. புரோடோப்ளாசத்தில் என்ன பொருள்கள் இருக்கின்றன என்பதைக்காட்டிலும் அவை எப்படி அமைந்திருக்கின்றன என்பது முக்கியமானதாகும். புரோடோப்ளாசத்தின் உயிர்த் தன்மைக்கு, அதன் முக்கியமான உயிர்க் கிரியைகளுக்கு அதன் பௌதீக அமைப்பே அடிப்படையாக இருப்பது போலத் தெரிகிறது. இந்த அமைப்பு கொலாய்டு அமைப்பு (colloidal organization) எனப்படுகிறது. இனி, கொலாய்டு என்றால் என்ன என்பதைப் பார்ப்போம்.

ஒரு கண்ணாடி பீக்கரில் சிறிது தண்ணீர் எடுத்துக்கொண்டு அதில் சோடியம் குளோரைடு (sodium chloride) எனும் சமையல் உப்பைப் போடுவோம். உப்பு கண்ணிற்கு தெரியாது மறைந்து விடுகிறது. பீக்கரில் தெளிவான ஒரு நீர்மம் உள்ளது. இதை பல மணி நேரங்கள் அப்படியே வைத்திருந்தபோதிலும், உப்பு மீண்டும் கண்ணிற்குத் தெரிவதில்லை. வடிகட்டியபோதிலும் அது தனிமைப்படுவதில்லை. இந்த நிகழ்ச்சியைக் கரைதல் என்றும், பீக்கரில் உள்ள தெளிவான நீர்மத்தைக் கரைசல் (solution) என்றும் கூறுகிறோம். சோடியம் குளோரைடு எனும் பொருள் கரையும்போது என்ன நிகழ்கிறது? அதைத் தண்ணீரில் போட்டவுடன், அது மூலக்கூறுகளாகவோ அல்லது சோடியம், குளோரின் இவற்றின் அயனிகளாகவோ பிரிந்துவிடுகிறது. மூலக்கூறுகளும் அயனிகளும் அளவில் மிகமிகச் சிறியவை

யாகையால் அவற்றைப் பார்க்கவோ, வடிக்கட்டவோ முடியாது. திறன் மிக்க மைக்ரோஸ்கோப்புகளை உபயோகித்துக்கூட இவற்றைக் காண முடியாது. சோடியம் குளோரைடின் மூலக் கூறுகளும், தண்ணீரின் மூலக்கூறுகளும் ஒரே சீராகக் கலந்து கரைசல் ஆகின்றன. கரைசலில் கரைகின்ற சோடியம் குளோரைடைக் கரைபொருள் (solute) என்றும், கரைக்கின்ற தண்ணீரைக் கரைப்பான் (solvent) என்றும் கூறுகிறோம் எனவே, ஒரு கரைப்பானும் ஒரு கரைபொருளும் சேர்ந்த இரு பொருள் அமைப்பே கரைசல் எனப்படுகிறது.

மற்றொரு பீக்கரில் சிறிது தண்ணீரை எடுத்துக்கொண்டு அதில் சிறிது பொடி மணலைப் போட்டுக் குலுக்குவோம். மணல் சிறிது நேரம் தண்ணீரில் விரவி இருக்கிறது. பின்னர் பீக்கரின் அடியில் படிந்துவிடுகிறது. மணல் விரவி இருக்கும்போதுகூடக் கண்ணிற்குப் புலனாகிறது. சாதாரண வடிகட்டிகளின்மூலம் வடிகட்டினால், தண்ணீரும் மணலும் தனியாகப் பிரிந்து விடுகின்றன. எனவே, இதை ஒரு நிலையற்ற இரு பொருள் அமைப்பாகக் கருதலாம். இத்தகைய அமைப்பை 'இயந்திரிக விரவல்' (mechanical suspension) என்று கூறுகிறோம்.

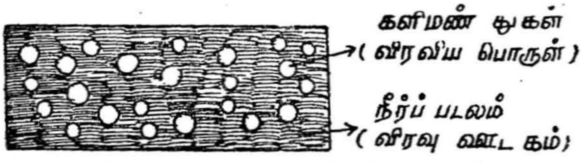
மூன்றாவது, பீக்கரில் சிறிது தண்ணீரை எடுத்துக்கொண்டு அதில் பொடிக் களிமண்ணைப் போட்டுக் கலக்குவோம். களிமண்ணும் தண்ணீரும் கலந்து கலங்கிய ஒரு நீர்மம் ஆகிறது. பல மணி நேரங்கள் ஆனபின்பும் களிமண் அடியில் படிவதில்லை. களிமண்ணின் தனித்தனி துகள்கள் கண்ணுக்குத் தெரிவதில்லை. சாதாரண வடிகட்டிகளைக்கொண்டு களிமண்ணையும் தண்ணீரையும் பிரிக்க முடியாது. எனவே, கரைசலைப்போல இதையும் ஒரு நிலையான இரு பொருள் அமைப்பாகக் கருதலாம். இத்தகைய அமைப்பே கொலாயிடு எனப்படுகிறது.

ஒரு கரைசலுக்கும், ஒரு கொலாயிடுக்கும் இடையே இரண்டு முக்கியமான வேற்றுமைகள் இருக்கின்றன. கொலாயிடுகளில் உள்ள துகள்கள் கண்ணிற்குப் புலனாகாதபோதிலுங்கூட, அவற்றை அல்ட்ரா—மைக்ரோஸ்கோப்புகளின் (ultra-microscope) உதவியால் காணமுடியும். அதுபோலவே அவற்றை நுண் வடிகட்டிகளால் (ultra filters) வடிகட்ட முடியும்.

மேலே குறிப்பிட்ட மூன்று பரிசோதனைகளையும் மீண்டும் பரிசீலனை செய்வோம். ஒரு கரைசலில் பொருள் மூலக்கூறுகள்

அல்லது அயனிகளாக உள்ளது. இவை ·001 மியூ*விற்குக் குறைவான விட்டமுடைய நுண்பொருள்கள். எனவே, இவற்றைப் பார்க்கவோ, வடிகட்டவோ முடியாது. கரைசலும் நிலையான அமைப்பாக உள்ளது. இயந்திரிக விரவலில் பொருள் பெரிய துகள்களாக உள்ளது. எனவே, அது கண்ணிற்குப் புலனாகிறது, படிகிறது, வடிகட்டப்படுகிறது. இந்த அமைப்பும் நிலையற்ற அமைப்பாக உள்ளது. கொலாயிடில் பொருள் இவ்விரு நிலைகளுக்கும் இடையில் உள்ளது. அதிலுள்ள துகள்களின் அளவு ·001 மியூ—·1 மியூ வரை உள்ளது. இவற்றை அல்ட்ரா-மைக்ரோஸ்கோப்பினால் பார்க்க முடியும். நுண்வடிகட்டிகளால் வடிகட்ட முடியும். எனவே, ஒரு பொருள் கொலாயிடாக இருப்பது அதன் அளவைப் பொறுத்திருக்கிறது. தத்துவார்த்த ரீதியில் எந்தப் பொருளையும், ·001—·1 மியூ அளவிற்கு நுண்ணியதாக ஆக்குவோமானால் அது கொலாயிடாகும். ஆகையால், கொலாயிடு என்பது பொருளின் ஒரு நிலையேயன்றிப் (state) பொருளின் ஒரு வகை (kind) யன்று.

கொலாயிடின் அமைப்பு: களிமண் கொலாயிடில் ஒரு துளியை எடுத்து அல்ட்ரா-மைக்ரோஸ்கோப்பில் வைத்துப் பார்த்தால், அதன் அமைப்பைத் தெரிந்துகொள்ளலாம். கொலாயிடில் உள்ள தண்ணீர் ஒரு படலமாகப் படர்ந்துள்ளது. இந்தப் படலத்தில் களிமண் துகள்கள் விரவியுள்ளன.



படம் - 3.1 கொலாயிடின் அமைப்பு

இதில் தண்ணீரை விரவு ஊடகம் (dispersion-medium) என்றும், களிமண்ணை விரவிய பொருள் (dispersed phase) என்றும் கூறுகிறோம் (படம் 3-1).

மேற்கண்ட கொலாயிடில் விரவிய பொருளாகிய களிமண்ணிற்கும், விரவு ஊடகமாகிய தண்ணீருக்குமிடையே நெருங்கிய

---

* 'மியூ' என்பது உயிரியலில் பயன்படும் ஒரு நீட்டல் அளவு 1 மியூ $= \frac{1}{1000}$ மில்லி-மீட்டருக்குச் சமம்.

தொடர்பு எதுவுமில்லை. மாவுப் பொருளைத் தண்ணீரில் கலந்தால் அதுவும் கொலாயிடாகிறது. மாவு விரவிய பொருளாகவும், தண்ணீர் விரவு ஊடகமாகவும் இருக்கிறது. மாவு தண்ணீரில் சிறிதளவு கரைந்துள்ளது. விரவு ஊடகம், களிமண் கொலாயிடில் இருப்பதுபோன்று தூய்மையான தண்ணீரன்று. அது நீர்த்த மாவுக் கரைசல். மேலும், மாவுத் துகள்களைச் சுற்றித் தண்ணீர் மெல்லிய பட்லமாகச் சூழ்ந்துள்ளது. இவ்விதம் மாவுக் கொலாயிடில் மாவிற்கும் தண்ணீருக்குமிடையே சற்று நெருங்கிய தொடர்பு உண்டு. இந்த அடிப்படையில் கொலாயிடுகளை இரண்டு வகைகளாகப் பிரிக்கலாம். களிமண்போன்ற கொலாயிடுகள் நீர் விரும்பாக் கொலாயிடுகள் (hydrophobic colloids) என்றும், மாவுபோன்ற கொலாயிடுகள் நீர் விரும்பு கொலாயிடுகள் (hydrophibic colloids) என்றும் கூறப்படுகின்றன.

எமல்ஷன் : ஒரு சோதனைக் குழலில் சிறிது தண்ணீர், தேங்காய் எண்ணெய், சிறிது சாராயம் (alcohol) இவற்றைக் கலந்து நன்றாகக் குலுக்கினால் வெண்மையான ஒரு நீர்மம் கிடைக்கிறது. இதில் ஒரு சிறிய துளியை மைக்ரோஸ்கோப்பில் வைத்துப் பார்த்தால், அதில் தண்ணீர் விரவு ஊடகமாகவும், எண்ணெய் விரவிய பொருளாகவும் இருப்பதைக் காணலாம். எனவே, இதுவும் ஒரு கொலாயிடுதான். ஆனால், இக் கொலாயிடில் விரவு ஊடகம், விரவிய பொருள் இரண்டுமே நீர்மங்களாக உள்ளன. இவ்விதம் இரண்டு நீர்மங்கள் சேர்ந்து உண்டாகும் கொலாயிடு எமல்ஷன் எனப்படுகிறது. இயற்கையில் எமல்ஷனுக்கு ஒரு சிறந்த உதாரணமாகப் பாலைக் கூறலாம்.

ஸால் (sol), ஜெல் (gel) : அகார் அகார் (agar agar) என்ற பொருளை எடுத்துக்கொண்டு அதைத் தண்ணீரில் போட்டுக் காய்ச்சினால் ஒரு கொலாயிடு உண்டாகிறது. இந்தக் கொலாயிடு ஒரு நீர்மமாக உள்ளது. இந்த நீர்மத்தைக் குளிரச் செய்தால், அது இறுகிப் பசை போலாகிறது. நீர்ம வடிவத்தில் இருக்கும்பொழுது கொலாயிடு 'ஸால்' எனப்படுகிறது. அதுவே பசையின் வடிவில் இருக்கும்பொழுது 'ஜெல்' எனப்படுகிறது. இந்த ஜெல்லுடன் தண்ணீரைக் கலந்து காய்ச்சினால், அது மீண்டும் ஸால் ஆகிறது. இவ்விதம் ஒரு நிலையிலிருந்து மற்றொரு நிலைக்கு மாறக்கூடிய கொலாயிடுகள் 'மீளுங் கொலாயிடுகள்' (reversible colloids) என்று அழைக்கப்படுகின்றன.

ஸால் ⟶ ஜெல்
⟵

முட்டையில் உள்ள வெண்கருவும் மஞ்சள் கருவுங்கூட ஸால்கள்தாம். முட்டையை வேகவைக்கும்போது இவை இறுகு கின்றன; அதாவது, ஜெல் ஆகின்றன. ஆனால், இந்த ஜெல்லை மீண்டும் ஸால் ஆக மாற்ற முடியாது. இத்தகைய கொலாயிடுகள், மீளாக் கொலாயிடுகள் (irreversible colloids) எனப்படுகின்றன.

கொலாயிடின் பண்புகள்: இனி கொலாயிடுகளின் சில முக்கிய மான பண்புகளைத் தெரிந்துகொள்வோம்.

மிகுதியான புறப்பரப்பு: கொலாயிடுகள் மிகுதியான புறப் பரப்புடையவை. ஒரு பொருளை கொலாயிடின் அளவிற்குப் பொடியாக்கும்போது அதன் மொத்த மேற்பரப்புப் பல மடங்கு அதிகமாகிறது. உதாரணமாக, ஒரு கன சென்டி மீட்டர் அளவுள்ள கன செவ்வகத்தை, கொலாயிடு துகளின் அளவுள்ள (·1 மியூ) சிறு கன செவ்வகங்களாகப் பகுத்தால் அதன் மொத்தப் பரப் பளவு 100,000 மடங்கு அதிகமாகிறது. கொலாயிடுகளின் இப் பண்பு உயிரினங்களுக்கு மிகவும் பயனுள்ளதாக இருக்கிறது. கொலாயிடு வடிவத்திலுள்ள புரோடோப்ளாசத்தில் நடைபெறும் அநேக சிக்கலான வேதி நிகழ்ச்சிகள் மேற்பரப்பு வினைகளாக (surface reactions) நடைபெறுகின்றன என்பதைப் பின்னர்க் காண்போம்.

உள்ளீர்த்தல் (Imbibition): ஜெல் வடிவிலுள்ள கொலாயிடை ஒரு நீர்மத்தில் வைத்தால், அது நீர்மத்தை உள்ளீர்த்துக்கொண்டு பெருக்குகிறது. இதுவே உள்ளீர்த்தல் எனப்படுகிறது. உதா ரணமாக, நாம் உபயோகிக்கும் கோந்து ஜெல் வடிவிலுள்ள ஒரு கொலாயிடு. அதைத் தண்ணீரில் வைத்தால் அது நீரை ஈர்த்துக் கொண்டு பெருகுவதைக் காணலாம். மழைக் காலங்களில் மரக் கதவுகள் விறைத்துக்கொள்வதற்கு அவை உள்ளீர்த்தல்மூலம் நீரை எடுத்துக்கொண்டு பெரிதாவதே காரணம். உள்ளீர்த்தலின்மூலம் ஜெல் நீரை எடுத்துக்கொள்ளும்போது உயர்ந்த அழுத்தம் ஏற்படு கிறது. இது உள்ளீர்ப்பு அழுத்தம் (imbibition pressure) எனப்படு கிறது. உள்ளீர்ப்பின்போது சிறிதளவு ஆற்றலும் வெப்ப வடிவில் வெளிப்படுகிறது. உள்ளீர்த்தலின்மூலம் ஏராளமான தண்ணீரை ஜெல் எடுத்துக்கொள்ள முடியும். தாவரங்கள் தண்ணீரை எடுத்துக்கொள்ள இது பெரிதும் பயன்படுகிறது. ஸெல் சுவரில் உள்ள பெக்டின், ஸெல்லுலோஸ் முதலிய பொருள்கள் தண்ணீரை இம் முறையில் எடுத்துக்கொள்கின்றன. புரோடோப்ளாசமற்ற இறந்த ஸெல்கள், இந்த முறைமூலம் தண்ணீரைப் பெறுகின்றன. விதைகளை மண்ணில் ஊன்றியதும் அவை உள்ளீர்த்தல்மூலம் தண்ணீரை எடுத்துக்கொண்டு பெருக்குகின்றன.

மின் ஏற்றம் (Electrical charge) : கொலாயிடு துகள்களுக்கு மின்னேற்றம் உண்டு. விரவிய பொருளின் துகள்கள் அனைத்தும் ஒரே மாதிரியான மின் ஏற்றத்தைப் பெற்றுள்ளன. விரவு ஊடகம் அதற்கு எதிரான மின் ஏற்றத்தைப் பெற்றுள்ளது. உதாரணமாக, களிமண் கொலாயிடில் களிமண் துகள்கள் எதிர் மின்னேற்றத்தையும் (negative), தண்ணீர் நேர் மின்னேற்றத்தையும் (positive) பெற்றுள்ளன. எனவே, கொலாயிடை ஒரு மின்வெளியில் வைக்கும் போது அதன் துகள்கள் அவற்றிற்குள்ள மின்னேற்றத்தின் தன்மைக்கு ஏற்ப, மின்வெளியின் குறிப்பிட்ட துருவத்தை நோக்கிச் செல்கின்றன. உதாரணமாக, களிமண் துகள்கள் எதிர் மின்னேற்றமுடையவையாதலால், அவை மின்வெளியின் நேர் துருவத்தில் சேர்கின்றன. இந் நிகழ்ச்சி மின் பிரிதல் (electro phorosis) எனப்படுகிறது.

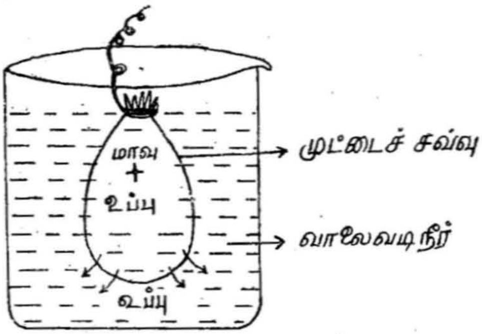
பரப்பு ஒட்டல் (Adsorption) : பொருள்களின் இடைப் பரப்பின்மேல் கரைபொருள் ஒருமுகப்பட்டுப் படிவதற்குப் பரப்பு ஒட்டல் என்று பெயர். கொலாயிடு துகள்கள் அநேக பொருள்களை மேற்பரப்பிலே இந்த முறையில் ஈர்த்துவைத்துகொள்கின்றன.

பிரவுன் இயக்கம் (Brownion movement) : ஒரு கொலாயிடை மைக்ரோஸ்கோப்பில் வைத்துப் பார்த்தால், அதிலுள்ள துகள்கள் இடைவிடாது கோணலுமாணலுமாக அசைந்துகொண்டிருப்பதைக் காணலாம். இது பிரவுன் இயக்கம் எனப்படுகிறது. (இந்த இயக்கத்தை முதன் முதலாக பிரவுன் என்பவர் கண்டு பிடித்தார்.)

டயாலிஸிஸ்: கொலாயிடு துகள்கள் பார்ச்மென்ட் (parchment) சவ்வின்மூலம் செல்ல முடியாதவை. இதை ஒரு சோதனைமூலம் காணலாம். முட்டைச் சவ்வு ஒன்றை எடுத்துக்கொள்வோம்.* மாவுக் கொலாயிடையும் உப்புக் கரைசலையும் கலந்து இச் சவ்விற்குள் ஊற்றுவோம். சவ்வின் வாயை நன்றாகக் கட்டிவிட்டு அதை ஒரு பீக்கரிலுள்ள வடிநீரில் மூழ்கவைப்போம். சில மணி நேரம் கழித்து பீக்கரில் உள்ள நீரைப் பரிசோதனை செய்தால் அதில் உப்புக் கரைந்திருப்பதைக் காணலாம். ஆனால், மாவுப் பொருள் இருக்காது. அதாவது, முட்டைச் சவ்விலிருந்து உப்பு வெளியேறி இருக்கிறது (படம் 3-2). ஆனால், மாவுப் பொருள் வெளிவரவில்லை. இதிலிருந்து கொலாயிடுகள் சவ்வின்மூலம்

*முட்டை ஓட்டை ஹைட்ரோ குளோரிக் அமிலத்தில் போட்டால், அதன் மேலுள்ள கெட்டியான ஓடு கரைந்துவிடுகிறது. பின்னர் வெண்மையான சவ்வு எஞ்சிநிற்கிறது. இதுவே முட்டைச் சவ்வு எனப் படுகிறது.

வெளியேற முடியாது என்பது தெரிகிறது. சவ்விலிருந்து வெளியேறக்கூடிய உப்பு 'கிரிஸ்டல்லாயிடு' (chrystalloid) எனப்படுகிறது. இவ்விதம் ஒரு கொலாயிடையும் கிரிஸ்டல்லாயிடையும் சவ்வின்மூலம் பிரிக்கும் முறை 'டயாலிஸிஸ்' எனப்படுகிறது.



படம் - 3.2 டயாலிஸிஸ்

புரோடோப்ளாசத்தின் கொலாயிடு அமைப்பு: புரோடோப்ளாசம், எமல்ஷன் வடிவிலுள்ள ஒரு நீர்விரும்பு கொலாயிடு என்று கருதுகிறுர்கள். சில உப்புகள் கரைந்த ஒரு நீர்த்த கரைசல் விரவு ஊடகமாக உள்ளது. கொழுப்புப் பொருள்கள், புரதங்கள் ஆகியவை விரவிய பொருளாக உள்ளன. பொதுவாக அது ஸால் நிலேயிலுள்ளது. ஆனல், சில சமயங்களில் ஜெல்லாகவும் மாறலாம். இந்த மாற்றம் வெகு விரைவாக நடைபெறுகிறது. புரோடோப்ளாசம் நீர்ம நிலேயிலிருந்தபோதிலும் அதற்கு ஓரளவு நெகிழ்வு உண்டு. எனவே, ஸைடோப்ளாசத்தை நீண்ட இழைகளாக இழுக்கலாம். புரோடோப்ளாசம் இரு பொருள்களேமட்டும் கொண்ட ஒரு சாதாரண கொலாயிடு அன்று. அதில் கொலாயிடு நிலேயிலுள்ள பல பொருள்கள் உள்ளன. அவையனேத்தும் சேர்ந்து ஒரு கொலாயிடு ஆகின்றன. எனவே, புரோடோப்ளாசத்தை 'கொலாயிடுகளின் கொலாயிடு' என்று கூறுகிறேம்.

நாம் முன்னரே கூறியதுபோல புரோடோப்ளாசத்தின் உயிர்த் தன்மைக்கு இந்த கொலாயிடு அமைப்பே காரணம். இந்த அமைப்பை இழக்கும்போது, புரோடோப்ளாசத்தின் உயிர்த் தன்மையும் இழக்கப்படுகிறது. புரோடோப்ளாசத்தை ஒரு கொலாயிடு என்று கூறும்போது அதை நெகிழ்வற்ற இரசாயன-பௌதீகப் பொருளாகக் காணக்கூடாது. அது எப்போதும் இயக்

கத்தில் இருக்கிறது. அது ஸாலாகவும், ஜெல்லாகவும் மாறிக் கொண்டிருக்கிறது. அதன் விரவு ஊடகம் விரவிய பொருளாகவும், விரவிய பொருள் விரவு ஊடகமாகவும் மாறுகிறது. ஒரே சமயத்தில் அதில் ஆக்க நிகழ்ச்சிகளும் சிதைவு நிகழ்ச்சிகளும் இடைவிடாது நடந்துகொண்டிருக்கின்றன. அதில் ஆக்சீகரணமும் குறைத்தலும் நடைபெற்றுக்கொண்டிருக்கின்றன. இவ்விதம் முரண்பாடான பல வினைகள் ஒரே சமயத்தில் நடைபெறுகின்றன என்பதைக்கொண்டு பார்க்கும்போது, ஸெல் புரோடோப்ளாசத்தில் கண்ணிற்குப் புலனாகாத ஓர் உள்ளமைப்பு இருக்கவேண்டுமெனத் தோன்றுகிறது. புலனாகாத தடுப்புச் சவ்வுகளால் புரோடோப்ளாசம் பல சிறு பகுதிகளாகப் பிரிக்கப்பட்டிருக்க வேண்டுமெனத் தோன்றுகிறது. தடுப்புச் சவ்வுகளும் நிலையானவை அல்ல. அவை தோன்றி மறையக்கூடியவை. நம் வீட்டிலுள்ள பெரும் கூடத்தைத் தட்டிகளால் மறைத்துச் சிறு அறைகளாகத்தடுத்துக் கொள்ளலாம். தேவையானபோது அவற்றை எடுத்து விட்டுப் பெரிய கூடமாக மாற்றிக்கொள்ளலாம். அது போன்று ஸெல்களிலும் நடைபெறுகிறது என்று கருதலாம். இவ்விதமாக புரோடோப்ளாசம் எப்போதும் இயங்கிக்கொண்டும் மாறிக்கொண்டுமிருக்கிறது. புதிதாகத் தோன்றிக்கொண்டும் சிதைந்துகொண்டுமிருக்கிறது. எனவே அதை, இயக்கமற்ற பொருளாக அன்றி, இயக்கச் சமநிலையிலுள்ள பௌதீக-இரசாயன அமைப்பாகக் கருதவேண்டும்.

4. ஆஸ்மாஸிஸ்

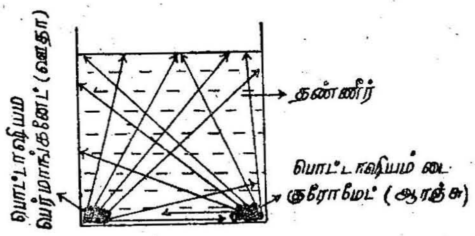
(Osmosis)

செடிகள் நன்கு வளர்வதற்குத் தண்ணீர் வேண்டுமென்பது அனைவருக்கும் தெரியும். வெகு நாட்கள் தொடர்ந்து தண்ணீர் இல்லாதுபோனால் செடி வாடி வதங்கி இறந்துவிடுகிறது. தண்ணீர், செடிகளுக்குப் பலவகைகளிலும் பயன்படுகிறது. செடிகளின் மொத்த எடையில் பெரும் பகுதி தண்ணீராலானது. புரோடோப்ளாசத்தில் 75—90 சதவிகிதம் தண்ணீர் இருக்கிறது. தண்ணீர் ஒளிச்சேர்க்கையில் பயன்படுகிறது. செடிகளின் உள்ளே செல்லும் முக்கியமான பொருள்கள் கரைசல்களாகவே உட்செல்லுகின்றன. செடிகளுக்குள்ளே ஓரிடத்திலிருந்து மற்றோர் இடத்திற்குச் செல்லும் பொருள்கள், கரைசல் வடிவத்திலேயே செல்கின்றன. இவ்வளவு முக்கியமான தண்ணீரைச் செடிகள் நிலத்திலிருந்து எடுத்துக்கொள்கின்றன. தண்ணீர் எப்படிச் செடிக்குள் செல்கிறது என்பதைத் தெரிந்துகொள்ள, ஆஸ்மாஸிஸ் எனும் நிகழ்ச்சியைப்பற்றித் தெரிந்துகொள்வோம்.

பரவுதல்: காற்றோட்டமில்லாத ஓர் அறையின் ஒரு மூலையில் ஒரு சென்ட் பாட்டிலைத் திறப்பதாக வைத்துக்கொள்வோம் சிறிது நேரத்தில் அறையின் மற்றொரு மூலையில் இருப்பவர் அதன் மணத்தை உணர்கிறார். இது எப்படி நடைபெறுகிறது? சென்ட் பாட்டிலைத் திறக்கும்போது எளிதில் ஆவியாகக்கூடிய சென்ட் ஆவியாகிறது. இந்த ஆவியின் மூலக்கூறுகள், தங்கள் இயக்க ஆற்றலின் (kinetic energy) விளைவாக அறையின் மற்றப் பகுதிகளை நோக்கி நகர்கின்றன. அப்போது மற்றொரு மூலையில் இருப்பவர் மணத்தை நுகர்கிறார். பாட்டில் இருக்கும் மூலையில் மூலக்கூறுகளின் செறிவு அதிகமாக இருக்கிறது. மற்ற இடங்களில் அவற்றின் செறிவு குறைவாக இருக்கிறது. செறிவு மிகுந்த இடத்திலிருந்து செறிவு குறைவான இடத்தை நோக்கி மூலக்கூறுகள் நகர்கின்றன.

அறை முழுவதும் மூலக்கூறுகளின் செறிவு ஒரே சீராக இருக்கும் வரை மூலக்கூறுகள் இயங்குகின்றன. இவ்விதம் ஒரு வாயுவின் மூலக்கூறுகள் செறிவு மிகுந்த இடத்திலிருந்து தங்கள் இயக்க ஆற்றலின் உதவியால் நகர்வதற்குப் பரவுதல் (diffusion) என்று பெயர்.

வாயுக்களைப்போலவே நீர்மங்களும் பரவுகின்றன. உதாரணமாக, ஒரு சோதனைக் குழலில் சர்க்கரைப் பாகை எடுத்துக்கொண்டு அதன்மேல் தண்ணீரை ஊற்றுவோம். முதலில் தண்ணீர் பாகின் மேல் தனி அடுக்காக நிற்கிறது. பின்னர்க் குழலின் மேற்பாகத்தில் உள்ள தண்ணீர் சர்க்கரைப் பாகிற்குள் பரவுகிறது. குழலின் கீழ்ப்பகுதியிலிருந்து சர்க்கரை தண்ணீருக்குள் பரவுகிறது. சோதனைக் குழலில் தண்ணீரும் சர்க்கரையும் ஒரே சீராக விரவி இருக்கும்வரை அவையிரண்டும் பரவுகின்றன. வாயுக்களையும் நீர்மங்களையும்போலவே கரைசலில் கரைந்துள்ள கரைபொருள்களும் பரவுகின்றன. ஒரு வாயகன்ற கண்ணாடிப் பாத்திரத்தில் தண்ணீரை எடுத்துக்கொள்வோம் (படம் 4-1). அதில் சிறிது பொட்டாசியம் பெர்மாங்கனேட் (potassium permanganate) படிகங்களைப் போடுவோம். பெர்மாங்கனேட் தண்ணீரில் கரைந்து தண்ணீரின் மற்றப் பகுதிகளை நோக்கிப் பரவுவதைக் காணலாம். அது முழுவதும் கரைந்து, தண்ணீர் ஒரே சீரான ஊதா வண்ணத்தை அடையும்வரையில் இந்தப் பரவுதல் நடைபெறும்.



படம்-4·1 ஓர் ஊடகத்தில் பொருள்கள் எதிர் எதிராகப் பரவுதல்

தண்ணீரில் பெர்மாங்கனேட் பரவிக்கொண்டிருக்கும்போதே அதன் எதிர்ப் புறத்தில் சிறிது பொடாஷியம்-டை-குரோமேட் (potassium-di-chromate) எனும் பொருளைப் போடுவோம். அதுவும் கரைந்து தண்ணீரில் பரவ ஆரம்பிப்பதைக் காணலாம். (இந்தக் கரைசல் ஆரஞ்சு வண்ணத்தில் இருக்கும் (படம் 4-1).

மேற்கண்ட சோதனையிலிருந்து ஓர் உண்மை விளங்குகிறது. பாத்திரத்திலுள்ள தண்ணீரில் பொடாஷியம் பெர்மாங்கனேட்

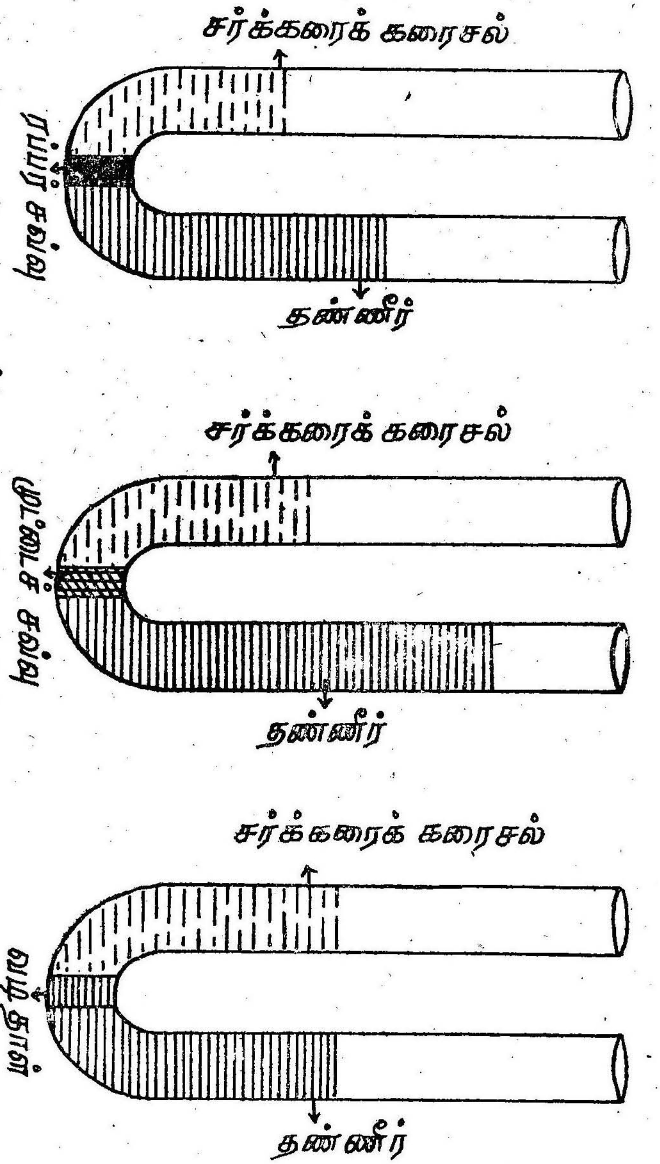
ஒரு திசையில் பரவும்போது, அதே தண்ணீரில்பொடாஷியம்-டை-குரோமேட் அதற்கு எதிர்த் திசையில் பரவுகிறது. இதிலிருந்து ஒரு பொருள் பரவுதல் அடைவது, அதன் சொந்தச் செறிவைப் பொறுத்தது என்றும், ஊடகத்தில் (medium) பரவிக்கொண்டிருக்கும் வேறு பொருள்களால் அது பாதிக்கப்படுவதில்லை என்றும் தெரிகிறது. எனவே, ஓர் ஊடகத்தில் ஒரே சமயத்தில் பல பொருள்கள் தங்கள் செறிவிற்கேற்பப் பல திசைகளிலும் பரவ முடியும்.

சவ்வுகள் : இரு நீர்மங்கள் ஒன்றோடொன்று தொடர்பு கொண்டிருக்கும்போது அவை ஒன்றுக்குள் ஒன்று பரவுகின்றன என்று பார்த்தோம். இனி, இரண்டு நீர்மங்கள் பலவகை சவ்வுகளினாலும் பிரிக்கப்படும்போது பரவுதல் எப்படி நடைபெறுகிறது என்பதைக் காண்போம்.

U வடிவமான ஒரு கண்ணாடிக் குழலை எடுத்துக்கொள்வோம். அதன் இடது புஜத்தில் தண்ணீரையும், வலது புஜத்தில் சர்க்கரைக் கரைசலையும் எடுத்துக்கொள்வோம். சர்க்கரைக் கரைசலில், கரை பொருளான சர்க்கரையும், கரைப்பானான தண்ணீரும் உள்ளன. இடது புஜத்தில் தண்ணீரின் செறிவு அதிகமாக இருப்பதால் அது கரைசலுக்குள் பரவுகிறது. வலது புஜத்தில் சர்க்கரையின் செறிவு அதிகமாக இருப்பதால் அது தண்ணீருக்குள் பரவுகிறது. கலவை ஒரே சீராக ஆகும்வரை இந்தப் பரவுதல் நடைபெறுகிறது. இனி, கரைசலுக்கும் தண்ணீருக்குமிடையே ஒரு ரப்பர் சவ்வைச் செருகுவோம் (படம் 4-2).

அப்போது பரவுதல் தடைப்படுகிறது. ரப்பர் சவ்வு தண்ணீரையும் சர்க்கரையையும் பரவவிடாமல் தடுக்கிறது. அவற்றைத் தன்னூடு செல்ல அனுமதிப்பதில்லை. இத்தகைய சவ்வு செலுத்தாச் சவ்வு (impermeable membrane) எனப்படுகிறது.

ரப்பருக்குப் பதிலாக வடிதாளை வைப்போம். வடிதாளில் நுண்ணிய பல துளைகள் உள்ளன. இவற்றின் வழியாகத் தண்ணீர், கரைபொருள் இரண்டுமே செல்ல முடியும். எனவே, அவை ஒன்றுக்குள் ஒன்று பரவி ஒரே சீராகின்றன. U குழலில் உள்ள நீர்மங்கள் ஒரே மட்டத்தை அடைகின்றன. இவ்விதம் கரைப்பானான தண்ணீர், கரைபொருளான சர்க்கரை இரண்டையும் தன்னூடு செல்ல அனுமதிக்கும் சவ்வு செலுத்துச் சவ்வு (permeable membrane) எனப்படும்.

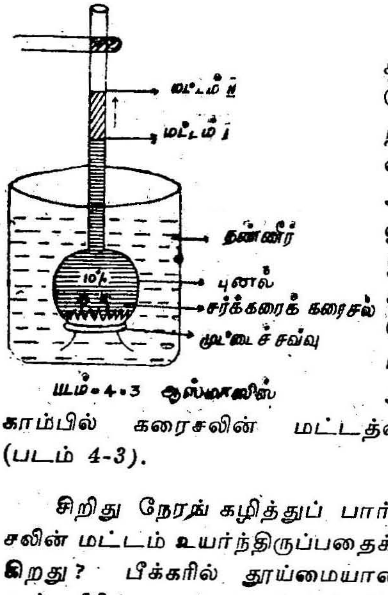


படம் - 4.2 சவ்வுகளும், பரவுதலும்.

இனி, வடிதாளுக்குப் பதிலாக முட்டைச் சவ்வைச் செருகுவோம். அப்போது வலது புஜத்தில் கரைசலின் மட்டம் உயர்கிறது. அதற்கேற்ப இடது புஜத்தில் தண்ணீரின் மட்டம் தாழ்

கிறது. அதாவது, முட்டைச் சவ்வு கரைப்பானான தண்ணீரைத் தன்னூடு செல்ல அனுமதிக்கிறது. ஆனால், கரைபொருளான சர்க்கரையைத் தன்னூடு செல்ல அனுமதிப்பதில்லை. இது போன்று கரைப்பானைமட்டும் தன்னூடு செல்ல அனுமதித்துக் கரைபொருளை அனுமதியாத சவ்வு, அரைச் செலுத்திச் சவ்வு (semi-permeable membrane) எனப்படும்.

தாவரங்களில் இம் மூன்றுவகையான சவ்வுகளும் இருக்கின்றன. உயிருள்ள செல்களின் செல்லுலோஸ் செல் சுவர், வடிதாள் போன்ற செலுத்துச் சவ்வாகவும், பிளாஸ்மாச் சவ்வுகள் அரைச் செலுத்திச் சவ்வுகளாகவும், கியூடின் (cutin), ஸுபெரின் (suberin) போன்ற பொருள்களைக்கொண்ட செல் சுவர்கள் செலுத்தாச் சவ்வுகளாகவும் உள்ளன.



படம் 4-3 ஆஸ்மாஸிஸ்

இனி அரைச் செலுத்திச் சவ்வைக்கொண்டு வேறொரு சோதனையைச் செய்வோம். நீண்ட காம்புள்ள ஒரு புனலை எடுத்துக்கொள்வோம். அதன் அகன்ற வாயை முட்டைச் சவ்வு ஒன்றால் மூடிக் கட்டுவோம். இதற்குள் 10% அடர்த்தியுள்ள சர்க்கரைக் கரைசலை எடுத்துக் கொள்வோம். புனலை ஒரு பீக்கரில் உள்ள தண்ணீரில் அமிழ்த்திவைப்போம். புனலின் காம்பில் கரைசலின் மட்டத்தைக் குறித்துக் கொள்வோம் (படம் 4-3).

சிறிது நேரங் கழித்துப் பார்த்தால் புனலின் காம்பில் கரைசலின் மட்டம் உயர்ந்திருப்பதைக் காணலாம். இது எப்படி நிகழ்கிறது? பீக்கரில் தூய்மையான தண்ணீர் உள்ளது. அதில் தண்ணீரின் மூலக்கூறுகள் மட்டுமே உள்ளன. புனலில் சர்க்கரைக் கரைசல் இருக்கிறது. சர்க்கரைக் கரைசலில் கரைபொருளான சர்க்கரையின் மூலக்கூறுகளும், தண்ணீரின் மூலக்கூறுகளும் கலந்துள்ளன. எனவே, தூய்மையான தண்ணீரில் சுயேச்சையான, பரவக்கூடிய மூலக்கூறுகள் கரைசலில் இருப்பதைக் காட்டிலும் அதிகமாக இருக்கின்றன. அதாவது, சுயேச்சையான தண்ணீர் மூலக்கூறுகளின் செறிவு, புனலில் இருப்பதைக் காட்டிலும் பீக்கரில் அதிகமாக இருக்கிறது. எனவே, மூலக்கூறுகள் செறிவு

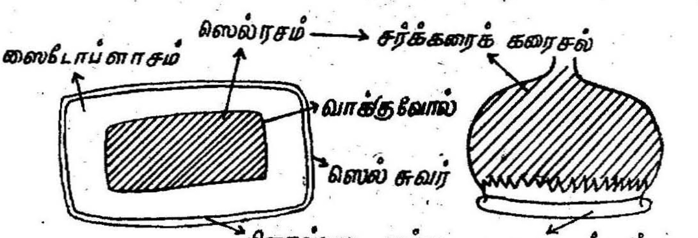
அதிகமான இடத்திலிருந்து (பீக்கரிலிருந்து) குறைவான இடத்திற்குப் (புனலிற்குள்) பரவுகின்றன. புனலில் தண்ணீரின் மட்டம் உயர்கிறது. முட்டைச் சவ்வு அரைச் செலுத்திச் சவ்வாதலால் அது தண்ணீர் பரவுவதைத் தடுப்பதில்லை. புனலுக்குள் சர்க்கரையின் (கரைபொருளின்) செறிவு அதிகமாக உள்ளது. எனவே, பிரவுதல் விதிப்படி அது பீக்கருக்குள் பரவ வேண்டும். ஆனால், அரைச் செலுத்திச் சவ்வான முட்டைச் சவ்வு, சர்க்கரை (கரை பொருள்) பரவுவதைத் தடைசெய்கிறது. எனவே, சர்க்கரை பீக்கருக்குள் பரவுவதில்லை. இவ்விதமாகத் தண்ணீர் அல்லது ஒரு கரைப்பான் செறிவு மிகுந்த இடத்திலிருந்து செறிவு குறைந்த இடத்திற்கு ஓர் அரைச் செலுத்திச் சவ்வின்மூலம் பரவும் நிகழ்ச்சி ஆஸ்மாஸிஸ் எனப்படுகிறது. தண்ணீர் புனலினுள் செல்லச் செல்ல புனலில் உள்ள தண்ணீர் மூலக்கூறுகளின் எண்ணிக்கை அதிகமாகிக்கொண்டே போகும். புனலிலும் பீக்கரிலும் உள்ள மூலக்கூறுகளின் எண்ணிக்கை சமமாகும்போது, தண்ணீர் உட்செல்வது நின்றுவிடும். அப்போது ஆஸ்மாடிக் அமைப்பு சமநிலை அடைந்துவிட்டது என்று கூறுகிறோம்.

ஆஸ்மாடிக் அழுத்தம்: ஆஸ்மாஸிஸின்மூலம் புனலுக்குள் தண்ணீர் செல்லும்போது புனலில் ஓர் அழுத்தம் தோன்றுகிறது. இந்த அழுத்தத்தின் விளைவாக முட்டைச் சவ்வு விரிவடைவதைக் காணலாம். புனலின் காம்பை இறுக்கமாக மூடிவிட்டால் அழுத்தம் ஒரு குறிப்பிட்ட நிலையை அடையும்போது சவ்வு வெடித்துவிடும். இவ்விதம் ஆஸ்மாஸிஸின்மூலம் ஓர் ஆஸ்மாடிக் அமைப்பில் தோன்றும் அழுத்தம் ஆஸ்மாடிக் அழுத்தம் எனப்படுகிறது. எல்லா கரைசல்களுக்கும் ஆஸ்மாடிக் அழுத்தம் உண்டு. ஆனால், இந்த அழுத்தம் சாதாரண நிலைகளில் வெளிப்படுவதில்லை. கரைசலை நெகிழ்வற்ற ஒரு கலனில் வைத்து அதை ஓர் ஆஸ்மாடிக் அமைப்பில் வைக்கும்போதுதான் ஆஸ்மாடிக் அழுத்தம் வெளிப்பாடடைகிறது. எனவே, மிகத் தகுந்த நிலைகளின்கீழ் ஒரு கரைசலை அதன் கரைப்பானிடமிருந்து ஓர் அரைச் செலுத்திச் சவ்வினால் பிரித்து வைக்கும்போது கரைசலில் தோன்றும் அதிகபட்ச அழுத்தமே ஆஸ்மாடிக் அழுத்தம் என்று வரையறை செய்து கொள்ளலாம்.

மீண்டும் நமது புனல் சோதனையை எடுத்துக்கொள்வோம். புனலில் 10% கரைசலுக்குப் பதிலாக அதைவிட அடர்த்தியான 20% கரைசலை எடுத்துக்கொள்வோம். 20% கரைசலில் கரை பொருளின் அளவு அதிகமாக இருக்கிறது. எனவே, அதில் பரவக் கூடிய சுயேச்சையான தண்ணீர் மூலக்கூறுகளின் எண்ணிக்கை

10% கரைசலில் இருப்பதைக்காட்டிலும் குறைவாக இருக்கிறது. ஆகையால், இதை ஆஸ்மாடிக் அமைப்பில் வைக்கும்போது, அமைப்பு சமநிலை அடைவதற்கு முன்னைவிட அதிகமான தண்ணீர் உட்செல்லவேண்டும். ஆகவே, அழுத்தமும் அதிகமாகும். இவ்விதம் ஒரு கரைசலின் அடர்த்தி அதிகமாக அதிகமாக அதன் ஆஸ்மாடிக் அழுத்தமும் அதிகமாகிறது. அடர்த்தி குறையக் குறைய ஆஸ்மாடிக் அழுத்தமும் குறைகிறது. நமது புனல் சோதனையில் பீக்கரில் தண்ணீருக்குப் பதிலாக நீர்த்த கரைசலை (உதாரணமாக, 2% கரைசலை) எடுத்துக்கொண்டாலும், புனலில் தண்ணீரின் மட்டம் உயரும். பரவக்கூடிய சுயேச்சையான மூலக்கூறுகள் அதிகமாகவுள்ள நீர்த்த கரைசலிலிருந்து, அடர்த்தியான கரைசல் உள்ள புனலிற்குள் தண்ணீர் செல்லும். இதிலிருந்து வெவ்வேறு அடர்த்தியுள்ள இரண்டு கரைசல்கள் அரைச் செலுத்திச் சவ்வினுல் பிரிக்கப்படும்போதும் தண்ணீர் நீர்த்த கரைசலிலிருந்து அடர்த்தியான கரைசலுக்குள் பரவும் என்பது தெரிகிறது. ஆஸ்மாஸிஸ் பற்றிய இக் கருத்துகளை மனதில் வைத்துக்கொண்டு தாவரங்கட்கு இது எப்படிப் பயன்படுகிறது என்பதைக் காண்போம்.

ஸெல்லின் ஆஸ்மாடிக் அமைப்பு: தாவர ஸெல்லின் அமைப்பை நினைவுபடுத்திக்கொண்டால், அதற்கும் சோதனையின் புனலுக்குமுள்ள ஒற்றுமை புலனுகும். ஸெல்லைச் சுற்றிலும் ஸெல் சுவர் உள்ளது. ஸெல் சுவரை ஒட்டி ஸைடோப்ளாசம் படர்ந்துள்ளது.

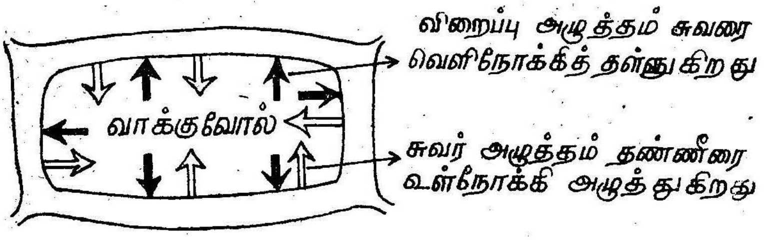


படம்-4.4 ஸெல்லின் ஆஸ்மாடிக் அமைப்பு

இந்த ஸைடோப்ளாசம் அரைச் செலுத்திச் சவ்வாகப் பயன்படுகிறது. (அரைச் செலுத்திச் சவ்வாக இருப்பது ஸைடோப்ளாசத்தின் வெளிப்பகுதியாகிய பிளாஸ்மோலெம்மா மட்டுமா அல்லது ஸைடோப்ளாசம் முழுவதுமேயா என்பது சர்ச்சைக்குரியது.) இதை முட்டைச் சவ்விற்கு ஒப்பிடலாம். ஸெல்லின் வாக்குவோலிலுள்ள ஸெல் ரசம் பல பொருள்களைக் கொண்ட

கரைசல் என்று பார்த்தோம். இதை சர்க்கரைக் கரைசலுக்கு ஒப்பிடலாம். படம் 4-4 இந்த ஒற்றுமைகளை விளக்குகிறது.

மேலே கண்ட அமைப்புடைய தாவர ஸெல்லைத் தண்ணீரில் வைத்தால், ஆஸ்மாஸிஸ்மூலம் தண்ணீர் ஸெல்லினுள் செல்லும். அப்போது என்ன நிகழ்கிறது என்பதைப் பார்ப்போம். ஸெல்லினுள் செல்லும் தண்ணீர் ஸெல் சுவரை வெளிநோக்கி அழுத்துகிறது. ஸெல் சுவர் நெகிழ்வுடையதாதலால் அது விரிந்து ஸெல் அளவில் பெரியதாகிறது. ஸெல்லினுள் புகும் தண்ணீர் சுவர் மேல் செலுத்தும் அழுத்தம் விறைப்பு அழுத்தம் (turgor pressure) எனப் படுகிறது (படம் 4-5). முழுவதாக விரிவடைந்த ஸெல் விறைப்பு நிலையில் (turgid) இருப்பதாகக் கூறப்படுகிறது.



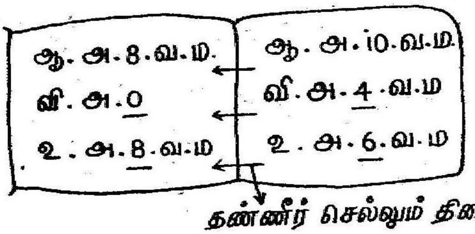
படம் - 4·5 விறைப்பு அழுத்தமும், சுவர் அழுத்தமும்

ஸெல் சுவர் நெகிழ்வுடையது என்று பார்த்தோம். எனவே, விறைப்பு அழுத்தத்தால் வெளிநோக்கித் தள்ளப்படும் சுவர் மீண்டும் தன் நிலையை அடைய முயல்கிறது. அப்போது அது ஸெல்லின் உள்ளே இருக்கும் தண்ணீரை அழுத்துகிறது. இந்த அழுத்தம் சுவர் அழுத்தம் (wall pressure) எனப்படுகிறது. விறைப்பு அழுத்தமும், சுவர் அழுத்தமும் எதிர்த் திசையில் செயல் படுகின்றன. விறைப்பு அழுத்தம் என்ன விசையுடன் ஸெல் சுவரை வெளிநோக்கித் தள்ளுகிறதோ, அதே விசையுடன் சுவர் அழுத்தம் உள்நோக்கி அழுத்துகிறது. எனவே, விறைப்பு அழுத்தம் சுவர் அழுத்தத்திற்குச் சமம். ஸெல் ரசத்தின் ஆஸ்மாடிக் அழுத்தம் தண்ணீரை ஸெல்லிற்குள் இழுக்கிறது. அதே சமயம் விறைப்பு அழுத்தம், சுவர் அழுத்தத்தை உண்டாக்கி உள்ளே வரும் தண்ணீரை அழுத்தி அதை வெளித்தள்ள முயல்கிறது. எனவே, ஸெல்லிற்குள் தண்ணீர் செல்லும் விசை, மாறுபட்ட இந்த இரண்டு சக்திகளின் (உள் இழுக்க முயலும் ஆஸ்மாடிக் அழுத்தம், வெளித் தள்ள முயலும் விறைப்பு அழுத்தம்) வேறுபாட் டிற்குச் சமமாயிருக்கும். தண்ணீர் எந்த விசையுடன் ஸெல்லிற்குள்

செல்கிறதோ அந்த விசை உறிஞ்சு அழுத்தம் (suction pressure) எனப்படும். கீழ்க்கண்ட சமன்பாடு உறிஞ்சு அழுத்தத்தைக் கணக்கிட உதவும்:

உறிஞ்சு அழுத்தம் = ஆஸ்மாடிக் அழுத்தம் — விறைப்பு அழுத்தம்
உ.அ. = ஆ.அ — வி.அ.

இதிலிருந்து ஒரு ஸெல்லிற்குள் தண்ணீர் செல்லுவது ஸெல் ரசத்தின் ஆஸ்மாடிக் அழுத்தத்தை மட்டுமன்றி ஸெல்லின் விறைப்பு அழுத்தத்தையும் பொறுத்திருக்கிறது என்பது தெளிவாகிறது. இது தாவரங்கட்கு மிகவும் பயன்படுகிறது. உறிஞ்சு அழுத்தத்தின் பயனாகக் குறைந்த ஆஸ்மாடிக் அழுத்தமுடையஸெல் அதை விட அதிகமான ஆஸ்மாடிக் அழுத்தமுள்ள ஸெல்லிலிருந்து தண்ணீர் பெற முடியும். இது எப்படி நிகழ்கிறது என்பதைக் கீழ்க் கண்ட படமும் விளக்கமும் காட்டுகின்றன (படம் 4-6).



படம் - 4.6

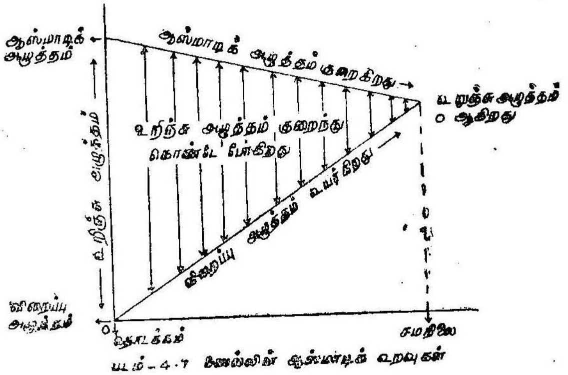
முதல் ஸெல்லின் ஆஸ்மாடிக் அழுத்தம் 10 வளி மண்டல அழுத்தத்திற்குச் சமமாக உள்ளது. அதற்குள் தண்ணீர் செல்லும் போது அதில் 4 வ.ம.அ. விறைப்பு அழுத்தம் ஏற்படுகிறது. எனவே, அதன் உறிஞ்சு அழுத்தம் 6 வ.ம.அ. ஆகக் (10—4) குறைகிறது. இரண்டாவது ஸெல்லின் ஆஸ்மாடிக் அழுத்தம் முதல் ஸெல்லினுடையதைவிடக் குறைவாகவே இருக்கிறது. ஆனால், அதில் இன்னும் தண்ணீர் செல்லவில்லை. ஆதலால், அதன் விறைப்பு அழுத்தம் 0 ஆக இருக்கிறது. எனவே, அதன் ஆஸ்மாடிக் அழுத்தம் முழுவதும் உறிஞ்சு அழுத்தமாகப் பயன்படுகிறது. அதாவது அதன் உறிஞ்சு அழுத்தம் 8 வ.ம. அ. ஆக் இருக்கிறது. எனவே, தண்ணீர் முதல் ஸெல்லிலிருந்து இரண்டாவது ஸெல்லிற்குள் செல்கிறது.

இனி, ஸெல்லிற்குள் தண்ணீர் செல்லும்போது இந்த அழுத்தங்கள் எப்படி பாதிக்கப்படுகின்றன என்பதைக் காண்போம்.

தண்ணீர் புகாத ஒரு செல்லில் செல் கரைசலிற்கு ஆஸ்மாடிக் அழுத்தம் உண்டு. ஆனால், தண்ணீர் புகாத காரணத்தால் அதில் விறைப்பு அழுத்தம் ஏற்படவில்லை. எனவே, அதன் ஆஸ்மாடிக் அழுத்தம் முழுவதுமே உறிஞ்சு அழுத்தமாகப் பயன்படுகிறது. உதாரணமாக, செல்லின் ஆஸ்மாடிக் அழுத்தம் 10 வ.ம.அ. என்று வைத்துக்கொள்வோம். தொடக்கத்தில் விறைப்பு அழுத்தம் 0 ஆக இருக்கிறது. எனவே,

உறிஞ்சு அழுத்தம் = ஆ. அ. — வி.அ. = 10 — 0 = 10 வ.ம.அ.

∴ உ.அ. = ஆ.அ.



படம்-4.7 செல்லின் ஆஸ்மாடிக் உறவுகள்

தண்ணீர் உள்ளே செல்லச்செல்ல விறைப்பு அழுத்தம் அதிகமாகிக்கொண்டே போகிறது. அப்போது உறிஞ்சு அழுத்தம் குறைகிறது. உதாரணமாக, சிறிது நேரத்திற்குப் பின் 5 வ.ம. அ. விறைப்பு அழுத்தம் ஏற்படுவதாக வைத்துக்கொள்வோம்.

அப்போது,

உறிஞ்சு அழுத்தம் = ஆ. அ. — வி.அ. = 20 — 5 = 15 வ.ம.அ.

இவ்விதமாக உறிஞ்சு அழுத்தம் 20-லிருந்து 15 வ.ம.அ. ஆகக் குறைகிறது. இவ்விதம் விறைப்பு அழுத்தம் தொடர்ந்து அதிகமாகிக்கொண்டே போய் ஒரு நிலையில் ஆஸ்மாடிக் அழுத்தத்திற்குச் சமமாகிவிடுகிறது. அப்போது உறிஞ்சு அழுத்தம் 0 ஆகிவிடுகிறது. தண்ணீர் செல்லிற்குள் மேலும் செல்வதில்லை. செல் சமநிலையை அடைந்துவிட்டது. இதே சமயத்தில் செல்லிற்குள் தண்ணீர் செல்வதால் செல் ரசம் அடர்த்தி குன்றி நீர்த்த கரைசல் ஆகிவிடுகிறது. எனவே, அதன் ஆஸ்மாடிக் அழுத்தமும் குறைந்துகொண்டே வருகிறது. இந்த மூன்று அழுத்தங்களுக்கும் இடையேயுள்ள

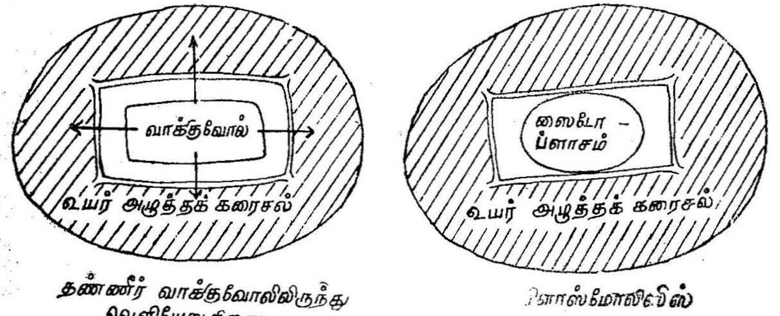
தொடர்புகளையும், செல் சமநிலை அடைவதையும் படம் 4-7 காட்டுகிறது.

ஒரு செல்லைத் தண்ணீரில் வைப்பதற்குப் பதிலாக அதைவிட குறைந்த ஆஸ்மாடிக் அழுத்தமுள்ள கரைசலில் வைத்தாலும் இது போலவே தண்ணீர் உள்ளே செல்லும். செல்லின் ஆஸ்மாடிக் அழுத்தத்தைவிடக் குறைவான ஆஸ்மாடிக் அழுத்தமுடைய கரைசல் தாழ் அழுத்தக் கரைசல் (hypotonic solution) எனப்படுகிறது. ஆனல், செல்லை அதைவிட அதிகமான ஆஸ்மாடிக் அழுத்தமுள்ள கரைசலில் [இத்தகைய கரைசல் உயர் அழுத்தக் கரைசல் (hypertonic solution) எனப்படுகிறது.] வைத்தால் என்ன நேரிடும் ?

எக்ஸ் ஆஸ்மாஸிஸ் (Exosmosis): மீண்டும் நாம் நமது புனல் சோதனையை எடுத்துக்கொள்வோம். ஆனல், அதைச் சற்று மாற்றி அமைப்போம். புனலிற்குள் சர்க்கரைக் கரைசலுக்குப் பதிலாகத் தண்ணீரை எடுத்துக்கொள்வோம். பீக்கரில் சர்க்கரைக் கரைசலை எடுத்துக்கொள்வோம். இப்போது பீக்கரில் இருப்பதைக் காட்டிலும் புனலில் தண்ணீரின் செறிவு அதிகமாக இருக்கிறது. எனவே, தண்ணீர் புனலிலிருந்து வெளியே வருகிறது. இது எக்ஸ் ஆஸ்மாஸிஸ் எனப்படுகிறது.

பிளாஸ்மோலிஸிஸ்: ஒரு செல்லை உயர் அழுத்தக் கரைசலில் வைக்கும்போது இது போன்ற நிகழ்ச்சி ஏற்படுகிறது. வாக்குவோலிலிருந்து தண்ணீர் வெளியேறுகிறது. செல் தண்ணீரால் நிரப்பப்பட்டிருக்கும்போது அது விறைப்பு நிலையில் இருக்கிறது என்று பார்த்தோம். தண்ணீர் வெளியேறும்போது செல் சுருங்கிக் கொண்டே வருகிறது. இவ்விதம் தண்ணீரை இழந்து சுருங்கிய செல் நெகிழ்ச்சி நிலையில் (flaccid) இருப்பதாகக் கூறப்படுகிறது. ஆனல், செல் சுவர் முடிவற்றுச் சுருங்க முடியாது. ஓரளவு சுருங்கிய பின் அது நின்றுவிடுகிறது. வாக்குவோலிலிருந்து தண்ணீர் மேலும் வெளியேறும்போது, செல்லின் சைடோப்ளாசம் செல் சுவரிலிருந்து பிரிந்து மேலும் சுருங்குகிறது. வாக்குவோலின் தண்ணீர் முழுவதும் வெளியே சென்றபின் சைடோப்ளாசம் ஓர் உருண்டையாகச் சுருங்கி செல்லின் நடுப்பகுதியில் காணப்படுகிறது. இந்த நிகழ்ச்சி பிளாஸ்மோலிஸிஸ் எனப்படுகிறது. இவ்விதம் சைடோப்ளாசம் செல் சுவரிலிருந்து பிரிந்த பின்பு வெளியே உள்ள கரைசல் செலுத்துச் சவ்வாகிய செல்லுலோஸ் சுவர்மூலம் செல்லிற்குள் சென்று வெற்றிடத்தை நிரப்புகிறது. பிளாஸ்மோலிஸிஸ் அடைந்த செல்லைத் தண்ணீரில் வைத்தால், அது மீண்டும்

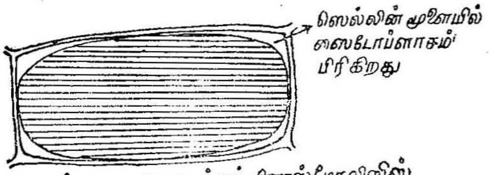
தண்ணீரை உறிஞ்சிக்கொள்கிறது. சைடோப்ளாசம் விரிந்து தன் முன்நிலையை அடைகிறது. இந்த நிகழ்ச்சி டி பிளாஸ் மோலிஸிஸ் (deplasmolysis) எனப்படுகிறது. செம்பருத்திப் பூவின் சிவப்பான இதழ்களை எடுத்து அதிலிருந்து ஒரு மெல்லிய



படம் – 4.8 பிளாஸ்மோலிஸிஸ்

பகுதியைக் கிழிக்கவேண்டும். இதை அடர்த்தி மிகுந்த கரைசலில் வைத்திருக்கவேண்டும். சிறிது நேரம் கழித்து அதை மைக்ரோஸ் கோப்பில் வைத்துப்பார்த்தால் செல்கள் பிளாஸ்மோலிஸிஸ் அடைந்திருப்பதைக் காணலாம்.

இனி, ஒரு செல்லை அதன் ஆஸ்மாடிக் அழுத்தத்திற்குச் சம மான ஆஸ்மாடிக் அழுத்தத்தையுடைய சம அழுத்தக் கரைசலில் (isotonic solution) வைத்தால் என்ன நேரிடுகிறது என்று பார்ப் போம். அப்போது செல்லிற்குள் தண்ணீர் செல்வதுமில்லை; வெளிவருவதுமில்லை. அமைப்பு முழுவதும் சமநிலையிலுள்ளது.



படம் - 4.9 தொடக்கப் பிளாஸ்மோலிஸிஸ்

ஆனால், செல்லின் மூலையில் சைடோப்ளாசம் சுவரிலிருந்து சற்று பிரிந்துவிடுகிறது. இது தொடக்க பிளாஸ்மோலிஸிஸ் (incipient plasmolysis) எனப்படுகிறது (படம் 4-9).

இதைப் பயன்படுத்தி ஒரு செல்லின் ஆஸ்மாடிக் அழுத் தத்தைக் கண்டுபிடிக்கலாம். இதற்கு முதலில் ஸுக்ரோஸ்

(sucrose) எனும் கரும்புச் சர்க்கரையை எடுத்துக்கொண்டு வடிநீரில் போட்டு 1 மோலார் *கரைசலைத் தயாரித்துக்கொள்ள வேண்டும். பின்னர் அதனுடன் போதுமான அளவு வடிநீர் (distilled water) சேர்த்து ·1 மோ, ·2 மோ, ·3 மோ முதலிய, பல தரப்பட்ட மோலார் கரைசல்களைத் தயாரித்துக்கொள்ள வேண்டும். இக் கரைசல்களைத் தனித்தனியே சிறு கண்ணாடி பீக்கர்களில் எடுத்துக்கொள்ள வேண்டும். எந்த திசுவின் (tissue) ஆஸ்மாடிக் அழுத்தத்தைக் காணவேண்டுமோ அதை மெல்லிய படலங்களாக எடுத்து, இக் கரைசல்கள் ஒவ்வொன்றிலும் போட வேண்டும். சுமார் 4 மணி நேரம் கழித்து இத் திசுக்களைத் தனித் தனியே மைக்ரோஸ்கோப்பில் வைத்துப்பார்க்க வேண்டும். எந்த மோலார் கரைசலில் தொடக்க பிளாஸ்மோலிஸிஸ் ஏற்பட்டிருக்கிறது என்று கண்டுபிடிக்கவேண்டும். அறையின் வெப்ப நிலையையும் குறித்துக்கொள்ளவேண்டும். உதாரணமாக, 30 டிகிரி வெப்பநிலையில் ·2 மோ கரைசல், ஸெல்லில் தொடக்க பிளாஸ் மோலிஸிஸை உண்டாக்குவதாக வைத்துக்கொள்வோம். தொடக்கப் பிளாஸ்மோலிஸிஸ் சம அழுத்தக் கரைசலிலேயே உண்டாகுமாதலால், ஸெல்லின் ஆஸ்மாடிக் அழுத்தம், ·2 மோ கரும்புச் சர்க்கரைக் கரைசலின் ஆஸ்மாடிக் அழுத்தத்திற்குச் சமமானது என்று கொள்ளலாம். கரும்புச் சர்க்கரையின் 1· மோ. கரைசல் 0 டிகிரி வெப்ப நிலையில் 22·4 வ. ம. அ. ஆஸ்மாடிக் அழுத்தமுடையதாக இருக்கிறது. இதைக்கொண்டு 30 டிகிரி வெப்பநிலையில் ·2 மோ கரைசலின் ஆஸ்மாடிக் அழுத்தத்தைக் கணக்கிடலாம்.

இதுவரை ஆஸ்மாஸிஸ் எனும் நிகழ்ச்சியைப்பற்றியும், ஸெல் எப்படி ஓர் ஆஸ்மாடிக் அமைப்பாக இயங்குகிறது என்பதைப் பற்றியும் படித்தோம். இனி நிலத்திலிருந்து தண்ணீர் ஆஸ்மாஸிஸ் மூலம் எப்படித் தாவரங்களின் வேர்களுக்குள் செல்கிறது என்பதைக் காண்போம்.

*ஒரு பொருளின் மூலக்கூறு எடையை 1 லிட்டர் தண்ணீரில் கரைத்தால் 1 மோலார் கரைசல் கிடைக்கும். உதாரணமாக, கரும்புச் சர்க்கரையின் மூலக்கூறு எடை 342·34 கிராம் ஆகும். இந்த அளவு சர்க்கரையை 1 லிட்டர் தண்ணீரில் கரைத்தால் அது 1 மோலார் கரைசல் ஆகும்.

5. நிலத்தின் அமைப்பும் நீர் உறிஞ்சுதலும்

தாவரங்கட்கு நீர் இன்றியமையாதது என்று பார்த்தோம். இந் நீரைத் தாவரங்கள் நிலத்திலிருந்து எடுத்துக்கொள்கின்றன. எனவே, நிலத்தின் அமைப்பைப்பற்றியும், அதில் நீர் எந்த நிலையில் இருக்கிறது என்பதைப்பற்றியும் தெரிந்துகொள்வோம்.

நிலத்தின் மேற்பரப்பிலுள்ள மண்ணில் தாவரங்கள் வேரூன்றி வளர்கின்றன. தாவரங்களின் வேர்கள் ஓடும் நிலத்தின் இப் பகுதியில் 5 வகையான பொருள்கள் உள்ளன. அவையாவன : 1. கனிப்பொருள் (mineral matter), 2. தண்ணீர், 3. காற்று, 4. அங்கக மட்கு (humus), 5. நுண் உயிர்கள் (micro organisms).

1. கனிப்பொருள்கள் : மண்ணின் அமைப்புக்கு அடிப்படையாக இருப்பவை இவைதாம். ஆதிகாலத்துப் பாறைகள் சிதைவடைவதன்மூலம் இவை தோன்றுகின்றன. பெரிய கற்களிலிருந்து நுண்ணிய களிமண்வரை இப் பகுதியில் அடங்கியுள்ளன. பொதுவாக அவற்றின் அளவைக்கொண்டு சிறு கனிப்பொருள் துகள்களைப் பெருமணல் (coarse sand), பொடி மணல் (fine sand), வண்டல் (silt), களிமண் (clay) என்று நான்கு வகையாகப் பிரிக்கலாம். இவற்றின் அளவுகளாவன :

பெருமணல்	·2 மி.மீ. — 2 மி.மீ.
பொடி மணல்	·02 மி.மீ. — ·2 மி.மீ.
வண்டல்	·002 மி.மீ. — ·02 மி.மீ.
களிமண்	·002 மி.மீ. குறைவு

ஒரு மண்ணின் தன்மை இப் பொருள்கள் எந்த விகிதத்தில் கலந்துள்ளனவோ அதைப் பொறுத்துள்ளது. மணல் நிறைந்த (மணற்பாங்கான) நிலத்திற்குத் தண்ணீரைத் தங்கவைத்துக்

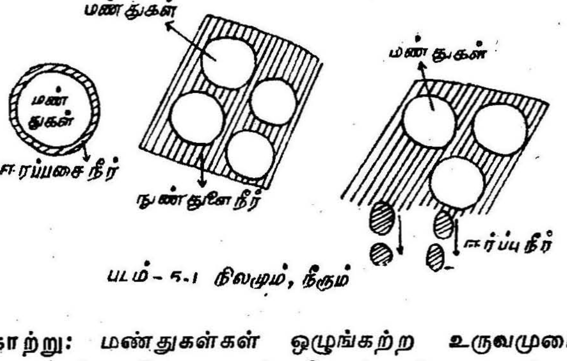
கொள்ளும் தன்மை குறைவாகவே உள்ளது. அதன்மேல் விழும் தண்ணீர் சுலபமாக மண்ணை ஊடுருவிக்கொண்டு சென்றுவிடும். அதன் நீர் ஏற்றுதிறனும் (capillarity) குறைவாகவே உள்ளது. ஆனால், காற்றோட்டமும் (aeration) நீர்வடிதலும் (drainage) மிகுதியாக உள்ளன.

களிமண்ணின் அளவைப் பார்த்தால் ஓர் உண்மை விளங்கும். பொருள்கள் அந்த அளவில் இருக்கும்போது (·002 மி.மீ.) அவை கொலாய்டு நிலையில் இருக்கின்றன என்று முன்னரே பார்த்தோம். எனவே, நிலத்திலுள்ள களிமண்ணுக்குக் கொலாய்டின் குணங்கள் உண்டு. தண்ணீரையும் மற்றும் பல பொருள்களையும் பரப்பு ஒட்டல்மூலம் பிடித்துவைத்துக்கொள்ளும் திறன் களிமண் துகள்களுக்கு உண்டு. மேலும், களிமண் கொலாய்டு துகள்கட்கு எதிர் மின்னேற்றம் உண்டு. அவை தாவரங்கட்குத் தேவையான பல நேர் மின்னேற்ற அயனிகளைப் (kations) பிடித்துவைத்துக்கொள்கின்றன. மணலைக் காட்டிலும் அதிகமான அளவு தண்ணீரைக் களிமண் தங்கவைத்துக்கொள்ள முடியும். அதன் நீர் ஏற்றுதிறனும் உயர்ந்துள்ளது. ஆனால், களிமண் உள்ளீர்ப்பின்மூலம் நீரை எடுத்துக்கொள்ளும்போது அது அளவில் பெரிதாகி, நிலத்திலுள்ள நுண்துளைகளை அடைத்துக் கொள்கிறது. நிலத்தில் போதுமான அளவு காற்றோட்டம் இராது. எனவே, தாவரங்களுக்குத் தேவையான காற்று கிடைப்பதில்லை. ஆகையால், களிமண் நிறைந்த நிலமும் தாவரங்களின் வளர்ச்சிக்கு ஏற்றதன்று.

2. தண்ணீர்: எல்லா மண்ணிலும் தண்ணீர் உண்டு. இது குறைவாகவோ, அதிகமாகவோ இருக்கலாம். நிலத்தின் ஆழ்ந்த அடிப்பகுதி தண்ணீரால் நிரப்பப்பட்டிருக்கிறது. இப் பகுதியிலுள்ள பாறைகளின்மேல் தண்ணீர் தேங்கி நிற்கலாம். நிலத்தின் இப் பகுதியை நிலநீர் மட்டம் (water table) என்று குறிப்பிடுகிறோம். நிலத்தின் நீர் ஏற்றுதிறனால் இந்த நீர் மேலே உயர்த்தப்பட்டுத் தாவரங்களுக்குப் பயன்படுகிறது என்று முன்னர் கருதப்பட்டது. ஆனால், மிகச் சிறந்த களிமண் நிலத்தில்கூடத் தண்ணீர் 8 அடிக்கு மேல் இந்த முறை மூலம் உயர்த்தப்படுவதில்லை. எனவே, பெரும்பான்மையான நிலங்களில் இந் நீரால் தாவரங்கள் பயனடைவதில்லை. பொதுவாக நிலத்தை ஊடுருவிக்கொண்டு செல்லும் மழைநீரிலிருந்தே தாவரங்கள் தங்களுக்கு வேண்டிய நீரைப் பெறுகின்றன. பூமியின்மேல் விழும் மழைநீரின் ஒரு பகுதி வழிந்தோடிவிடுகிறது. இது தாவரங்களுக்குப் பயன்படுவதில்லை. மற்றொரு பகுதி நிலத்தை ஊடுருவிக்கொண்டு சென்று நில நீர் மட்டத்தை அடைகிறது. இது ஈர்ப்பு நீர் (gravitational water)

எனப்படுகிறது. இதுவும் தாவரங்களுக்குப் பயன்படுவதில்லை. இவ்விதம் நீர் நிலத்தை ஊடுருவிக்கொண்டு செல்லும்போது, நிலத்திலுள்ள கனிப்பொருள் துகள்களால் ஓரளவு பிடித்து வைத்துக்கொள்ளப்படுகின்றது. துகள்களுக்கு இடையே யுள்ள நுண்துளைகளில் இது தங்குகின்றது. இவ்விதம் ஈர்ப்பு ஆற்றலை மீறி நிலம் தங்கவைத்துக்கொள்ளும் நீர் நுண்துளை நீர் (capillary water)எனப்படுகிறது. இந்த நீரே தாவரங்களுக்குப் பயன்படுகிறது. மண்ணைக் காற்றிலே உலர்த்தும்போது நுண்துளை நீர் ஆவியாகிறது. அதன் பின்னரும் மண்துகள்களைச் சுற்றி ஓரளவு நீர் படலமாகப் படர்ந்துள்ளது. இது ஈரப்பசை நீர் (hygroscopic water) எனப்படுகிறது. இந்த நீர் மண்துகள்களுடன் மிக நெருக்கமாகப் பிணைந்திருப்பதால் இதுவும் தாவரங்களுக்குப் பயன்படுவதில்லை. நுண்துளை நீர், ஈரப்பசை நீர் இவை இரண்டும் சேர்ந்த அளவு, நிலத்தின் நீர் கொள்திறன் (field capacity) அல்லது நீர் தாங்கு திறன் (water holding capacity) எனப்படுகிறது.

நிலத்திலுள்ள தண்ணீர் தூய்மையான தண்ணீர் அன்று. அதில் பல உப்புகள் கரைந்துள்ளன. பாறைகளின் வேதிச் சிதைவாலும், அங்ககப் பொருள்களின் நுண் உயிர் சிதைவாலும், நுண் உயிர்கள், தாவரங்கள் இவற்றின் வளர்சிதை மாற்றத்தாலும் இவ் வுப்புகள் தோன்றுகின்றன. எனவே, நிலநீர் என்று சொல்வதைக் காட்டிலும் நிலக் கரைசல் (soil solution) என்று சொல்வதே பொருந்தும்.



படம் - 5.1 நிலமும், நீரும்

3. காற்று: மண்துகள்கள் ஒழுங்கற்ற உருவமுடையவை. எனவே, அவற்றிடையே பல நுண்துளைகள் உள்ளன. மண்ணிலுள்ள நுண் துளைகளின் மொத்தப் பரப்பு நுண்துளைப் பரப்பு (pore area) எனப்படும். இத் துளைகள் அல்லது வெளிகளில் காற்றும் தண்ணீரும் உள்ளன. தண்ணீர் மிகுதியான நிலங்களில் காற்றின் அளவு குறை

வாக இருக்கிறது. நிலத்திலுள்ள இக் காற்று தாவரங்களின் வேர்கள் சுவாசித்தலுக்குப் பயன்படுகிறது.

4. அங்கக மட்கு (Humus): விலங்குகள், தாவரங்கள் இவற்றின் கழிவுகள் நிலத்தில் சேர்ந்துகொண்டே யிருக்கின்றன. இவை நிலத்திலுள்ள பாக்டீரியா, பூஞ்சைகள், பூச்சிகள் இவற்ருல் பாதிக்கப்படுகின்றன. கழிவுகளின் பெரும் பகுதி நில நுண் உயிர் களால் (soil micro-organisms) பயன்படுத்திக்கொள்ளப்படுகிறது. இக் கழிவுகளிலுள்ள மாவுப் பொருள் (carbohydrate), சர்க்கரைகள் (sugars), அமிஞே அமிலங்கள் (amino acids) முதலிய பொருள்களே நுண் உயிர்களால் எளிதில் பாதிக்கப்படுகின்றன. செல்லுலோஸ், லிக்னின் (lignin) போன்ற பொருள்கள் எளிதில் பாதிக்கப்படுவ தில்லே. பொதுவாக அங்கக மட்கில் சிதைவடைந்த செல்லு லோஸும் லிக்னினுமே அதிகமாக உள்ளன. அங்கக மட்கு நேரடி யாகத் தாவரங்கட்குப் பயன்படுவதில்லே. ஆனல், நுண் உயிர்கள் அதைப் பாதித்து, தாவரங்கட்குப் பயன்படக்கூடிய நைட்ரேட் போன்ற எளிய பொருள்களாக மாற்றுகின்றன. தாவரங்கட்குத் தேவையான உப்புகளின் சேமிப்பு அறையாக அங்கக மட்கு பயன் படுகிறது.

5. நுண் உயிர்கள்: நிலத்தில் பல வகையான நுண் உயிர்கள் வாழ்கின்றன. தாவர இனத்தைச் சேர்ந்த பாக்டீரியா, பாசி (algae), பூஞ்சை (fungi) முதலிய உயிரினங்களும், விலங்குகள் வகை யைச் சேர்ந்த புழுக்கள், பூச்சிகள் முதலியனவும் நிலத்தில் உள்ளன. மண்ணின் வளத்திற்கு இவையும் இன்றியமையாதவை. அங்கக மட்கைத் தாவரங்களுக்குப் பயன்படக்கூடிய முறையில் நுண் உயிர்கள் மாற்றுகின்றன என்று மேலே படித்தோம். நிலத்தை வளப்படுத்துவதில் பாக்டீரியாக்களுக்கு முக்கியமான பங்கு உண்டு. வளமான மண்ணில் ஒரு கிராமிற்கு சுமார் 2—200 மில்லியன் பாக்டீரியாக்கள் உள்ளன.

தாவரங்களின் வேர்

இதுவரை நாம் நிலத்தின் அமைப்பைப்பற்றிப் படித்தோம். இனி, தாவரங்கள் தங்கட்கு வேண்டிய பொருள்களே எப்படி நிலத்திலிருந்து எடுத்துக்கொள்கின்றன என்பதைப் பார்ப்போம். தாவரங்களின் நீர் உறிஞ்சி உறுப்பாகப் பயன்படுவது அவற்றின் வேர்களாகும். எனவே, வேர்களின் வெளி, உள் அமைப்புகளேப் பற்றி முதலில் தெரிந்துகொள்வோம்.

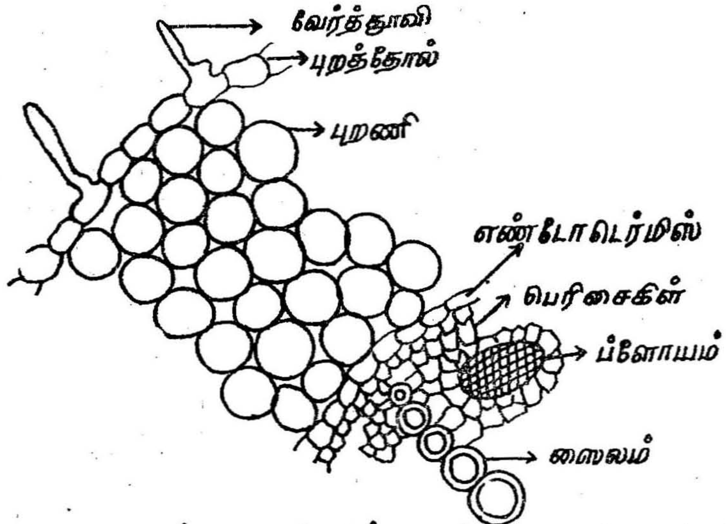
தாவரங்களின் வேர் மிகவும் நீண்டு இருந்தபோதிலும், வேர் முழுவதும் நீர் உறிஞ்சுதலுக்குப் பயன்படுவதில்லே. இளம் வேர்

களின் முனைப் பகுதியின்மூலமே நீர் உறிஞ்சப்படுகிறது. வேர் முனையை லென்ஸின்கீழ் வைத்துப் பார்த்தால் அதில் நான்கு பகுதிகள் இருப்பதைக் காணலாம். வேரின் நுனிப்பகுதி ஒரு காப்பு உறையால் சூழப்பட்டுள்ளது. இதற்கு வேர்த் தொப்பி (root-cap) என்று பெயர். நுனிப்பகுதி வளர்ச்சிப் பகுதியாகும். இதில் 'மெரிஸ்டம்' (meristem) எனும் வளரும் திசு உள்ளது. இத் திசு தொடர்ந்து பகுப்படைந்து புதிய ஸெல்களைத் தோற்றுவிக்கிறது. வேரின் வளர்ச்சிக்குக் காரணமாக இருப்பது இப் பகுதியே. நுனிக்கு மேலே உள்ள பகுதி நீளும் பகுதி (region of elongation) எனப்படுகிறது. மெரிஸ்டத்திலிருந்து தோன்றும் புதிய ஸெல்கள் நீட்சி அடைவது இப் பகுதியில்தான். அதற்குமேலே வேர்த்தூவிப் பகுதி (root hair region) உள்ளது. இப் பகுதியில் வேர்த் தூவிகள் உள்ளன. பெரும்பகுதி நீர், வேர்த்தூவிகளின் வழியாகவே வேர்களுக்குள் செல்கின்றது என்று தெரிகிறது. நீளும் பகுதியில் உள்ள ஸெல்களும் ஓரளவிற்குத் தண்ணீரை உறிஞ்சுகின்றன. ஆனால், இப் பகுதியும் வேர்நுனியும் நீரைக் காட்டிலும் உப்புகளையே அதிகமாக உறிஞ்சுகின்றன என்று தெரிகிறது. வேர்த் தூவிகள் சில வாரங்கள்வரையே இருக்கும்; பின்னர் உதிர்ந்து விடும். வேரில் புதிய வேர்த்தூவிகள் உண்டாகும். வேர்த்தூவிகளுக்குமேலே உள்ள வேர்ப்பகுதி எந்த உறிஞ்சுதலிலும் பங்கு கொள்வதில்லை.

நீர் உட்செல்லுதல் : வேர்த்தூவிகளுக்குள் நீர் எவ்வாறு செல்கிறது என்பதை அறிய நாம் வேரின் குறுக்குவெட்டுத் தோற்றத்தைக் காணவேண்டும். வேரின் வெளிப்பகுதியில் புறத்தோல் (epidermis) உள்ளது. இத் தோலின் ஸெல்களது வெளிச்சுவர் குழல்போல வெளியே நீட்டிக்கொண்டிருக்கிறது. இதுவே வேர்த் தூவி எனப்படுகிறது. புறத்தோலை அடுத்து வேரின் புறணி (cortex) உள்ளது. புறணியின் ஸெல்கள் ஏறத்தாழ வட்டவடிவமானவை; மெல்லிய சுவருடையவை. அதை அடுத்து எண்டோடெர்மிஸ் (endodermis) எனும் பகுதியும், பெரிசைக்கிள் (pericycle) எனும் பகுதியும் உள்ளன. வேரின் நடுவில் சாற்றுக்குழல் தொகுதி உள்ளது. இத் தொகுதியின் பகுதிகளாகிய ஸைலமும் (xylem) ஃப்ளோயமும் (phloem) தனித்தனியே உள்ளன. இந்த அமைப்பைப் படம் 5-2 காட்டுகிறது.

வேர்த்தூவியின் அமைப்பைப் பார்த்தால் அது ஓர் ஆஸ்மாடிக் அமைப்பாக இருப்பது தெரியும். அதன் சுவர் ஸெல்லுலோஸ் எனும் பொருளாலானது. சுவரை ஒட்டி ஸைடோப்ளாசம் ஒரு

படலம்போல் படர்ந்துள்ளது. நடுவே ஒரு பெரிய வாக்குவோல் இருக்கிறது. இதில் செல் ரசம் இருக்கிறது. வேர்த்தூவி நிலத்தின் வழியாகச் செல்லும்போது அது நிலக் கரைசலுடன் தொடர்புகொள்கிறது. அப்போது ஓர் ஆஸ்மாடிக் அமைப்பு

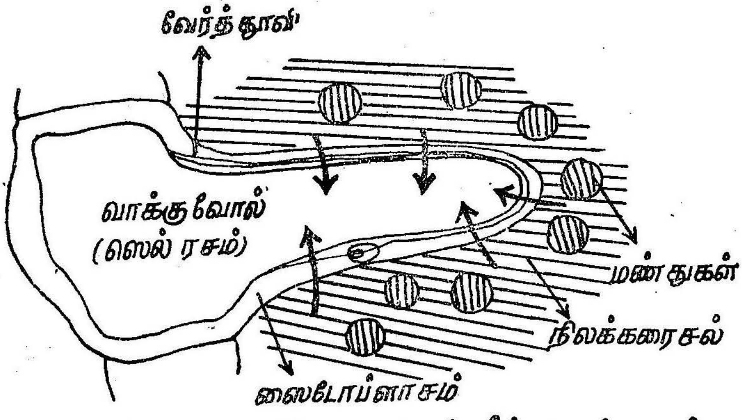


படம் - 5.2 வேரின் குறுக்கு வெட்டுத் தோற்றம்
(விகிதப்படி வரையப்படவில்லை)

ஏற்படுகிறது. செல் ரசம் எனும் அடர்த்தியான கரைசலும், நிலக் கரைசல் எனும் நீர்த்த கரைசலும் சைடோப்ளாசம் எனும் அரைச்செலுத்திச் சவ்வால் பிரிக்கப்பட்டுள்ளன. அப்போது தண்ணீர் நீர்த்த கரைசலிலிருந்து (நிலக்கரைசலிலிருந்து) அடர்த்தியான கரைசலுக்குள் (செல் ரசத்திற்குள்) பாய்கிறது (படம் 5-3).

ஒரு செல்லிற்குள் தண்ணீர் செல்லும்போது செல் ரசத்தின் ஆஸ்மாடிக் அழுத்தம் குறைவதாலும், விறைப்பு அழுத்தம் ஏற்படுவதாலும் அந்த செல்லின் உறிஞ்சு அழுத்தம் குறைகிறது என்று முன்னர் பார்த்தோமல்லவா? எனவே, வேர்த்தூவியின் உறிஞ்சு அழுத்தம் குறைகிறது. வேர்த்தூவியின் அருகில் உள்ள புறணி செல்லிற்குள் இன்னும் தண்ணீர் செல்லவில்லை. அதில் இன்னும் விறைப்பு அழுத்தம் தோன்றவில்லை. ஆகவே, அதன் ஆஸ்மாடிக் அழுத்தம் முழுவதுமே உறிஞ்சு அழுத்தமாக இருக்கிறது. அதாவது, அதன் உறிஞ்சு அழுத்தம், வேர்த்தூவி செல்லின் அழுத்தத்தைவிட அதிகமாயிருக்கிறது. எனவே,

தண்ணீர், வேர்த்தூவி செல்லிலிருந்து புறணியின் முதல் செல்லிற்குள் செல்கிறது. முதல் செல்லிலும் இதே மாறுதல்கள் நிகழ்கின்றன. அதாவது, அதன் ஆஸ்மாடிக் அழுத்தம் குறைந்து, விறைப்பு அழுத்தம் அதிகமாகி, உறிஞ்சு அழுத்தம் குறைகிறது

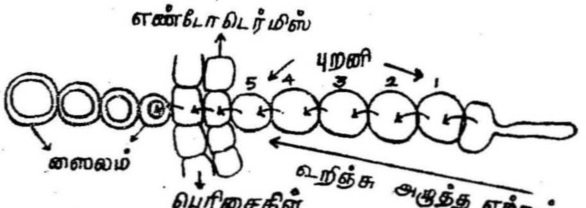


படம் - 5.3 வேர்த்தூவியினுள் நீர் செல்லுதல்

அப்போது 2 ஆவது செல்லின் உறிஞ்சு அழுத்தம் முதல் செல்லினுடையதைவிட அதிகமாக இருக்கிறது. எனவே, தண்ணீர் முதலாவது செல்லிலிருந்து இரண்டாவது செல்லிற்குள் செல்கிறது. இவ்விதமாகத் தண்ணீர் புறணியின் ஒவ்வொரு செல்லாகத் தாண்டிக்கொண்டு போய் எண்டோடெர்மிஸ், பெரிசைகிள் இவற்றைக் கடந்து ஓரளவு அழுத்தத்துடன் சைலத்திற்குள் புகுத்தப்படுகிறது. சைலத்தின் சுவர்கள் நெகிழ்வற்றவை. ஆதலால், விறைப்பு அழுத்தம் தோன்றுவதில்லை. எனவே, எந்த ஒரு நிலையிலும் சைலத்தின் உறிஞ்சு அழுத்தம் வேர்த்தூவியின் உறிஞ்சு அழுத்தத்தைக்காட்டிலும் அதிகமாகவே இருக்கும். சைலத்தின் இந்த உறிஞ்சு அழுத்த உயர்வுக்கு வேறு காரணங்களும் இருப்பதைப் பின்னல் காண்போம். வேரில் நடைபெறும் இந் நிகழ்ச்சிகளைப் பார்க்கும்போது, வேர்த்தூவியிலிருந்து சைலம்வரை செல்களின் உறிஞ்சு அழுத்தம் படிப்படியாக அதிகரித்துக்கொண்டு போவதைக் காணலாம். இந்த உறிஞ்சு அழுத்த ஏற்றமே (gradient of suction pressure) தண்ணீர் உட்செல்வதற்கான காரணம் (படம் 5-4).

வேர் அழுத்தம் (Root-pressure): வேர்ப்புறணியின் செல்கள் ஓரளவு அழுத்தத்துடன் தண்ணீரை சைலத்திற்குள் செலுத்து

கின்றன என்று பார்த்தோம். இதன் விளைவாகத் தண்ணீர் செடியின் தண்டை நோக்கி மேலே ஏறுகிறது. வேரிலே தோன்றி, தண்ணீரை மேலே செலுத்தும் இந்த அழுத்தம் வேர் அழுத்தம் எனப்படுகிறது. இது எவ்வாறு தோன்றுகிறது என்பது தெளி



படம் - 5.4 வேர்ஸெல்களின் வழியாகத் தண்ணீர் செல்லுதல்

வாகத் தெரியவில்லை. ஆனால், இது உயிருள்ள ஸெல்களின் இயக்கத்தோடு தொடர்புடையது என்று தெரிகிறது. வேர் ஸெல்கள் கொல்லப்பட்டால் வேர் அழுத்தம் உண்டாவதில்லை. ஒரு செடியின் தண்டை வேருக்கு அருகில் வெட்டினால் அதிலிருந்து நீர்த்த கரைசல் ஒன்று கசிவதைக் காணலாம். வேர் அழுத்தத்தின் விளைவே இது. வேர் அழுத்தம் செடிக்குச் செடி வேறுபடுகிறது. பொதுவாக 1—1·5 வ.ம.அ.விற்குமேல் செல்வதில்லை. (ஊட்ட நீரிலே வளர்க்கப்பட்ட சில செடிகள் 10 வ.ம.அ. வேர் அழுத்தம் காட்டியதாக ஒயிட் என்பவர் கூறினர்.) ஜிம்னோஸ்பெர்ம் (gymnos) எனும் தாவர வகையிலே வேர் அழுத்தம் இருப்பதாகத் தெரியவில்லை. மற்றச் செடிகளில்கூட மிகத் தகுந்த சூழ்நிலைகளின்கீழ் தான் வேர் அழுத்தம் தோன்றுகிறது. நிலத்தில் போதுமான அளவு தண்ணீரும், நல்ல காற்றோட்டமும் இருக்கவேண்டும். தண்டுப் பகுதியைச் சுற்றியுள்ள காற்று ஈரப்பசை மிகுந்ததாக இருக்கவேண்டும். நிலைமைகள் சரியாக இல்லாதபோது எதிர்மறை வேர் அழுத்தம் (negative root pressure) ஏற்படுகிறது. அப்போது ஒரு செடியின் தண்டை வேருக்கு அருகில் வெட்டினால் தண்ணீர் கசிவதில்லை. அதற்கு மாறாக வெட்டுவாயில் ஒரு துளி தண்ணீரை வைத்தால் தண்ணீர் உள்ளிழுத்துக்கொள்ளப்படுகிறது.

நீர் உறிஞ்சுதலைப் பாதிக்கும் அம்சங்கள்

1. தண்ணீர்: நீர் உறிஞ்சுதல் சரியாக நடைபெறுவதற்கு நிலத்தில் போதுமான அளவு தண்ணீர் இருக்கவேண்டும். செடி, தண்ணீரை மேலும் மேலும் உறிஞ்சும்போது நிலத்திலுள்ள தண்ணீரின் அளவு குறைந்துகொண்டேவருகிறது. தண்ணீரின் அளவு

குறையக் குறைய மண்துகள்கள் மீதமுள்ள தண்ணீரை உறுதியாகப் பற்றிக்கொள்கின்றன. ஒரு நிலையில் நிலத்திலே உள்ள தண்ணீரைச் செடிகள் எடுத்துக்கொள்ள முடியாதுபோகிறது.

2. **காற்றோட்டம்:** நிலத்தில் தண்ணீரோடு நல்ல காற்றோட்டமும் இருக்கவேண்டும். நிலத்தின் கொள்திறனுக்கு மேல் நிலத்தில் தண்ணீர் இருக்குமானால், காற்றோட்டம் தடைப்பட்டு உறிஞ்சுதல் குறைகிறது. வேர்களுக்குத் தேவையான ஆக்ஸிஜன் கிடைக்காததே இதற்குக் காரணமாகும்.

3. **நிலத்தின் வெப்பநிலை:** பொதுவாக, தண்ணீரின் உறை நிலையைக் காட்டிலும் உயர்ந்த எந்த வெப்பநிலையிலும் வேர்கள் தண்ணீரை உறிஞ்சிக்கொள்ள முடியும். எனினும், வெப்பப் பகுதியைச் சேர்ந்த தாவரங்களில் நிலத்தின் வெப்பநிலை குறையும் போது உறிஞ்சுதலும் தடைப்படுகிறது. குளிர்ந்த பகுதியைச் சேர்ந்த தாவரங்கள் வெப்பநிலைக் குறைவால் அவ்வளவாகப் பாதிக்கப்படுவதில்லை. மிக உயர்ந்த வெப்பநிலையும் உறிஞ்சுதலுக்கு ஏற்றதன்று. உதாரணமாக, ஆரஞ்சு, எலுமிச்சை முதலிய செடிகளில், நிலத்தின் வெப்பநிலை 30—35 டிகிரி உயரும்போது உறிஞ்சுதல் குறைகிறது.

4. **நிலக்கரைசலின் அடர்த்தி:** பொதுவாக நிலங்களில் உள்ள நிலக்கரைசல் நீர்த்த கரைசலாகவே இருக்கிறது. எனவே, அது உறிஞ்சுதலைப் பெரிதும் பாதிப்பதில்லை. ஆனால், உவர்மண் நிலம்போன்ற நிலங்களில் நிலக்கரைசலின் அடர்த்தி மிகவும் அதிகமாக இருக்கலாம். இந்த அடர்த்திக்கு ஏற்பக் கரைசலின் ஆஸ்மாடிக் அழுத்தமும் அதிகமாகிறது. சில சமயங்களில் 100 வ.ம.அ. விற்குமேல்கூடப் போகலாம். (மேயர், ஆண்டெர்ஸன்) நிலங்களுக்குச் செயற்கை உரங்களை மிகவும் அதிகமாகப் போடும்போது நிலக்கரைசலின் அழுத்தம் பல வாயுமண்டல அழுத்தங்களுக்கு உயர்கிறது. பொதுவாக நிலக்கரைசலின் அடர்த்தி அதிகமாகும்போது ஏறத்தாழ அதே விகிதத்தில் உறிஞ்சுதலும் குறைகிறது.

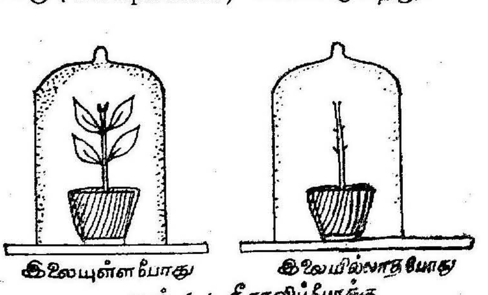
மேலே கூறிய முறையில் தாவரங்கள் நீரை உறிஞ்சும்போது வேரில் உள்ள உயிருள்ள செல்கள் அதில் நேரடியான பங்கு பெறுகின்றன என்று பார்த்தோம். உயிருள்ள செல்களின் ஆஸ்மாடிக் அமைப்பு நீர் உறிஞ்சுதலுக்குக் காரணமாகிறது. எனவே, இது 'உயிர்ப்பு உறிஞ்சுதல்' (active absorption) எனப்படுகிறது. தாவரங்கள் இந்த முறைமூலம்மட்டுமே நீரைப் பெறுகின்றனவா

அல்லது வேறு ஏதாவது முறைகள் உண்டா? தாவரங்களுக்குள் நீர் செல்வதற்கு இதைத் தவிர வேறொரு முறை இருக்கவேண்டு மெனத் தோன்றுகிறது. அம் முறை 'உயிர்ப்பற்ற உறிஞ்சுதல்' (passive absorption) எனப்படுகிறது. தாவரங்களுக்குள் செல்லும் தண்ணீரின் பெரும்பகுதி இந்த இரண்டாவது முறைமூலமே செல்கிறது என்று கருதுகிறார்கள். அதைப்பற்றிப் படிக்குமுன் தாவரங்களின் தண்டுப் பகுதியிலே நடைபெறும் மற்றொரு வாழ்வியல் நிகழ்ச்சியைப்பற்றித் தெரிந்துகொள்வோம்.

6. நீராவிப் போக்கு

(Transpiration)

ஒரு தொட்டியில் வளரும் சிறிய செடியை எடுத்துக்கொள் வோம். தொட்டியிலிருந்து நீர் நேரடியாக ஆவியாக முடியாதபடி தொட்டியை எண்ணெய்த் துணியால் சுற்றிக் கட்டுவோம். பிறகு தொட்டியை ஒரு கண்ணாடித் தட்டின்மேல் வைத்து ஒரு மணி ஜாடியால் மூடுவோம். ஜாடிக்குள் காற்றுப் புகாதிருப்பதற்காக மணி ஜாடியின் அடிப்பகுதியில் வாஸ்லனைத் தடவிவைப்போம். சில மணி நேரங்கள் கழிந்து பார்த்தால், மணி ஜாடியின் சுவரில் நீர்த்துளிகள் படிந்திருப்பதைக் காணலாம் (படம் 6-1). இந் நீர் செடியின் தண்டுப் பகுதிகளிலிருந்துதான் (shoot system) வந் திருக்கவேண்டும். இவ்விதம் தண்ணீர் உயிருள்ள செடியின் தண்டுப் பகுதிகளிலிருந் து ஆவியின் வடிவில் வெளியேறும் நிகழ்ச்சி நீராவிப் போக்கு (transpiration) எனப்படுகிறது.

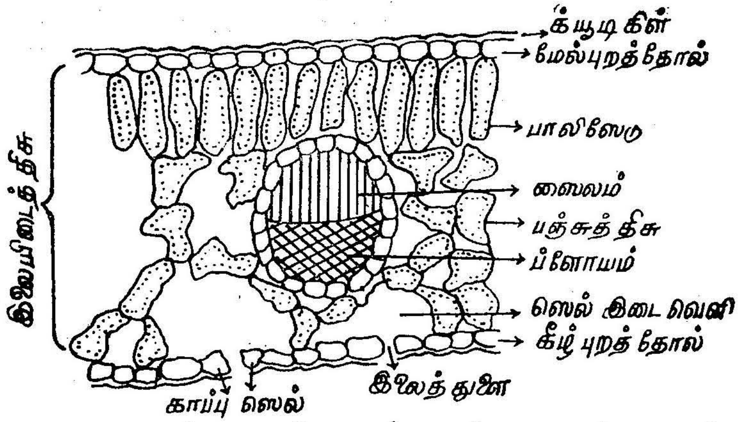


படம்-6-1 நீராவிப்போக்கு

மேலே கண்ட சோதனையில், செடிகளின் இலைகளை எடுத்து விட்டு இலையற்ற செடியை மணி ஜாடிக்குள் வைத்தால், ஜாடியில் படியும் நீரின் அளவு மிகவும் குறைவாக இருப்பதைக் காண்போம். எனவே, நீராவிப் போக்கின் பெரும் பகுதி இலைகளின்மூலமே நடைபெறுகிறது என்று தெரிகிறது.

நீராவிப் போக்கின் வகைகள்: குறிப்பாக இலைகளில் உள்ள இலைத்துளைகளின் வழியாகவே பெரும்பகுதி நீர் ஆவியாகிறது. இந்த நிகழ்ச்சி இலைத்துளை நீராவிப் போக்கு (stomatal transpiration) எனப்படுகிறது. ஓரளவு நீர் புறத்தோலின் (epidermis) மூலம் நேரடியாக ஆவியாகிறது. ஆனால், புறத்தோலின்மேல் உள்ள க்யூடிகள் (cuticle) என்னும் பகுதி நீர் ஆவியாவதை ஓரளவிற்குத் தடைசெய்கிறது. பொதுவாக இலைகளில் க்யூடிகிள்மூலம் வெளிச்செல்லும் நீராவி இலைத்துளைகளின்மூலம் செல்வதில் 10 சதவிகிதத்திற்கும் குறைவாகவே இருக்கிறது. இந்த நிகழ்ச்சி க்யூடிகிள் நீராவிப் போக்கு (cuticular transpiration) எனப்படுகிறது. முற்றிய தண்டுகளில் லென்டிஸெல் (lenticel) எனும் பட்டைத்துளைமூலம் நீராவிப் போக்கு நடைபெறுகிறது. இது பட்டைத் துளை நீராவிப் போக்கு (lenticular transpiration) எனப்படுகிறது. இவற்றில் இலைத்துளை நீராவிப் போக்கே மிகவும் முக்கியமானதாகையால் அதைப்பற்றி விரிவாகத் தெரிந்து கொள்வோம்.

இலையின் அமைப்பு : நீராவிப்போக்கு எப்படி நடைபெறுகிறது என்பதைத் தெரிந்துகொள்ள இலையின் அமைப்பைப்பற்றித் தெரிந்துகொள்ள வேண்டும். ஓர் இலையின் குறுக்குவெட்டுத் தோற்றத்தைப் பார்த்தால், மேல் புறத்தோல் (upper epidermis),



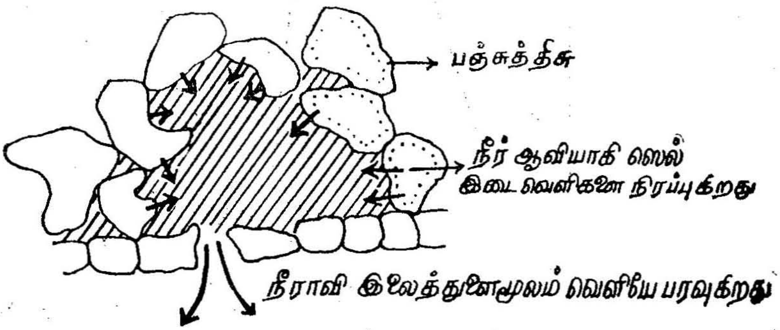
படம் - 6·2 இலையின் குறுக்கு வெட்டுத்தோற்றம்

கீழ்ப் புறத்தோல் என இரண்டு புறத்திசுக்கள் இருப்பதைக் காணலாம். இவை இரண்டிற்கும் இடையேயுள்ள திசு இலை இடைத்திசு (mesophyll) எனப்படுகிறது. இலை இடைத்திசு இரண்டு பகுதிகளாகப் பிரிந்துள்ளது. மேல் புறத்தோலுக்குக் கீழே உள்ள திசு

பாலிஸேடு (palisade) எனப்படுகிறது. அதற்குக் கீழே உள்ள திசு பஞ்சுத்திசு (spongy tissue) எனப்படுகிறது. பஞ்சுத்திசுவின் ஸெல்களுக்கிடையே பெரிய ஸெல் இடைவெளிகள் (intercellular spaces) உள்ளன. பொதுவாக இலைத்துளைகள் கீழ்ப்புறத் தோலிலேயே அமைந்துள்ளன. இத் துளையின் இருபுறங்களிலும் இரு காப்பு ஸெல்கள் (guard cells) இருக்கின்றன. இவ் வமைப்பைப் படம் 6-2 காட்டுகிறது.

இலையில் உள்ள ஸெல் இடைவெளிகள் எல்லாம் ஒன்றோடொன்று தொடர்புடையவை. இலையின் நரம்புப் பகுதிகளில் சாற்றுக்குழல் தொகுதி உள்ளது. இந்த அமைப்பை மனத்திலிருத்திக்கொண்டு நீராவிப்போக்கு எப்படி ஏற்படுகிறது என்பதைக் காண்போம்.

நீராவிப் போக்கின் செயல்முறை (Machanism of Transpiration): வேர்களால் உறிஞ்சப்படும் நீர், சாற்றுக்குழல்களின்மூலம் இலையைச் சென்று அடைகிறது. இலையிலுள்ள ஸெல்கள் இவற்றிலிருந்து தண்ணீரைப் பெறுகின்றன. இலை ஸெல்களின் வாக்குவோல் தண்ணீரால் நிரப்பப்பட்டுள்ளது. ஸெல்களின் ஸைடோப்ளாசத்திலும், ஸெல் சுவரிலும் தண்ணீரின் செறிவு மிகுதியாக

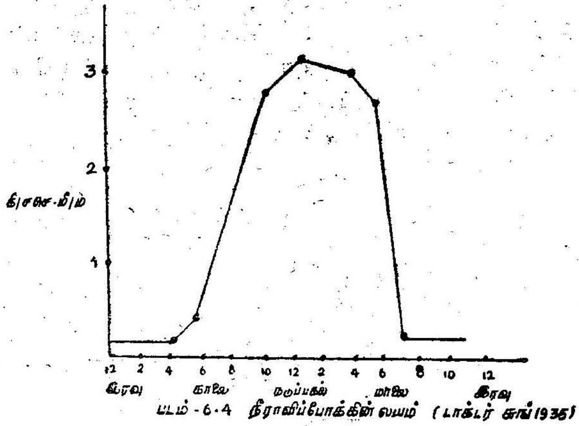


படம்-6·3 நீராவிப் போக்கின் செயல்முறை

உள்ளது. இலைகளின் ஸெல்கள் ஸெல் இடைவெளிகளை ஒட்டி இருக்கின்றன என்று பார்த்தோம். ஈரம் செறிந்த ஸெல் சுவரிலிருந்து தண்ணீர் ஆவியாக மாறி இடைவெளிகளை நிரப்புகிறது. ஸெல் இடைவெளிகள் இலைத்துளைகளின்மூலம் வெளியிலுள்ள காற்றுடன் தொடர்பு கொண்டுள்ளன. ஸெல் இடைவெளிகளில் காற்றிலிருப்பதைக் காட்டிலும் அதிகமான நீராவிச் செறிவு உள்ளது. உதாரணமாக, 25 டிகிரி வெப்பநிலையில் இலைகளுக்குள்ளே 3.1 சதவிகிதம் நீராவியுள்ளது. சீரான தட்பவெப்ப

முடைய நாட்களில் அதே வெப்ப நிலையில் காற்றில் 1-2 சதவிகிதம் நீராவி இருக்கிறது. எனவே, நீராவி, செறிவு மிகுந்த இடமாகிய இலைகளிலிருந்து செறிவு குறைந்த இடமாகிய காற்றிற்குள் பரவு கிறது. இதையே நீராவிப் போக்கு என்கிறோம். இவ்விதமாக நீராவிப் போக்கு இரண்டு நிலைகளில் நடைபெறுகிறது. முதல் நிலையில் தண்ணீர், செல் சுவரிலிருந்து ஆவியாகி, செல் இடை வெளிகளை நிரப்புகிறது. இரண்டாவது நிலையில் அங்கிருந்து வெளியே பரவுகிறது (படம் 6-3).

நீராவிப் போக்கின் லயம்: நீராவிப் போக்கு நாள்முழுவதும் ஒரே சீராக இருப்பதில்லை. அதிகாலையில் நீராவிப் போக்கு விரை வாக உயர்கிறது. முற்பகலில் மெதுவாக உயர்ந்துகொண்டே போய் நடுப்பகலில் உச்ச கட்டத்தை அடைகிறது. அதன் பின்னர் மெதுவாகக் குறைந்துகொண்டேவந்து மாலை 6-7 மணி அளவில்



படம் - 6.4 நீராவிப்போக்கின் லயம் (டாக்டர் சுங் 1935)

நின்றுவிடுகிறது. படம் 6-4-ல் இந்த லயம் வரைகோடாகக் காட்டப்பட்டுள்ளது. இந்த லயத்திற்கான காரணங்களைப் பின்னர் காண்போம்.

இலைத்துளைகளின் அமைப்பும் இயக்கமும்: நீராவிப் போக்கு இலைத்துளைகளின்மூலம் நடைபெறுகிறது என்று பார்த்தோம். இனி இலைத்துளைகளின் அமைப்பைப்பற்றியும், நீராவிப் போக்கில் அது ஆற்றும் பங்கைப்பற்றியும் தெரிந்துகொள்வோம். இலைத்துளை மிக நுண்ணிய துளையாகும். அதன் இருபுறங்களிலும் அவரை விதை வடிவமான காப்பு செல்கள் உள்ளன. இலைத்துளைகள் இலையின் அடிப்புறத்திலேயே அமைந்துள்ளன. தாமரைபோன்ற நீர்வாழ்

செடிகளில் இவை இலையின் மேற்புறத்தில் அமைந்துள்ளன. சில செடிகளின் இலைகளில் இரண்டு புறங்களிலும் அமைந்துள்ளன. ஒரு இலையிலுள்ள இலைத்துளைகளின் எண்ணிக்கை செடிக்குச் செடி வேறுபடுகிறது. ஆப்பிள் மரத்தின் இலைகளில் மேற்புறத்தில் இலைத் துளைகளே இல்லை. கீழ்ப்புறத்தில் சதுர சென்டி மீட்டருக்கு 29,400 இலைத்துளைகள் உள்ளன. ஊமத்தைச் செடியின் இலையில் மேற் புறத்தில் சதுர சென்டி மீட்டருக்கு 11,400 இலைத்துளைகளும், கீழ்ப் புறத்தில் 18,900 இலைத்துளைகளும் உள்ளன. ஓர் மரத்தின் இலை களில் சதுர சென்டிமீட்டருக்கு 1,03,800 இலைத்துளைகள் உள்ளன. இவ்விதம் ஓர் இலையில் இலட்சக்கணக்கான இலைத் துளைகள் இருக்கலாம். எனினும், இவை அளவில் மிக மிக நுண்ணி யவை. அவற்றின் நீளம் 40μ வரை இருக்கலாம். அகலம் 20μ வரை இருக்கலாம். (1μ 1/1000 மி. மீட்டர்). அவற்றின் உயர்ந்தபட்ச பரப்பு 754 ச.μ (·000754 ச.மி. மீட்டர்) இருக்க லாம். எனவே, ஓர் இலையிலுள்ள துளைகளின் மொத்தப் பரப்பு (pore area) இலையின் பரப்பில் 1–3 சதவிகிதமே உள்ளது.

துளைப்பரப்பு இவ்வளவு குறைவாக இருப்பதால் நீராவிப் போக்குக் குறைவாகவே நடைபெறுகிறது என்று எண்ணிவிடக் கூடாது. ஒரு செடி எடுத்துக்கொள்ளும் நீரில் 90 சதவிகிதத் திற்குமேல் நீராவிப் போக்கின்மூலம் வெளிச்சென்றுவிடுகிறது.

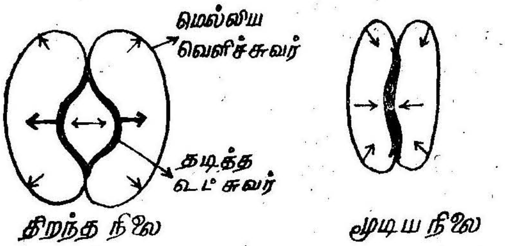
ஓர் ஏக்கர் மக்காச் சோளம் ஒரு பசலியில் சுமார் 1,300 டன் நீரை உபயோகிக்கிறது என்று தெரிகிறது. இவ்விதம் குறைந்த பரப்பிலிருந்து மிகுதியான நீர் ஆவியாவதற்குக் காரணம், நுண் துளைகளுக்கும் ஆவியாதலுக்கும் இடையேயுள்ள தனிப்பட்ட தொடர்பேயாகும். இத் தொடர்பைபிரவுன் (Brown), எஸ்கோம்பி (Escombe) என்ற இரண்டு விஞ்ஞானிகள் கண்டுபிடித்தனர். ஒரு நுண் துளையின்மூலம் வெளியே பரவும் மூலக்கூறுகள் அத் துளையின் பரிதியை (circumference) ஒட்டிப் பரவுகின்றன. எனவே, பரவு விகிதம் நுண்துளையின் விட்டத்தைப் பொறுத் துள்ளதேயன்றிப் பரப்பை அன்று. உதாரணமாக, ஒரு வாயகன்ற கலனில் தண்ணீரை எடுத்துக்கொள்வோம். தண்ணீரின் பரப்பி லிருந்து நீர் ஆவியாகிறது. மற்றொரு கலனில் தண்ணீரை எடுத்துக்கொண்டு அதை நுண்துளைகள் பல கொண்ட ஒரு தடுக் கால் (septum) மூடுவோம். நுண்துளைகளின் மொத்தப் பரப்பு முதல் கலனிலுள்ள தண்ணீரின் திறந்த பரப்புக்குச் சமமாக இருக்கும்படி செய்வோம். ஒரு குறிப்பிட்ட காலகட்டத்தில் பல்துளைத் தடுக்கால் (multiperforate septum) மூடப்பட்ட கலனி லிருந்து ஆவியாகும் நீரின் அளவு, மூடப்படாத பரப்பிலிருந்து ஆவி

யாவதைக்காட்டிலும் அதிகமாக இருக்கும். ஏன்? மூடப்படாத பரப்பிலிருந்து வரும் நீராவியின் மூலக்கூறுகள் திறந்த பரப்பைச் சுற்றிலும் உறைபோலச் சூழந்துகொள்கின்றன. இந் நீராவிக் கூட்டில் தண்ணீர் மூலக்கூறுகளின் செறிவு மிகுந்து இருப்பதால், அவை மேற்கொண்டு தண்ணீர் ஆவியாவதைத் தடுக்கின்றன. ஆனால், நுண்துளையின் பரிதியை ஒட்டி வெளியேறும் நீராவி மூலக் கூறுகள் ஒரு விசிறியைப்போல விரிந்து பரவுகின்றன; இரு துளை களுக்குமிடையே உள்ள பகுதிகளிலும் பரவுகின்றன. எனவே, ஆவி யாதல் தொடர்ந்து நடைபெறுகிறது. இந்த நுண்துளைகளுக்கு இடையேயுள்ள இடைவெளி அதிகமாக இருந்தால் ஆவியாதல் இடையூறின்றி நடைபெறுகிறது. எனவே, ஒரு குறிப்பிட்ட காலத்தில் திறந்த நீர்ப்பரப்பைவிடப் பல்துளைத் தடுக்கால் மூடப் பட்ட நீர்ப்பரப்பு அதிகமான தண்ணீரை இழக்கும் (படம் 6–5). பரவுதல் நன்கு நடைபெற வேண்டுமானால், நுண்துளைகளுக்கு இடையேயுள்ள தூரம் அவ்வற்றின் விட்டத்தைப்போல் 10மடங்கு அதிகமாக இருக்கவேண்டுமெனத் தெரிகிறது. இலைத்துளைகள் பலவற்றைக்கொண்ட இலையின் புறத்தோல் ஒரு பல்துளைத் தடுக் காக இயங்குகிறது. இலைத்துளைகள் போதுமான அளவு இடை வெளிவிட்டு அமைக்கப்பட்டுள்ளன. உதாரணமாக, சூரியகாந்திச் செடியின் இலைகளில் இலைத்துளைகளுக்கு இடையேயுள்ள தூரம் அவற்றின் விட்டத்தைப்போல் 8 மடங்காக உள்ளது. எனவே தான், இலைத்துளைகளின் மொத்தப் பரப்பு குறைவாக இருந்த போதிலும் இலை ஏராளமான நீரை இழக்கிறது.

படம் - 6.5

இலைத்துளைகள் பொதுவாகத் திறந்து மூடக்கூடியவை. (இதற் குச் சில விதிவிலக்குகள் உண்டு.) இதற்குக் காப்பு செல்கள் உதவு கின்றன. காப்பு செல்களின் துளை ஒட்டிய உட்சுவர் தடிமனாக நெகிழ்வற்று உள்ளது; அதன் வெளிச்சுவர் மெல்லியதாக நெகிழ் வுடன் கூடியதாக இருக்கிறது. காப்பு செல்களுக்குள் தண்ணீர் சென்று அவை விறைப்படையும்போது, அவற்றின் மெல்லிய வெளிச்சுவர்கள் வெளிநோக்கி விரிகின்றன. அப்போது நெகிழ் வற்ற உட்சுவர்கள் துளையிலிருந்து வெளிநோக்கி இழுக்கப்படு கின்றன. இவ்விதம் உட்சுவர்கள் இரண்டும் விலகும்போது இலைத்

துளை விரிவடைகிறது; அதாவது, திறக்கின்றது. காப்பு செல்களிலிருந்து தண்ணீர் வெளியேறும்போது அவை விறைப்பு இழந்து நெகிழ்வடைகின்றன. வெளிச்சுவர் முன் நிலையை அடைகிறது. உட்சுவர்கள் இரண்டும் உள்தள்ளப்பட்டு ஒன்றோடொன்று சேர்ந்து இலைத்துளையை மூடிவிடுகின்றன (படம் 6-6). பொதுவாக இலைத்துளைகள் வெளிச்சத்தில் திறந்திருக்கின்றன. இருளில் மூடிக் கொள்கின்றன. நீராவிப் போக்கின் முக்கியமான பாதையாகிய இலைத்துளைகள் இவ்விதம் மூடித் திறப்பதால், அந் நிகழ்ச்சி ஓரளவிற்குக் கட்டுப்படுத்தப்படுகிறது. இதைப்பற்றிப் பின்னர் விரிவாகக் காண்போம்.



படம் - 6·6 இலைத்துளை மூடித்திறத்தல்

இலைத்துளைகள் திறந்து மூடுவதற்குக் காப்பு செல்களில் ஏற்படும் விறைப்பு அழுத்த மாற்றமே காரணம் என்று பார்த்தோம். இந்த விறைப்பு அழுத்த மாற்றம் எப்படி ஏற்படுகிறது? இதைப்பற்றிப் பல கருத்துகள் கூறப்படுகின்றன. ஆனால், பெரும்பான்மையோரால் ஏற்றுக்கொள்ளப்பட்ட ஒரு கருத்தைமட்டும் பார்ப்போம்.

இருளில் இலைத்துளை மூடியிருக்கிறது என்று பார்த்தோம். அப்போது காப்பு செல்களில் மாவுப்பொருள்களின் அளவு அதிகமாகவும், சர்க்கரைப் பொருளின் அளவு குறைவாகவும் இருக்கிறது. ஒளியிலே இலைத்துளை திறந்துகொள்ளும்போது காப்பு செல்களில் சர்க்கரைப் பொருளின் அளவு அதிகமாக இருக்கிறது; மாவுப் பொருளின் அளவு குறைவாக இருக்கிறது. மாவுப்பொருள் கொலாயிடு நிலையில் உள்ளது என்று பார்த்தோம். கொலாயிடுகளுக்குக் குறைந்த ஆஸ்மாடிக் அழுத்தமே உண்டு. ஆனால், சர்க்கரைப் பொருள் கரைசலாக உள்ளது. எனவே, அதற்கு உயர்ந்த ஆஸ்மாடிக் அழுத்தம் உண்டு. இவ்விதம் காப்பு செல்லிலுள்ள மாவுப்பொருள் சர்க்கரைப் பொருளாக மாற்றப்படும்போது, காப்பு செல்லின் ஆஸ்மாடிக் அழுத்தம் உயர்கிறது. அப்போது

அதன் உறிஞ்சு அழுத்தமும் உயர்கிறது. எனவே, காப்பு செல் சுற்றியுள்ள புறத்தோல் செல்லிலிருந்து தண்ணீரை உறிஞ்சி விறைப்பு அழுத்தம் பெறுகிறது. இதன் விளைவாகக் காப்பு செல் விரிவடைகிறது. இருளில் இதற்கு மாறான நிகழ்ச்சிகள் நடைபெறுகின்றன. சர்க்கரைப் பொருள் மாவுப்பொருளாக மாற்றப்பட்டுக் காப்பு செல்லின் ஆஸ்மாடிக் அழுத்தமும், அதன் உறிஞ்சு அழுத்தமும் குறைகின்றன. அப்போது தண்ணீர் காப்பு செல்லிலிருந்து வெளியேறுகிறது. காப்பு செல் விறைப்பு இழந்து நெகிழ்வடைகிறது. இலைத்துளை மூடப்படுகிறது. இந்த சர்க்கரைப் பொருள்—மாவுப்பொருள் மாற்றம் ஸ்டார்ச் பாஸ்போரிலேஸ் (starch phosphorylase) எனும் நொதியின் உதவியால் நடைபெறுகிறது. இந்த மாற்றங்களில் எது நடைபெறவேண்டுமென்பதை நிர்ணயிப்பது காப்பு செல்களின் அமிலத் தன்மை அல்லது காரத் தன்மை என்று கருதப்படுகிறது.* காரத்தன்மை அதிகமாக இருக்கும்போது சர்க்கரைப் பொருளின் அளவு அதிகமாக இருக்கிறது; அமிலத் தன்மை அதிகமாக இருக்கும்போது மாவுப் பொருள் அதிகமாக இருக்கிறது. எனவே, காரத்தன்மை மிகும் போது மாவுப்பொருள் சர்க்கரைப் பொருளாக மாற்றப்படுகிறது என்றும், அமிலத் தன்மை மிகும்போது சர்க்கரைப் பொருள் மாவுப் பொருளாக மாற்றப்படுகிறது என்றும் கொள்ளலாம். இவ்விதம் தோன்றும் சர்க்கரைப் பொருள் குளுகோஸ்-1-பாஸ்பேட் (glucose-1-phosphate) எனப்படுகிறது. இந்த மறிநிலை மாற்றத்தை (reversible reaction) கீழ்க்கண்ட சமன்பாட்டால் குறிக்கலாம்:

ஸ்டார்ச்
பாஸ்போரிலேஸ்
மாவுப் பொருள் ⇌ குளுகோஸ்-1-பாஸ்பேட்

இந்த மாற்றத்திற்குக் காரணமான நொதி காப்பு செல்லில் இருப்பதாகக் கண்டுபிடிக்கப்பட்டுள்ளது.

இனி, கார-அமிலத் தன்மைகள் மாறுவது ஏன்? இருளில் ஒளிச் சேர்க்கை நடைபெறுவதில்லை. எனவே, ஒளிச்சேர்க்கைக்குப் பயன்படும் கார்பன்-டை-ஆக்ஸைடு (carbon-di-oxide) இலை செல்களிலேயே செறிவடைகிறது. கார்பன்-டை-ஆக்ஸைடு அமில

* ஓர் ஊடகத்தின் அமில அல்லது காரத்தன்மையை நிர்ணயிப்பது அதிலுள்ள சுயேச்சையான ஹைட்ரஜன் அயனிகளின் செறிவாகும். இச் செறிவு பிஎச் (pH) எனும் மதிப்பால் குறிப்பிடப்படுகிறது. pH 7 என்ற மதிப்பு நடு நிலை ஊடகத்தைக் குறிக்கும். 7-க்கு மேற்பட்ட மதிப்பு காரத் தன்மையையும், குறைந்த மதிப்பு அமிலத் தன்மையையும் குறிக்கும்.

குணமுடையது. எனவே, ஊடகம் அமிலத் தன்மை உடையதாக இருக்கிறது. இலையின்மேல் ஒளி படும்போது ஒளிச்சேர்க்கை நடைபெறுகிறது. அதன் விளைவாக இலையிலுள்ள கார்பன்-டை-ஆக்ஸைடின் அளவு குறைகிறது. ஊடகம் காரத்தன்மை அடைகிறது. இலைத்துளைகள் மூடித்திறக்கும்போது ஏற்படும் நிகழ்ச்சிகளைக் கீழ்க்கண்டவாறு குறிக்கலாம் :

> ஒளி→ ஒளிச்சேர்க்கை→ கார்பன்-டை-ஆக்ஸைடு குறைவு → அமிலத் தன்மை மாறுதல்→ சர்க்கரைப் பொருளின் தோற்றம்→ ஆஸ்மாடிக் அழுத்த உயர்வு→ நீர் உறிஞ்சுதல் → விறைப்பு அழுத்தத்தின் தோற்றம்→ வெளிச்சுவர் விரிதல்→ உட்சுவர் இழுக்கப்படுதல்→ இலைத்துளை திறத்தல்.

இருளில் இந் நிகழ்ச்சிகள் எதிர்த்திசையில் நடைபெறுகின்றன. எனவே, இலைத்துளை மூடிக்கொள்கிறது.

இவ்விதம் இலைத்துளை மூடித்திறப்பதிலும் ஒரு லயம் உள்ளது. அதிகாலையில் இலைத்துளை திறக்க ஆரம்பிக்கிறது. பின்னர் பெரிதாகிக்கொண்டேபோகிறது. நடுப்பகலை ஒட்டி முழுவதும் திறந்துள்ளது. பின்னர் மெதுவாக மூட ஆரம்பிக்கிறது. பிற்பகல் மீண்டும் சற்று விரிவடைகிறது. 6—7 மணிக்குள் மூடிக் கொள்கிறது. இலைத்துளைகளின் இந்த லயம் நீராவிப் போக்கின் லயத்தை ஓரளவிற்கு ஒத்திருப்பதைக் காணலாம்.

இனி, இலைத்துளைகளின் இயக்கத்திற்கும் நீராவிப் போக்கிற்கும் இடையேயுள்ள தொடர்பைப்பற்றிப் பார்க்கலாம். இலைத்துளைகள் மூடித்திறக்கும் திறனுள்ளவையாக இருப்பதால் அவை நீராவிப் போக்கைக் கட்டுப்படுத்துவதில் முதன்மையான பங்கு வகிக்கின்றன என்றும், நீராவிப் போக்கைப் பாதிக்கும் மற்ற அம்சங்கள் இலைத்துளைகளின்மூலமே நீராவிப் போக்கைக் கட்டுப்படுத்துகின்றன என்றும் கருதப்பட்டது. டார்வின் (Darwin), இல்ஜின் (Ilgin) போன்ற விஞ்ஞானிகள் இக் கருத்தைக் கொண்டிருந்தனர். லாய்டு (Lloyd) என்ற விஞ்ஞானி இக் கோட்பாட்டுக்கு மறுப்புத் தெரிவித்தார். நீராவிப் போக்கின் லயத்திற்கும் இலைத்துளைகளின் லயத்திற்குமிடையே ஒருவித ஒற்றுமை இருந்தபோதிலும், அவை இரண்டுக்குமிடையே சிறிது கால வேறுபாடு உள்ளது என்பதை அவர் கண்டார். காலை நேரங்களில் நீராவிப் போக்கு உச்சமட்டத்தை அடையுமுன்பே இலைத்துளை முழுமையாகத் திறந்துவிடுகிறது. மாலையில் இலைத்துளை நன்றாக மூடியபின்பும் நீராவிப் போக்கு

குறைந்துகொண்டே வருகிறது. சில செடிகளை இருளிலிருந்து வெளிச்சத்திற்குக் கொண்டுவந்தால் இலைத்துளைகளின் அளவிலே எந்தவித மாறுபாடும் இல்லாமலேயே நீராவிப் போக்கு ஒரு மணி நேரத்தில் ஏறத்தாழ 4 மடங்கு அதிகரிக்கிறது என்பதையும் அவர் கண்டார். எனவே, நீராவிப் போக்கைக் கட்டுப்படுத்துவதில் இலைத்துளைகள் முதன்மையான பங்கு வகிக்கின்றன என்று கூற முடியாது என்ற முடிவிற்கு அவர் வந்தார். முயென்ஷர் (Muensher) செய்த சோதனைகளிலிருந்து ஓர் இலையிலுள்ள இலைத்துளைகளின் எண்ணிக்கை, அவற்றின் அளவு ஆகியவற்றிற்கும் நீராவிப் போக்கிற்கும் இடையே நெருங்கிய தொடர்பு எதுவும் இல்லை என்று தெரியவந்தது. லிவிங்ஸ்டன் (Livingston), பிரவுன் (Brown) ஆகியோர் செய்த சோதனைகளிலிருந்து, இலை செல்களில் உள்ள தண்ணீரின் அளவு நீராவிப் போக்கைப் பாதிக்கிறது என்பதும் தெரிந்தது.

இந்த விவரங்களின் அடிப்படையில் நீராவிப் போக்கின் லயத்தையும், அதற்கும் இலைத்துளைகளுக்குமிடையே உள்ள தொடர்பையும் மேயரும் ஆண்டெர்ஸனும் (Meyer & Anderson) பின்வருமாறு விளக்குகிறார்கள்: இரவுக் காலங்களில் இலை செல்களில் தண்ணீரின் செறிவு மிகுதியாக உள்ளது. இந் நீர் ஆவியாகி செல் இடைவெளிகளை நிரப்புகிறது. காலையில் இலைத்துளைகள் திறக்கும் போது இலையினுள் உள்ள ஈரம் செறிந்த காற்றிற்கும், வெளியே உள்ள ஈரம் குறைந்த காற்றிற்கும் இடையே தொடர்பு ஏற்படுகிறது. அப்போது பரவுதல்மூலம் நீராவி வெளியேறுகிறது. இலைத்துளைகள் ஒன்றன்பின்ஒன்றாகத் திறக்கும்போது, காற்றிற்கும் செல் இடைவெளிகளுக்குமிடையே மேலும் மேலும் அதிகமான தொடர்பு ஏற்பட்டு, அதிகமான நீராவி வெளியேறுகிறது. இலைத்துளைகள் முற்றிலும் திறந்த பின்பு அவற்றின் அளவிலே ஏற்படும் சிறு மாற்றங்கள் நீராவிப் போக்கின் அளவைப் பாதிப்பதில்லை. பொழுது ஏறஏற வெப்பநிலை அதிகரித்துக்கொண்டே போகிறது; வெப்பநிலை அதிகரிக்கும்போது இலையினுள் இருக்கும் நீராவியின் பரவு அழுத்தம் (diffusion pressure) உயர்ந்துகொண்டே போகிறது. நீராவிப் போக்கும் அதிகமாகிறது. எனவே, முற்பகலில் நீராவிப் போக்கின் உயர்வுக்குக் காரணமாக இருப்பது இப் பரவு அழுத்த மாறுபாடுதான். முற்றிலும் திறந்த இலைத்துளைகள் நீராவிப் போக்கைப் பாதிப்பதில்லை.

பெரும்பான்மையான செடிகளில் முற்பகலில் ஏற்படும் உயர்ந்த நீராவிப் போக்குக்கு ஏற்றவாறு நீர் உறிஞ்சுதல் நடைபெறுவதில்லை. இதன் விளைவாகச் செடி முழுவதிலும், குறிப்பாக

இலைகளில் நீர்த் தட்டுப்பாடு ஏற்படுகிறது. இலை செல்களின் சுவரி லிருந்து நீர் ஆவியாவது குறைகிறது. அதே சமயத்தில் நீர்த் தட்டுப்பாட்டின் காரணமாக இலை செல்களின் விறைப்பு அழுத் தம், குறிப்பாகக் காப்பு செல்களின் விறைப்பு அழுத்தம் குறை கிறது. அப்போது இலைத்துளை மூட ஆரம்பிக்கிறது; நீராவிப் போக்கும் குறைகிறது. இவ்விதம் முற்பகலில் இலை செல் இடை வெளியிலுள்ள நீராவியின் பரப்பழுத்தமும், பிற்பகலில் மூடிக் கொண்டிருக்கும் இலைத்துளைகளும் நீராவிப் போக்கைக் கட்டுப் படுத்துகின்றன என்று கூறலாம்.

நீராவிப் போக்கு–நீர் உறிஞ்சுதல் சமநிலை (Transpiration, Absorption Balance) : தாவரங்களின் இலைகளிலிருந்து ஏராளமான தண்ணீர் ஆவியாகிறது. இதை ஈடுசெய்ய நிலத்திலிருந்து தண் ணீர் உறிஞ்சப்படவேண்டும். இவ்விரண்டிற்குமிடையே ஒரு சமநிலை இருக்கவேண்டும். இச் சமநிலை நீராவிப் போக்கு-நீர் உறிஞ்சுதல் சமநிலை (transpiration-absorption balance) எனப்படு கிறது. இச் சமநிலை 1-க்குச் சமமாக இருக்கும்போதும், ஒன்றிற்கு மேற்பட்டு இருக்கும்போதும் செடி விறைப்பு நிலையில் உள்ளது (கீழ்க்கண்ட சமன்பாட்டைப் பார்க்கவும்). ஒன்றிற்குக் குறைவாக இருக்கும்போது செடி வாடிக் காணப்படுகிறது.

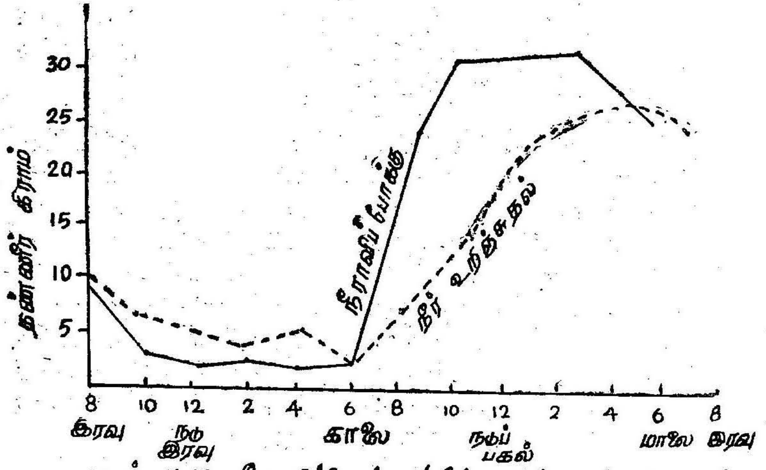
நீ.போ/நீ.உ $= 1 =$ விறைப்பு நிலை

நீ.போ/நீ.உ $= <1 =$ தாற்காலிக வாடல்

பொதுவாக, தாவரங்களில் நீராவிப் போக்கு உயர்ந்து கொண்டுபோகும்போது நீர் உறிஞ்சுதலும் அதிகரித்துக்கொண்டு போகிறது. ஆனால், நீராவிப் போக்கை ஈடுசெய்யக்கூடிய அள விற்கு நீர் உறிஞ்சப்படுவதில்லை. ஆனால், மாலை நேரத்தில் நீராவிப் போக்கு குறையும்போது, நீர் உறிஞ்சுதலின் அளவு நீராவிப் போக் கின் அளவைக் காட்டிலும் அதிகமாக இருக்கிறது. பின்வரும் படம் 6-7-ல் இந்த உறவு வரைகோடாகக் காட்டப்பட்டுள்ளது.

வரைகோட்டைப் பார்த்தால், முற்பகலில் உறிஞ்சுதல் நீரா விப் போக்கைவிடக் குறைவாக இருப்பதைக் காணலாம். அதாவது, தண்ணீர் எடுத்துக்கொள்ளப்படுவதைவிட அதிகமாக வெளியேற் றப்படுகிறது. அப்போது நீ.போ/நீ.உ. சமநிலை குலைகிறது. எனவே, இலை செல்களில் உள்ள தண்ணீரின் அளவு குறைகிறது. செல்களின் விறைப்பு அழுத்தம் குறைந்து செல்கள் நெகிழ்ச்சி யடைகின்றன. அப்போது செடிகளின் இலைகளும் தண்டின் முனை யும் விறைத்து நிற்காமல் கீழ்நோக்கிச் சாய்ந்துவிடுகின்றன. இது

வாடல் (wilting) எனப்படுகிறது. நடுப்பகல் நேரத்தில் மரங்களும் செடிகளும் வாடி இருப்பதற்கு இதுவே காரணம். பிற்பகலில் நீராவிப் போக்கு குறையும்போது, உள்வரும் தண்ணீர் வெளியேறும் தண்ணீரைவிட அதிகமாக இருக்கிறது. நீ.போ/நீ.உ. சமநிலை ஏற்பட்டுவிடுகிறது. எனவே, செல்கள் மீண்டும் விறைப்



படம் – 6.7 நீராவிப்போக்கு / நீர் உறிஞ்சுதல் (கிரேமெர். 1937)

படைந்து செடி நிமிர்ந்து நிற்கிறது. இவ்விதம் நடுப்பகலில் ஏற்பட்டுப் பின்னர் மறைந்துவிடும் வாடல் தாற்காலிக வாடல் (temporary wilting) எனப்படுகிறது. தாற்காலிக வாடல் அடைந்த செடிகளைக் குளிர்ந்த, நிழலான இடத்தில் வைத்து நீராவிப் போக்கைக் குறைத்தால், அவை மீண்டும் நிமிர்ந்துவிடுவதைக் காணலாம்.

நிலத்திலிருந்து தண்ணீர் உறிஞ்சப்பட்டு ஆவியாக்கப்படும்போது, நிலத்திலுள்ள தண்ணீரின் அளவு குறைந்துகொண்டே போகிறது. நிலத்திற்குத் தண்ணீர் பாய்ச்சாவிட்டால் நீரின் அளவு மேலும் மேலும் குறைந்துகொண்டே போகிறது. ஒரு நிலையில் நிலத்திலுள்ள தண்ணீரைத் தாவரங்களால் எடுத்துக் கொள்ள முடிவதில்லை. இந்த நிலையில் செடியில் தொடர்ந்து நீராவிப் போக்கு ஏற்படுவதால், செல்கள் விறைப்பை இழந்து வாடுகின்றன. இச் செடிகளைக் குளிர்ந்த நிழலான இடத்தில் வைத்தால், அவை மீண்டும் நிமிர்ந்து நிற்பதில்லை. இந்த வாடல் நிலையானவாடல்,' (permanent wilting) எனப்படுகிறது. செடிகள்

நிலையான வாடல் அடைந்த பின், அவை மீண்டும் துளிர்க்க வேண்டுமானால் நிலத்திற்குத் தண்ணீர் ஊற்ற வேண்டும். செடிகள் நிலையான வாடல் அடையும்போது நிலத்தில் தண்ணீரே இல்லை என்று கருதக்கூடாது. அதில் ஓரளவு தண்ணீர் இருக்கிறது. ஆனால், இத் தண்ணீர் செடிகளுக்குப் பயன்படுவதில்லை. இவ்விதம் நிலையான வாடல் ஏற்படும்போது நிலத்திலிருக்கும் தண்ணீரின் அளவு (வறண்ட மண்ணின் சதவிகிதத்தில் இதைக் குறிப்பிட வேண்டும்) நிலத்தின் வாடல் சம எண் (wilting co-efficient) எனப்படுகிறது.

நீராவிப் போக்கின் நன்மைகள் : தாவரங்களுக்கு நீர் இன்றியமையாதது என்று பார்த்தோம். தாவரங்களைப் பொறுத்த மட்டில், வேறெந்தப் பொருளைக் காட்டிலும் தண்ணீர் கிடைப்பது தான் அரிதாக இருக்கிறது. எனினும், தாவரங்கள் எடுத்துக் கொள்ளும் நீரில் பெரும்பகுதி ஆவியாகிவிடுகிறது. இது தாவரங்களுக்குத் தீமைதானே என்று கருதலாம். இத் தீமையாலும் சில நன்மைகள் விளைவதாக விஞ்ஞானிகள் கருதுகின்றனர்.

தாவரங்களினுள்ளே வேரிலிருந்து இலைவரை ஒரு தொடர்ச்சியான நீர் ஓட்டம் ஏற்படுவதற்கு நீராவிப் போக்கு உதவுகிறது. தாவரங்களால் எடுத்துக்கொள்ளப்படும் உப்புகள் செடியின் பல பகுதிகளுக்கும் செல்ல நீராவிப் போக்கு உதவுகிறது. தாவரங்களின் மேற்படும் ஒளியில் 65 சதவிகிதம் ஈர்த்துக்கொள்ளப்படுகிறது. 10 சதவிகிதம் பிரதிபலிக்கப்பட்டுவிடுகிறது. சுமார் 25 சதவிகிதம் இலையினூடு கடந்துசெல்கிறது. இந்த ஒளி ஆற்றல் சுலபமாக வெப்ப ஆற்றலாக மாற்றப்படுகிறது. எனவே, இலையின் வெப்ப நிலை உயர்கிறது. இவ் வெப்ப ஆற்றல் நீராவிப் போக்கின் போது நீரை ஆவியாக்குவதற்குச் செலவிடப்படுகிறது என்றும், எனவே, இலையின் வெப்பநிலை அதிகம் உயர்வதில்லை என்றும் கூறுகிறார்கள். இவ்விதம் நீராவிப்போக்கு சில நன்மைகளை விளைவிக்கும் தீமையாக இருப்பதால், அதை இன்றியமையாத தீமை (necessary evil) என்று கூறுவார்கள்.

ஆனால், நீராவிப் போக்கினால் ஏற்படும் நன்மைகளின் முக்கியத்துவம் சற்று மிகைப்படுத்தியே கூறப்பட்டுள்ளது என்பது சில விஞ்ஞானிகளின் கருத்து. உதாரணமாக, நீராவிப் போக்கினால் நீர் இலைகளுக்குச் செல்வது விரைவுபடுகிறது என்பது உண்மையேயாயினும், அது இல்லாமலேகூட இலைகளுக்கு நீர் செல்ல முடியுமென்பது மேயர், ஆண்டெர்ஸன் இவர்களின் கருத்து. நீராவிப் போக்கு நிகழாதிருக்கும் இரவுக் காலத்தில்கூடப் போதுமான அளவு

ஊட்டப் பொருள்கள் இலைகளுக்குச் செல்லுகின்றன. உப்புகள், தண்ணீர் இவற்றின் இடப்பெயர்ச்சி வெவ்வேறு வசதிகளுக்குக் கட்டுப்பட்டு நிகழ்கிறது என்றும், ஒரு குறிப்பிட்ட நேரத்தில் கரைப்பானும் கரைபொருளும் வெவ்வேறு விதிகளில் சென்று கொண்டிருக்க முடியுமென்றும் ஹோக்லண்ட் (Hogland) எடுத்துக் காட்டினார். எனவே, நீராவிப் போக்கினால் உப்புகளின் இடப் பெயர்ச்சி அதிகமாகப் பாதிக்கப்படுவதில்லை. இலைகளின் வெப்ப நிலையைக் குறைப்பதிலும் நீராவிப் போக்கு முக்கியமான பங்கு வகிப்பதில்லை என்பது மேயர், ஆண்டெர்ஸன் இவர்களின் கருத்து. மிகுந்த நாளில் ஓர் இலையின் வெப்ப நிலை 37 டிகிரி செ.கி. வரை உயர முடியும். இதைக் குறைக்கவேண்டுமானால் இலையின் ஒரு சதுர டெஸிமீட்டர் பரப்பிலிருந்து ஒரு மணிக்கு 6.6 கிராம் தண்ணீர் ஆவியாக வேண்டுமென அவர்கள் எடுத்துக் காட்டினார்கள். மிகவும் சாதகமான நிலைகளில்கூடத் தாவரங்களில் இவ்வளவு உயர்ந்த நீராவிப் போக்கு நிகழ்வதில்லை. எனவே, வெப்பத்தில் பெரும்பகுதி கதிர்வீச்சின் (radiation) மூலம் இழக்கப்படுகிறது என்பது அவர்கள் கருத்து.

இலைகளிலிருந்து நீர் ஆவியாவதற்கு இலையின் உள்வெளி அமைப்புகள் சாதகமாக உள்ளன. இலையின் இந்த அமைப்பு நீராவிப் போக்கிற்காக ஏற்பட்டதன்று. இந்த அமைப்பின் மூலம் தான் ஒளிச்சேர்க்கை சிறப்பாக நடைபெற முடிகிறது. ஒரு நிகழ்ச்சிக்குச் (ஒளிச்சேர்க்கை) சாதகமாக உள்ள ஓர் அமைப்பின் பயனாக மற்றொரு நிகழ்ச்சி (நீராவிப் போக்கு) நடைபெறுகிறது. எனவே, நீராவிப் போக்கை இன்றியமையாத தீமை என்று கூறுவதைவிடத் தவிர்க்க முடியாத தீமை (unavoidable evil) என்று கூறுவது பொருந்தும்.

நீராவிப் போக்கைப் பாதிக்கும் அம்சங்கள்

1. **ஒளி :** ஒளியில் நீராவிப் போக்கு அதிகமாகிறது. ஒளி, இலைத்துளைகள் திறப்பதற்கு உதவுகிறது என்று பார்த்தோம். எனவே, நீராவிப் போக்கும் அதிகமாகிறது. மேலும், ஒளி ஆற்றல் வெப்ப ஆற்றலாக மாற்றப்பட்டு இலையின் வெப்ப நிலையை உயர்த்துகிறது. இவ் வெப்பநிலை உயர்வின் விளைவாகவும் நீராவிப் போக்கு அதிகமாகிறது.

2. **காற்றின் ஈரப்பதை :** காற்றின் ஈரப்பசை அதிகமாக அதிகமாக நீராவிப் போக்கு குறைகிறது.

நீராவிப் போக்கின் இரண்டாவது நிலை ஒரு பரவுதல் நிகழ்ச்சி என்று பார்த்தோம். பரவுதல், செறிவு மிகுந்த இடத்திலிருந்து

குறைந்த இடத்தை நோக்கி நிகழ்கிறது என்றும் பார்த்தோம். எனவே, இலையிலிருந்து நீராவி வெளியேறுவது இலைக்கு உள்ளும் வெளியேயும் இருக்கும் ஈரப்பசையின் அளவைப் பொறுத்தது. ஈரப்பசை உள்ளே அதிகமாகவும் வெளியே குறைவாகவும் இருந்தால், பரவுதல் விரைவாக நடைபெறும். அதிகமான நீராவி வெளியேறும். வெளியேயுள்ள காற்றின் ஈரப்பசை அதிகமாக அதிகமாக, இவ்விரண்டிற்கும் இடையேயுள்ள ஈரப்பசை வேறுபாடு குறைந்துகொண்டே வருகிறது. மழைக்காலத்தில் காற்றின் ஈரப்பசை மிகுதியாக இருக்கும்போது நீராவிப் போக்கு குறைகிறது. கோடைக் காலத்தில் ஈரப்பசை குறைவாக இருக்கும்போது நீராவிப் போக்கு அதிகமாகிறது.

வெப்பநிலை (Temperature) : வெப்பநிலை உயர உயர நீராவிப் போக்கும் உயர்கிறது வெப்பம் உயரும்போது, மேலும் மேலும் அதிகமான நீர் ஸெல் சுவரிலிருந்து ஆவியாகி, ஸெல் இடைவெளிகளை நிரப்புகிறது. அதாவது, ஸெல் இடைவெளிகளில் நீராவியின் செறிவு அதிகமாகிறது. அதே சமயத்தில் காற்றின் வெப்பநிலை உயரும்போது அது வறட்சி அடைகிறது.

அதாவது அதன் ஈரப்பசை குறைகிறது. இவ்விதம் இலைக்கு உள்ளும் வெளியும் இருக்கும் ஈரப்பசையின் அளவுகளுக்கிடையே உள்ள வேறுபாட்டை வெப்பம் உயர்த்துகிறது. அப்போது மிகுதியான நீராவிப் போக்கு ஏற்படுகிறது. மேலும் வெப்பநிலை உயரும் போது மூலக்கூறுகளின் இயக்க ஆற்றல் அதிகமாகிறது. எனவே, தண்ணீர் மூலக்கூறுகள் வெளியே பரவும் வேகமும் அதிகமாகிறது.

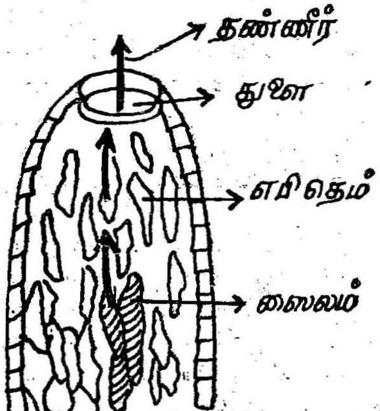
காற்று : காற்று அதிகமாக அதிகமாக நீராவிப் போக்கும் அதிகமாகிறது. காற்றுக்கும், நீராவிப் போக்கிற்கும் இடையேயுள்ள தொடர்பு சற்றுச் சிக்கலானது. இலைத்துளைகளிலிருந்து வெளிவரும் நீராவி அவற்றைச் சுற்றி ஒரு நீராவிக் கூட்டை உண்டாக்குகிறது. இதனால் நீராவி மேலும் வெளியே பரவுவது தடைப்படுகிறது. காற்றடிக்கும்போது இந் நீராவிக் கூடு அப்புறப் படுத்தப்படுகிறது. எனவே, நீராவிப் போக்கு தடையின்றித் தொடர்ந்து நடைபெறுகிறது. காற்று மிகவும் அதிகமாக இருந்தாலும் நீராவிப் போக்கு தடைப்படுகிறது. மெல்லிய காற்றே நீராவிப் போக்கிற்குச் சாதகமானது.

தண்ணீர் : நீராவிப் போக்கு, செடிக்குக் கிடைக்கும் தண்ணீரின் அளவையும் பொறுத்துள்ளது. உறிஞ்சப்படும் தண்ணீரின் அளவிற்குமேல் நீராவிப் போக்கு சில சமயங்களில் ஏற்படுவது

உண்மையே. ஆனால், குறைந்த ஒரு காலத்திற்கே அது நடை பெறும். பொதுவாக நீர் உறிஞ்சுதல் தடைப்படும்போது நீராவிப் போக்கும் தடைப்படுகிறது.

நீர்க்கசிவும் நீர்ப்போக்கும் (Guttation and Bleeding) : செடியி லிருந்து நீராவிமட்டுமன்றித் தண்ணீரும் வெளியேறுகிறது. ஒரு செடியின் தண்டை வெட்டினால் அதிலிருந்து நீர் வெளியேறுவதைக் காணலாம். தென்னை, பனை முதலிய மரங்களின் பூங்கொத்துக் காம்பைச் சீவிப் பதனீர் எடுக்கிறார்கள் அல்லவா? வெட்டப்பட்ட செடியின் பாகங்களிலிருந்து தண்ணீர் வெளியேறுவது நீர்ப்போக்கு எனப்படுகிறது. இவ்விதம் வெளிவரும் நீர் கலப்பற்ற நீரன்று. அது சர்க்கரை போன்ற பொருள்களின் கரைசலாகும்.

சில செடிகளில் வெட்டப்படாத இலை நுனிகளிலிருந்தும், பக்கங்களிலிருந்தும் தண்ணீர் கசிவதுண்டு. இது நீர்க்கசிவு எனப் படுகிறது. குளிர்ச்சியான இரவிற்குப்பின் அதிகாலையில் புல்லின் நுனியில் நீர்த்துளிகள் படிந்திருப்பதைக் காணலாம். இது பனி என்று தவறாகக் கருதப்படுகிறது. இது உண்மையில் நீர்க்கசிவால்



படம்- 6·8 நீர் இலைத்துளை-
நீள்வெட்டுத் தோற்றம்

வெளிவந்த நீரேயாகும். இதற்கென இலைகளில் ஒரு தனி அமைப் புண்டு. இதற்கு நீர் இலைத்துளை (hydathode) என்று பெயர். இலையின் நீள்வெட்டுத் தோற்றத்தில் இதன் அமைப்பைக் காண

லாம். இந்த அமைப்பிலும் நடுவே ஒரு நுண்துளே உள்ளது. இதைச் சூழ்ந்து இரண்டு காப்பு செல்கள் உள்ளன. இவை இயக்க மற்றவை. துளேயை ஒட்டி உள்ள இலேத்திசு மெல்லிய செல்களால் ஆனது. இவற்றிடையே செல் இடைவெளிகள் மிகுதியாக உள்ளன. இப் பகுதி எபிதம் (epithem) எனப்படுகிறது. இலேயின் சாற்றுக்குழல் தொகுதியின் சைலம் (xylem) இந்தப் பகுதியின்கீழ் முடிவடைகிறது (படம் 6–8).

நீர்க்கசிவு, வேர் அழுத்தத்தால் தோன்றுகிறது என்று கூறுகிருர்கள். மிகச் சாதகமான நிலேகளின்கீழ் நீர் உறிஞ்சுதல் அதிகமாகவும், நீராவிப் போக்கு குறைவாகவும் இருக்கிறது. அப்போது உயர்ந்த வேர் அழுத்தம் ஏற்பட்டு தண்ணீர், தண்டில் மேல் நோக்கித் தள்ளப்படுகிறது. இலேகளில் இந்த அழுத்தம் சைலத்திலிருந்து தண்ணீரை வெளியே தள்ளுகிறது. இத் தண்ணீர் எபிதெம், திசுவில் உள்ள செல் இடைவெளிகள் வழியாகப் போய் துளேமூலம் வெளிவருகிறது. இவ்விதம் வெளிவரும் நீரின் அளவு ஒரு துளியிலிருந்து சில லிட்டர்கள்வரை இருக்கலாம். சேம்பு வகையைச் சேர்ந்த சில செடிகள் ஓர் இரவில் 10—100 க.செ.மீ. வரை இந்த முறைமூலம் வெளியேற்றுகின்றன. இந் நீர் தூய்மையானதாகவோ மாவுப் பொருள்கள், புரதப் பொருள்கள், அங்கக அமிலங்கள், உப்புகள் இவற்றின் கரைசலாகவோ இருக்கும். நீராவிப் போக்கு நிகழ முடியாத சூழ்நிலேகளில் மிகுதியான நீரை வெளியேற்ற இம் முறை தாவரங்கட்குப் பயன்படுகிறது என்று கூறுகிருர்கள். ஆனுல், தாவர நோயூக்கிகள் (plant pathogen) தாவரங்களுக்குள் செல்வதற்கு இத் துளேகள் ஒரு வழியாக இருப்பதால், இவற்ருல் தாவரங்களுக்குத் தீமையே விளேகிறது என்று சில விஞ்ஞானிகள் கருதுகின்றனர்.

7. சாறேற்றம்

(Ascent of Sap)

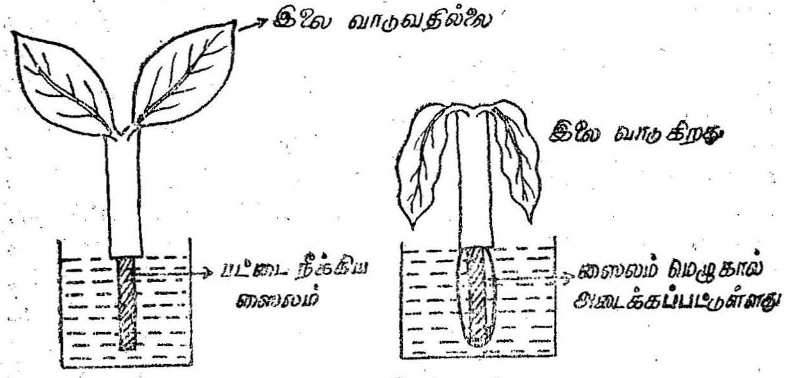
தாவரங்களின் வேர்களால் உறிஞ்சப்படும் நீர் இலைகளின் மூலம் ஆவியாகி வெளியேறுகிறது என்று பார்த்தோம். இனி, வேர்களிலிருந்து தண்ணீர் எப்படி இலைகளைச் சென்று அடைகிறது என்று பார்ப்போம். தண்ணீர் வேரிலிருந்து இலைக்குச் செல்லும் நிகழ்ச்சி சாறேற்றம் எனப்படுகிறது. இதில் இரண்டு பிரச்சினைகள் உள்ளடங்கியுள்ளன. தண்ணீர் எப்பகுதியின் வழியாகச் செல்கிறது, எந்த ஆற்றலால் செல்கிறது என்பவையே அவை.

தண்ணீரின் பாதை: தாவரங்களின் உள்அமைப்பைப் பார்த்தால், அதில் வேரிலிருந்து இலைவரை தொடர்ச்சியாகச் சாற்றுக் குழல் தொகுதிகள் (vascular elements) ஓடுவதைக் காணலாம். குழாய் வடிவில் உள்ள சில செல்களைக் கொண்ட இத் திசுக்கள் செடியின் பல பகுதிகளையும் ஒன்றாக இணைக்கின்றன. சாற்றுக்குழல் தொகுதியில் குழாய் வடிவில் உள்ள திசுக்கள் இரண்டு உண்டு. ஒன்று ஃப்ளோயம் என்றும், மற்றொன்று ஸைலம் என்றும் கூறப் படுகின்றன. இவற்றில் ஸைலத்தின் வழியாகவே நீர் மேல்நோக்கிச் செல்கிறது என்று தெரிகிறது.

ஒரு சிறு செடியை எடுத்து, அதன் தண்டை இயோஸின் (eosin) எனும் செந்நிறக் கரைசலில் சிறிது நேரம் வைத்திருந்து, பின்னர் அதன் குறுக்குவெட்டுத் தோற்றத்தை மைக்ரோஸ் கோப்பில் பார்த்தால், ஸைலம் சிவப்பு நிறம் அடைந்திருப்பதைக் காணலாம். இதிலிருந்து செந்நிறக் கரைசல் ஸைலத்தின் வழியாகவே இலைகட்குச் செல்கிறது என்று தெரிகிறது.

வளையச் சோதனைகளின் (ringing experiment) முடிவுகளும் இக் கருத்துக்கு ஆதரவாக உள்ளன. ஒரு சிறு கொப்பை எடுத்துக் கொண்டு அதன் தண்டுப் பகுதியில் உள்ள பட்டையை நீக்கிவிடு

வோம். தண்டின் பட்டையில் புறத்தோல், புறணி, ஃப்ளோயம் முதலிய பகுதிகள் உள்ளடங்கியுள்ளன. பட்டையை நீக்கியபின் மீதமிருக்கும் பகுதியில் சைலம் மட்டுமேயுள்ளது. இதைத் தண்ணீரில் வைத்தால் தண்ணீர் இலைகளுக்குச் செல்கிறது. இலை வாடுவதில்லை. ஆனால், சைலம் பகுதியை உருகிய மெழுகிலே தோய்த்து சைலம் குழல்களை அடைத்துவிட்டால், இலைகளுக்குத் தண்ணீர் செல்வதில்லை. இலை வாடிவிடுகிறது (படம் 7-1).



படம் - 7.1 வளையச் சோதனை

இச் சோதனைகளிலிருந்து சாறேற்றத்திற்கான பாதை சைலமே என்று முடிவு செய்யலாம்.

இனி, சாறேற்றம் எப்படி ஏற்படுகிறது என்று பார்ப்போம். 200—400 அடி உயரம்வரை வளரும் மரங்கள் உள்ளன. இத்தகைய மரங்களில் புவியின் ஈர்ப்பு ஆற்றலுக்கு எதிராக இவ்வளவு உயரத்திற்குப் பெருமளவில் நீரை ஏற்றுவதற்கு மிகுந்த ஆற்றல் தேவைப்படும். இந்நீரேற்றத்தைத் தாவரங்களின் ஓர் அரும்பெருஞ் சாதனை என்றே கூறலாம். இவ்வளவு உயரத்திற்கு நாம் நீரை உயர்த்தவேண்டுமானால் ஆற்றல் மிக்க இயந்திரங்களைப் பயன் படுத்தவேண்டும். தாவரங்கள் எப்படி எளிதாக நீரை மேலே ஏற்றுகின்றன? அதற்கு அடிப்படையாக உள்ள ஆற்றல் எது? இப் பிரச்சினைகள் வெகு நாட்களாகவே விஞ்ஞானிகளின் கவனத்தை ஈர்த்துவந்துள்ளன. இதை விளக்க இரண்டு வகையான கோட்பாடுகள் முன்வைக்கப்பட்டுள்ளன. 1. ஜீவிதக் கோட்பாடு (vital theory), 2. பௌதிகக் கோட்பாடு (physical theory).

ஜீவிதக் கோட்பாடு: ரஷ்ய நாட்டைச் சார்ந்த கோத்லெவ்ஸ்கியும் (Godlewski) இந்தியாவைச் சேர்ந்த ஜகதீஸ் சந்திர

போஸூம் இக் கோட்பாட்டின் ஆதரவாளர்கள். ஸைலத்தை ஒட்டியுள்ள உயிருள்ள ஸெல்களின் இயக்கமே சாறேற்றத்திற்குக் காரணம் என்பது இவர்கள் கருத்து. ஸைலத்தை ஒட்டியுள்ள உயிருள்ள ஸெல்களில் அடிக்கடி ஆஸ்மாடிக் அழுத்த மாறுபாடுகள் ஏற்படுகின்றன. ஆஸ்மாடிக் அழுத்தம் உயரும்போது, அவை ஸைலத்திலிருந்து தண்ணீரை எடுத்துக்கொண்டு, பின்னர் குறையும்போது, அதற்கு மேலே உள்ள ஸைலத்திற்குள் தண்ணீரைச் செலுத்துகின்றன. இவ்விதம் ஸைலத்தை ஒட்டியுள்ள ஸெல்கள் உயிருள்ள பம்புகளைப் (pump) போல் இயங்கி, நீரை ஒரு மட்டத்திலிருந்து மற்றொரு மட்டத்திற்கு உயர்த்துகின்றன என்று கோத்லெவ்ஸ்கி கூறினார். எண்டோடெர்மிஸை ஒட்டியுள்ள உட்புறணி (inner cortex) ஸெல்கள் விரிந்து சுருங்குவதால், தண்ணீர் மேலே செலுத்தப்படுகிறது என்று போஸ் கூறினார். தண்டின் இப் பகுதியில் அவ்விதம் விரிந்து சுருங்கும் ஒரு ஸெல் துடிப்பு (pulsation) இருப்பதை அவர் சில சாதனங்கள்மூலம் காட்டினார். ஆனால், 1893-ல் ஸ்ட்ராஸ் பர்கெர் செய்த சோதனைகள் ஜீவிதக் கோட்பாட்டை மறுதலிக்கின்றன. அவர் 66 அடி உயரமுள்ள ஓர் ஓக் மரத்தை எடுத்துக்கொண்டார். அதன் அடித்தண்டை வெட்டி, வெட்டுவாயைப் பிக்ரிக் அமிலத்தில் (picric acid) மூன்று நாட்கள் வைத்திருந்தார். பிக்ரிக் அமிலம் ஸெல்களைக் கொல்லும் தன்மை வாய்ந்தது. இவ்விதம் ஸெல்கள் கொல்லப்பட்டபின் அதை வண்ணக் கரைசலில் வைத்தார். அப்போதும் சாறேற்றம் ஏற்படுவதைக் கண்டார். எனவே, சாறேற்றத்திற்கு உயிருள்ள ஸெல்கள் தேவையில்லை என்பது தெரிந்தது. பௌதீகக் கோட்பாடுகள் முதன்மை பெற்றன. இவற்றில் பல உண்டு. ஆனால், இரண்டு கோட்பாடுகள் மட்டுமே முக்கியமானவையாகக் கருதப்படுகின்றன. இனி, அவற்றைப்பற்றிப் படிப்போம்.

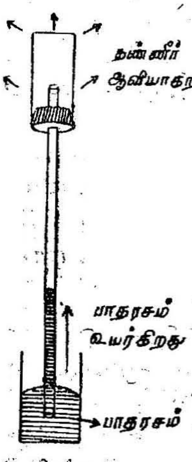
வேர் அழுத்தக் கோட்பாடு: தாவரங்களின் வேர்கள் ஆஸ்மாடிக் முறையில் நீரை உறிஞ்சும்போது வேர் அழுத்தம் ஏற்படுகிறது என்றும், இவ் வேர் அழுத்தம் ஸைலத்தில் உள்ள தண்ணீரை மேல் நோக்கித் தள்ளுகிறது என்றும் பார்த்தோம். இவ்விதம் மேல் நோக்கித் தள்ளப்படுவதால் தண்ணீர் இலைகளுக்குச் செல்கிறது என்று கருதப்படுகிறது. ஆனால், இக் கோட்பாட்டில் சில குறைபாடுகள் உள்ளன. 400 அடி உயரத்திற்குத் தண்ணீரை உயர்த்தக் குறைந்தது 50 வாயுமண்டல அழுத்த ஆற்றலாவது தேவைப்படும் என்று கணக்கிட்டிருக்கிறார்கள். ஆனால், மிகச் சாதகமான நிலைகளில்கூட வேர் அழுத்தம் 2 வ.ம.அ. விற்குமேல் போவதில்லை. எனவே, சாறேற்றத்திற்கு இந்த ஆற்றல் போதாது. வேர் அழுத்தம் எப்பொழுதும் ஒரே சீராக இருப்பதில்லை. சில சமயங்

களில் எதிர்மறை அழுத்தமும் தோன்றுகிறது என்று பார்த்தோம். அப்போது நீர் மேல்நோக்கித் தள்ளப்படுவதற்குப் பதிலாகக் கீழ் நோக்கி இழுக்கப்படுகிறது. அநேக தாவரங்களில், குறிப்பாகத் தட்பப் பகுதியைச் சேர்ந்த தாவரங்களில் தண்ணீர் மிகவும் தேவைப்படும் கோடைக்காலத்தில் போதுமான அளவு வேர் அழுத்தம் உண்டாவதில்லை. மேலும், ஜிம்னோஸ்பெர்ம்போன்ற சில வகைத் தாவரங்களில் வேர் அழுத்தம் இருப்பதாகவே கண்டு பிடிக்கப்படவில்லை. உலகிலுள்ள உயரமான மரங்களில் சில இவ் வகையைச் சேர்ந்தவை என்பதை இங்கு நினைவுபடுத்திக்கொள்ள வேண்டும். ஆகையால், சிலசெடிகளில் குறிப்பாகச் சிறு செடிகளில், சில நிலைகளின்கீழ் வேர் அழுத்தத்தின்மூலம் நீர் ஓரளவு மேல் ஏறுகிறது என்றாலும், சாறேற்றத்திற்கு இது மட்டும் முக்கியமான காரணமாக இருக்க முடியாது.

கூட்டிணைவுக் கோட்பாடு: இக் கோட்பாடு ஆஸ்கெனஸி (Askenasy) என்ற விஞ்ஞானியால் முதன்முதலில் முன்வைக்கப் பட்டது. ஆனால், டிக்ஸன் என்ற விஞ்ஞானியே இதை முழுமை யாக விவரித்தார். முதலில் ஒட்டிணைவு என்றால் என்ன என்று பார்ப்போம். தண்ணீரின் மூலக்கூறுகள் இடைவிடாத இயக்கத்தி லிருந்தபோதும், அவற்றின் மூலக்கூறுகளிடையே ஓர் ஈர்ப்பு ஆற்றல் உள்ளது. இந்த ஈர்ப்பு ஆற்றலே தண்ணீரைச் சாதாரண வெப்ப நிலையில், நீர்ம நிலையில் வைத்திருக்கிறது. மூலக் கூறுக ளிடையேயுள்ள இந்த இடைமிடைந்த ஈர்ப்பு, கூட்டிணைவு எனப்படுகிறது. ஓர் அகன்ற கலனில் உள்ள நீரைக் காட்டிலும் ஒருகுறுகிய குழாயினுள் அடைக்கப்பட்ட நீரில் இந்தக் கூட்டிணைவு நன்கு புலனாகிறது. அத்தகைய நிலையில் மேல்பகுதியில் உள்ள நீர் ஓர் இழுப்பு விசைக்கு உட்படுத்தப்பட்டால் அவ் விசை மற்ற மூலக் கூறுகள்மூலம் குழலில் உள்ள தண்ணீரின் எல்லாப் பகுதிகட்கும் பரவுகிறது. நீர் மேலிருந்து இழுக்கப்படும்போது, மூலக்கூறுக ளிடையே உள்ள கூட்டிணைவால் குழாயில் உள்ள தண்ணீர் மொத்த மாக ஒரு தம்பம் போல் (column) மேல்நோக்கி இழுக்கப்படு கிறது. தாவரங்களில் நீரை மேலே இழுப்பதற்கு இதுபோன்ற ஓர் அமைப்பு இருப்பதாகக் கருதப்படுகிறது. தாவரங்களின் உள்ளே வலைபோல் பின்னிக்கொண்டிருக்கும் குறுகிய சைலக் குழல்களில் தண்ணீர் உள்ளது. இந்த அமைப்பில் எந்த ஒரு பகுதியில் ஓர் இழுவிசை பிரயோகிக்கப்பட்டாலும், அது கூட்டிணைவின் காரண மாக அமைப்பின் எல்லாப் பகுதிகளுக்கும் பரவும்.

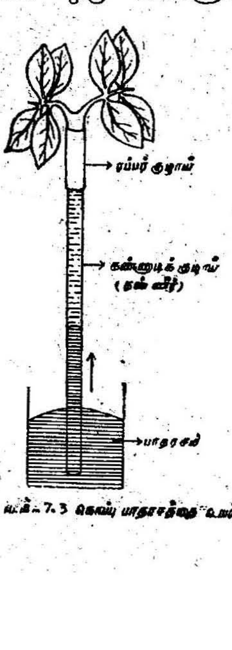
இதைப் புரிந்துகொள்ள ஒரு பரிசோதனையைச் செய்வோம். நுண்துளை மண்கலம் (porous pot) ஒன்றை எடுத்துக்கொள்வோம்.

அதன் வாயை ஒரு ரப்பர் அடைப்பானால் மூடுவோம். அடைப்பானில் ஒரு துளை உள்ளது. இத் துளையின் வழியாக நுண்குழாய் ஒன்றைச் செருகுவோம். அமைப்பு முழுவதையும் காற்றுக் குமிழிகள் இல்லாமல், தண்ணீரால் நிரப்பித் தலைகீழாக ஒரு தாங்கியில் பொருத்துவோம். குழாயின் மறுமுனையைக் கண்ணாடி பீக்கரில் உள்ள பாதரசத்தில் அமுக்கி வைப்போம். சிறிது நேரத்தில் பாதரசம் குழாயில் உயர்வதைக் காணலாம் (படம் 7-2). இது எப்படி நிகழ்கிறது? நுண்துளை மண் கலத்திலிருந்து தண்ணீர் ஆவியாகிறது. அப்போது கலத்தினுள் அழுத்தக் குறைவு அல்லது இழுவிசை ஏற்படுகிறது. கூட்டிணைவின் காரணமாக, இந்த இழுவிசை, குழாயில் உள்ள தண்ணீரின் அடிப்பகுதி வரை செல்கிறது. தண்ணீர் மேல்பகுதியில் இழுக்கப்படும்போது குழாயிலுள்ள தண்ணீர் மொத்தமாகத் தம்பம்போல் மேல்நோக்கி இழுக்கப்படுகிறது. தண்ணீர் உயரும்போது தண்ணீருக்கும், பாதரசத்துக்கும் இடையேயுள்ள ஒட்டிணைவின் காரணமாகப் பாதரசம் மேலே ஏறுகிறது.



படம் – 7.2

இச் சோதனையைச் சிறிது மாற்றிச் செய்வோம். இலைகளுள்ள ஒரு சிறு கொப்பை எடுத்துக்கொள்வோம். ஒரு கண்ணாடிக் குழாயில் தண்ணீரை நிரப்பி இலைக் கொப்பை ஒரு ரப்பர் குழலின் உதவியால் கண்ணாடிக் குழாயுடன் இணைப்போம். கண்ணாடிக் குழாயின் மற்றொரு முனையை பீக்கரிலுள்ள பாதரசத்தில் அமிழ்த்திவைப்போம். அப்போதும் பாதரசம் குழாயில் ஏறுவதைக் காணலாம். இது எப்படி நிகழ்கிறது? நுண்துளை மண்கலத்திலிருந்து நீர் ஆவியாகும்போது பாதரசம் மேலே ஏறுகிறது என்று பார்த்தோம். அப்படியானால், இலையில் நடைபெறும் நீராவிப் போக்கிற்கும் இச் சோதனைக்கும் தொடர்பு உண்டா? இனி, இதைப்பற்றிக் காண்போம் (படம் 7-3).



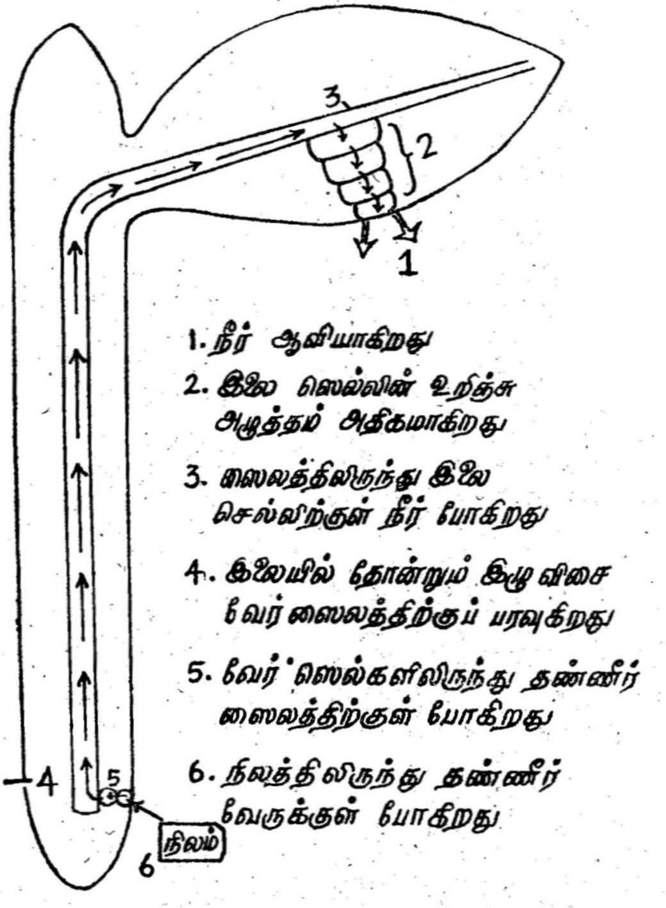
படம் – 7.3 இலை பாதரசத்தை உயர்த்தும்

கொப்பின் இலைகளிலிருந்து நீராவிப் போக்கு ஏற்படுகிறது. அப்போது இலைகளின் செல்லிலிருந்து தண்ணீர் குறைவதால் அதன் ஆஸ்மாடிக் அழுத்தம் உயர்கிறது; அதன் உறிஞ்சு அழுத்த மும் அதிகமாகிறது. அப்போது அடுத்துள்ள செல்லிலிருந்து நீரை எடுத்துக்கொள்கிறது. எனவே, அடுத்துள்ள செல்லின் உறிஞ்சு அழுத்தம் அதிகமாகி, அது அதற்கு அருகிலுள்ள செல்லிலிருந்து தண்ணீரை எடுத்துக்கொள்கிறது. கடைசியாக சைலத்தின் அருகிலுள்ள செல் சைலத்திலிருந்து தண்ணீரை உறிஞ்சுகிறது. அப்போது சைலத்தின் மேல்பகுதியில் அழுத்தக் குறைவு அல்லது இழுப்பு விசை ஏற்படுகிறது. இவ் விசை கூட்டிணைவின் பயனாக சைலத்திலுள்ள தண்ணீர் முழுவதிலும் பரவி வேரை அடைகிறது. வேர் சைலத்தின் அருகில் உள்ள செல்களிலிருந்து தண்ணீர், வேர் சைலத்திற்குள் செல்கிறது. அப்போது அந்த செல்களிலும் உறிஞ்சு விசை அதிகமாகி, பக்கத்திலுள்ள மற்ற வேர் செல்களி லிருந்து தண்ணீரை எடுத்துக்கொள்கின்றது. இவ்விதம் எல்லா வேர் செல்களிலும் உறிஞ்சு அழுத்தம் அதிகமாகி நிலத்திலிருந்து நீர் எடுத்துக்கொள்ளப்படுகிறது. இவ்வாறு இலைகளில் உண்டாகும் இழுவிசை சைலத்தின்மூலம் வேருக்கும், வேர் செல் கட்கும், முடிவாக நிலத்திலிருக்கும் நீருக்கும் பரவுகிறது. நிலத்தி லிருந்து இலைவரை ஒரே தம்பமாகத் தண்ணீர் செல்கிறது. இக் கருத்தின்படி வேர்களுக்குள் தண்ணீர் செல்வதற்கான விசை இலை களில் தோன்றுகிறது. தண்ணீர் வேரினுல் அன்றி வேரின்மூலம் உறிஞ்சப்படுகிறது. தண்ணீர் கீழிருந்து மேல்நோக்கித் தள்ளப் படுவதில்லை; மேலிருந்து இழுக்கப்படுகிறது.

தாவரங்கட்குத் தேவையான நீரில் பெரும்பகுதி இந்த முறை மூலமே எடுத்துக்கொள்ளப்படுகிறது என்று தோன்றுகிறது. இது உயிர்ப்பற்ற உறிஞ்சுதல் (passive absorption) எனப்படுகிறது.

கூட்டிணைவுக் கோட்பாட்டிற்கு ஆதரவாகப் பல சோதனைகள் செய்யப்பட்டுள்ளன. நீராவிப் போக்கு மிகுதியாக நடந்து கொண்டிருக்கும்போது, சைலத்திலுள்ள தண்ணீர் இழுப்பு விசைக்கு உட்பட்டிருக்கிறது என்று தெரிகிறது. ஒரு நெகிழ்வான பொருளை இழுக்கும்போது அதன் பருமன் குறைகிறது என்பது தெரியும். அதுபோலவே நீராவிப் போக்கு உயரும்போது, இழு விசை தோன்றி, மரத்தின் தண்டு பருமனில் குறைகிறது. இழு நிலையில் இருக்கும் ஒரு பொருளைத் துண்டிக்கும்போது அது திடீ ரெனச் சுருங்குவதைப் பார்க்கலாம். அதுபோலவே உயர்ந்த நீரா விப் போக்கு நடந்துகொண்டிருக்கும்போது சைலத்தைத் துண்

டித்தால், அதிலுள்ள தண்ணீர் சுருங்குவதைப் பார்க்கலாம். மிகுந்த நீராவிப் போக்கு நடைபெறும்போது மரத்தின் தண்டில் துளையிட்டு, அதில் ஒரு குழாயைச் செருகி, அக் குழாயை ஒரு தொட்டியிலுள்ள தண்ணீரில் வைத்தால், தண்ணீர் உள்ளே இழுத்துக்கொள்ளப்படுகிறது.



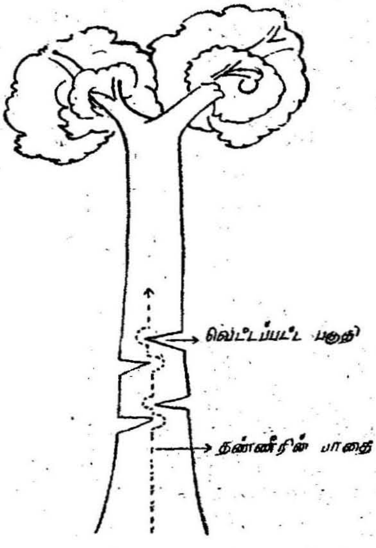
படம் - 7.4 சாறேற்றம் - கூட்டிணைவுக் கோட்பாடு

கூட்டிணைவுக் கோட்பாட்டில் சில குறைகள் எடுத்துக்காட்டப் படுகின்றன. 1. தண்ணீரை 400 அடிக்கு உயர்த்துவதற்குப் போதுமான இழுவிசை கூட்டிணைவால் தோன்ற முடியுமா? செடியி

லுள்ள தண்ணீர்த் தம்பம் மிகஉயர்ந்த இழுப்பு விசைக்கு உட்படுத் தப்படும்போது அது துண்டிக்கப்பட்டுவிடாதா? 2. சாதாரண மாகக் கண்ணுடிக் குழல்களில் உள்ள தண்ணீர்த் தம்பம் சிறிது அதிர்ச்சி யடைந்தாலும் துண்டிக்கப்பட்டுவிடுகிறது எனில் மரத்தின் கொப்புகள் காற்றில் அசைந்தாடும்போது தண்ணீர்த் தம்பம் துண்டிக்கப்படாதா? 3. சில ஸைலம் குழல்களில் தண்ணீ ரோடு வாயுக்குமிழிகளும் உள்ளன. இவை தண்ணீர்த் தம்பத்தின் தொடர்ச்சியைத் துண்டித்துக் கூட்டிணைவைக் குறைக்காதா?

தண்ணீரை 400 அடி உயரத்திற்கு ஏற்றப் போதுமான இழு விசை கூட்டிணைவால் கிடைக்கும் என்று தெரிகிறது. ஸெல் ரசத்தில் 200 வ.ம. கூட்டிணைவு விசை இருப்பதாக டிக்ஸன் (Dixon) கண்டுபிடித்தார். பிரணைகளின் (Ferns) ஸ்போர்பைக ளில் (sporangia) 315 வ.ம.அ. கூட்டிணைவு இருப்பதாக யுர்ஸ்பரங் (Ursprung) கண்டுபிடித்தார். அதாவது, இம் மதிப்புகளுக்கு மேற் பட்ட இழுவிசை இருந்தால்தான் தண்ணீர்த் தம்பம் துண்டிக்கப் படும். தண்ணீரை மேலே உயர்த்துவதற்கு 50 வ.ம. இழுவிசை போதுமென்று முன்னரே பார்த்தோம். பெரும்பாலான மரங் களில் இதற்குப் போதுமான கூட்டிணைவு ஆற்றல் இருக்கிறது. இரண்டாவதாக, ஸைலம் குழல்கள் கண்ணுடிக் குழல்களைப் போலப் பெரியவை அல்ல. அவை மிக நுண்ணியவை. மேலும், ஸைலம் குழல்களின் சுவருக்கும் தண்ணீர்த் தம்பத்திற்குமிடையே நெருங் கிய ஒட்டிணைவு (adhesion) உள்ளது. எனவே, கொப்புகள் காற்றுல் அசைக்கப்படும்போது ஸைலத்திலுள்ள தண்ணீர்த்தம்பம் துண்டிக்கப்படுவதில்லை. மூன்றுவதாக, ஸைலம் குழல்கள் எல்லா வற்றிலும் காற்றுக் குமிழிகள் இல்லை. ஸைலம் நேரான குழாயாக இல்லை. அதில் பல குழல்கள் வலைபோலப் பின்னிக்கொண்டிருக் கின்றன. எனவே, சில குழல்கள் காற்றினுல் அடைத்துக்கொள்ளப் பட்டாலும், மற்றவைமூலம் தண்ணீர்த் தம்பம் தொடர்பு கொண்டுள்ளது. ஒரு மரக்கொப்பை வெட்டி 10 நிமிடங்கள் காற்றிலே வைத்திருந்தால் அதன் ஸைலத்தில் பெரும் பகுதி காற் றுல் அடைத்துக்கொள்ளப்படுகிறது. அதற்குப் பின்னும் கொப் பைத் தண்ணீரிலே வைத்தால் அது தண்ணீரை உறிஞ்சிக்கொள் கிறது. எனவே, ஸைலம் குழல்கள் எல்லாம் ஒரே சமயத்தில் காற் றுல் அடைத்துக்கொள்ளப்படுவதில்லை. ஸைலத்தின் ஒரு பகுதி துண்டிக்கப்பட்டாலும் துண்டிக்கப்படாத மற்றப் பகுதிகள்மூலம் தண்ணீர் மேலே செல்கிறது என்று போஸ்ட்லெத்வெயிட், (Postlethwait), ரோஜெர்ஸ் (Rogers) இருவரும் எடுத்துக்காட்டி ஞர்கள். அவர்கள் ஒரு மரத்தின் தண்டை (6 அங்குலத்திற்கு ஒரு முறை) எதிரெதிர்ப் பக்கங்களில் ஆழமாக வெட்டினுர்கள். அப்

போது ஸைலத்தின் பெரும் பகுதி துண்டிக்கப்படுமல்லவா? அதற்குப் பின்னும் மீதமுள்ள ஸைலம் வழியாகத் தண்ணீர் மேலே இழுக்கப்படுகிறது என்பதை கதிரியக்க பாஸ்பரஸ்மூலம் காட்டினார்கள். வெட்டுவாயைச் சுற்றிக்கொண்டு தண்ணீர் மேலே ஏறுகிறது (படம் 7-5).



படம் - 7·5 வெட்டப்பட்ட தண்டில் சாறேற்றம்

இச் சோதனையிலிருந்து ஸைலத்தின் ஒரு பகுதி துண்டிக்கப்படுவதாலோ அல்லது காற்றால் அடைத்துக்கொள்ளப்படுவதாலோ தண்ணீர்த் தம்பம் முழுவதும் துண்டிக்கப்படுவதில்லை என்று தெரிகிறது.

இவ்விதம் அநேக விவரங்கள் கூட்டிணைவுக் கோட்பாட்டிற்கு ஆதரவாக இருப்பதால், இக் கோட்பாடு பலரால் ஏற்றுக்கொள்ளப்பட்டுள்ளது. சாறேற்றத்தின் செயல்முறையை இக் கோட்பாடு ஓரளவிற்கு விளக்குகிறது.

இச் சமயத்தில் நீராவிப் போக்கிற்கும் சாறேற்றத்திற்குமிடையேயுள்ள தொடர்பைப்பற்றி ஒரு வார்த்தை கூறவேண்டும். சாறேற்றத்திற்கு நீராவிப்போக்கு உதவுகிறது என்று பார்த்தோம். எனவே, சாறேற்றத்தால்தான் நீராவிப் போக்கு ஏற்படுகிறது என்று கூறிவிட முடியாது. இலையிலுள்ள தண்ணீரைக் குறைக்கும்

எந்த உயிரியல் நிகழ்ச்சியும் இழுவிசையைத் தோற்றுவிக்க முடியும். உதாரணமாக, ஒளிச்சேர்க்கை நடைபெறும்போது இலையிலுள்ள தண்ணீர் பயன்படுத்திக்கொள்ளப்படுகிறது. அப்போதும்கூட செல்களில் உறிஞ்சு அழுத்தம் அதிகமாகி இழுவிசை தோன்றும். இலையிலே உள்ள நீரைப் பயன்படுத்திக்கொள்ளும் மற்ற எல்லா நிகழ்ச்சிகளைக் காட்டிலும் நீராவிப் போக்கு அதிகமான நீரைப் பயன்படுத்திக்கொள்கிறது. எனவே, அது அதிகமான சாறேற்றத்தை உண்டாக்குகிறது.

8. கனிமப் பொருள் ஊட்டம்

(Mineral Nutrition)

தாவரங்களுக்குத் தண்ணீரைத் தவிரச் சில கனிமப் பொருள்களும் வேண்டும். தாவரங்களின் சாம்பலைப் பகுத்தாய்ந்து பார்த்ததில் அதில் 40 மூலகங்களுக்குமேல் இருப்பதாகத் தெரிகிறது. தாவரங்களில் உள்ள மூலகங்கள் யாவை, அவை எப்படித் தாவரங்கட்குப் பயன்படுகின்றன, எங்கிருந்து எப்படிக் கிடைக்கின்றன என்பதைப்பற்றித் தெரிந்துகொள்வோம்.

தாவரங்களின் பாகங்களில் மிகுதியாக உள்ள பொருள் தண்ணீராகும். தண்ணீர் ஹைட்ரஜன் (hydrogen), ஆக்ஸிஜன் (oxygen) ஆகிய மூலகங்களாலானது. 100° செ.கி.-க்குச் சற்று மேற்பட்ட வெப்பநிலையில் இத் தண்ணீர் முழுவதையும் ஆவியாக்கி விட்டோமானால் சிறிதளவு திடப்பொருள் மிஞ்சுகிறது. இத் திடப் பொருளை 600° செ.கி. வெப்ப நிலையில் மூடிய உலையில் வைத்துக் காய்ச்சினால் வெண்மையான பொடி மிஞ்சுகிறது. இப் பொடி செடிச் சாம்பல் (plant ash) எனப்படுகிறது. இதை வேதிமுறைகள் மூலம் பகுத்தாய்ந்து, செடியில் என்ன மூலகங்கள் இருக்கின்றன என்று காணலாம். செடியில் பல மூலகங்கள் இருந்தபோதிலும் அவற்றில் 14 மூலகங்கள் மிகுதியான அளவில் உள்ளன. கீழேயுள்ள அட்டவணை இம் மூலகங்களின் அளவையும், செடியின் உலர் எடையில் (dry weight) அவற்றின் சதவிகிதத்தையும் காட்டுகிறது.

அடுத்துள்ள அட்டவணையைப் பார்க்கும்போது, தாவரங்களின் மொத்த உலர் எடையில் ஏறத்தாழ 94 சதவிகிதம் கார்பன், ஆக்ஸிஜன், ஹைட்ரஜன் ஆகிய பொருள்களாலானது என்பது தெரிகிறது. ஒரு செடியில் ஒரு மூலகம் இருப்பதால் அது செடிக்கு இன்றியமையாதது என்று கருதிவிடக்கூடாது. உதாரணமாக, அந்த அட்டவணையில் ஸிலிகானின் அளவு 9.756 கிராம்

மக்காச் சோளச் செடியிலுள்ள மூலகங்களின் பகுப்பாய்வு

வ. எண்.	மூலகம்	எடை (கிராமில்)	மொத்த உலர் எடையில் சதவீதம்
1.	கார்பன் (கரி) (Carbon)	364.19	43.569
2.	ஆக்ஸிஜன் (Oxygen)	371.42	44.431
3.	ஹைட்ரஜன் (Hydrogen)	52.17	6.244
4.	நைட்ரஜன் (Nitrogen)	12.19	1.459
5.	ஸல்ஃபர் (கந்தகம்) (Sulphur)	1.416	0.167
6.	பாஸ்பரஸ் (Phosphorus) —	1.697	0.203
7.	கால்ஸியம் (Calcium)	1.893	0.227
8.	பொட்டாஷியம் (Potassium)	7.679	0.921
9.	மக்னீஷியம் (Magnisium)	1.525	0.179
10.	இரும்பு (Iron)	0.714	0 083
11.	மாங்கனீசு (Manganese)	0.269	0.035
12.	ஸிலிகான் (Silicon)	9.756	1.172
13.	அலுமினியம் (Aluminium)	0.894	0.107
14.	குளோரின் (Chlorine)	1.216	0.143
15.	இனந்தெரியாதவை	7.8	0.933

லாட்ஷா (Latshaw), மில்லர் (Miller) 1924

ஆகவும், இரும்பின் அளவு ·714 கிராம் ஆகவும் இருப்பதைக் காண்கிறோம். ஆனால், இரும்பு செடிகட்கு இன்றியமையாதது. சிலிகான் செடிகட்குப் பயன்படுவதில்லை. ஒரு மூலகம் இன்றியமையாததுதான் என்பதை நிர்ணயிப்பதற்கு இரண்டு நிபந்தனைகள் உண்டு. குறிப்பிட்ட மூலகம் இல்லாதபோது செடிக்குக் கணிசமான அளவு தீங்கு ஏற்படவேண்டும். இரண்டாவதாக, குறிப்பிட்ட மூலகத்திற்குப் பதிலாக வேறெந்த மூலகமும் பயன்படக்கூடாது. மேலே கண்ட அட்டவணையில் 1·216 கிராம் குளோரின் இடம் பெற்றுள்ளது. ஆனால், குளோரின் இல்லாத ஊடகத்திலும் செடிகள் நன்கு வளர்கின்றன. எனவே, குளோரின் செடிகட்கு இன்றியமையாத மூலகமன்று. இக் கண்ணோட்டத்தில் பார்க்கும் போது, தாவரங்களுக்கு 16 மூலகங்கள் இன்றியமையாது தேவைப் படுகின்றன என்று தெரிகிறது. அவையாவன:

I. கார்பன், ஹைட்ரஜன், ஆக்ஸிஜன், நைட்ரஜன், பாஸ்பரஸ், ஸல்ஃபர், கால்ஷியம், மக்னீஷியம், பொட்டாஷியம்.

II. இரும்பு, போரான் (boron), மாங்கனீஸ், துத்தநாகம், (zinc), தாமிரம் (copper), மாலிப்டீனியம் (molybdenium), கோபால்ட் (cobalt).

மேலே மூலகங்களை இரண்டு தொகுதிகளாகப் பிரித்து எழுதியிருக்கிறோம். முதல் தொகுதியைச் சேர்ந்த மூலகங்கள் பெரும் அளவில் தேவைப்படுகின்றன. உதாரணமாக, 1 லிட்டர் ஊட்டக் கரைசலில் (nutrient solution) நைட்ரஜனின் அளவு 15 மில்லிகிராம் அணுக்களாக இருக்க வேண்டும். எனவே, இத் தொகுதியைச் சேர்ந்த மூலகங்கள் பெரும் ஊட்டப் பொருள்கள் (macronutrients) என்று அழைக்கப்படுகின்றன.

இரண்டாவது தொகுதியைச் சேர்ந்த மூலகங்கள் பெருமளவில் தேவைப்படுவதில்லை. ஊட்டக் கரைசலில் அவற்றின் சாயை இருந்தாலே போதுமானது. உதாரணமாக, ஊட்டக் கரைசலில் 1/100,000,000 பங்கு மாலிப்டீனியம் இருந்தாலே போதுமானது. இந்த மூலகங்கள் மிக நுண்ணிய அளவிலே தேவைப்படுவதால், அவற்றை நுண் ஊட்டப் பொருள்கள் (micronutrients) என்று கூறுகிறார்கள்.

வளர்சிதை மாற்றத்தில் மூலகங்களின் பொதுப் பங்கு: இந்த மூலகங்களில் பல செல்லின் அமைப்பிலே பங்கு கொள்கின்றன. செல்லுலோஸ், லிக்னின், சேமிப்பு உணவு, புரோடோபிளாசம் ஆகியவற்றின் முக்கியமான பகுதியாகிய கார்போஹைட்ரேட் எனும் பொருள் கார்பன், ஆக்ஸிஜன், ஹைட்ரஜன் ஆகிய மூன்று மூலகங்களால் ஆனது. உயிரின் அடிப்படையாக உள்ள புரதங்களில் இம் மூன்று மூலகங்களோடு நைட்ரஜன், பாஸ்பரஸ், கந்தகம் ஆகியவையும் உள்ளன. கால்ஷியம் செல் சுவரில் உள்ளது. மக்னீஷியம் பச்சையத் துணுக்கின் பகுதியாகிறது.

சில மூலகங்கள் செல்லிலே நடைபெறும் பல்வேறு வேதி வினைகளை ஊக்குவிக்கும் வினை ஊக்கிகளாகப் (catalyst) பயன் படுகின்றன. துத்தநாகம், மாங்கனீஸ், போரான், இரும்பு ஆகியவை இவ்வகையைச் சேர்ந்தவை.

சில மூலகங்கள் செல்லிலே சமநிலை நிலவுவதற்கு உதவு கின்றன. அதாவது, சில மூலகங்களால் விளையும் தீய விளைவுகளைச் சரிசெய்ய மற்ற மூலகங்கள் உதவுகின்றன. கால்ஷியம், மக்னீ ஷியம் ஆகியவை இவ்வகையைச் சேர்ந்தவை.

ஊட்ட நீர்ச் சோதனைகள் (Water Culture Experiments): தாவ ரங்களின் வளர்சிதை மாற்றத்தில் ஒவ்வொரு தனிப்பட்ட

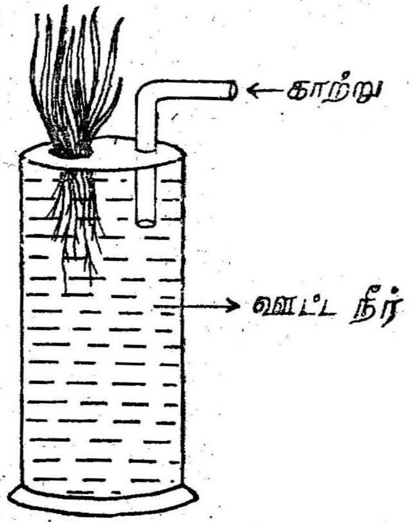
மூலகமும் ஒரு குறிப்பிட்ட பங்கு வகிக்கிறது. தனிப்பட்ட மூலகங்கள் ஆற்றும் பணியைத் தெரிந்துகொள்ள ஊட்ட நீர்ச் சோதனைகள் பயன்படுகின்றன. இயற்கையில் நிலத்திலே வளரும் செடிகளின் வளர்ச்சியைக்கொண்டு ஒரு தனிப்பட்ட மூலகம் ஆற்றும் பங்கையும், அது இல்லாதபோது தாவரங்கட்கு ஏற்படும் தீமைகளையும் தெரிந்துகொள்ள முடியாது. இதற்கெனப் பல்வேறு வகையான ஊட்ட நீர்கள் தயாரிக்கப்படுகின்றன. சாக் என்ற விஞ்ஞானி தயாரித்த ஊட்ட நீரின் அமைப்பு கீழே கொடுக்கப் பட்டுள்ளது.

பொட்டாஷியம் நைட்ரேட் (KNO_3)	2 கிராம்
மக்னீஷியம் ஸல்பேட் ($Mg SO_4$)	1 கிராம்
சோடியம் குளோரைடு ($Na Cl$)	5 கிராம்
கால்ஷியம் சல்பேட் ($Ca SO_4$)	1 கிராம்
கால்ஷியம் பாஸ்ஃபேட் $(Ca)_3 (PO_4)_2$	1 கிராம்
இரும்பு சல்ஃபேட் ($Fe SO_4$)	ஒரு சிட்டிகை
தண்ணீர் (வடிநீர்)	2 லிட்டர்

மேற்கண்ட கரைசலில் தாவரங்களுக்குத் தேவையான எல்லா மூலகங்களும் இருப்பதைக் காணலாம். (நுண் ஊட்டப் பொருள்கள் இந்த உப்புகளில் ஓரளவு கலந்துள்ளன. எனவே, அவற்றைத் தனியே சேர்க்கவேண்டாம்.) இக் கரைசல் சாதாரணக் கரைசல் (normal solution) எனப்படுகிறது.

ஒரு குறிப்பிட்ட உப்பை அகற்றியும், வேறோர் உப்பைச் சேர்த்தும் ஒரு குறிப்பிட்ட மூலகத்தைக் கரைசலிலிருந்து நீக்கி விடலாம். உதாரணமாக, மக்னீஷியம் இல்லாத கரைசலைப் பெற வேண்டுமானால், மேற்கண்ட கரைசலிலிருந்து மக்னீஷியம் ஸல்ஃபேட்டை எடுத்துவிட்டு, பொட்டாஷியம் சல்பேட்டைக் கரைசலில் சேர்க்கவேண்டும். நைட்ரேட்டை நீக்குவதற்கு பொட்டாஷியம் நைட்ரேட்டை எடுத்துவிட்டுப் பொட்டாஷியம் குளோரைடைச் சேர்க்க வேண்டும். இதுபோலச் சாதாரணக் கரைசலிலிருந்து எந்த ஒரு மூலகத்தையும் அகற்றலாம். இவ்விதம் ஒவ்வொரு மூலகத்தையும் தனித்தனியே நீக்கி வெவ்வேறு கரைசல்களைத் தயாரித்துக்கொள்ள வேண்டும். இவற்றைத் தனித்தனியே கண்ணாடிக் கலன்களில் எடுத்துக்கொள்ள வேண்டும். கரைசல்களுக்குள்ளே கண்ணாடிக் குழல்களைப் புகுத்தி அடிக்கடி காற்றை உட்செலுத்த வேண்டும். இக் கரைசலில் சோதனைச் செடிகளை வைக்கவேண்டும். அடிக்கடி கரைசலை மாற்றவேண்டும். செடிகள் வளரும்போது சாதாரணக் கரைசலில் உள்ள செடி நன்கு வளரும்,

மற்றக் கரைசல்களில் வளரும் செடிகள் கரைசலில் ஒரு குறிப்பிட்ட மூலகம் இல்லாததால், செடிகளுக்கு ஏற்படும் தீமைகளை வெளிக் காட்டும் (படம் 8-1).



படம்-8·1 ஊட்ட நீர் சோதனை

ஊட்ட நீர்ச் சோதனைகள்மூலம் ஒவ்வொரு மூலகமும் தாவரங்களின் வளர்சிதை மாற்றத்தை எப்படிப் பாதிக்கிறது என்பதைக் கண்டுபிடித்திருக்கிறார்கள். இனி, அதைப்பற்றித் தெரிந்துகொள்வோம்.

நைட்ரஜன்: காற்றில் நைட்ரஜன் வாயு ஏராளமாக உள்ளது. காற்றின் பரிமாணத்தில் 4/5 பங்கு நைட்ரஜன் உள்ளது. ஆனால், உயர் தாவரங்கள் இந்த வாயுவைப் பயன்படுத்திக்கொள்ள முடியாது. தாவரங்கள் தங்கட்கு வேண்டிய நைட்ரஜனை நிலத்திலிருந்து எடுத்துக்கொள்கின்றன. நைட்ரஜனில் பெருமளவு நைட்ரேட் (NO_3) ஆகவும், சிறிதளவு அமோனியா (NH_3), நைட்ரைட் (NO_2) ஆகவும் எடுத்துக்கொள்ளப்படுகிறது. நைட்ரஜன் புரதங்களின் ஒரு முக்கியமான பகுதியாக உள்ளது. நைட்ரஜன், இல்லாதபோது செடிகள் மஞ்சள் நிறமடைகின்றன. கீழ்ப்பகுதிகளில் உள்ள இலைகள் உதிர்ந்துவிடுகின்றன. தக்காளி போன்ற செடிகளில் இலைநரம்புகள் கருஞ்சிவப்பு நிறமடைகின்றன. செடிகள் குட்டையாக வளர்ச்சியற்று உள்ளன. பூக்கள் தோன்றுவது

காலதாமதமாக நடைபெறுகிறது; அல்லது பூக்கள் தோன்றுவதேயில்லை. காய்களும் விதைகளும் சிறியனவாக உள்ளன. நிலத்தில் மிகையான நைட்ரஜன் சத்து இருந்தால்,செடிகள் சதைப் பற்று மிகுந்து காணப்படுகின்றன. இலை கரும்பச்சையாகி விடுகிறது.

பாஸ்பரஸ் : பாஸ்பரஸ் நிலத்திலிருந்து பாஸ்பேட் வடிவில் எடுத்துக்கொள்ளப்படுகிறது. பாஸ்பரஸை விவசாயத்தின் திறவு கோல் என்று கூறுவதுண்டு. வேறெந்த மூலகத்தைக் காட்டிலும் பாஸ்பரஸ் தட்டுப்பாட்டினால்தான் செடிகள் பெரிதும் பாதிக்கப் படுகின்றன. நிலத்திலுள்ள பாஸ்பரஸின் அளவு நிலத்திற்கு நிலம் வேறுபடுகிறது. சில இடங்களில் பாஸ்பரஸின் அளவு அதிகமாக இருந்தாலும்கூடச் சில நிலைகளின்கீழ் அது செடிக்குக் கிடைப்ப தில்லை. உதாரணமாக, அமிலத் தன்மையுள்ள நிலங்களில் இரும்பும் அலுமினியமும் அதிகமாக இருந்தால் போதுமான அளவு பாஸ்பரஸ் செடிகளுக்குக் கிடைப்பதில்லை. தாவரங்களின் வளர் சிதை மாற்றத்தில் பாஸ்பரஸ் முக்கியமானதொரு பங்கு வகிக் கிறது. நியூக்ளியிக் அமிலங்களுடன் (nucleic acids) அது சேர்ந்து நியூக்ளியோ புரதங்களை உண்டாக்குகிறது. உயிரினங்களின் ஆற்றலுக்கு அடிப்படையான வேதிப்பொருள்கள் பாஸ்பரஸ் கூட்டுப் பொருள்களே என்பதை 'சுவாசித்தல்' என்ற பகுதியில் காண்போம். முற்றிய செடிகளிலுள்ள பாஸ்பரஸில் பெரும்பகுதி காய்களிலும், விதைகளிலும் உள்ளது. வளரும் செடிகளில் தண்டு முனையிலே மிகுதியாக உள்ளது. பாஸ்பரஸ் இல்லாதபோது, உணவு, கனிமங்கள் இவற்றின் இடப்பெயர்ச்சி (translocation), சுவாசம், புரதச் சேர்க்கை ஆகியவை தடைப்படுகின்றன. காம்பியம் (cambium) பகுப்படைதலும் தடைப்படுகிறது. காய்கள் சீக்கிரத்தில் முற்றுவதில்லை. இலை கரும்பச்சையாக இருக்கிறது. இலை, இலைக்காம்பு, காய்கள் இவற்றின்மேல் உயிரற்ற புள்ளிகள் தோன்றுகின்றன. இலை உதிர்ந்துவிடுகிறது. தக்காளிச் செடி யின் இலைகளில் இலைநரம்புகள் கருஞ்சிவப்பு நிறத்தை அடை கின்றன. இலையின் அடிப்பாகம் வெளிரிட்டுப்போகிறது.

தாவரங்களில் நைட்ரஜனுக்கும் பாஸ்பரஸுக்கும் இடையே ஒரு தொடர்பு இருப்பதுபோலக் காணப்படுகிறது. நிலத்தில் பாஸ்பேட் அளவு குறைவாக இருக்கும்போது, அனங்கக நைட்ரஜன் (inorganic nitrogen) கூட்டுப் பொருள்கள் மிகுதியாக எடுத்துக் கொள்ளப்படுகின்றன. பாஸ்பேட் அளவு அதிகமாக இருக்கும் போது அனங்கக நைட்ரஜன் கூட்டுப் பொருள்கள் குறைவாகவே எடுத்துக்கொள்ளப்படுகின்றன.

ஸல்ஃபர் : ஸல்ஃபர், நிலத்திலிருந்து ஸல்ஃபேட் வடிவில் எடுத்துக்கொள்ளப்படுகிறது. பொதுவாக நிலங்களில் ஸல்ஃபர் தட்டுப்பாடு அதிகமாகஏற்படுவதில்லை. புரதங்கள் தயாரிப்பதற்குத் தேவையான அமினோ அமிலங்கள் சிலவற்றில் ஸல்ஃபர் இருக்கிறது. கடுகு எண்ணெய், வெங்காயம், உள்ளிப்பூண்டு ஆகியவற்றின் நாற்றத்திற்கு அதிலுள்ள ஸல்ஃபர் பொருள்களும் காரணம். ஸல்ஃபர் இல்லாத நிலத்தில் வளரும் செடிகளின் இலைகள் பச்சை நிறத்தை இழந்து வெளிரிட்டுக் காணப்படுகின்றன. காம்பியப் பகுப்புத் தடைப்படுகிறது; வேர்கள் சரியாக வளர்வதில்லை.

பொடாஷியம் : இது தாவரங்கட்கு இன்றியமையாத மூலக மாகும். இதற்குப் பதிலாக வேறெந்த மூலகமும் பயன்படமுடியாது. பொடாஷியம் இவ்வளவு முக்கியமான மூலகமாக இருந்தும்கூட, அது வளர்சிதை மாற்றத்தில் என்ன பங்கு வகிக்கிறது என்பது தெளிவாகத் தெரியவில்லை. ஆனால், பொடாஷியம் இல்லாதபோது வளர்சிதை மாற்றம் பெரிதும் பாதிக்கப்படுகிறது என்பது பல சோதனைகள்மூலம் உறுதிப்படுத்தப்பட்டுள்ளது. பொடாஷியம் குறைவான செடிகளில் அமினோ அமிலங்கள் அதிகமாக உள்ளன; பொடாஷியம் போதுமான அளவு உள்ள செடிகளில் புரதங்கள் அதிகமாக உள்ளன. எனவே, அமினோ அமிலங்களிலிருந்து புரதங்களைக் கட்டுவதில் பொடாஷியம் பங்கு கொள்கிறது எனக் கருதலாம். மேலும், பொடாஷியம் குறையும்போது கார்போஹைட்ரேட் வளர்சிதை மாற்றமும் பாதிக்கப்படுகிறது; ஒளிச்சேர்க்கை தடைப்பட்டு, சுவாசித்தல் அதிகமாகிறது. வளர்ச்சி அடைந்து கொண்டிருக்கும் ஸெல்களில் பொடாஷியம் மிகுதியாக உள்ளது. பொடாஷியம் குறையும்போது செடிகள் விறைத்து நிற்கும் திறனை இழந்துவிடுகின்றன. இலைகளில் சிறுசிறு வெளிர் புள்ளிகள் தோன்றுகின்றன. இலையின் ஓரங்கள் வெளிரிட்டுப்போகின்றன. பின்னர் அங்குள்ள ஸெல்கள் இறந்துபோய் இலையின் ஓரங்கள் பழுப்பாகிவிடுகின்றன. பிறகு ஓரங்கள் கிழிந்துபோகின்றன. பொடாஷியம் குறைவான செடிகள் நோய்களால் எளிதாகப் பாதிக்கப்படுகின்றன. ஸெல்லிலுள்ள வினையூக்கிகளைப் பாதிப்பதன் மூலம் பொடாஷியம் வளர்சிதை மாற்றத்தையும் பாதிக்கிறது என்று கருதுகிறார்கள்.

பொடாஷியம், நிலத்தில் போதுமான அளவு இருக்கிறது. ஆனால், இதில் பெரும்பகுதி கரையாத நிலையிலிருப்பதால் தாவரங்கட்கு இந்த மூலகம் போதுமான அளவு கிடைப்பதில்லை.

கால்ஷியம் : செடிகளிலுள்ள கால்ஷியத்தில் பெரும்பகுதி ஸெல் சுவரின் நடு அடுக்கில் (middle lamella) இணைந்துள்ளது.

கால்ஷியம் குறைவாக இருக்கும்போது தோன்றும் செல் சுவர்கள் வலுவற்றுள்ளன. கால்ஷியம், ஆக்ஸலேட் படிகங்களாகவும் கால்ஷியம் செல் சுவரில் படிந்துள்ளது. தண்டு, வேர் இவற்றின் வளர் நுனிகள் (growing points) நன்கு வளர்வதற்குக் கால்ஷியம் இன்றியமையாதது. கால்ஷியம் இல்லாதபோது செல் பகுப்பு அசாதாரணமாக நடைபெறுகிறது அல்லது நடைபெறுமலே நின்றுவிடுகிறது. சில செடிகளில் கால்ஷியம் குறையும்போது அவற்றால் போதுமான அளவு நைட்ரேட்டை எடுத்துக்கொள்ள முடிவதில்லை. இலையின் ஓரங்கள் உள்நோக்கிச் சுருள்கின்றன. இலைகள் வாடிப்போய் செடியின் தண்டைச் சுற்றிக்கொள்கின்றன. மாவுப்பொருள்கள், புரதங்கள் இவற்றின் இடப்பெயர்ச்சியும் பாதிக்கப்படுகிறது.

மக்னீஷியம் : ஒளிச்சேர்க்கைக்கு இன்றியமையாத பச்சையத்தில் (chlorophyll) இருக்கக்கூடிய ஒரு கனிம மூலகம் மக்னீஷியம் தான். எனவே, மக்னீஷியம் இல்லாதபோது இலைகள் தங்கள் பச்சை நிறத்தை இழந்து வெளிரிட்டுப்போகின்றன. இதைப் 'பச்சையச் சோகை' (chlorosis) என்று கூறுகிறார்கள். பாஸ்ஃபேட்டுகளின் வளர்சிதை மாற்றத்திலும் மக்னீஷியம் பங்கு கொள்கிறது. அநேக நொதிகளுக்கு மக்னீஷியம் ஊக்கியாகப் (activator) பயன்படுகிறது.

இரும்பு : இரும்பு மிகமிகக் குறைந்த அளவிலேயே தாவரங்களுக்குத் தேவைப்படுகிறது. எனவே, அதையும் நுண் ஊட்டப் பொருளாகக் கருதுகின்றனர். இரும்பு இல்லாதபோது செடிகளின் இலைகள் பசுமை நிறத்தை இழந்து வெளிரிடுகின்றன. அதாவது, பச்சையச் சோகை ஏற்படுகிறது. ஆனால், பச்சையத்தில் இரும்பு இல்லை. எனவே, பச்சையம் தோன்றுவதற்குத் தேவையான ஒரு வினை ஊக்கியாகவே இரும்பு கருதப்படுகிறது. சுவாச நொதிகளில் (respiratory enzymes) இரும்பு ஒரு முக்கியமான பகுதியாக உள்ளது. சுவாசித்தலின்போது நடைபெறும் ஆக்ஸிகரணத்தில் இரும்பு முக்கியமான பங்கு வகிக்கிறது. செடியின் ஒரு பகுதியில் இருக்கும் இரும்பு எளிதாக மற்றப் பகுதிகளுக்குச் செல்வதில்லை. ஒரே செடியில், கீழ் இலைகள் பச்சையாகவும், மேல் இலைகள் இரும்புப் பச்சையச் சோகையினால் பாதிக்கப்பட்டும் இருப்பதைக் காணலாம். பச்சையச் சோகையினால் பாதிக்கப்பட்ட செடிகளின்மேல் இரும்புப் பொருள் கரைசலைத் தெளித்தால், எந்த இலைகளின்மேல் கரைசல் படுகிறதோ அவைமட்டுமே பச்சையாகின்றன. கரைசல் படாத இலைகள் வெளிரிட்டே இருக்

கின்றன. அதாவது, ஓர் இலையில் உள்ளிழுத்துக்கொள்ளப்படும் இரும்பு மற்ற இலைகளுக்குச் செல்வதில்லை.

மாங்கனீஸ் : மாங்கனீஸ் எல்லாத் தாவரங்களிலும் உள்ளது. தாவரங்கட்கு இன்றியமையாத நுண் மூலகங்களில் மாங்கனீஸும் ஒன்று. ஆனால், இது மிகமிக நுண்ணிய அளவிலேயே தேவைப் படுகிறது. மாங்கனீஸ் அளவில் மிகும்போது தாவரங்கட்குத் தீங்கு விளைவிக்கிறது. இது பச்சையச் சேர்க்கையுடன் தொடர்பு கொண்டிருப்பதுபோலக் காணப்படுகிறது. மாங்கனீஸ் இல்லாத போது புள்ளிப் பச்சையச் சோகை (mottled chlorosis) ஏற்படு கிறது. பாதிக்கப்பட்ட இலைகளின் நரம்புகள் பச்சையாக இருக் கின்றன. ஆனால், நரம்புகளுக்கு இடையேயுள்ள திசுக்கள் மஞ்சள் நிறத்தை அடைகின்றன. செடிகள் வளர்ச்சியற்றுக் குட்டையாக இருக்கின்றன. செடிச் சாம்பலின் அளவும் குறைகிறது. மாங்க னீஸ் இல்லாதபோது சில குறையூட்ட நோய்கள் (deficiency diseases) உண்டாகின்றன. ஓட்ஸ் (oats) செடியில் தோன்றும் சாம்பல் புள்ளி (grey speck) நோயும், பீட்ருட் கிழங்கில் தோன்றும் மஞ்சள் புள்ளி நோயும் (speckled yellow) மாங்கனீஸ் குறைவால் ஏற்படுபவை. செடிகளில் மாங்கனீஸுக்கும் இரும்பிற்கும் இடையே ஒரு விகிதம் இருக்கவேண்டுமெனத் தெரிகிறது. மாங்க னீஸின் அளவு அதிகமாகும்போது தோன்றும் நோய்களின் அறி குறிகள், இரும்புக் குறைவால் ஏற்படும் நோய்களை ஒத்துள்ளன. மாங்கனீஸ், சில நொதிகட்கு ஊக்கியாகவும் பயன்படுகிறது.

போரான் (Boron): செடிகளுக்கு இன்றியமையாத நுண் ஊட்டப் பொருள்களில் போரானும் ஒன்று. போரான் குறைவால் செடிகளின் வளர்நுனித் திசு (apical neristem) பாதிக்கப்படுகிறது. புதிய வேர்கள் தோன்றுவதில்லை. காம்பியம் அசாதாரணமான வளர்ச்சி அடைகிறது. ஃப்ளோயமும், பாரென்கைமாவும் (parenchyma) சிதைவடைகின்றன. கடைசியில் சைலம் திசு சிதைவடைந்து சாற்றுக் குழல்களை அடைத்துக்கொள்கிறது. போரான் குறைவினால் பல நோய்கள் உண்டாகின்றன. பீட்ரூட்டில் தோன்றும் மைய அழுகல் நோய் (heart rot), டர்னிப்பில் (turnip) தோன்றும் பழுப்பு மைய நோய் (brown heart), செலரியில் (celery) தோன்றும் தண்டு வெடிப்பு நோய் (stem crack), புகையிலையின் இலை நோய் (top-disease), காலி ஃப்ளவரின் (cauliflower) பழுப்பு நோய் (browning) ஆகியவை போரான் குறைவால் தோன்றும் நோய்களாகும். போரான் இவ்வளவு முக்கியமான மூலகமாக இருந்தபோதிலும் அது மிக மிகக் குறைவாகவே தேவைப்படுகிறது. நிலக்கரைசலில் 10 லட்சத்

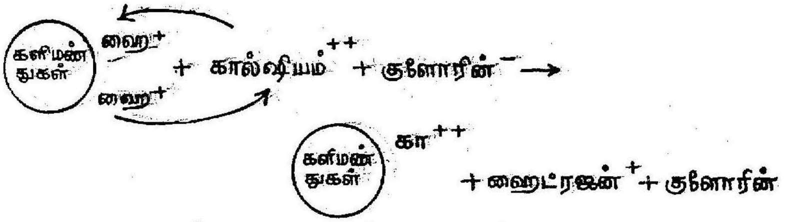
தில் ·01 பங்கு போரான் இருந்தாலே போதுமானது. 10 லட்சத்தில் 1 பங்கு இருந்தால்கூடத் தாவரங்கட்குத் தீங்கு நேரிடுகிறது.

துத்தநாகம் : துத்தநாகக் குறைவினால் இலைகளில் பச்சையச் சோகை ஏற்படுகிறது. பழமரங்கள், குறிப்பாக எலுமிச்சை, ஆரஞ்சு மரங்கள் துத்தநாகக் குறைவால் பாதிக்கப்படுகின்றன. பழமரங்களில் தோன்றும் சிற்றிலை (little leaf) நோய், கொத்து இலை (rosette) நோய், இவற்றிற்குத் துத்தநாகக் குறைவே காரணம். துத்தநாகக் குறைவால் பாதிக்கப்பட்ட மரங்களில் இலைகள் குறைவாக உள்ளன. கணு இடைப்பகுதி (internode) குட்டையாக உள்ளது. பழங்களும் குறைவாகவே கிடைக்கின்றன.

தாமிரம் : இதுவும் செடிகட்கு இன்றியமையாத ஒரு நுண் ஊட்டப் பொருள். தாமிரம் இல்லாதபோது தக்காளிச் செடிகளில் வாடல் நோய் (wilt disease) ஏற்படுகிறது என்று கண்டுபிடிக்கப் பட்டுள்ளது. செடியின் இலைகள் மேல்நோக்கிச் சுருண்டுகொள்கின்றன. ஆரஞ்சு மரங்களில் நுனிஇறப்பு (die back) நோய் உண்டாகிறது. வளருகின்ற இளந்தண்டு நுனிகள் இறந்து விடுகின்றன. மஞ்சள் நுனி (yellow tip) நோய்க்கும் தாமிரக் குறைவு காரணமாக இருக்கலாம். பச்சையச் சேர்க்கையிலும், ஆக்ஸீகரண நொதிகளின் சேர்க்கையிலும் தாமிரம் பயன்படுகிறது என்று தெரிகிறது.

நிலமும் ஊட்டக் கனிமங்களும் : தாவரங்கள் தங்கட்கு வேண்டிய கனிமங்களை நிலத்திலிருந்து எடுத்துக்கொள்கின்றன. கனிமங்கள் நிலக்கரைசலில் கரைந்துள்ளன. அதைத்தவிரக் களி மண் துகள்களிலும் இலைமட்குத் துகள்களிலும் அவை இணைந்து உள்ளன. இதில் களிமண் முக்கியமான பங்கு வகிக்கின்றது. களிமண் துகள்கள் கொலாயிடுகளாக இருக்கின்றன என்று பார்த்தோம். இக் கொலாயிடு துகள்கள் எதிர் மின்னேற்றத்தைப் பெற்றுள்ளன; எனவே, நேர்மின்னேற்ற அயனிகளை (cat ions) அவை மின் ஆற்றலால் ஈர்த்து வைத்துக்கொள்கின்றன. கால்ஷியம், பொடாஷியம், சோடியம், ஹைட்ரஜன் ஆகிய நேர் மின்னேற்ற அயனிகள் இவ்விதம் களிமண் துகள்களால் ஈர்த்து வைத்துக்கொள்ளப்படுகின்றன. களிமண் துகளிலுள்ள நேர் மின்னேற்ற அயனிகளை, வேறு நேர்மின்னேற்ற அயனிகள் விலக்கிவிட்டு, அந்த இடத்தைப் பிடித்துக்கொள்ள முடியும். உதாரணமாகக் களிமண் துகளில் நேர் மின்னேற்றமுடைய ஹைட்ரஜன் அயனி ஒட்டிக்கொண்டிருப்பதாக வைத்துக்கொள்வோம். அந் நிலத்தில் கால்ஷியம் குளோரைடு (calcium chloride) கரைசலை ஊற்றுவோம்.

கரைசலில் நேர் மின்னேற்றமுடைய கால்ஷியம் அயனிகளும், எதிர் மின்னேற்றமுடைய குளோரின் (chlorine) அயனிகளும் உள்ளன. கரைசலில் உள்ள கால்ஷியம் அயனி, களிமண் துகளி லுள்ள ஹைட்ரஜனை நீக்கிவிட்டு, அவ் இடத்தைப் பிடித்துக் கொள்கிறது (படம் 8-2).



படம்- 8•2 அயனிப் பரிமாற்றம்

இவ்விதம் இரண்டு நேர்மின் அயனிகள் தங்களுக்குள் இடம் மாற்றிக்கொள்வது அயனிப் பரிமாற்றம் (ion exchange) எனப் படுகிறது. காரத்தன்மையுள்ள நிலங்களில் பரிமாறிக்கொள்ளக் கூடிய அயனியாக கால்ஷியம் உள்ளது. அமிலத் தன்மையுள்ள நிலங்களில் ஹைட்ரஜன் உள்ளது. எல்லா அயனிகளும் ஒரேவித விசையுடன் ஈர்த்து வைத்துக்கொள்ளப்படுவதில்லை. ஹைட்ரஜன் மிக நெருக்கமாக இணைந்துள்ளது. சோடியம் மிகக் குறைவான விசையுடன் இணைக்கப்பட்டுள்ளது.

நேர்மின் அயனிகளைப்போலவே எதிர்மின் அயனிகளும் நிலத்தில் உள்ளன. இவை நிலக்கரைசலில் உள்ளன. நிலத்திலுள்ள எதிர்மின் அயனிகளில் நைட்ரேட், சல்ஃபேட், கார்பனேட், பாஸ்ஃபேட் ஆகியவை முக்கியமானவை. இவை துகள்களால் ஈர்த்து வைத்துக்கொள்ளப்படவில்லை. எனவே, எதிர்மின் அயனிகள் சுலபமாக நிலத்திலிருந்து கழிவுநீரால் அகற்றப் படுகின்றன. இதற்கு பாஸ்ஃபேட்மட்டும் விதிவிலக்காகும். பாஸ்ஃபேட்மட்டும் ஏதோ ஒரு முறையில் ஈர்த்து வைத்துக் கொள்ளப்படுகிறது.

தாவரங்கள் தங்கட்குத் தேவையான கனிமங்களை அயனி களாகவே எடுத்துக்கொள்கின்றன. உதாரணமாக, தாவரங்கட்கு நைட்ரேட், பொட்டாஷியம் இரண்டும் வேண்டுமென்று பார்த் தோம். இதைத் தாவரங்கள் பொட்டாஷியம் நைட்ரேட் கரைச லாக எடுத்துக்கொள்வதில்லை. பொட்டாஷியம் அயனிகளைத் தனியாகவும் நைட்ரேட் அயனிகளைத் தனியாகவும் எடுத்துக்

கொள்கின்றன. நிலத்தில் இக் கனிமங்கள் அயனிகளின் வடிவிலே இருக்கின்றன என்றும், அயனிகளில் நேர்மின் அயனிகள், எதிர்மின் அயனிகள் என இருவகைகள் உள்ளன என்றும் பார்த்தோம். ஓர் உப்பின் இரு அயனிகளைத் தாவரங்கள் ஒரே அளவில் எடுத்துக் கொள்வதில்லை. உதாரணமாக, கால்ஷியம் நைட்ரேட் கரைசலில் கால்ஷியம் என்னும் நேர்மின் அயனியும், நைட்ரேட் என்னும் எதிர்மின் அயனியும் உள்ளன. இக் கரைசலிலிருந்து எதிர்மின் அயனியான நைட்ரேட், நேர்மின் அயனியான கால்ஷியத்தைக் காட்டிலும் விரைவாக எடுத்துக்கொள்ளப்படுகிறது.

அயனிகளின் பகைமை : ஊட்ட ஊடகத்தில் (nutrient medium உள்ள அயனிகளின் அளவு, பிளாஸ்மா சவ்வின் குணங்களையும் பாதிக்கிறது. உதாரணமாக, சோடியம் குளோரைடு (sodium chloride) கரைசலில் ஒரு செடியை வைத்தால், செடியில் உள்ள நீர் வெளியே இழுக்கப்பட்டுச் செடி வாடிவிடுகிறது. ஆனால், சோடியம் குளோரைடுடன் கால்ஷியம் குளோரைடையும் (calcium chloride) சரியான விகிதத்திலே கலந்து அக் கரைசலில் வைத்தால் செடி வாடுவதில்லை. நேர்மின் அயனியான சோடியத்தின் தீய விளைவுகளை கால்ஷியம் சரிக்கட்டிவிடுகிறது. ஒரு வகையைச் சேர்ந்த இரு அயனிகளுக்கிடையே உள்ள இந்த உறவு, அயனிகளின் பகைமை எனப்படுகிறது.

இனி, நிலத்திலுள்ள அயனிகள் எப்படித் தாவரங்களால் எடுத்துக்கொள்ளப்படுகின்றன என்பதை அடுத்த பகுதியில் காண்போம்.

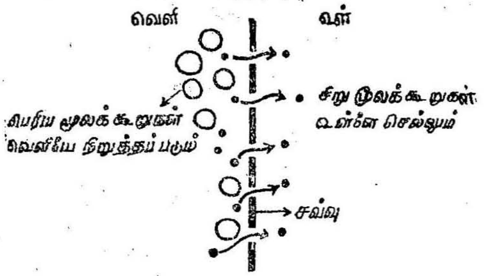
9. பிளாஸ்மா சவ்வும் செலுத்துதிறனும்

(Plasma Membrane and Permeability)

தாவர செல்லை ஓர் ஆஸ்மாடிக் அமைப்பு என்ற முறையிலே நாம் பரிசீலனை செய்தபோது, பிளாஸ்மா சவ்வை ஓர் அரைச் செலுத்திச் சவ்வாகக் கருதிக்கொண்டோம். இது முற்றிலும் சரியானதன்று. செல்லின் ஆஸ்மாடிக் அமைப்பை எளிதில் புரிந்துகொள்வதற்காகவே நாம் அவ்வாறு கருதினோம். செல்லின் பிளாஸ்மா சவ்வு, ஓர் அரைச் செலுத்திச் சவ்வாகமட்டும் இருக்குமேயானல் என்ன நேரிடும்? அரைச்செலுத்திச் சவ்வின் வழியாகக் கரைப்பான்கள்மட்டுமே செல்ல முடியும். எனவே, செல் தண்ணீரைமட்டுமே எடுத்துக்கொள்ள முடியும். ஆனல், தாவரங்கட்குத் தண்ணீரைத் தவிர கனிமங்களும் தேவையென்று பார்த்தோம். இவையும் செல்லிற்குள் சென்றாக வேண்டும். எனவே, முற்றிலும் அரைச் செலுத்து தன்மையுடைய சவ்வு, உயிரினங்களில் கிடையாது. செல் சவ்வுகள் எல்லாப் பொருள்களையும் எல்லாக் காலத்திலும் உட்செல்ல அனுமதிப்பதில்லை. ஆனல், சில பொருள்களைத் தேர்ந்தெடுத்துச் சிலசமயங்களில் தம்முட் செல்ல அனுமதிக்கின்றன. ஆகையால், பிளாஸ்மா சவ்வை, தேர்வுச் செலுத்தி சவ்வு (selectively permeable membrane) என்று கூறுவதே பொருந்தும். இவ்விதம் பொருள்களைத் தன்னூடு செல்வதற்கு அனுமதிக்கும் திறன், பிளாஸ்மா சவ்வின் செலுத்து திறன் (permeability) எனப்படுகிறது.

பிளாஸ்மா சவ்வின் தேர்வுச் செலுத்துதிறனுக்குக் காரணம் என்ன? அது எப்படி ஒரு பொருளை மற்றொன்றிலிருந்து பிரித்து அறிகிறது? இதை விளக்கப் பல கோட்பாடுகள் முன்வைக்கப் பட்டுள்ளன. இவற்றைச் சல்லடைக்கண் கோட்பாடுகள் (sieve theories), கரைப்பான் கோட்பாடுகள் (solvent theories) என இரு வகைகளாகப் பிரித்துக்கொள்ளலாம்.

சல்லடைக்கண் கோட்பாடு: இது முதன்முதலாக டிராப் (Traube) என்பவரால் வெளியிடப்பட்டது. இக் கோட்பாட்டின் படி பிளாஸ்மா சவ்வு நுண்ணிய கண்களைக் கொண்ட சல்லடையாகக் கருதப்படுகிறது. சவ்விற்கு வெளியே உள்ள மூலக்கூறுகளில், எவை இக் கண்களில் புகுந்து செல்லக்கூடிய அளவிற்குச் சிறியவாக இருக்கின்றனவோ அவைமட்டுமே உள்ளே செல்லமுடியும். பெரிய மூலக்கூறுகள் வெளியே நிறுத்தப்படும் (படம் 9-1). இவ்விதம் பிளாஸ்மா சவ்வு ஒரு நுண் வடிகட்டியாக இயங்குகிறது. இக் கோட்பாட்டின்படி பொருள்கள் சவ்வினூடே செல்வது அவற்றின் மூலக்கூறுகளின் அளவைப் பொறுத்திருக்கும். சிறிய

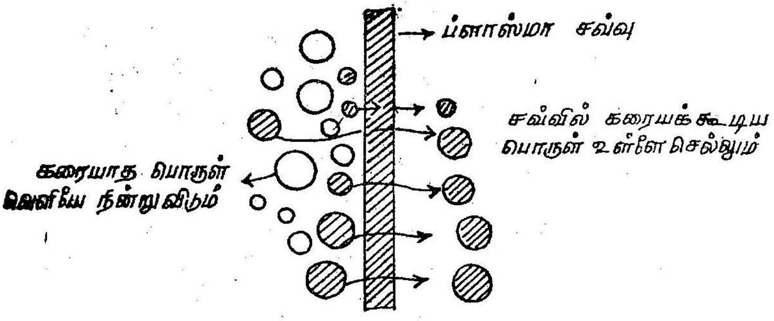


படம் - 9.1 சல்லடைக்கண் கோட்பாடு

மூலக்கூறுகள் விரைவாக உள்ளே செல்லும். அவை அளவில் பெரியவை ஆகஆக அவை உள்ளே செல்வதும் தடைப்படும். ஆனால், ஸெல்லிற்குள் செல்லும் பொருள்களது மூலக்கூறுகளின் அளவை ஒப்பிட்டுப் பார்த்தால், இக்கோட்பாடு அவ்வளவு சரியானதன்று என்பது தெரியும். ஸெல்லினுள் பொருள்கள் செல்லும் விகிதத்திற்கும் அவற்றின் அளவுக்கும் நேரடியான தொடர்பு எதுவும் இருப்பதாகத் தெரியவில்லை. உதாரணமாக, மிகப் பெரிய மூலக்கூறுகளை உடைய அல்கலாயிடுகளை (alkaloids) சவ்வு உட்செல்ல அனுமதிக்கிறது. ஆனால், சிறிய மூலக்கூறுகளை உடைய அமினோஅமிலங்களை அனுமதிப்பதில்லை. இது மேற்கண்ட கோட்பாட்டிற்கு முரணாக உள்ளது.

கரைப்பான் கோட்பாடு: ஓவர்டன் (Overton) என்பவரே இக் கோட்பாட்டின் முதன்மையான ஆதரவாளர். இக் கோட்பாட்டின்படி பிளாஸ்மா சவ்வு தனிப்பட்ட கரைப்புத் திறனையுடைய கரைப்பானாக இருக்கிறது. உட்செல்ல முயலும் பொருள்களில் எவை பிளாஸ்மா சவ்வில் கரையக்கூடியனவாக இருக்கின்றனவோ, அவை சவ்விலே கரைந்து உள்ளே செல்லும்.

கரைய முடியாதவை வெளியே நின்றுவிடும். ஓவர்டனின் கருத்துப்படி, பிளாஸ்மா சவ்வு லிபிட் (lipid) எனும் ஒரு வகைக் கொழுப்புப் (fat) பொருளால் ஆனது. எனவே, கொழுப்பில் கரையக்கூடிய பொருள்கள்மட்டுமே சவ்விலே கரைந்து உட் செல்லும்.

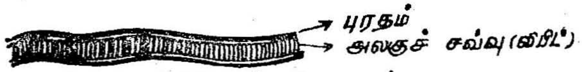


படம் - 9.2 கரைப்பான் கோட்பாடு

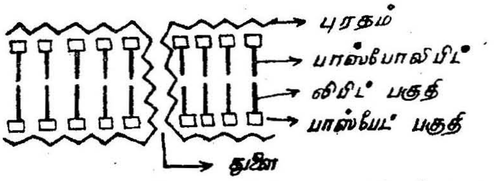
ஆக, ஒரு பொருள் செல்லினுள் செல்வதன் விகிதம் அது கொழுப்பில் கரையுந் திறனைப் பொறுத்துள்ளது. இது ஓரளவிற்கு உண்மையே. பொதுவாகக் கொழுப்பில் கரையக்கூடிய பொருள்கள், பிளாஸ்மா சவ்வினூடு எளிதாகச் செல்லுகின்றன. அவை செல்லும் விகிதம், அவை கொழுப்பில் கரையுந் திறனுக்கு நேர் விகிதத்தில் உள்ளது. ஆனால், ஸெல்லிற்குள் செல்லும் பொருள்களில் மிக முக்கியமானதாகிய தண்ணீர் கொழுப்பில் கரையக்கூடியதன்று. இருந்தும், அது ஸெல்லிற்குள் மற்றப்பொருள் களைக்காட்டிலும் விரைவாகச் செல்கிறது. அதுபோலக் கொழுப்பில் கரையாத அநேக அனங்கக உப்புகளும் ஸெல்லிற்குள் செல் கின்றன.

பிளாஸ்மா சவ்வின் அமைப்பு: ஸெல்லினுள் செல்லும் பொருள்களின் தன்மையையும், பிளாஸ்மா சவ்வின் வேதி அமைப்பையும் கொண்டு பிளாஸ்மா சவ்வின் அமைப்பு ஓரளவிற்கு யூகித்து அறியப்பட்டுள்ளது. அண்மைக் காலக் கருத்துப்படி, அது ஒரே சமயத்தில் ஒரு கரைப்பானாகவும், ஒரு நுண்கண் சல்லடை யாகவும் (ultra-sieve) இருக்கிறது. பிளாஸ்மா சவ்வில் பாஸ்ஃபோ லிபிட் (phospholipid) எனும் ஒருவகைக் கொழுப்புப் பொருளும் புரதங்களும் உள்ளன. பாஸ்ஃபோலிபிட் மூலக்கூறுகள் இரண்டு அடுக்காக அமைக்கப்பட்டுள்ளன. கொழுப்புப் பகுதி உட்புறம் நோக்கியும், பாஸ்ஃபேட் பகுதி வெளிநோக்கியும் உள்ளன. சவ்வின்

இப் பகுதி அலகுச் சவ்வு (unit membrane) எனப்படுகிறது. அலகுச் சவ்வின் இரு புறங்களிலும் புரதங்கள் அமைந்துள்ளன. புரதங்கள் பாஸ்ஃபோலிபிட்களுடன் இணைக்கப்பட்டுள்ளன. சவ்வில் ஆங் காங்கே நுண்துளைகள் உள்ளன. துளைகள் உள்ள பகுதியில் புரதம் உள்நோக்கி மடங்கித் துளைகளின் சுவரை ஒட்டிச் செல்கிறது. பிளாஸ்மா சவ்வில் இத்தகைய ஒரு முப்பகுதி அமைப்பு இருப்பதை எலக்ட்ரான் மைக்ராஸ்கோப் (electron microscope) காட்டுகிறது.



பிளாஸ்மா சவ்வின் முப்பகுதி அமைப்பு



படம் 9.3 பிளாஸ்மா சவ்வு பெரிதாக்கப்பட்ட தோற்றம்
(மூலம் டேனியல்)

இதுபோன்ற ஓர் அமைப்பில் கொழுப்பில் கரையும் பொருள்கள் கொழுப்புப் பகுதி வழியாகவும், கரையாத பொருள்கள் துளைகளின் வழியாகவும் செல்வதற்கு வாய்ப்பு இருக்கிறது. ஆனால், இத் துளைகள் நிலையாக இருப்பவை அல்ல. அவை பிளாஸ்மா சவ்வின் வெப்ப இயக்கத்தின் (thermal activity) பயனாக அடிக்கடி தோன்றி மறைகின்றன. துளைகள் திறந்திருக்கும் போது அதன் வழியே பொருள்கள் செல்ல முடியும். மூடியிருக்கும் போது செல்ல முடியாது. எனவே, இயக்க ரீதியில் பார்க்கும்போது பிளாஸ்மா சவ்வு இறுக்கமான அமைப்புடைய நிலையான சவ்வு அன்று. அது நெகிழ்வுடையது. ஒரு குறிப்பிட்ட பொருளை அது எல்லாக் காலங்களிலும் தன்னூடு செல்ல அனுமதிப்பதில்லை. அநேக பொருள்களைப் பெரும்பான்மையான காலம் அனுமதிப்ப தில்லை. சில பொருள்களை எப்போதும் அனுமதித்துக்கொண்டே யிருக்கிறது. இதுபோல பிளாஸ்மா சவ்வு ஒரே சமயத்தில் செலுத்தும் சவ்வாகவும் செலுத்தாச் சவ்வாகவும் இயங்குகிறது. அது முற்றிலும் செலுத்தாச் சவ்வாக இருந்துவிடுமேயானால், செல்கட்குத் தேவையான பொருள்கள் உள்ளே செல்ல முடியாது. முற்றிலும் செலுத்து சவ்வாக இருந்துவிடுமேயானால், செல்லிற் குள்ளே எப் பொருளும் இருக்கமுடியாது. எனவே, பிளாஸ்மா சவ்வு தனது தேர்வு செலுத்துதிறனால் செல்லிற்குள்ளேயும் வெளியேயும் பொருள்கள் செல்வதை ஒழுங்குபடுத்துகிறது.

அயனிகள் உட்செல்லுதல் (Ion Uptake) : அயனிகள் ஸெல்களுக்குள் எப்படிச் செல்கின்றன என்று பார்ப்போம். வேர்களினுள்ளே தண்ணீர் செல்லும்போது அதனோடு சேர்ந்து அயனிகளும் உள்ளே செல்வதாக முன்னர் கருதப்பட்டது. அயனிகளும் தண்ணீரைப்போலவே செறிவு மிகுந்த இடத்திலிருந்து செறிவு குறைந்த இடத்தை நோக்கிப் பரவுதல்மூலம் செல்வதாகக் கருதப்பட்டது. அமோனியா போன்ற சில பொருள்கள் இந்த எளிய பரவுதல் முறைமூலம் ஸெல்லிற்குள் செல்வது உண்மையே. ஆனால், அயனிகள் உட்செல்வதில் பரவுதல் முக்கியமான பங்கு வகிப்பதில்லை. சில நீர்வாழ் செடிகளின் ஸெல் ரசத்தைப் பகுத்தாய்ந்தால், அதில் வெளியே உள்ள ஊடகத்தில் இருப்பதைவிட அதிகமான அளவு அயனிகள் இருக்கின்றன என்று தெரிகிறது. உதாரணமாக, நைடெல்லா (Nitella) எனும் பாசி வகையைச் சேர்ந்த நீர்த்தாவரத்தின் ஸெல்ரசத்தில் ஊடகத்தைக்காட்டிலும் 1,000 மடங்கு அதிகமான பொடாஷியம் இருக்கிறது. குளோரின் 100 மடங்கு அதிகமாக இருக்கிறது. உள்ளே அயனிகளின் செறிவு மிகுதியாக இருந்தபோதிலும் அவை வெளியே பரவுவதில்லை. இவ்விதம் ஸெல்கள் ஊடகத்தைக்காட்டிலும் அதிகமான அளவு பொருள்களைச் சேகரித்துவைத்துக்கொள்ள முடியும். இது அயனிச் சேகரம் (ion accumulation) எனப்படுகிறது. எனவே, ஸெல்லிற்குள் அயனிகள் செல்லும்போது அவை செறிவு குறைந்த இடத்திலிருந்து மிகுதியான இடத்திற்குச் செல்கின்றன. அதாவது, அவை பரவுதல் அழுத்தத்திற்கு எதிரான திசையில் செல்கின்றன. இவ்விதம் எதிர்த்துச் செல்ல ஆற்றல் தேவைப்படுகிறது. இந்த ஆற்றல் ஸெல்களின் வளர்சிதை மாற்றத்திலிருந்து, குறிப்பாக சுவாசித்தலிலிருந்து கிடைக்கிறது என்று தெரிகிறது. இவ்விதம் உயிராற்றலால் நடைபெறும் இந் நிகழ்ச்சி உயிர்ப்பு எடுப்பு (active uptake) எனப்படுகிறது.

அயனிகள் உட்செல்வதற்கும் சுவாசித்தலுக்கும் இடையே உள்ள தொடர்பைப் பல சோதனைகள் எடுத்துக்காட்டுகின்றன. துண்டிக்கப்பட்ட வேர் ஒன்றைக் கரைசலிலே வைத்து, கரைசல் மூலம் ஆக்ஸிஜன் வாயுவைச் செலுத்தினால் வேர் அயனிகளை எடுத்துக்கொள்கிறது. ஆனால், ஆக்ஸிஜனுக்குப் பதிலாக நைட்ரஜனைச் செலுத்தினால் சுவாசம் தடைப்படுகிறது. அப்போது அயனிகள் எடுத்துக்கொள்ளப்படுவதில்லை.

சுவாசித்தல் மட்டுமன்றி ஒரு ஸெல்லின் பொதுவான வளர்சிதை மாற்ற நிலையும் (metabolic state) அயனிகள் உட்செல்வதைப் பாதிக்கின்றது என்று ஸ்டூவர்ட்டும் (Stewart) அவரது

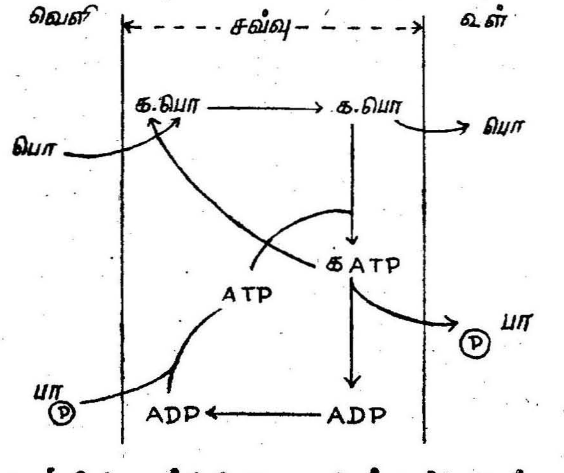
சகாக்களும் எடுத்துக்காட்டினுர்கள். அவர்கள் உருளைக்கிழங்கைப் பல வில்லைகளாக வெட்டி 2 நாட்கள் தண்ணீரிலே கழுவினுர்கள். பிறகு அந்த வில்லைகள் புரோமைடு (bromide) அயனிகளை எப்படி எடுத்துக்கொள்கின்றன என்பதைப் பரிசீலனை செய்தார்கள். பொதுவாக ஆக்ஸிஜன் அளவு உயர உயர, அயனி உள் எடுப்பும் (ion uptake) அதிகமாகிறது என்பதைக் கண்டார்கள். எனவே, சுவாசித்தலுக்கும் அயனிகள் உட்செல்வதற்கும் இடையே தொடர்பு இருக்கிறது என்பது தெளிவாகிறது. மேலும், அவர்கள் வில்லையின் மேற்பரப்பில் உள்ள ஸெல்களே அதிகமான அயனிகளைச் சேகரிக்கிறது என்று கண்டார்கள். அயனிகளை அதிகமாகச் சேகரித்த ஸெல்கள் அனைத்திற்கும் பொதுவான ஒரு குணம் இருந்தது. அயனிகளை அதிகமாக சேகரித்த மேற்பரப்பு ஸெல்கள் எல்லாம் பகுபடுந் திறனைப் பெற்றிருந்தன. எனவே, முதிர்ச்சி அடைந்த ஸெல்களைக் காட்டிலும் பகுபடுந் திறனுடைய ஸெல்களின் வளர்சிதை மாற்று நிலை, அயனிகள் உட்செல்வதற்கு ஏற்றதாக உள்ளது என்று அவர்கள் கருதுகிறுர்கள். வேரின் அமைப்பைப்பற்றிப் பார்த்தபோது, வேரின் நீளும் பகுதியும் பகுபடுந் திறனுடைய வேர்முனைப் பகுதியும் அயனிகளை அதிகமாக எடுத்துக் கொள்கின்றன என்று படித்தோமல்லவா ?

இவ்விதம் அயனிகள் உட்செல்வதற்கு சுவாசித்தலிலிருந்து கிடைக்கும் ஆற்றல் பயன்படுத்தப்படுகிறது என்ற முடிவுக்கு வருகிறேம். சுவாசித்தலின்போது தோன்றும் ஆற்றல் அயனி உள் எடுப்புடன் எப்படி இணைந்துள்ளது என்பது தெளிவாகத் தெரியவில்லை. இதைப்பற்றிப் பல கருத்துகள் கூறப்படுகின்றன. அவற்றில் பொதுவான ஒன்றைமட்டும் இங்குக் கூறுவோம்.

சுவாசித்தலின்போது வெளிவிடப்படும் ஆற்றல் ATP எனும் பொருளில் வேதி ஆற்றலாகச் சேமித்துவைக்கப்படுகிறது. இந்தப் பொருளே ஸெல்லின் மற்றச் செயல்களை இயக்குகிறது. (இப் பொருளின் தோற்றத்தைப்பற்றியும், சுவாசித்தலின் ஆற்றல் உறவுகளைப்பற்றியும் பின்னர் விரிவாகப் படிப்போம்.) அயனிகள் உள் எடுப்பில் இந்த ATP-யோ அல்லது அதனேடு சேர்ந்த வேறெரு பொருளோ நேரடியாகப் பங்கு கொள்கிறது என்று கருதுகிறுர்கள். இவ்விதம் ATP, சுவாசித்தலையும் அயனி உள் எடுப்பையும் இணைக்கிறது.

ஸெல்லிற்குள் செல்லவேண்டிய பொருள் முதலில் பிளாஸ்மா சவ்விலுள்ள ஒரு பொருளுடன் இணைகிறது. இப் பொருள் என்னவென்பது தெளிவாகத் தெரியவில்லை. பொதுவாக இப் பொருளைக்

கடத்தி (carrier) என்று கூறுகிறார்கள். கடத்தியை நாம் 'க' என்ற எழுத்தால் குறிப்பிடுவோம். உள்ளே செல்லவேண்டிய பொருள் பொடாஷியமும் பாஸ்ஃபேட்டும் என்று வைத்துக்கொள்வோம். முதலில் பொட்டாஷியம் 'க'வோடு இணைகிறது. இக் கூட்டுப் பொருள் பிளாஸ்மா சவ்வினூடு சென்று உட்பகுதியை அடைகிறது. இங்குப் பொட்டாஷியம் கடத்தியிலிருந்து பிரிந்து விடுகிறது. கடத்தி ATP-யுடன் இணைகிறது. பிறகு ஒரு நொதி இக் கூட்டுப் பொருளின்மேல் வினைபுரிந்து கடத்தியைத் தனியாகப் பிரிக்கிறது. கடத்தி மீண்டும் சவ்வின் வெளிப்புறத்திற்கு வந்து மற்றொரு பொட்டாஷியம் அயனியை ஏற்கிறது. ATP-யில் மூன்று பாஸ்ஃபேட் மூலக்கூறுகள் உள்ளன. இவற்றில்ஒன்று செல்லிற்குள் செல்கிறது. அப்போது ATP இரண்டு பாஸ்ஃபேட் மூலக்கூறுகளைக் கொண்ட ADP ஆகக் குறைகிறது. பிறகு ADP சவ்வின் வெளிப் பக்கத்திற்கு வந்து ஒரு பாஸ்ஃபேட் மூலக்கூறை எடுத்துக் கொண்டு மீண்டும் ATP ஆகிறது. இம் மாற்றங்கள் சுழற்சியாக நடைபெறும்போது பொட்டாஷியமும் பாஸ்ஃபேட்டும் செல்லிற்குள் வருகின்றன. படம் 9-4 இந் நிகழ்ச்சிகளைக் காட்டுகிறது.

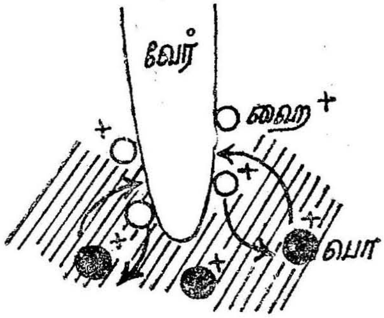


படம் 9.4 பாஸ்பேட், பொடாஷியம் உள்ளே செல்லுதல்

பொருள்கள் கடத்தியுடன் இணைவதும் அதிலிருந்து பிரிவதும் நொதிகளின் உதவியால் நடைபெறலாமென்றோ அல்லது கடத்திகளே நொதிகளாக இருக்கலாமென்றோ கருதப்படுகிறது. சுருக்கமாகச் சொன்னால், உள்ளே செல்லவேண்டிய பொருள் சவ்வி லுள்ள கடத்தி ஒன்றுடன் இணைகிறது. கடத்திப் பொருளை,

சவ்வினூடே கொண்டுசெல்கிறது. இந்த இயக்கத்திற்கு ATP-யின் வடிவில் ஆற்றல் தேவைப்படுகிறது. ATP சுவாசித்தலின்போது தோன்றுகிறது.

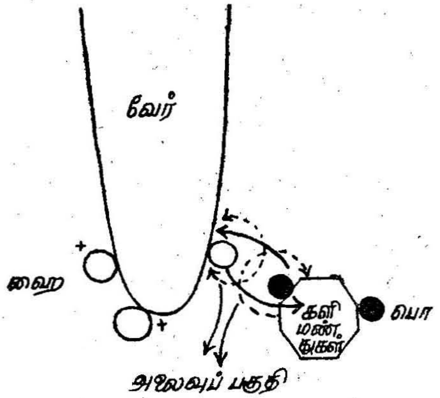
அயனிப் பரிமாற்றம்: களிமண் துகள்கட்கும் நிலக்கரைசலுக்கு மிடையே அயனிப் பரிமாற்றம் நடைபெறுகிறது என்று போன பகுதியில் பார்த்தோம். வேர்களுக்கும் நிலத்திற்கும் இடையேயும் அத்தகைய அயனிப் பரிமாற்றம் ஏற்படலாமென்று தெரிகிறது. வேர் நுனிகள் சுவாசிக்கும்போது கார்பன் - டை - ஆக்ஸைடை (carbon - di - oxide) வெளிவிடுகின்றன. இது தண்ணீரில் கரைந்து கார்பானிக் அமிலம் (carbonic acid) ஆகிறது. இந்த அமிலத்தில் நேர்மின் அயனிகளாக ஹைட்ரஜன் உள்ளது. இந்த ஹைட்ரஜன், வேரின்மேல் பரப்பு ஒட்டல்மூலம் ஒட்டிக்கொண்டிருக்கிறது. இதனால் வேர்களுக்கு யாதொரு பயனுமில்லை. இந்த ஹைட்ரஜன், அயனிகள் நிலக்கரைசலில் உள்ள பயனுள்ள அயனிகளுடன் இடம் மாற்றிக்கொள்கின்றன. இவ்விதம் பயனுள்ள நேர்மின் அயனி களான பொட்டாஷியம், கால்ஷியம் முதலியவை வேரை வந்து அடையலாம். அயனிப் பரிமாற்றத்தில் மற்றொரு முறை நேரடிப்



படம் - 9.5 அயனிப் பரிமாற்றம்

பரிமாற்றம் (contact exchange) எனப்படுகிறது. இதில் வேர், நேர்மின் அயனிகளை நேரடியாகக் களிமண் துகள்களுடன் மாற்றிக் கொள்கிறது. களிமண் துகள்களின்மேலும் வேர்களின்மேலும் ஒட்டிக்கொண்டிருக்கிற அயனிகள் இயக்கமற்று இருப்பதில்லை. அவை ஒரு குறிப்பிட்ட பகுதிக்குள் ஆடிக்கொண்டே இருக் கின்றன. இதை அலைவுப் பகுதி (oscillation) என்று கூறுகிறார்கள். துகள்களில் உள்ள அயனிகளின் அலைவுப் பகுதியும், வேர்களின் மேல் உள்ள அயனிகளின் அலைவுப் பகுதியும் ஒன்றோடொன்று

தொடர்பு கொள்ளும்போது, இரண்டிற்குமிடையே நேரடி அயனிப் பரிமாற்றம் நடைபெறுகிறது.



படம் - 9·6 நேரடிப் பரிமாற்றம்

இவ்விதம் அயனிப் பரிமாற்றத்தின்மூலம் வேரை வந்தடையும் அயனிகள் உயிர்ப்பு உள் எடுப்பு முறைமூலம் செல்லிற்குள் செல்லலாம்.

தாவரங்கள் தங்கட்கு வேண்டிய நீரையும் கனிமங்களையும் எப்படி நிலத்திலிருந்து எடுத்துக்கொள்கின்றன என்பதைப் பற்றியும், வேரால் உறிஞ்சப்பட்ட நீர் எப்படி இலைகளை வந்து அடைகிறது என்பதைப்பற்றியும் படித்தோம். இனி, இப் பொருள்களைக்கொண்டு எப்படி பல்வேறு உணவுப் பொருள்கள் தயாரிக்கப் படுகின்றன என்பதைக் காண்போம்.

10. ஒளிச்சேர்க்கை

(Photosynthesis)

நாம் வாழும் உலகிலே எண்ணற்ற உயிரினங்கள் வாழ்கின்றன; அவை வளர்கின்றன; இனப்பெருக்கம் செய்கின்றன; இடம்விட்டு இடம் நகர்கின்றன அவை இடைவிடாத இயக்கங்களிலே ஈடுபட்டுள்ளன. இந்த இயக்கங்களைச் செய்ய அவையனைத்திற்கும் ஆற்றல் வேண்டும். சின்னஞ்சிறு பாக்டீரியாவிலிருந்து பெரிய யானை வரையில் உள்ள எல்லா உயிரினங்களையும் இயக்குவது ஆற்றலே! இந்த ஆற்றலை அவை உணவிலிருந்து பெறுகின்றன. நமக்குப் போதுமான உணவு கிடைக்கும்போது சுறுசுறுப்பாக வேலை செய்கிறோம். பட்டினி கிடக்கும்பொழுது சோர்ந்து படுத்து விடுகிறோம். சரி, உணவிலுள்ள ஆற்றல் எங்கிருந்து வந்தது? அது சூரியனிடமிருந்து கிடைக்கிறது. சூரியன் ஒவ்வொரு கணமும் எல்லையற்ற ஆற்றலை நம் உலகின்மீது வீசிக்கொண்டிருக்கிறது. ஆனால் இந்த ஆற்றலை நாமும், மற்ற விலங்குகளும் நேரடியாக சூரியனிடமிருந்து எடுத்துப் பயன்படுத்திக்கொள்ள முடியாது. சூரிய ஆற்றலைப் பிடித்து நமக்குப் பயன்படக்கூடிய ஆற்றலாக, உணவிலே பொதிந்துள்ள வேதி ஆற்றலாக மாற்றும் சக்தி தாவரங்களுக்கே உண்டு. இவ்விதம் சூரியனுக்கும் மற்ற உயிரினங்கட்கும் இடையே ஓர் இணைப்பாகத் தாவரங்கள் உள்ளன. உலகம் தோன்றி உயிர்தோன்றும் அக் காலத்தில் பூமியின்மேல் பட்ட சூரிய ஆற்றல் அனைத்தும் அண்ட வெளியிலேயே சிதற அடிக்கப்பட்டு வீணாகிக்கொண்டிருந்தது. அதன் பின்னர் இந்த ஆற்றலைப் பிடித்து வைத்துக்கொள்ளக்கூடிய திறன் வாய்ந்த எளிய அமைப்புகள் தோன்றின. பரிணாமப் போக்கிலே அவை வளர்ச்சியடைந்து இன்றுள்ள தாவரங்களாகத் திகழ்கின்றன. இவ்வாறு உலகின் உயிர் மண்டலம் (biosphere), சூரிய ஆற்றலில் ஒரு பகுதியை ஈர்த்து வைத்துக்கொண்டு விரிவடைந்துகொண்டே போகின்றது. இம் முக்கியமான நிகழ்ச்சிக்கு அடிப்படையாக

இருக்கும் தாவரங்களின் ஒளிச்சேர்க்கையைப் (photosynthesis) பற்றி இனித் தெரிந்துகொள்வோம்.

ஒளிச்சேர்க்கை: தாவரங்களின் பசுமையான பாகங்கள் கார்பன்-டை-ஆக்ஸைடு, தண்ணீர் இவற்றைக்கொண்டு ஒளியின் உதவியால் எளிய கார்போ-ஹைட்ரேட்டினைக் (carbo-hydrate) காட்டும் நிகழ்ச்சியே ஒளிச்சேர்க்கை எனப்படுகிறது. இந் நிகழ்ச்சி யின்போது ஆற்றல் சேமிப்பு (energy storage) நிகழ்கிறது. ஒரு செடியின் பசுமையான எல்லாப் பகுதிகளும் ஒளிச்சேர்க்கை செய்யக்கூடியன. ஆனால், இலைகளில்தான் இந் நிகழ்ச்சி பெரும் அளவில் நடைபெறுகிறது. இந் நிகழ்ச்சியின் முடிவில் இலைகளில் தரசம் எனும் மாவுப் பொருள் (starch) மிகுதியாகச் சேர்கிறது. இலைகளில் தரசம் இருக்கிறது என்பதை ஓர் எளிய சோதனையின் மூலம் தெரிந்துகொள்ளலாம்.

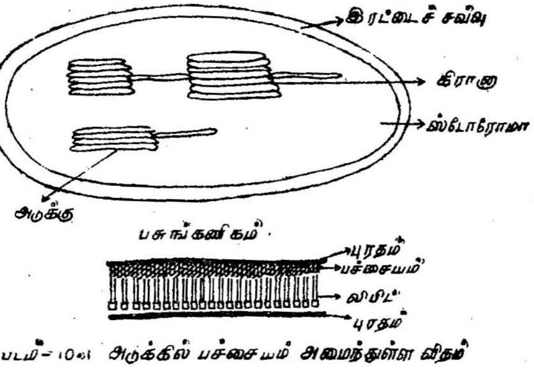
தரசச் சோதனை (Starch Test): வெளிச்சத்திலே வளர்ந்து கொண்டிருக்கும் இலையொன்றை எடுத்து, அதைக் கொதிக்கும் நீரிலே போட்டுக் காய்ச்சவேண்டும். இலை நன்கு நைந்துபோகும் வரை காய்ச்சிப் பின்னர் அதை எதில் சாராயத்தில் (Ethyl alcohol) போட்டுக் காய்ச்சவேண்டும். அப்போது இலைகளில் உள்ள பச்சையம் சாராயத்தில் கரைந்துவிடுகிறது. இலை நிறமற்றுப்போகிறது. இந்த இலையின்மேல் அயோடின் கரைசலை (Iodine solution) ஊற்றினால் இலை கருநீலமாகிறது. அயோடினும் தரசமும் சேரும்போது கருநீல நிறம் உண்டாகுமாகையால், இலைகளில் தரசம் இருக்கிறது என்று தெரிகிறது. இதுவே தரசச் சோதனை எனப்படுகிறது.

தரசம்என்பது ஒரு கார்போஹைட்ரேட். அதாவது, அது கரி, ஹைட்ரஜன், ஆக்ஸிஜன் ஆகிய மூன்று மூலகங்களாலானது. ஹைட்ரஜனும் ஆக்ஸிஜனும் தண்ணீரில் என்ன விகிதத்தில் இருக் கின்றனவோ, அதே 2:1 என்ற விகிதத்தில் கார்போஹைட்ரேட் டிலும் உள்ளன. இவற்றில் கார்பனும் ஆக்ஸிஜனும் காற்றிலுள்ள கார்பன்-டை-ஆக்ஸைடிலிருந்து கிடைக்கின்றன. (ஒரு மூலக்கூறு கார்பன்-டை-ஆக்ஸைடில் கார்பனின் ஓர் அணுவும், ஆக்ஸிஜனின் 2 அணுக்களும் சேர்ந்துள்ளன.) ஹைட்ரஜன் தண்ணீரிலிருந்து கிடைக்கிறது. (தண்ணீர் என்பது ஹைட்ரஜனும்-2 அணு ஆக்ஸி ஜனும்—1 அணுசேர்ந்த கூட்டுப் பொருள். ஒளிச்சேர்க்கைக்குத் தேவையான ஆற்றலை ஒளி அளிக்கிறது. இந்த ஆற்றலை ஈர்த்து ஒளிச்சேர்க்கைக்குப் பயன்படுத்தும் திறன்வாய்ந்தது பச்சையம் எனும் நிறமே (pigmenth) ஆகவே, ஒளிச்சேர்க்கைக்குத் தண்ணீர்,

கார்பன்-டை-ஆக்ஸைடு, **பச்சையம்**, ஒளி ஆகிய நான்கும் இன்றியமையாத பொருள்கள்.

ஒளி ஆற்றலை ஈர்த்துக்கொள்ளும் திறன் பச்சையத்திற்குத் தான் உண்டு. இனி, பச்சையம் இலைகளில் எப்படி அமைந்துள்ளது என்பதைக் காண்போம்.

பசுங்கணிகங்கள் : உயர் தாவரங்களில் பச்சையம், பசுங் கணிகங்கள் எனும் கணிகங்களில் உள்ளது. இக் கணிகங்கள் செடியின் பசுமையான பாகங்களில் உள்ள செல்களில் காணப்படுகின்றன. குறிப்பாக, இவை பச்சையான இலைகளில் மிகுதியாக உள்ளன. இவை நீள்வட்ட வடிவமான சிறு வில்லைகளாக உள்ளன. (பாசிகளில்—Algae—பசுங்கணிகங்கள் பல்வேறு வடிவில் இருக்கலாம்.) கணிகங்கட்கு இரட்டைச் சவ்வு ஒன்று உண்டு. இச் சவ்வும்



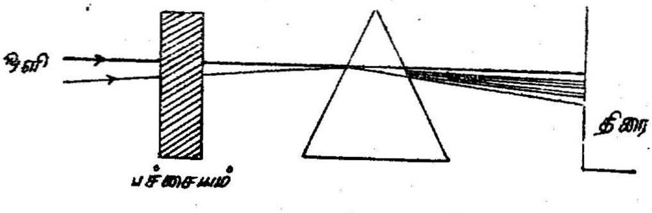
படம்–10-1 அடுக்கில் பச்சையம் அமைந்துள்ள விதம்

மற்றப் பிளாஸ்மா சவ்வுகளைப்போலவே தேர்வு செலுத்து திறன் வாய்ந்தது. சவ்வினுள்ளே புரதத்தாலான இடைப்பொருள் உள்ளது. இது ஸ்ட்ரோமா (stroma) எனப்படுகிறது. இதில் பல கிரானு (grana) எனும் பகுதிகள் பொதிந்துள்ளன. ஒவ்வொரு கிரானுவும் பல அடுக்குகளால் (lamella) ஆனது. ஒவ்வோர் அடுக்கும் ஓர் இரட்டைச் சவ்வு வில்லையாகக் காணப்படுகிறது. இச் சவ்வுகளில் லிபிடும் புரதமும் உள்ளன. பச்சயம், லிபிட் பகுதியுடன் தொடர்பு கொண்டுள்ளது. இந்த அமைப்பைப் படம் **10-1** காட்டுகிறது.

பச்சையம் என்பது ஒரு தனி நிறமி அன்று ; அதில் நான்கு நிறமிகள் கலந்துள்ளன. பச்சையம் ‘ஏ’ (chlorophylla) எனும்

நிறமி, நீலங்கலந்த பச்சை நிறமானது. பச்சையம்-பி எனும் நிறமி கரும்பச்சையானது. இவற்றோடு கரோடின் (corotin), ஸாந்தோஃபில் (xanthophyll) எனும் இரு மஞ்சள் நிறமிகளும் உள்ளன. பசுங்கணிகங்கள் மரபுவழியாகப் பெற்றோர்களிடமிருந்து சந்ததிகட்கு வருகின்றன. அவை தாமாகவே சுயேச்சையாகத் தோன்றுவதில்லை. பசுங்கணிகங்கள் முதலில் தோன்றும்போது வண்ணமற்று இருக்கின்றன. அவற்றின்மீது ஒளி படும்போதுதான், அவை பச்சையாகின்றன. ஒளி இல்லாதபோது கணிகங்களின் உள்ளே கிரானு அமைப்பும் தோன்றுவதில்லை.

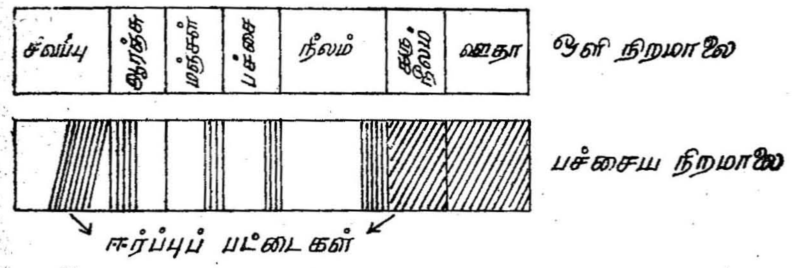
பச்சையத்தின் ஈர்ப்பு நிறமாலை : சூரிய ஒளியை ஒரு முப்பட்டைக் கண்ணாடியின் வழியாகச் செலுத்தினால், அது ஊதா, கருநீலம், நீலம், பச்சை, மஞ்சள், சிவப்பு என்ற வானவில்லின் ஏழு வண்ணங்களாகப் பிரிகிறது என்று நாம் அறிவோம். ஒவ்வொரு வண்ணத்திற்கும் ஒரு குறிப்பிட்ட அலைநீளம் உண்டு. உதாரணமாக, சிவப்பு வண்ணத்தின் அலைநீளம் 700 மில்லி μ வாகவும், (μவில் 1/1000 பங்கு) நீல வண்ணத்தின் அலைநீளம் 440 மில்லி. μவாகவும் இருக்கிறது. 390 மி. μவிலிருந்து 760 மி. μ வரை உள்ள அலைநீளங்களே நமது கண்ணிற்குப் புலனாகின்றன. இனி, பச்சையத்தை வைத்துக்கொண்டு ஒரு சோதனை செய்து பார்ப்போம். இலைகளை எதில் சாராயக் கரைசலில் கொதிக்க வைக்கும்போது பச்சைக் கரைசல் கிடைக்கிறது என்று பார்த்தோமல்லவா? அக் கரைசலை ஒரு மெல்லிய கண்ணாடிப் பாத்திரத்தில் எடுத்துக்கொண்டு, அதை ஒளிக்கும் முப்பட்டைக் கண்ணாடிக்கும் இடையே வைப்போம் (படம் 10-2). இப்போது கிடைக்கும் நிறமாலை, ஒளியின் நிறமாலையிலிருந்து வேறுபட்டிருப்பதைக்



படம் - 10.2

காணலாம். இந்த நிறமாலையில் ஐந்து இடங்கள் சற்று இருளடர்ந்து காணப்படுகின்றன. முக்கியமாகச் சிவப்புநிறப் பகுதியில் குறுகிய கறுப்புப் பட்டை காணப்படுகிறது. அதேபோல் நீல-ஊதா பகுதியில் அகலமான, சற்று அடர்த்தி குறைந்த கறுப்புப்

பட்டை காணப்படுகிறது. இவ் வண்ணங்கள் மறைக்கப்படுவதேன்? பச்சையம் இவ் வண்ணங்களை (அதாவது, அலைநீளங்களை) ஈர்த்துக்கொண்டுவிட்டது. எனவே, அவை நிறமாலையில் தென்படுவதில்லை. இப் பட்டைகள் ஈர்ப்புப் பட்டைகள் (absorption bands) எனப்படுகின்றன. இத்தகைய நிறமாலை பச்சைய நிறமாலை (chlorophyll spectrum) எனப்படுகிறது. இவ்விதம் சில ஒளிக்கதிர்களை ஈர்த்துக்கொள்ளக்கூடிய திறமை பச்சையத்திற்கு உண்டு. அதனால் பச்சையம் ஒளிச்சேர்க்கைக்குப் பயன்படுகிறது.



படம் -10.3 பச்சையத்தின் ஈர்ப்பு நிறமாலை

ஒளிச்சேர்க்கையைப் பாதிக்கும் அம்சங்கள்

கார்பன்-டை-ஆக்ஸைடு: ஒளிச்சேர்க்கைக்குத் தேவையான மூலப்பொருள்களில் கார்பன்-டை-ஆக்ஸைடும் ஒன்று. நிலம் வாழ் செடிகள் தங்கட்குத் தேவையான கார்பன் - டை - ஆக்ஸைடைக் காற்றிலிருந்தே எடுத்துக்கொள்கின்றன. செடிகள் சுவாசிக்கும் போது உண்டாகும் கார்பன் - டை - ஆக்ஸைடு ஓரளவிற்குப் பயன்படுத்திக்கொள்ளப்படலாம். நீர்வாழ் செடிகள் நீரிலே கரைந்துள்ள கார்பன் - டை - ஆக்ஸைடையும், கார்பனேட் (carbonate), பை - கார்பனேட் (bi-carbonate) இவற்றிலிருந்து கிடைக்கும் கார்பன் - டை - ஆக்ஸைடையும் பயன்படுத்திக்கொள்கின்றன. காற்றில் ·03% (பரிமாணத்தில்) கார்பன் - டை - ஆக்ஸைடு இருக்கிறது. இது மிகவும் குறைந்த அளவுதான். எனவே, கார்பன் - டை - ஆக்ஸைடு அநேக சந்தர்ப்பங்களில் ஒளிச்சேர்க்கைக்கு வரம்பிடுகிறது. இது பெரும்பாலும் இலைத்துளைகளின் வழியாகவே இலைகளுக்குள் செல்கிறது. சில இலைகளில் ஒரு மணிக்கு ஒரு சதுர சென்டிமீட்டர் இலைப்பரப்பிற்கு ·07 க.செ.மீ. கார்பன் - டை - ஆக்ஸைடு உள்ளே செல்கிறது என்று கணக்கிட்டிருக்கிறார்கள். வளிமண்டலத்திலுள்ள கார்பன்-டை-ஆக்ஸைடின்

அளவு அடிக்கடி மாறுபடுகிறது. உதாரணமாக, அடர்ந்த காடுகளில் பகல் வேளையில் எல்லாத் தாவரங்களும் ஒளிச்சேர்க்கை செய்யும் போது, வளிமண்டலத்தின் கார்பன் - டை - ஆக்ஸைடு பெருமளவு குறையலாம். பொதுவாக (மற்ற அம்சங்களால் வரம்பிடப்படா விட்டால்) கார்பன் - டை - ஆக்ஸைடின் அளவு அதிகமாக அதிக மாக ஒளிச்சேர்க்கையும் அதிகமாகிறது. ஆனால், இந்த அளவு வளி மண்டலத்திலிருப்பதைவிட 20 சதவிகிதத்திற்குமேல் போகும் போது ஒளிச்சேர்க்கை தடைப்படுகிறது.

ஒளி: ஒளிச்சேர்க்கைக்குத் தேவையான ஆற்றலைத் தருவது ஒளி என்று பார்த்தோம். கண்ணிற்குப் புலனாகும் பகுதியைச் சேர்ந்த எந்த ஒளியும் ஒளிச்சேர்க்கைக்கு உதவும். மின்விளக்கின் ஒளியில் கூட ஒளிச்சேர்க்கை நிகழும். பொதுவாக ஒளியின் தீவிரம் அதிகமாக அதிகமாக ஒளிச்சேர்க்கையும் அதிகமாகிறது ஆனால், ஒளியின் தீவிரம் மிகவும் அதிகமாகிவிட்டால், இலைகளில் ஒளி ஆக்ஸீகரணம் (photo-oxidation) எனும் நிகழ்ச்சி நடைபெறுகிறது. அப்போது இலை காற்றிலுள்ள ஆக்ஸிஜனை எடுத்துக்கொண்டு, செல்லிலுள்ள சில பொருள்களை ஆக்ஸிகரணமடையச் செய்து, கார்பன் - டை - ஆக்ஸைடை வெளிவிடுகிறது. ஒளியின் தீவிரத் தைத் தவிர ஒளியின் தன்மையும் ஒளிச்சேர்க்கையைப் பாதிக்கிறது. பொதுவாகச் சிவப்பு வெளிச்சத்தில் (655 மி.μ அலைநீளம்) மிக அதிகமான ஒளிச்சேர்க்கையும், நீல வெளிச்சத்தில் (400 மி. μ) அதைவிடச் சற்றுக் குறைவான ஒளிச்சேர்க்கையும் நடைபெறு கிறது. இங்கு ஒன்றைக் கவனிக்கவேண்டும். ஒளியின் நிறமாலையில் பச்சையம் எந்த அலைநீளங்களை ஈர்த்துக்கொள்கிறதோ, அதே அலைநீளங்களில்தான் ஒளிச்சேர்க்கையும் அதிகமாக இருக்கிறது. பச்சையத்திற்கும் ஒளிச்சேர்க்கைக்கும் இடையேயுள்ள நெருங்கிய தொடர்பை இது காட்டுகிறது. ஒளியின் கால அளவும் ஓரளவிற்கு ஒளிச்சேர்க்கையைப் பாதிக்கிறது. தாவரங்கள் நீண்ட காலம்வரை தொடர்ந்து ஒளிச்சேர்க்கை செய்யமுடியுமென்று தெரிகிறது. உதாரணமாக, 25^0 செ.கி. வெப்ப நிலையில் ஓர் ஆப்பிள் மரத்திற்கு 3,200 புட்காண்டில் ஒளியைத் தொடர்ந்து கொடுத்தபோது, அது 18 நாட்கள்வரை குறைவின்றி ஒளிச்சேர்க்கை செய்தது.

வெப்பநிலை : ஒளிச்சேர்க்கை பல்வேறுபட்ட வெப்பநிலைகளின் கீழ் நடைபெற முடியும். சில ஊசி இலை மரங்கள் (conifers) —6^0 சென்டிகிரேடில்கூட ஒளிச்சேர்க்கை செய்கின்றன. ஆனால், வெப்பப் பகுதித் தாவரங்கள் 5^0 செ.கி.-க்குக் குறைந்த வெப்ப நிலையில் ஒளிச்சேர்க்கை செய்வதில்லை. சில வெப்ப நீர் ஊற்றுகளில் வாழும் நீலப்பச்சைப் பாசிகள் (blue green algae) 75^0 செ.கி.-ல்

கூட ஒளிச்சேர்க்கை செய்கின்றன. சில பாலைவனச் செடிகள் 55° செ.கி.-ல்கூட ஒளிச்சேர்க்கை செய்கின்றன. பொதுவாக, தட்பப் பகுதித் தாவரங்களில் 10—35° செ.கி.-ல்தான் ஒளிச்சேர்க்கை சிறப்பாக நடைபெறுகிறது. வெப்பநிலை மிகவும் அதிகமாகிவிட்டால் ஒளிச்சேர்க்கை தடைப்படுகிறது.

4. **பச்சையத்தின் அளவு:** செடியிலுள்ள பச்சையத்தின் அளவிற்கும் ஒளிச்சேர்க்கைக்கும் நெருங்கிய தொடர்பு எதுவும் இருப்பதுபோலத் தெரியவில்லை. பச்சையம் எப்போதும் ஒரு வரம்பிடு அம்சமாக இருப்பதில்லை.

5. **இலையின் உள் அமைப்பு:** இலையின் உள் அமைப்பும் ஓரளவிற்கு ஒளிச்சேர்க்கையைப் பாதிக்கிறது. செல் இடைவெளிகளின் அளவு, வினியோகம்; பாலிஸேட் பஞ்சுத்திசு இவற்றின் தராதர அளவு; இலைத்துளைகளின் அளவு; எண்ணிக்கை, வினியோகம்; சாற்றுக் குழல்களின் அமைப்பு இவையனைத்தும் ஒளிச்சேர்க்கையைப் பாதிக்கின்றன. ஒளிச்சேர்க்கைக்குத் தேவையான ஒளி கார்பன்-டை-ஆக்ஸைடு, தண்ணீர் ஆகியவை இலைக்குள் செல்வதை இந்த அமைப்பு பாதிக்கிறது. எனவே, ஒளிச்சேர்க்கையும் பாதிக்கப்படுகிறது.

முடிவுப் பொருள்களின் சேகரம்: ஒளிச்சேர்க்கையின்போதும், அதைத் தொடர்ந்து நடைபெறும் துணை வினைகளின்போதும் இலையிலே தோன்றும் பொருள்கள் அவ்வப்போது வேறு பகுதிகட்கு அகற்றப்பட வேண்டும். முடிவுப் பொருள்களின் சேகரத்திற்கும் ஒளிச்சேர்க்கைக்குமிடையே நேரடியான விகிதத் தொடர்பு எதுவும் இல்லாதிருந்தபோதிலுங்கூட, பொருள்களின் சேகரம் ஓரளவிற்கு ஒளிச்சேர்க்கையைப் பாதிக்கிறது.

வரம்பீட்டு அம்சக் கோட்பாடு (Theory of Limiting Factors): ஒளிச்சேர்க்கையைப் பல அம்சங்கள் பாதிக்கின்றன என்று பார்த்தோம். இவ்விதம் ஒரு வாழ்வியல் நிகழ்ச்சியை (physiological process) ஒரேசமயத்தில் பல அம்சங்கள் பாதிக்கும்போது ஏற்படக்கூடிய விளைவுகள் யாவை என்பதை எஃப். எஃப். பிளாக்மன் (F. F. Blackman) எனும் தாவர வாழ்வியலாளர் ஒரு கோட்பாடாக வகுத்தார். அதுவே வரம்பீட்டு அம்சக் கோட்பாடு எனப்படுகிறது. ‘ஒரு நிகழ்ச்சியின் வேகம் தனித்தனியான பல்வேறு அம்சங்களால் பாதிக்கப்படும்போது, அந்த அம்சங்களில் மிகவும் ‘மெதுவானது’ எதுவோ, அது நிகழ்ச்சியின் வேகத்திற்கு வரம்பிடுகிறது’ என்று அக் கோட்பாடு கூறுகிறது. ஓர் உதாரணத்தின் மூலம் இதை விளக்குவோம்.

ஒரு செடிக்கு ஒரு குறிப்பிட்ட அளவு ஒளி கொடுக்கப்பட்டிருப்பதாக வைத்துக்கொள்வோம். இந்த ஒளி 5 கன செ.மீ. கார்பன்-டை-ஆக்ஸைடை எடுத்துக்கொள்வதற்குப் போதுமானது என்றும் வைத்துக்கொள்வோம். செடிக்கு 1. க. செ. மீ. கார்பன்-டை-ஆக்ஸைடை அளித்தால் ஓரளவு ஒளிச்சேர்க்கை நடைபெறும். இப்போது ஒளிச்சேர்க்கையை அதிகப்படுத்த வேண்டுமானல், அதற்கு இன்னும் அதிகமான கார்பன்-டை-ஆக்ஸைடைக் கொடுக்க வேண்டும். உதாரணமாக, 2 க. செ.மீ. கார்பன்-டை-ஆக்ஸைடை அளித்தால் ஒளிச்சேர்க்கை உயரும். ஆனல், ஒளியின் அளவை அதிகப்படுத்தினல் ஒளிச்சேர்க்கை உயராது. ஏனெனில், ஏற்கெனவே தேவைக்குமேல் ஒளி இருக்கிறது. இந்நிலையில் மிகக்குறைவான அம்சமாக இருப்பது கார்பன்-டை-ஆக்ஸைடே அன்றி ஒளியன்று. இவ்விதம் குறைவான (மெதுவான) அம்சமாகிய கார்பன்-டை-ஆக்ஸைடு ஒளிச்சேர்க்கைக்கு வரம்பிடுகிறது. ஒளிச்சேர்க்கையை அதிகரிக்க வரம்பிடும் அம்சமாகிய கார்பன்-டை-ஆக்ஸைடை உயர்த்தவேண்டும். சரி! கார்பன்-டை-ஆக்ஸைடை உயர்த்திக்கொண்டேபோகிருேம்; ஒளிச்சேர்க்கையும் உயர்கிறது. எதுவரை இப்படி உயரும்? கார்பன்-டை-ஆக்ஸைடின் அளவு 5 க. செ.மீ. ஆகும்வரை உயரும். அதற்குமேல் கார்பன்-டை-ஆக்ஸைடை எவ்வளவு உயர்த்தினலும், ஒளிச்சேர்க்கை உயராது. ஏன்? ஒளி போதவில்லை! செடிக்குக் கொடுக்கப்பட்டிருக்கும் ஒளியால் 5 க. செ.மீ. கார்பன்-டை-ஆக்ஸைடைத்தான் பயன்படுத்திக்கொள்ள முடியும். அதற்குமேல் கொடுத்துப் பயனில்லை. இந் நிலையில் ஒளி வரம்பிடும் அம்சமாகிவிடுகிறது. எனவே, ஒளிச்சேர்க்கையை உயர்த்த ஒளியைத்தான் உயர்த்த வேண்டுமே தவிரக் கார்பன்-டை-ஆக்ஸைடை அன்று. இவ்விதமாக எக் குறிப்பிட்ட நிலையிலும் ஒளிச்சேர்க்கையின் வேகம் அந்த நிலையில் மிகக் குறைவான அம்சம் எதுவோ, அதனல் வரம்பிடப்படுவதைக் காண்கிருேம். அண்மைக் காலத்தில் பிளாக்மனின் இக் கோட்பாட்டில் சில மாற்றங்கள் செய்யப்பட்டிருந்தபோதிலுங்கூட, பொதுவாக இக் கோட்பாடு ஏற்றுக்கொள்ளப்பட்டுள்ளது. ஒளிச்சேர்க்கைக்குமட்டுமன்றி மற்ற வாழ்வியல் நிகழ்ச்சிகட்கும் இது பொருந்தும்.

ஒளிச்சேர்க்கையின் செயல்முறை (Mechamism of Photosynthesis): ஒளிச்சேர்க்கையின்போது நடைபெறும் வேதி மாற்றங்களைப்பற்றித் தெரிந்துகொள்ளுமுன் ஆக்ஸிகரணம், குறைத்தல் எனும் இரண்டு வேதி மாற்றங்களைப்பற்றித் தெரிந்துகொள்வோம்.

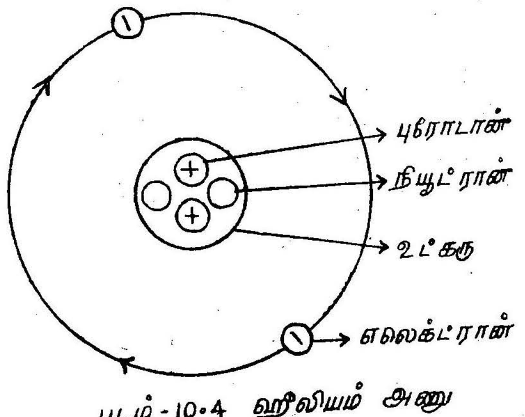
ஆக்ஸிகரணம்: ஒரு பொருளுடன் ஆக்ஸிஜனைச் சேர்க்கும் நிகழ்ச்சி ஆக்ஸிகரணம் எனப்படுகிறது. உதாரணமாக, கீழ்க்கண்ட சமன்பாட்டைப் பாருங்கள்:

ஸல்ஃபர் + ஆக்ஸிஜன் ——→ ஸல்ஃபர்-டை-ஆக்ஸைடு. இது ஆக்ஸிகரணமெனப்படுகிறது.

ஹைட்ரஜன் நீக்கம்: ஒரு பொருளிலிருந்து ஹைட்ரஜன் நீக்கப் படும்போதும் அது ஆக்ஸிகரணமெனப்படுகிறது. உதாரணமாக, கீழ்க்கண்ட சமன்பாட்டைப் பாருங்கள்:

ஹைட்ரஜன் ஸல்ஃபைடு ——→ ஹைட்ரஜன் + ஸல்ஃபர். இதில் ஸல்ஃபரிலிருந்து ஹைட்ரஜன் நீக்கப்படுவதால், ஸல்ஃபர் ஆக்ஸி கரணமடைந்துவிட்டது என்று கூறுகிறோம்.

எலெக்ட்ரான் நீக்கம்: மூலகங்கள் அணுக்களால் ஆனவை. அணுக்களை மேலும் பகுத்தால் அதில் மூன்று வகையான துகள்கள் இருப்பதைக் காணலாம். ப்ரோடான் (proton) எனும் துகள்கள் நேர்மின்னேற்றமுடையவை. எலெக்ட்ரான் (electron) எனும்



படம் - 10•4 ஹீலியம் அணு

துகள்கள் எதிர்மின்னேற்றமுடையவை. நியூட்ரான் (neutron) எனும் துகள்கள் மின்னேற்றமற்றவை. ப்ரோடான்களும் நியூட்ரான்களும் அணுவின் உட்கருவில் உள்ளன. எலெக்ட்ரான்கள் உட்கருவைச் சுற்றிச் சுழன்றுகொண்டிருக்கின்றன. வெவ்வேறு அணுக்களில் இத் துகள்களின் எண்ணிக்கை வெவ்வேறாக இருக்கிறது. ஆனால், ஓர் அணுவில் நேர் மின்னேற்றமுள்ள ப்ரோடான் துகள்களின் எண்ணிக்கையும், எதிர் மின்னேற்ற

முடைய எலெக்ட்ரான் துகள்களின் எண்ணிக்கையும் சமமாக இருக்கின்றன. உதாரணமாக, ஹைட்ரஜன் அணுவில் ஒரு ப்ரோடானும் ஓர் எலெக்ட்ரானும் உள்ளன. ஹீலியம் அணுவில் 2 எலெக்ட்ரான்களும், 2 ப்ரோடான்களும், 2 நியூட்ரான்களும் உள்ளன. அணுவில் இவை அமைந்துள்ள விதத்தைப் படம் 10-4 காட்டுகிறது.

இவ்விதம் ஓர் அணுவில் எலெக்ட்ரான்களும் ப்ரோடான் களும் சம எண்ணிக்கையில் இருப்பதால், அணுமின் நடுநிலையில் (electrical neutrality) உள்ளது. இந்த அணுவிலிருந்து ஓர் எலெக்ட்ரான் நீக்கப்பட்டால் இந்த நடுநிலை பாதிக்கப்படுகிறது. உதாரணமாக, ஹீலியம் அணுவிலிருந்து ஓர் எலெக்ட்ரானைப் பிரித்துவிட்டால், அதில் 2 ப்ரோடான்களும் 1 எலெக்ட்ரானும் இருக்கும். அதாவது, ஒரு நேர் மின்னேற்றம் அதிகமாக இருக்கும். எனவே, ஹீலியம் அணு நேர்மின்னேற்றத்தை அடைகிறது. இவ்விதம் ஓர் அணுவிலிருந்து எலெக்ட்ரான் நீக்கப்படுவதும் ஆக்ஸிகரணத்தின் ஒருவகையாகும்.

உதாரணமாக,

$$\text{ஹீலியம்} \xrightarrow{\text{ஆக்ஸிகரணம்}} \text{ஹீலியம்} + \quad - 1 \text{ எலெக்ட்ரான்}$$

குறைத்தல்: இதற்கு எதிரான மாறுபாடுகள் குறைத்தல் எனப்படுகின்றன. அதாவது, ஒரு பொருளிலிருந்து ஆக்ஸிஜனை நீக்கினாலும், ஒரு பொருளோடு ஹைட்ரஜனையோ எலெக்ட் ரானையோ சேர்த்தாலும் அது குறைத்தல் எனப்படுகிறது.

வேதிக்குறிகள் (Chemical Symbols): வேதியியலில் இரசாயன மூலகங்கள் குறிகளால் காட்டப்படுகின்றன. மூலகங்களின் முதல் எழுத்தையோ அல்லது பெயரிலுள்ள இரண்டு எழுத்துகளையோ கொண்டு இக் குறிகள் அமைக்கப்படுகின்றன. உதாரணமாக, ஹைட்ரஜன் (hydrogen) முதல் எழுத்தாகிய H எனும் குறியாலும், ஆக்ஸிஜன் (oxygen) O எனும் குறியாலும், குளோரின் (chlorine) இரண்டு எழுத்துகளாகிய Cl எனும் குறியாலும் காட்டப் படுகின்றன. இதுபோன்ற மூலக்கூறுகள், அவற்றிலுள்ள மூலகங் களின் குறிகளாலும் அளவாலும் காட்டப்படுகின்றன. உதாரணமாக, கார்பன்-டை-ஆக்ஸைடில் ஒரு கார்பன் (C) அணுவும், இரண்டு ஆக்ஸிஜன் (O) அணுக்களும் உள்ளன. எனவே, அதை CO_2 என்று எழுதுகிறார்கள். இதுபோலவே தண்ணீர் H_2O என்று எழுதப்படுகிறது. இதில் 2 ஹைட்ரஜன் (H) அணுக்களும்,

ஓர் ஆக்ஸிஜனும் உள்ளன. இரசாயனக் கூட்டுப் பொருள்களும் இக் குறிகளால் காட்டப்படுகின்றன. உதாரணமாக, சோடியம் குளோரைடு எனும் சாதாரண உப்பில் ஓர் அணு சோடியமும் (Na), ஓர் அணு குளோரினும் (Cl) உள்ளன. எனவே, அதை Nacl என்று எழுதுகிறார்கள். உலகெங்குமுள்ள விஞ்ஞானிகள் இக் குறிகளையே கையாளுகின்றனர். நாமும் இனி இக் குறிகளைத் தேவையானபோது பயன்படுத்துவோம். ஒளிச்சேர்க்கையின் போது நடைபெறும் வேதி மாற்றங்களைப் புரிந்துகொள்ள இந்த விவரங்கள் உதவும்.

ஒளிச்சேர்க்கையின்போது கார்பன்-டை-ஆக்ஸைடு (Co_2), தண்ணீர் (H_2O) இரண்டும் சேர்ந்து கார்போஹைட்ரேட் ஆகிறது. அப்போது ஆக்ஸிஜன் வெளியிடப்படுகிறது. எளிய முறையில் இதைக் கீழ்க்கண்ட சமன்பாட்டால் குறிக்கலாம் :

(குளுகோஸ்)

கார்பன்-டை-ஆக்ஸைடு + தண்ணீர் ⟶ கார்போஹைட்ரேட் + ஆக்ஸிஜன்

இயைபுக் குறிகளை உபயோகித்து இதைக் கீழ்க்கண்டவாறு எழுதலாம்;

$$6\,Co_2 + 6\,H_{20} \longrightarrow C_6\,H_{12}\,O_6 + 6O_2.$$

(குளுகோஸ்)

மேற்கண்ட சமன்பாடு ஒளிச்சேர்க்கையின் முடிவான விளைவைக் குறிப்பிடுகிறது. ஆனால், இடையில் நடக்கும் மாற்றங்களை இச் சமன்பாட்டிலிருந்து தெரிந்துகொள்ள முடியாது. உதாரணமாக, ஒளிச்சேர்க்கையின் முடிவில் ஆக்ஸிஜன் வெளியிடப்படுகிறது என்று தெரிகிறது. இந்த ஆக்ஸிஜன் எங்கிருந்து வந்தது? மூலப்பொருள்களாகிய கார்பன்-டை-ஆக்ஸைடு, தண்ணீர் இரண்டிலும் ஆக்ஸிஜன் இருக்கிறது அல்லவா? கார்பன்-டை-ஆக்ஸைடிலிருந்து கார்பன் பிரிக்கப்பட்டுத் தண்ணீருடன் சேர்கிறதா அல்லது தண்ணீரிலிருந்து ஹைட்ரஜன் பிரிக்கப்பட்டுக் கார்பன்-டை-ஆக்ஸைடுடன் சேர்க்கப்படுகிறதா? பற்பல சோதனைகள் மூலம் இப் புதிர்கள் விடுவிக்கப்பட்டு, ஒளிச்சேர்க்கையின்போது ஏற்படும் வேதி மாற்றங்களைப்பற்றிய பொதுவான ஒரு கருத்து உருவாகியிருக்கிறது. அதைப் பார்ப்போம்.

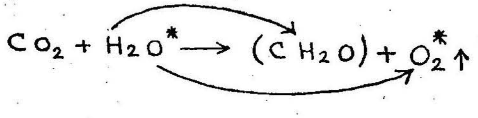
ஒளிச்சேர்க்கையின்போது வெளியிடப்படும் ஆக்ஸிஜன் தண்ணீரிலிருந்து வருகிறது என்று கண்டுபிடித்தது, இந் நிகழ்ச்சியை சரியாகப் புரிந்துகொள்ள உதவியது. இதற்குக்

கதிரியக்கப் பொருள்கள் (radio-active) உதவின. (கதிரியக்கப் பொருள்கள் ஒரு நிகழ்ச்சியிலே பங்கு கொள்ளும்போது அவை எப்படி மாறுபடுகின்றன என்பதைத் தெரிந்துகொள்ளலாம்.) ஆக்ஸிஜனின் O^{18} எனும் கதிரியக்க வகை ஒன்றுள்ளது. இந்த ஆக்ஸிஜனை ஹைட்ரஜனுடன் சேர்த்துத் தண்ணீர் உண்டாக்கப் பட்டது. இதைத் தாவரங்கட்கு அளித்துப் பரிசோதனை செய்யப் பட்டது. இச் சோதனையால் என்ன பயன்? கார்பன்-டை-ஆக்ஸைடிலுள்ள ஆக்ஸிஜன், சாதாரண ஆக்ஸிஜன்; தண்ணீரிலுள்ளது, கதிரியக்க ஆக்ஸிஜன். ஆகவே, முடிவுப் பொருளாகத் தோன்றும் ஆக்ஸிஜன் எங்கிருந்து வருகிறது என்று கண்டுபிடித்துவிடலாம். இச்சோதனையில் வெளியிடப்பட்ட ஆக்ஸிஜன் முழுவதும் கதிரியக்க ஆக்ஸிஜனாகவே இருந்தது. எனவே, ஒளிச்சேர்க்கையின்போது வெளியிடப்படும் ஆக்ஸிஜன் தண்ணீரிலிருந்தே வருகிறது என்பது தெளிவாயிற்று. கீழ்க்கண்ட சமன்பாட்டில் கதிரியக்க ஆக்ஸிஜனை நட்சத்திரக் குறியிட்டுக் காட்டியிருக்கிறோம் :

$$CO_2 + H_2O^* \longrightarrow (CH_2O) + O_2^* \uparrow$$

இதிலிருந்து என்ன தெரிகிறது?

கார்போஹைட்ரேட்கள் கட்டப்படும்போது தண்ணீர், ஹைட்ரஜனாகவும் ஆக்ஸிஜனாகவும் பிரிக்கப்படுகிறது. ஹைட்ரஜன், கார்பன்-டை-ஆக்ஸைடுடன் சேர்ந்து கார்போஹைட்ரேட் ஆகிறது; ஆக்ஸிஜன் வெளியேறுகிறது. கீழ்க்கண்ட சமன் பாட்டைப் பாருங்கள் :



படம் - 10·5

இந்த இரண்டு மாறுபாடுகளும் ஒரே சமயத்தில் நடைபெறுகின்றனவா? அல்லது வெவ்வேறு நிலைகளில் நடைபெறுகின்றனவா? இதைப் புரிந்துகொள்ள ஹில் என்பவர் செய்த சோதனையைப் பார்போம் :

ஹில் சோதனை : ஹில், சில இலைகளை எடுத்து அவற்றோடு மணலைச் சேர்த்து அரைத்து, பசுங்கணிகங்களைத் தனிமைப்படுத்தினர். அவற்றைப் பன்முறை நீரிலே கழுவிப் பின்னர் அவற்றைத் தண்ணீரிலே மிதக்கவிட்டார். தண்ணீரோடு பென்ஸோ-க்யூனோன்

(benzo-quinone) எனும் பொருளையும் சேர்த்து ஒளியில் வைத்தார். பென்ஸோ-க்யூனேன் ஒரு குறைப்பானுகப் பயன்படுகிறது. அப்போது தண்ணீரிலிருந்து ஆக்ஸிஜன் குமிழிகள் வெளி வந்தன. அதாவது, தண்ணீரைப் பச்சையம், ஆக்ஸிஜனுகவும் ஹைட்ரஜனுகவும் பிரிக்கிறது. ஹைட்ரஜன் பென்ஸோ-க்யூனேனுடன் சேர்ந்து ஹைட்ரோ-க்யுனேன் ஆகிறது. கீழ்க்கண்ட சமன்பாட்டைப் பார்க்கலாம் :

$$H_2O + \text{பென்ஸோ-க்யூனேன்} \xrightarrow[\text{பச்சையம்}]{\text{ஒளி}} \text{ஹைட்ரோ-க்யுனேன்} + O_2$$

இந்த மாற்றத்தில் ஒளிச்சேர்க்கையின் ஒரு பகுதி, அதாவது, தண்ணீர் பிரிக்கப்படுவது நடைபெறுகிறது. ஆனுல், கார்போ ஹைட்ரேட் கட்டப்படுவதில்லை.

பிறகு இப் பீக்கரை இருளில் வைத்து அதோடு கார்பன்-டை-ஆக்ஸைடைச் சேர்த்தால், கார்போஹைட்ரேட் உண்டாகிறது.

இதிலிருந்து பெறப்படும் முடிவுகள் யாவை? ஒளிச்சேர்க்கை இரண்டு நிலைகளில் நடைபெறுகிறது. முதல் நிலையில் தண்ணீர் ஹைட்ரஜன், ஆக்ஸிஜன் எனப் பிரிக்கப்படுகிறது. இந்த மாறுபாடு பச்சையத்தின் உதவியால் ஒளியில் நடைபெறுகிறது. இரண்டாவது நிலையில் ஹைட்ரஜன், கார்பன்-டை-ஆக்ஸைடுடன் சேர்க்கப்படுகிறது. இந்த மாறுபாட்டுக்கு ஒளி தேவையில்லை; இது இருளிலும் நடைபெறும்.

ஹில் சோதனையில் பென்ஸோ-க்யூனேன் சேர்க்கப்படாவிட்டால் ஆக்ஸிஜன் வெளியிடப்படுவதில்லை. தண்ணீர் பிரிக்கப்படும்போது தோன்றும் ஹைட்ரஜனை ஏற்றுக்கொள்ள ஒரு பொருள் தேவைப்படுகிறது. அது இல்லையென்றுல் ஆக்ஸிஜன் வெளியிடப்படுவதில்லை. பென்ஸோ-க்யூனேன் இச் சோதனையில் ஹைட்ரஜனை ஏற்றுக்கொள்கிறது. எனவே, இது போன்ற பொருள் பொதுவாக ஏற்பான் (acceptor) எனப்படுகிறது. ஏற்பானுடன் சேர்ந்த ஹைட்ரஜன் இரண்டாவது நிலையில் அதிலிருந்து பிரிந்து, கார்பன்-டை-ஆக்ஸைடுடன் சேர்ந்து, கார்போ ஹைட்ரேட் ஆகிறது. பிரிந்த ஏற்பான் மீண்டும் ஹைட்ரஜனை ஏற்கத் தயாராகிறது. கீழ்க்கண்ட சமன்பாடுகள் இதைக் காட்டுகின்றன :

$$2\,H_2O + 2\,A \longrightarrow 2\,AH_2 + O_2$$

$$(A = \text{ஏற்பான்})$$

$$2\,AH_2 + CO_2 \quad (CH_2O) + 2\,A + H_2O$$
கார்போஹைட்ரேட்

இனி, தாவரங்களின் இலையினுள்ளே இந்த மாறுபாடுகள் எப்படி நிகழ்கின்றன என்று பார்ப்போம்.

ஒளிச்சேர்க்கையின் முதல் நிலை : ஒளிச்சேர்க்கைக்கு வேண்டிய ஆற்றல் ஒளியிலிருந்து கிடைக்கிறது என்று பார்த்தோம். இந்த ஒளி ஆற்றலை ஈர்த்துக்கொள்ளும் திறன் இலையிலுள்ள பச்சையத்திற்கே உண்டு. பச்சையம் ஒளி ஆற்றலை ஈர்த்துக்கொள்ளும் போது அதிலுள்ள எலெக்ட்ரான் கிளர்ச்சி அடைகிறது. இவ்விதம் கிளர்ச்சி அடைந்த எலெக்ட்ரான் பச்சைய மூலக்கூறைவிட்டு அகலும்போது பச்சையத்தில் நேர்மின்னேற்றம் ஏற்படுகிறது. நேர்மின்னேற்றமுடைய பச்சையம் மற்றப் பொருள்களை ஆக்ஸிகரணிக்கும் திறமுடையது. இது (நேரடியாகவோ அல்லது மற்றொரு பொருளுடன் சேர்ந்தோ) தண்ணீரிலிருந்து ஹைட்ரஜனைப் பிரிக்கிறது. அதாவது, தண்ணீரை ஆக்ஸிகரணமடையச் செய்கிறது. அப்போது ஹைட்ரஜன் அணுவும் (H) ஹைட்ராக்ஸில் மூலக்கூறும் (OH) உண்டாகின்றன. இவற்றில் ஹைட்ரஜன் குறைக்கும் தன்மையுடையது. ஆதலால், அது குறைப்பான் என அழைக்கப்படுகிறது. ஹைட்ராக்ஸில் மூலக்கூறு ஆக்ஸிகரணிக்கும் தன்மை உடையது. ஆதலால், அது ஆக்ஸிகரணி எனப்படுகிறது. இவ்விதம் தண்ணீர் ஒரு குறைப்பானாகவும், ஓர் ஆக்ஸிகரணியாகவும் பிரிக்கப்படுகிறது. ஹைட்ரஜனில் ஒரு பகுதி ஹைட்ராக்ஸிலின் ஒரு பகுதியோடு சேர்ந்து மீண்டும் தண்ணீராகிறது. அப்போது ஆற்றல் செறிந்த வேதிப்பொருளாகிய ATP தோன்றுகிறது. உயிரினங்களின் ஆற்றலுக்கு அடிப்படையான பொருள் இதுதான் என்று முன்னரே பார்த்தோமல்லவா? ஹைட்ரஜனின் மற்றொரு பகுதி செல்லிலுள்ள TPN என்று சுருக்கமாக அழைக்கப்படும் டிரைபாஸ்ஃபோபைருடீன்நியூக்ளியோடைடு (triphosphopyridinenucleotide) எனும் பொருளோடு சேர்ந்துவிடுகிறது. அதாவது, TPN குறைக்கப்பட்டு TPN H_2 எனும் குறைந்த உருவை (reduced form) அடைகிறது. இங்கு TPN ஹைட்ரஜனை ஏற்கிறது. எனவே, இதை ஏற்பான் எனலாம். இவ்விதம் ஹைட்ரஜன் TPN ஐக் குறைக்கும்போது ஆற்றல் பொதிந்த ATP தோன்றுகிறது என்கிறார்கள். எப்படியாயினும், ஒளிச்சேர்க்கையின் இம் முதல் நிலையில் ஒளியின் ஆற்றல் ஈர்க்கப்பட்டு, செல்லிலுள்ள பாஸ்பரஸ் கூட்டுப் பொருளிலே சேர்த்துவைக்கப்படுகிறது. இந் நிகழ்ச்சி ஒளி பாஸ்பரீகரணம் எனப்படுகிறது. இந்த ஆற்றல் மற்ற மாற்றங்களை இயக்குகிறது. முதலில் தோன்றும் ஹைட்ராக்ஸில்

மூலக்கூறில் ஒரு பகுதிதான் ஹைட்ரஜனுடன் சேர்ந்து தண்ணீரா கிறது என்று பார்த்தோம். மற்றொரு பகுதி நொதிகளால் பாதிக்கப்பட்டு ஆக்ஸிஜனை வெளிவிடுகிறது. ஒளிச்சேர்க்கையின் இம் முதல் நிலைக்கு ஒளிக்கிரியை (light reaction) என்று பெயர்; இதை ஹில் கிரியை (Hill's reaction) என்றும் கூறுவார்கள். இதன் விளைவாக $TPNH_2$, ஆக்ஸிஜன், ATP ஆகிய மூன்று பொருள்கள் தோன்றுகின்றன.

இரண்டாவது நிலை இனி, கார்பன்-டை-ஆக்ஸைடு என்ன மாறுதல் அடைகிறது என்று பார்ப்போம். கார்பன்-டை-ஆக்ஸைடு செல்லிலுள்ள ரைபுலோஸ்-டை-பாஸ்பேட் (ribulose-di-phosphate) எனும் பொருளுடன் இணைகிறது. இதன் விளைவாக பாஸ்போ கிளிசரிக் அமிலம் (phospho-glyceric acid) எனும் அமிலம் தோன்றுகிறது.

ரைபுலோஸ்-டை-பாஸ்பேட் + CO_2 ——→ பாஸ்போ கிளிசரிக் அமிலம்

முதல்நிலையில் தோன்றிய TPN H_2-ம், ATP-யும் பாஸ்போ கிளிசரிக் அமிலத்துடன் சேர்கின்றன. அப்போது பாஸ்போ-கிளிசரிக் அமிலத் தோடு ஹைட்ரஜனும் ஆற்றலும் சேர்க்கப்படுகின்றன. அதாவது, பாஸ்போ-கிளிசரிக் அமிலம் குறைதல் அடைகிறது. இதன் விளைவாக கிளிஸிரால்-டி-ஹைட் 3 பாஸ்பேட், டை-ஹைட்ராக்ஸி அஸிடோன் பாஸ்பேட் என்ற இரண்டு பொருள்கள் தோன்று கின்றன.

பாஸ்போ-கிளிஸரிக் அமிலம் + TPN H_2 → கிளிஸரால்-டி-ஹைடு 3 பாஸ்பேட் + டைஹைட்ராக்ஸி அஸிடோன் பாஸ்பேட் + TPN.

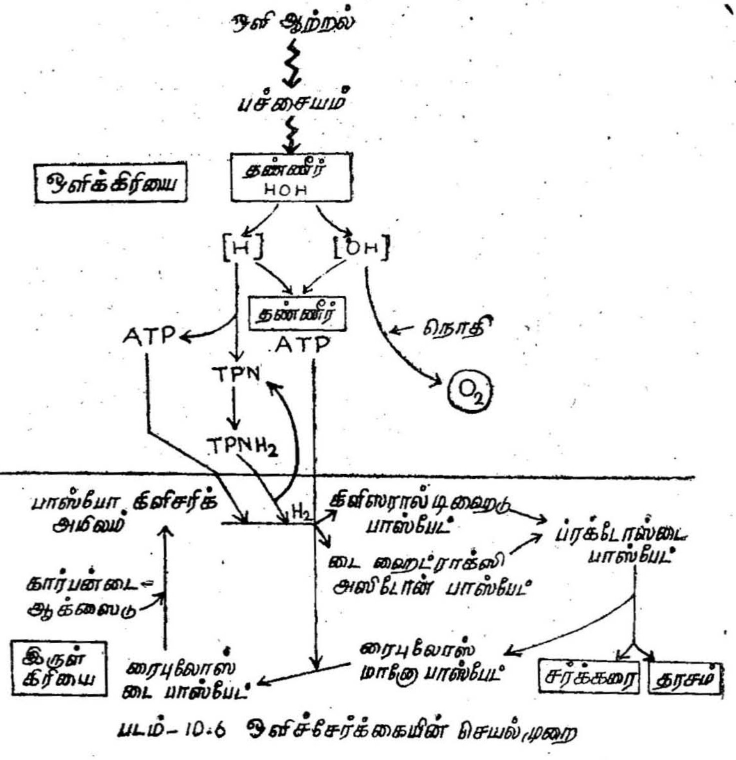
ஏற்பாஞகிய TPN ஹைட்ரஜனை பாஸ்போ-கிளிஸரிக் அமிலத்திற்கு அளித்துவிட்டு ஆக்ஸிகரணம் அடைகிறது; அது மீண்டும் ஹைட்ரஜனை ஏற்கிறது.

இவ்விதம் TPN முதல் நிலைக்கும் இரண்டாவது நிலைக்கு மிடையே இணைப்பாக விளங்குகிறது. இரண்டு பாஸ்பேட் பொருள் களும் ஒன்றுசேர்ந்து ஃப்ரக்டோஸ் பாஸ்பேட் ஆகின்றன.

கிளிஸரால்டிஹைடு 3 பாஸ்பேட் + ஹைட்ராக்ஸி அஸிடோன் பாஸ்பேட் ——→ ஃப்ரக்டோஸ் பாஸ்பேட்

இந்த ஃப்ரக்டோஸ் பாஸ்பேட்டின் ஒரு பகுதி ஸுக்ரோஸ் (sucrose), தரசம் (starch) முதலிய உணவுப் பொருள்களாக மாற்றப்படுகின்றது.

ஃப்ரக்டோஸ் பாஸ்பேட்டின் மற்றொரு பகுதி, பல மாற்றங்கள் அடைந்து, ரைபுலோஸ் மானோ பாஸ்பேட் (ribulose mono phosphate) ஆகிறது. முதல் நிலையில் ஒளி பாஸ்பரீகரணத்தின்போது தோன்றிய ATP ரைடிலோஸ் மானோ பாஸ்ஃபேட்டுடன் சேர்ந்து,



படம்-10.6 ஒளிச்சேர்க்கையின் செயல்முறை

ரைபுலோஸ்-டை-பாஸ்பேட் மீண்டும் தோன்றுகிறது. இது மேலும் கார்பன்-டை-ஆக்ஸைடை ஏற்றுக்கொள்கிறது. இதுபோல ஒளிச் சேர்க்கையின் நிகழ்ச்சிகள் சுழன்று சுழன்று நடைபெறுகின்றன. படம் (10-6)ஐப் பார்த்தால் இந் நிகழ்ச்சிகளுக்கிடையேயுள்ள தொடர்பு தெளிவாகும்.

ஒளிச்சேர்க்கையின் இந்த இரண்டாவது நிலை இருளிலும் நடைபெறும். எனவே, இது இருட்கிரியை எனப்படுகிறது.

மேலே கண்ட முறையில் தாவரங்கள் ஒளி ஆற்றலை ஈர்த்து, பயனுள்ள இயைபு ஆற்றலாகச் சேமித்துவைக்கின்றன. இந்த ஆற்றலைக்கொண்டே உயிர்மண்டலம் (biosphere) இயங்குகிறது. உலகிலுள்ள தாவரங்களனைத்தும் சேர்ந்து உலகின்மேல் படும் சூரிய ஆற்றலின் ஒரு சதவிகிதத்தையே ஒளிச்சேர்க்கையின்போது பிடித்துவைத்துக்கொள்கின்றன. இந்த ஒரு சதவிகிதம் ஆற்றல் தான் உயிருலகத்தை இயக்குகிறது !

வேதிச்சேர்க்கை: உணவுச் சேர்க்கைக்கு வேண்டிய ஆற்றலைத் தாவரங்கள் ஒளியிலிருந்து பெறுகின்றன என்று பார்த்தோம். சில பாக்டீரியாக்கள் இந்த ஆற்றலைச் சில வேதி மாறுபாடுகள்மூலம் அடைகின்றன. சில வேதி மாறுபாடுகள் நடைபெறும்போது ஆற்றல் வெளியிடப்படுகிறது. இத்தகைய வேதி மாறுபாடுகள் ஆற்றல் வெளியிடு மாறுபாடுகள் (exergonic reactions) எனப்படுகின்றன. பாக்டீரியாக்கள் நிலத்திலுள்ள சில அனங்ககக் கூட்டுப் பொருள்களை ஆக்ஸீகரணமடையச் செய்கின்றன. இந்த வேதி மாறுபாடுகளின்போது வெளியிடப்படும் ஆற்றலை உணவுச் சேர்க்கைக்குப் பயன்படுத்துகின்றன. இவ்விதம் வேதி மாற்றங்களின் ஆற்றலைப் பயன்படுத்திச் செய்யப்படும் உணவுச் சேர்க்கை வேதிச் சேர்க்கை (chemosynthesis) எனப்படுகிறது. இந்த முறையிலே வாழும் உயிரினங்கள் வேதிஜீவிகள் (chemotrophs) எனப்படுகின்றன.

வேதிஜீவிகளில் பலவகைகள் உண்டு. ஒவ்வொரு வகையும் ஒரு குறிப்பிட்ட அனங்ககப் பொருளைப் பயன்படுத்திக்கொள்கின்றது. அவை பயன்படுத்திக்கொள்ளும் அனங்ககப் பொருள்களின் அடிப்படையில் அவை பல வகைகளாகப் பிரிக்கப்பட்டுள்ளன. இவற்றில் சிலவற்றைப்பற்றித் தெரிந்துகொள்வோம்.

நைட்ரஜன் பாக்டீரியா (Nitrifying Bacteria): இவை நைட்ரஜன் கூட்டுப் பொருள்களை ஆக்ஸீகரணித்து ஆற்றலைப் பெறுவதால் இப் பெயர் பெற்றுள்ளன. இவற்றுள் நைட்ரோஸோமோனஸ் (Nitrosomonas) எனும் பாக்டீரியா அமோனியாவை ஆக்ஸீகரணமடையச் செய்து நைட்ரேட் ஆக்குகிறது. இந்த ஆக்ஸீகரணத்திற்குத் தேவையான ஆக்ஸிஜன் காற்றிலிருந்து கிடைக்கிறது. இந்த மாறுபாட்டின்போது 157 கி. கலோரி ஆற்றல் வெளியிடப்படுகிறது. இந்த மாறுபாடு இரண்டு நிலைகளில் நடைபெற வேண்டுமெனத் தெரிகிறது. முதல் நிலையில் அமோனியா, ஹைட்ராக்ஸில் அமைன் ஆகிறது ; இரண்டாவது நிலையில் நைட்ரேட் ஆக மாறுகிறது.

அமோனியா + ஆக்ஸீஜன் ⟶ ஹைட்ராக்ஸில் அமைன் + 47 கி.க. ஆற்றல்

ஹைட்ராக்ஸில் அமைன் ⟶ நைட்ரைட் + 110 கி.க. ஆற்றல்

நைட்ரோபாக்டர் (nitrobacter) எனும் வகையைச் சேர்ந்த பாக்டீரியா நைட்ரைட்டை நைட்ரேட்டாக மாற்றி ஆற்றலைப் பெறுகிறது.

நைட்ரைட் + ஆக்ஸிஜன் ⟶ நைட்ரேட் + 39.7 கி. கலோரி ஆற்றல்

கந்தக பாக்டீரியா (Sulphur Bacteria) : இவை நிலத்திலுள்ள கந்தகத்தையோ அல்லது கந்தகக் கூட்டுப் பொருள்களையோ ஸல்பேட்டுக்களாக ஆக்ஸிகரணித்து ஆற்றலைப் பெறுகின்றன. உதாரணமாக, பெக்கியடோஆ (beggiatoa), தையோத்ரிக்ஸ் (thiothrix) ஆகியவை ஹைட்ரஜனும் கந்தகமும் சேர்ந்த ஹைட்ரஜன் ஸல்பைடு (hydrogen sulphide) எனும் பொருளை ஆக்ஸீகரணித்து ஆற்றலைப் பெறுகின்றன. இந்த மாறுபாடு இரண்டு நிலைகளில் நடைபெறுகிறது. முதல் நிலையில் ஹைட்ரஜன் நீக்கப்பட்டு, ஹைட்ரஜன் ஸல்ஃபைடு ஸல்ஃபராகிறது ; இரண்டாவது நிலையில் ஸல்ஃபருடன் ஆக்ஸிஜன் சேர்க்கப்பட்டு, அது ஸல்ஃபேட் ஆகிறது.

ஹைட்ரஜன் ஸல்ஃபைடு + ஆக்ஸிஜன் ⟶ ஸல்ஃபர் + தண்ணீர் + 50. 2 கி.க. ஆற்றல்

ஸல்ஃபர் + ஆக்ஸிஜன் ⟶ ஸல்ஃபேட் + 119.4 கி.க. ஆற்றல்

தையோபாஸில்லஸ் (thiobacillus) எனும் வகையைச் சேர்ந்த பாக்டீரியாக்கள், ஸல்ஃபைடு (sulphide), ஸல்ஃபர் (sulphur), தையோஸல்ஃபேட் (thiosulphate), தையோஸயனேட் (thiocyanate) ஆகிய பல பொருள்களையும் ஆக்ஸீகரணமடையச் செய்கின்றன.

ஹைட்ரஜன் பாக்டீரியா இவை ஹைட்ரஜனை ஆக்ஸிகரணித்துத் தண்ணீராக்கி ஆற்றலைப் பெறுகின்றன.

ஹைட்ரஜன் + ஆக்ஸிஜன் ⟶ தண்ணீர் + 56. 7 கி.க. ஆற்றல்

ஆற்றல் மாற்றம் (Energy Transference) : வேதி மாறுபாடுகளின்போது வெளியிடப்படும் இந்த ஆற்றல் எப்படி உணவைச்

சேர்ப்பதற்குப் பயன்படுத்திக்கொள்ளப்படுகிறது என்பது தெளிவாகத் தெரியவில்லை. ஆற்றல் வெளியீட்டுக்கும் உணவுச் சேர்க்கைக்கும் இடையே இணைப்பாக விளங்குவது எது என்பது இன்னும் தெரியவில்லை. ஒளிச்சேர்க்கையில் முதல் நிலையையும் இரண்டாவது நிலையையும் இணைக்கும் பொருளாக TPN H_2 இருப்பதைக் கண்டோம். அதுபோல வேதிச்சேர்க்கையிலும் ஏதாவது பொருள் தோன்றுகிறதா? இதைப்பற்றி வோக்லெர் (Vogler) ஆராய்ந்தார். தையோபாஸில்லஸ்-தையோ ஆக்ஸிடன்ஸ் (thiobacillus-thiooxidans) என்ற பாக்டீரியா கார்பன்-டை-ஆக்ஸைடு இல்லாத ஊடகத்தில் வளரும்போது கந்தகத்தை ஸல்ஃபேட்டாக மாற்றி ஆற்றலைப் பெறுகின்றது என்பதைக் கண்டார். ஆக்ஸீகரணத்திற்குப் பின்பு அவற்றிற்கு கார்பன்-டை-ஆக்ஸைடு அளிக்கப்பட்டால் உணவுச் சேர்க்கை நடைபெறுகிறது. இதை ஒளிச்சேர்கை பற்றிய ஹில் சோதனையுடன் ஒப்பிட்டுப் பார்ப்போம். ஒளிச்சேர்க்கையில் நடைபெறுவது போலவே வேதிச்சேர்க்கையின்போதும் ஆற்றல் வெளியீட்டு நிலையொன்றும், உணவுச் சேர்க்கை நிலையொன்றும் இருப்பதுபோலத் தெரிகிறது. மேலும், கார்பன்-டை-ஆக்ஸைடு இல்லாத நிலையில் ஆக்ஸீகரணம் ஏற்படும்போது செல்லில் அங்கக பாஸ்பேட்டுகளின் அளவு குறைகிறது என்றும் வோக்லெர் கண்டுபிடித்தார். எனவே, வேதி மாற்றங்களின்போது ஏற்படும் ஆற்றல் சில நீரற்ற அனங்ககப் பாஸ்ஃபேட்டுகளில் (anhydryde phosphates) சேகரித்து வைத்துக்கொள்ளப்படுகிறது என்றும், பின்னர் அது உணவுச் சேர்க்கைக்குப் பயன்படுத்தப்படுகிறது என்றும் கூறினர். உம்ப்ரீட் (Umbreit) செய்த சோதனைகளும் இக் கருத்துக்கு ஆதரவாக இருந்தன. ஆனால், பால்ஸ்ரட் (Baalsrud), ஷ்லெகெல் (Schlegel) ஆகியவர்களின் சோதனைகள் இதற்கு முரணாக உள்ளன. ஆற்றல் வெளியேற்றமும் உணவுச் சேர்க்கையும் ஒரே நிலையில் நடைபெறுகின்றன என்றும், ஆற்றலைச் சேகரித்துவைத்துக்கொண்டு, பின்னர் அதனைப் பயன்படுத்திக்கொள்ளும் திறன் பாக்டீரியாக்களுக்கு கிடையாது என்றும் அவர்கள் கூறுகின்றனர். எனினும், ஆற்றலை உணவுச் சேர்க்கையுடன் இணைக்க ஒரு பொருள் இந்த உயிரினங்களில் இருக்கவேண்டும். அது எளிதில் சிதைவடையக் கூடியதாக இருக்கலாம். எனவே, அப் பொருளால் அதிக நேரம் ஆற்றலைப் பிடித்துவைத்துக்கொள்ள முடியாதுபோகலாம்.

உணவுச் சேர்க்கை: உணவுச் சேர்க்கையின்போது நடைபெறும் மாற்றங்கள் ஒளிச்சேர்க்கையின் இரண்டாவது நிலையில் காணப்படும் மாற்றங்களைப் பெரிதும் ஒத்திருப்பதுபோலக் காணப்

படுகிறது. தையோபாஸில்லஸ்-தையோபாரஸ் (thiobacillus-thiopharus) எனும் பாக்டீரியா ரைபுலோஸ்-டை-பாஸ்ஃபேட்டை பாஸ்போ-கிளிசரிக் அமிலமாக மாற்றுந் திறன் வாய்ந்ததாக உள்ளது என்று சான்டெர் (Santer) கண்டுபிடித்தார். ஒளிச்சேர்க்கையில் இம் மாறுபாட்டின்மூலமே கார்பன்-டை-ஆக்ஸைடு ஏற்றுக் கொள்ளப்படுகிறது என்று முன்னர் படித்தோம். இதற்குத் தேவையான நொதிகளும் பாக்டீரியாவில் இருப்பதாகக் கண்டு பிடிக்கப்பட்டுள்ளது. எனவே, ஆற்றல் பெறும் முறையைத் தவிர மற்றவற்றில் ஒளிச்சேர்க்கைக்கும் வேதிச்சேர்க்கைக்குமிடையே பெரும் அளவு ஒற்றுமை இருப்பதைக் காண்கிறோம்.

11. புரதங்களும் கொழுப்புப் பொருள்களும்

(Protiens and Fats)

ஒளிச்சேர்க்கையின்போது தயாரிக்கப்படும் தரசங்களிலிருந்து தாவரங்களுக்குத் தேவையான மற்றப் பொருள்கள் கட்டப்படுகின்றன. இவற்றில் முக்கியமானது புரதம். உயிரின் அடிப்படையாக விளங்குவது புரதங்களே. புரோடோப்ளாசத்தில் பெரும் பகுதியாகப் புரதங்கள் உள்ளன. நொதிகள், பச்சையம், வைட்டமின்கள் போன்ற பல முக்கியமான பொருள்கள் புரதத்தாலானவை புரதங்கள் சேமிப்பு உணவுகளாகவும் பயன்படுகின்றன. ஸெல்லின் அமைப்புக்கு ஓர் அடிப்படைப் பொருளாக இருப்பதோடு, அவை ஸெல்லின் இயக்கங்களை ஒழுங்குபடுத்தவும் செய்கின்றன. தனித்தனி உயிரினங்களுக்கு இடையேயும் சிறப்பினங்கட்கு (species) இடையேயுமுள்ள வேறுபாடுகட்கு அடிப்படையாக இருப்பவையும் புரதங்களே.

புரதங்கள் நைட்ரஜனைக்கொண்ட கூட்டுப் பொருள்கள். எல்லாப் புரதங்களிலும் கார்பன் (50-54%) ஹைட்ரஜன் (சுமார் 7%), நைட்ரஜன் (16-18%), ஆக்ஸிஜன் (20-25%), ஆகிய மூலகங்கள் உள்ளன. தாவரங்களின் புரதத்தில் கந்தகமும் (2%) கலந்துள்ளது. சில முக்கியமான புரதங்களில் பாஸ்பரஸும் உண்டு.

புரதங்கள், பாலிமெர் (polymer) எனும் வகையைச் சேர்ந்த கூட்டுப் பொருள்கள். அவற்றின் மூலக்கூறுகள் அளவில் மிகப் பெரியனவாக உள்ளன. இம் மூலக்கூறுகள் ஏறத்தாழக் கோள வடிவத்திலோ அல்லது ஒழுங்கற்ற வடிவத்திலோ இருக்கின்றன. அவற்றின் மூலக்கூறு எடை மிகவும் உயர்ந்துள்ளது. உதாரணமாக இன்ஸுலின் (insulin) எனும் புரதத்தின் மூலக்கூறு எடை 6,000ஆக உள்ளது. நத்தை ஹேமோஸையனின் (snail hemocyanin) எனும் புரதத்தின் மூலக்கூறு எடை 6,700,000 என்று கணக்கிட்டிருக்கிறார்கள். புரதங்களின் மூலக்கூறுகள் மிகவும் பெரியனவாக இருப்

பதால், அவை கொலாய்டு நிலையிலும் இருக்கும். அதிகமான வெப்பத்தால் இவை சிதைக்கப்படுகின்றன. புரதங்களில் நார்ப் புரதங்கள் (fibrous proteins), கோளப் புரதங்கள் (global proteins) என இரு வகை உண்டு. நார்ப் புரதங்கள் தண்ணீர்க் கரைசல்களிலோ, தூய்மையான தண்ணீரிலோ கரைவதில்லை. தலைமயிர், நகம், விலங்குகளின் ரோமம், பறவைகளின் சிறகு இவற்றிலுள்ள கெராடின் (keratin) இவ்வகையைச் சேர்ந்தது. கோளப் புரதங்களைத் தனிப் புரதங்கள் (simple proteins), இணைந்த புரதங்கள் (congregated proteins) என மேலும் இரண்டு வகைகளாகப் பிரிக்கலாம். தனிப் புரதங்களில் புரதம் மட்டுமே உள்ளது; இணைந்த புரதங்களில் புரதத்தோடு, புரதமல்லாத ஒரு பொருளும் இணைந்துள்ளது. புரதமல்லாத பகுதி ப்ரோஸ்தெடிக் தொகுதி (prosthetic group) எனப்படுகிறது. உதாரணமாக, லிபோ புரதங்களில் (lipo proteins) புரதத்தோடு கொழுப்புப் பொருள் இணைந்துள்ளது. நியூக்ளியோ புரதங்களில் நியூக்ளீயிக் அமிலம் இணைந்துள்ளது.

புரதங்களின் அமைப்பு: புரதங்கள் அமினோ அமிலங்களாலானவை. அமினோ அமிலங்களை வரிசையாக 'அடுக்கி' இணைத்துப் புரதங்கள் கட்டப்படுகின்றன. உயிரினங்களில் 20 வகையான அமினோ அமிலங்கள் இருப்பதாகக் கண்டுபிடிக்கப்பட்டுள்ளது. இவை வெவ்வேறு விகிதத்தில் வெவ்வேறு வரிசைகளில் அடுக்கப்பட்டு வெவ்வேறு வகையான புரதங்கள் கட்டப்படுகின்றன. சில புரதங்களில் 100-க்கு மேற்பட்ட அமினோ அமிலத் துண்டுகள் (fragments) உள்ளன. இரு அமினோ அமிலங்கட்கு இடையேயுள்ள இணைப்பு, பெப்டைடு இணைப்பு (peptide bond) எனப்படுகிறது. இவ்விதம் பல அமினோ அமிலங்களை இணைப்பதால் தோன்றும் தொடர் பாலிபெப்டைடு (polypeptide) எனப்படுகிறது படம் 11-1).

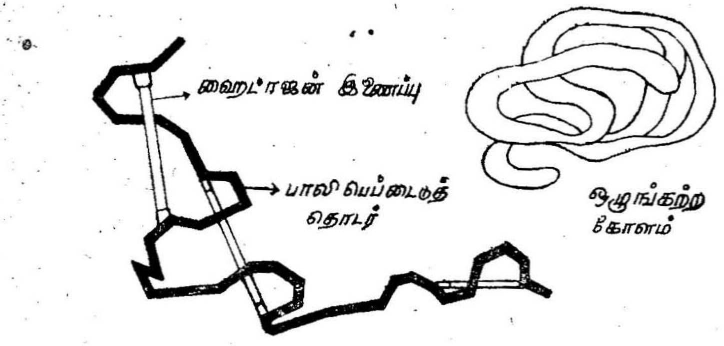
(பெப்டைடு இணைப்பு)

அமினோ அமிலம்$_1$ ↑ அ.. அ$_2$ — அ அ$_3$ — அ அ$_4$ ...... அ. அ$_n$

படம் – 11.1 பாலிபெப்டைடுத் தொடர்

இந்த நீண்ட தொடர் பிறகு சுருள்களாகச் சுற்றப்படுகிறது. இச் சுருள் 'ஆல்ஃபா சுருள்' (alpha helix) எனப்படுகிறது. பாலிபெப்டைடுகளில் உள்ள அமைடு (amide) தொகுதிகளுக்கு இடையே ஹைட்ரஜன் இணைப்பு (hydrogen bond) ஏற்பட்டுச் சுருள் வலுப்படுத்தப்படுகிறது. நார்ப் புரதங்களில் இந்த ஆல்ஃபா

சுருள்களே உள்ளன. இந்த ஆல்பா சுருள் பல வழிகளிலும் மடக்கப்பட்டு ஏறத்தாழ கோள வடிவமான மூலக் கூறுகிறது. ஒரு கோளப் புரதத்தின் ஒழுங்கற்ற வடிவம் படம் 11-2-ல் காட்டப் பட்டிருக்கிறது.



படம் - 11.2 ஆல்பா சுருள்

புரதச் சேர்க்கை (Protein Synthesis): புரதங்கள் அமினோ அமிலங்களால் ஆனவை என்று பார்த்தோம். முதலில் அமினோ அமிலங்கள் எப்படி தயாரிக்கப்படுகின்றன என்பதைப் பார்ப் போம். சாதாரண அங்கக அமிலங்களில் கார்பன் (C), ஹைட்ரஜன் (H), ஆக்ஸிஜன் (O) ஆகிய மூலகங்கள் உள்ளன. அமினோ அமிலங் களில் இவற்றோடு ஒரு நைட்ரஜன் அணுவையும், 2 ஹைட்ரஜன் அணுக்களையும் கொண்ட அமைனோ தொகுதி (amino group), அல்லது தொகுதிகள் இணைக்கப்பட்டுள்ளன. அங்கக அமிலங் களிலுள்ள ஹைட்ரஜனில் ஓர் அணு நீக்கப்பட்டு அதற்கு பதிலாக அமைனோ தொகுதி சேர்க்கப்படுகிறது. உதாரணமாக, அஸிடிக் அமிலம் எனும் அங்கக அமிலத்தோடு அமைனோ தொகுதி ஒன்று சேரும்போது கிளைஸீன் (glycine) எனும் அமினோ அமிலம் உண்டா கிறது. கீழேயுள்ள படம் இதைக் காட்டுகிறது.

$CH_3\ COOH$ — அஸிடிக் அமிலம்

$CH_2 - COOH$ with NH_2 attached to CH_2 ← (அமைனோ தொகுதி) — கிளைஸீன்

படம் - 11.3 குறைப்பு அமைனீகரணம்

எனவே, அமினோ அமிலங்களைத் தயாரிக்க அங்கக அமிலங்களும் அமோனியமும் தேவைப்படுகின்றன என்று தெரிகிறது. இனி இவை இரண்டும் எங்கிருந்து கிடைக்கின்றன என்று பார்க்கலாம்.

தாவரங்கள் நிலத்திலிருந்து நைட்ரேட்டுகளை எடுத்துக்கொள்கின்றன என்று பார்த்தோம். இந்த நைட்ரேட்டுகளில் நைட்ரஜன், (N), ஆக்ஸிஜன் (O) இரண்டும் உள்ளன. தாவரங்களின் வேர்களில் நைட்ரேட்டிலிருந்து ஆக்ஸிஜன் நீக்கப்பட்டு ஹைட்ரஜன் சேர்க்கப்படுகிறது. அதாவது, நைட்ரேட்டுகள் குறைக்கப்படுகின்றன. அப்போது நைட்ரஜனும் (N) ஹைட்ரஜனும் (H) சேர்ந்த அமோனியம் உண்டாகிறது. இந் நிகழ்ச்சிகள் படிப்படியாக நடைபெறுகின்றன. முதலில் ஓர் ஆக்ஸிஜன் நீக்கப்பட்டு நைட்ரேட், நைட்ரைட் (nitrite—NO_2) ஆகிறது. பிறகு மற்றோர் ஆக்ஸிஜன் நீக்கப்பட்டு 3 ஹைட்ரஜன்கள் சேர்க்கப்படுகின்றன. அப்போது ஹைட்ராக்ஸில் அமைன் (hydroxyl-amine) எனும் பொருள் உண்டாவதாகக் கருதப்படுகிறது. தொடர்ந்து மற்றோர் ஆக்ஸிஜன் நீக்கப்பட்டு ஒரு ஹைட்ரஜன் சேர்க்கப்படுகிறது. அப்போது அமோனியம் கிடைக்கிறது.

$$\underset{\text{நைட்ரேட்}}{NO_3} \xrightarrow{-O} \underset{\text{நைட்ரைட்}}{NO_2}$$

$$\underset{\text{நைட்ரைட்}}{NO_2} + 3\,H \xrightarrow{-O} NH_2OH \text{ (ஹைட்ராக்ஸில் அமைன்)}$$

$$NH_2OH \xrightarrow[+H]{-O} NH_4 + \text{(அமோனியம்)}$$

அமினோ அமிலங்களைத் தயாரிப்பதற்குத் தேவையான அங்கக அமிலங்கள் சுவாசித்தலின்போது இடைப் பொருள்களாகத் தோன்றுகின்றன. இவற்றில் ஆல்பா கீடோக்ளூடாரிக் அமிலம் (α-ketoglutaric acid) என்பது ஒன்று. அமைனோ அமிலங்களின் தயாரிப்பில் இது முக்கியமான பங்கு வகிக்கிறது. அமைனோ தொகுதி இந்த அமிலத்துடன் இணைக்கப்படுகிறது. அப்போது க்ளூடாமிக் அமிலம் எனும் அமிலம் உண்டாகிறது.

ஆல்பா கீடோக்ளூடாரிக் அமிலம் + அமோனியா ⟶
(அங்கக அமிலம்)

க்ளூடாமிக் அமிலம் + தண்ணீர்
↓
(அமினோ அமிலம்)

இவ்விதம் ஓர் அங்கக அமிலத்துடன் அமைனோ தொகுதியைச் சேர்ப்பது குறைப்பு அமைனீகரணம் (reductive amination) எனப்படுகிறது. க்ளூடாமிக் அமிலத்திலிருந்து மற்ற அமினோ அமிலங்களைத் தயாரிக்கலாம். க்ளூடாமிக் அமிலம் மற்றொரு கீடோ

அங்கக அமிலத்தோடு (keto organic acid) சேரும்போது க்ளூடாமிக் அமிலத்திலுள்ள அமைனோ தொகுதி அங்கக அமிலத்திற்கு மாற்றப்பட்டு அதுவும் அமினோ அமிலமாகிறது. அமைனோ தொகுதியை இழந்த க்ளூடாமிக் அமிலம் மீண்டும் ஆல்பா கீடோ க்ளூடாமிக் அமிலம் ஆகிறது. உதாரணமாக, க்ளூடாமிக் அமிலம் ஆக்ஸால் அஸிடிக் அமிலத்தோடு (oxalacetic acid) சேரும்போது அமைன் தொகுதி மாற்றப்பட்டு அஸ்பார்டிக் அமிலம் எனும் அமினோ அமிலம் கிடைக்கிறது. இவ்விதம் ஓர் அமைனோ தொகுதி ஓர் அமிலத்திலிருந்து மற்றோர் அமிலத்திற்கு மாற்றப்படும் நிகழ்ச்சி மாற்று அமைனீகரணம் (transamination) எனப்படுகிறது. இந்த முறையில் க்ளூடாமிக் அமிலத்திலிருந்து மற்ற அமினோ அமிலங்களைத் தயாரிக்க முடியும்.

க்ளூடாமிக் அமிலம் + ஆக்ஸால் அஸிடிக் அமிலம்
(அங்கக அமிலம்)

————→ அஸ்பார்டிக் அமிலம் + ஆ. கீடோ க்ளூடாரிக் அமிலம்.
(அமினோ அமிலம்)

அமினோ அமிலங்கள் தயாரிக்கப்படும்போது ஏற்படும் மாற்றங்களை அடுத்துள்ள படம் (படம் 11-4) காட்டுகிறது.

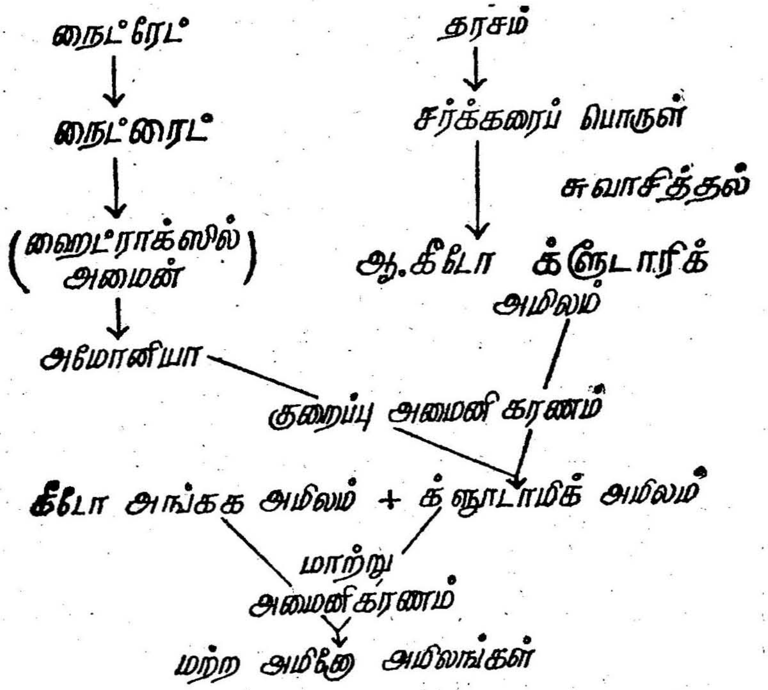
ஒரு குறிப்பிட்ட புரதத்தில் குறிப்பிட்ட அமினோ அமிலங்கள் ஒரு குறிப்பிட்ட வரிசையிலே அமைந்துள்ளன என்று பார்த்தோம். இவ் வரிசையை—இந்த ஒழுங்கை—நிர்ணயிப்பது எது?

ஸெல்லின் பாகங்களைப்பற்றி படித்தபோது நியூக்ளியஸில் டி.என்.ஏ (DNA) என்று அழைக்கப்படும் டை ஆக்ஸீரைபோ நியூக்ளியிக் அமிலம் இருக்கிறது என்றும், அதுவே உயிரினங்களின் பரம்பரைக் குணங்களை நிர்ணயிக்கிறது என்றும் படித்தோம். புரதங்களின் ஒழுங்கை நிர்ணயிப்பதும் டி.என்.ஏ அமிலந்தான். இந்த நிர்ணயிப்பு எப்படி நடைபெறுகிறது என்பதைக் காண நாம் டி.என்.ஏ அமிலத்தின் அமைப்பைத் தெரிந்துகொள்ள வேண்டும்.

டி.என்.ஏ அமிலத்தில் டி ஆக்ஸிரைபோஸ் (de oxyribose) எனும் சர்க்கரைப் பொருளும், பாஸ்பேட்டுகளும் (phosphates), ப்யூரின் (purine), பிரமிடீன் (pyrimidine) எனும் நைட்ரஜன் கூட்டுப் பொருள்களும் உள்ளன. பிரமிடீன்களில் ஸிடோஸீன், (cytosine), தைமீன் (thymine) என இரண்டு வகைகள் உள்ளன. அதுபோலவே ப்யூரீன்களில் அடினீன் (adenine), குவானீன்

(guanine) என இரண்டு வகைகள் உள்ளன. இவை டி.என்.ஏ. அமிலக் கூறில் எந்த வகையில் அமைந்திருக்கின்றன என்பதை வாட்சன் (Watson), க்ரிக் (Crick) என்ற இரு விஞ்ஞானிகள் கண்டு பிடித்தனர்.

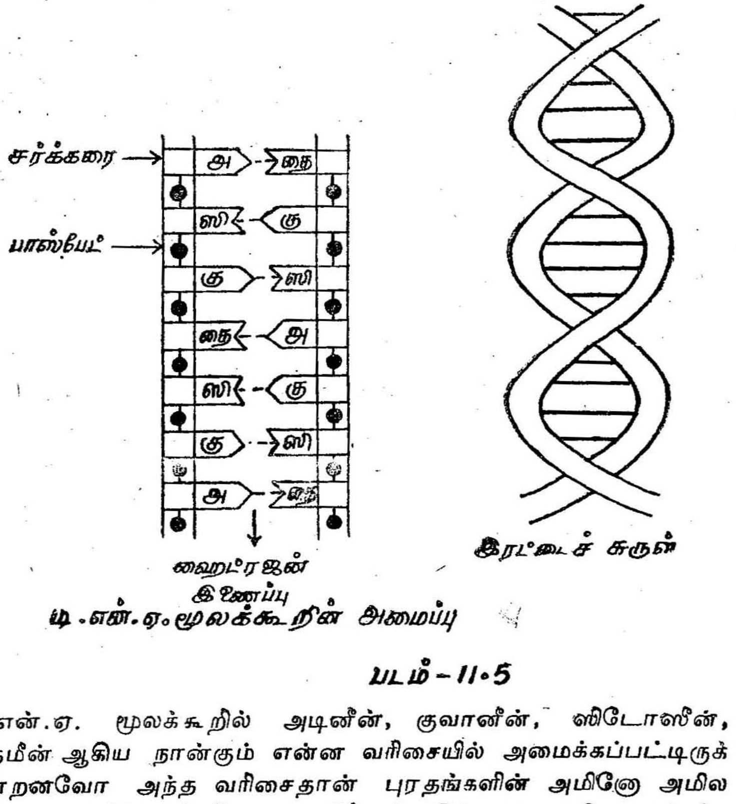
டி.என்.ஏ மூலக் கூறைக் கட்டையாலான படிகளைக் கொண்ட ஒரு கயிற்று ஏணிக்கு ஒப்பிடலாம். டி ஆக்ஸிரைபோஸ் சர்க்கரையும், பாஸ்பேட்டும் மாறி மாறி இணைந்து நீண்ட இரு 'கயிறுகள்' ஆகின்றன. இவற்றிடையே படிகளைப்போல் ப்யூரின்



படம் - 11·4 அமினோ அமிலம் உண்டாகும் முறை

களும், ப்ரமிடீன்களும் அமைந்துள்ளன. கயிற்றிலுள்ள சர்க்கரை மூலக்கூறுடன் ஒரு ப்யூரீனோ அல்லது ப்ரமுடீனோ இணைந்துள்ளது. ஒரு கயிற்றில் ஒரு ப்யூரீன் இணைந்திருந்தால் எதிர் கயிற்றில் அதற்கு நேராக ஒரு ப்ரமிடீன் இணைந்துள்ளது. ஒரு கயிற்றில் ஒரு ப்ரமிடீன் இணைந்திருந்தால் அதற்கு நேராக எதிர்க் கயிற்றில் ஒரு ப்யூரீன் உள்ளது. எதிர் எதிராக இருக்கும் ப்யூரீனும், ப்ரமிடீனும் ஹைட்ரஜனுல் இணைக்கப்பட்டுள்ளன. ப்யூரீன்களும், ப்ரமிடீன்

களும் குறிப்பிட்ட ஜோடிகளாகத்தான் சேரும். ஸிடோஸீன் (ப்ரமிடீன்) குவானீனுடன்தான் (ப்யூரீன்) சேரும். தைமின் (ப்ரமிடீன்), அடினீனுடன்தான் (ப்யூரீன்) சேரும். எனவே, ஒரு கயிற்றில் ஸிடோஸீன் இருந்தால், எதிர்க் கயிற்றில் அதற்கு நேராக ஒரு குவானீன்தான் இருக்கும். ஒரு அடினீன் இருந்தால் அதற்கு எதிராக தைமீன்தான் இருக்கும். படம் 11-5ஐப் பார்த்தால் இவ்வமைப்பு விளங்கும். டி.என்.ஏ-யின் அமைப்பைப் புரிந்துகொள்வதற்குத்தான் அதை ஓர் ஏணியாக உருவகித்துக்கொண்டோம். உண்மையில் அது ஒரு நேரான ஏணியாக இல்லை. ஏணியின் இரண்டு 'கயிறு'களும் எதிர் எதிர் திசையில் சுற்றப்பட்டு ஓர் இரட்டைச் சுருளாக (double helix) இருக்கிறது (படம் 11-5).



டி.என்.ஏ. மூலக்கூறின் அமைப்பு

இரட்டைச் சுருள்

படம் - 11.5

டி.என்.ஏ. மூலக்கூறில் அடினீன், குவானீன், ஸிடோஸீன், தைமீன் ஆகிய நான்கும் என்ன வரிசையில் அமைக்கப்பட்டிருக்கின்றனவோ அந்த வரிசைதான் புரதங்களின் அமினோ அமில வரிசையை நிர்ணயிக்கிறது. உயிரினங்களின் மரபு வழி குணங்களை நிர்ணயிக்கிறது. இவ் வரிசை இயற்கையாகவோ, செயற்கையாகவோ மாற்றப்பட்டால் அமினோ அமிலத்தின் வரிசை

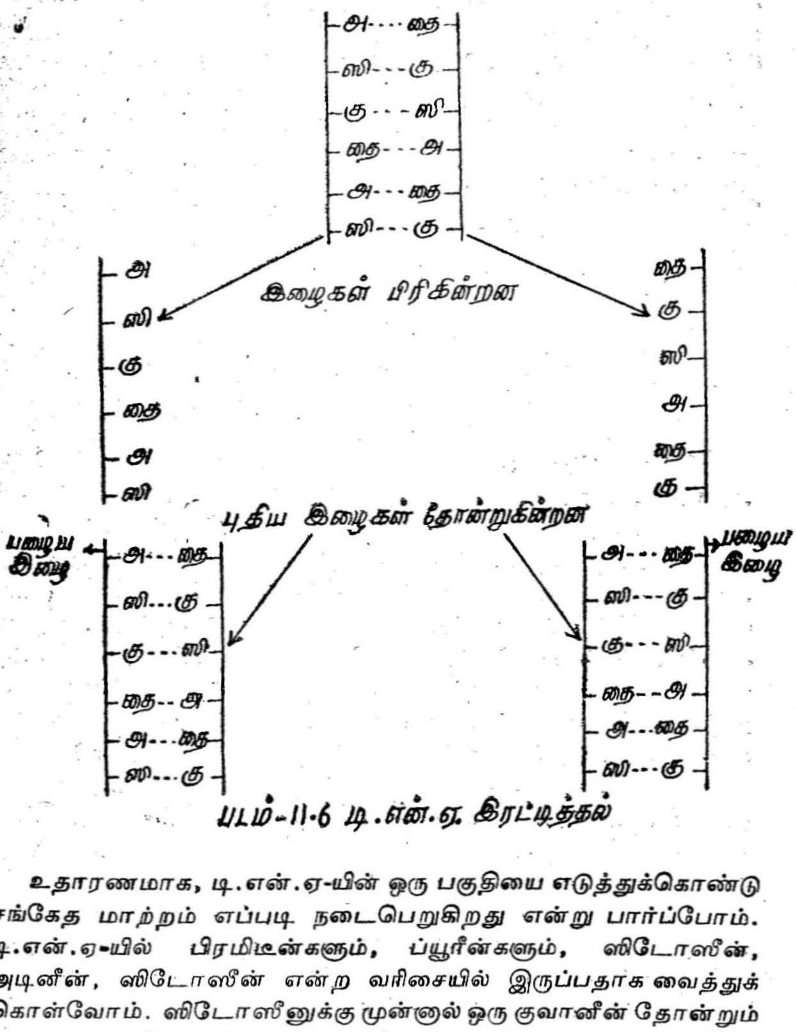
மாறுகிறது. புரதத்தின் வகை மாறுகிறது. மரபு வழி குணங்கள் மாறுகின்றன. எனவே, செல் பகுப்பு நடைபெறும் ஒவ்வொரு சமயத்திலும் டி.என்.ஏ இரட்டிப்பு அடைகிறது. தன்னைப் போன்ற அமைப்பையுடைய மற்றொரு மூலக்கூறைத் தோற்று விக்கிறது. செல் பகுப்பினால் தோன்றும் இரண்டு செல்களும் ஒரே அமைப்புடைய டி.என்.ஏ-யை ஒரே அளவில் பெறுகின்றன.

டி.என்.ஏ எப்படி இரட்டிப்பு அடைகிறது? முதலில் ப்யூரீன் களுக்கும், ப்ரமிடீன்களுக்கும் இடையேயுள்ள ஹைட்ரஜன் இணைப்பு துண்டிக்கப்படுகிறது. இரண்டு இழைகளும் அவற்றோடு இணைந்த ப்யூரீன், ப்ரமிடீன்களுடன் தனித்தனியே பிரிந்து செல்கின்றன. ஓர் இழையிலுள்ள ப்யூரீன், ப்ரமிடீன்களின் வரிசை மற்றோர் இழையில் அவற்றின் வரிசையை நிர்ணயிக்கிறது என்று பார்த்தோம். அதாவது, பிரிந்த இழையில் அடினீன் இருந்தால் அதற்கு நேராக நியூக்ளியஸிலிருந்து ஒரு புதிய தைமீன் வந்து சேருகிறது. அதுபோலவே ஸிடோஸீனுக்கு எதிராக ஒரு குவானீன் வந்து சேருகிறது. இதுபோல் இரண்டு இழைகளிலு முள்ள ப்யூரீன்கட்கும் ப்ரமிடீன்கட்கும் இயைந்த ஜோடிகள் புதியதாக வந்து சேருகின்றன. எனவே, புதிய டி.என்.ஏ மூலக் கூறில் ஓர் இழை பழைய இழை, மற்றொன்று புதிதாகத் தோன்றிய இழை. இவ்விதம் டி.என்.ஏ மூலக்கூறு அதே அமைப்பை உடைய இரண்டு டி.என்.ஏ மூலக்கூறுகளாகிறது. (படம் 11-6) இந்த மாற்றங்களைக் காட்டுகிறது.

எனவே, டி.என்.ஏ-யில் ப்யூரீன்களும் ப்ரமிடீன்களும் ஒரு குறிப்பிட்ட வரிசையில் அமைந்துள்ளன என்றும், இந்த வரிசையே அமினோ அமிலங்களின் வரிசையை நிர்ணயிக்கிறது என்றும், ப்ரமிடீன்களும் ப்யூரீன்களும் குறிப்பிட்ட ஜோடிகளாக இணைந் துள்ளன என்றும், அவை ஒவ்வொன்றும் தனக்கியைந்த ஜோடியைப் புதிதாகத் தோற்றுவித்துக்கொள்ள முடியுமென்றும் அறிகிறோம். இக் கருத்துகளை மனத்திலே வைத்துக்கொண்டு புரதச் சேர்க்கை எப்படி நடைபெறுகிறது என்று பார்ப்போம்.

செல்களில் புரதச் சேர்க்கை, ரைபோஸோம் எனும் துகள் களில் நடைபெறுகிறது என்று பார்த்தோம். அமினோ அமிலங் களின் வரிசையை நிர்ணயிக்கும் சங்கேதம் (code) நியூக்ளியஸில் உள்ளது. அப்படியானால் இந்த சங்கேதம் எப்படி நியூக்ளியஸில் இருந்து ரைபோஸோமை வந்து அடைகிறது? இதற்கு நியூக்ளி யஸில் தயாரிக்கப்படும் மற்றோர் அமிலம் உதவுகிறது. இந்த அமிலத் திற்கு ரைபோ-நியூக்ளியிக் அமிலம் (ribo nucleic acid) என்று

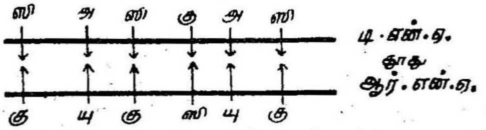
பெயர். இதைச் சுருக்கமாக ஆர்.என்.ஏ. (RNA) என்று கூறு கிறார்கள். டி.என்.ஏ. தன்னிடமுள்ள சங்கேதத்தை ஆர்.என். ஏ-க்குக் கொடுக்கிறது. டி.என்.ஏ. இரட்டிப்பின்போது நடந்தது போன்ற நிகழ்ச்சிகளே இங்கும் நடைபெறுகின்றன.



படம்-11-6 டி.என்.ஏ. இரட்டித்தல்

உதாரணமாக, டி.என்.ஏ-யின் ஒரு பகுதியை எடுத்துக்கொண்டு சங்கேத மாற்றம் எப்படி நடைபெறுகிறது என்று பார்ப்போம். டி.என்.ஏ-யில் பிரமிடீன்களும், ப்யூரீன்களும், ஸிடோஸீன், அடினீன், ஸிடோஸீன் என்ற வரிசையில் இருப்பதாக வைத்துக் கொள்வோம். ஸிடோஸீனுக்கு முன்னால் ஒரு குவானீன் தோன்றும் என்று பார்த்தோமல்லவா? எனவே, டி.என்.ஏ-யிலுள்ள ஸிடோ ஸீனுக்கு எதிராக ஆர்.என்.ஏ-யில் ஒரு குவானீன் தோன்றுகிறது. ஆனால், இது அமில வடிவில் குவானீலிக் அமிலமாக (guanilic acid)

இருக்கிறது. அடினீனுக்கு முன்னால் ஒரு தைமீன் தோன்ற வேண்டும். ஆனால், ஆர்.என்.ஏ-யில் தைமீன் கிடையாது. அதற்குப் பதிலாக யுரோஸில் (urocil) என்ற பொருள் தோன்றும். ஆகையால், டி.என்.ஏ-யிலுள்ள அடினீனுக்கு எதிராக யூரிடிலிக் அமிலம் (uridylic acid) தோன்றும். மூன்றாவதாக உள்ள ஸிடோஸீனுக்கு எதிராகவும் ஒரு குவானீலிக் அமிலம் தோன்றும். இது போல டி.என்.ஏ-யில் ஸிடோஸீன்-அடினீன்-ஸிடோஸீன் என்ற வரிசை ஆர். என். ஏ-யில் குவானீலிக் அமிலம்–யுரீடிலிக் அமிலம், குவானிலிக் அமிலம் என்று குறிப்பிடப்படும் (படம். 11-7). இந்த அமில வரிசைதான் டி.என்.ஏ-யின் சங்கேதம். இந்தச் சங்கேதத்தின் பொருள் என்ன ?



படம்-11.7 டி.என்.ஏ.யின் சங்கேதம் தூது ஆர்.என்.ஏக்கு மாற்றப்படுதல்

இந்த மூன்று அமிலங்களின் இவ் வரிசை ஒரு குறிப்பிட்ட அமினோ அமிலத்தைக் குறிக்கும். உதாரணமாக, மேலே கண்ட கு-யு-கு என்ற வரிசை கிளைஸீன் எனும் அமினோ அமிலத்தைக் குறிக்கும். அதாவது, ஆர்.என்.ஏ-யில் எங்கெல்லாம் இந்த மூன்று அமிலங்களும், இதே வரிசையில் அமைந்துள்ளனவோ அங்கெல்லாம் ஒரு கிளைஸீன் வந்து சேர்ந்துகொள்ளும். இனி டி.என்.ஏ மூலக் கூறின் அடுத்த பகுதியில் குவானீன்-அடினீன்–ஸிடோஸீன் என்ற வரிசை இருப்பதாக வைத்துக்கொள்வோம். முதலிலுள்ள குவானீனுக்கு எதிராக ஆர். என். ஏ-யில் ஸிடீடிலிக் அமிலம் தோன்றுகிறது, அடினீனுக்கு் எதிராக யுரீடிலிக் அமிலமும், ஸிடோஸீனுக்கு எதிராக குவானீலிக் அமிலமும் தோன்றும். அதாவது, இந்த மூன்று அமிலங்களும் ஸி-யு-கு என்ற வரிசையிலிருக்கும். இந்த வரிசை அலனீன் (alanine) என்ற அமினோ அமிலத்தைக் குறிக்கும். இப்போது இரண்டு பகுதிகளையும் சேர்த்து வைத்துப் பார்ப்போம். முதல் பகுதியில் கு-யு-கு என்ற வரிசையும், இரண்டாவது பகுதியில் ஸி-யு-கு என்ற வரிசையும் உள்ளன. இந்த வரிசை டி.என்.ஏ யிலுள்ள ப்யூரீன், பிரமிடீன் வரிசைக்கு இயைந்து தோன்றியது. இதில் ஒவ்வொரு மூன்று எழுத்தும் ஓர் அமினோ அமிலத்தைக் குறிக்கும். இப்போது நாம் டி.என்.ஏ-யின் சங்கேதத்தைப் புரிந்து கொள்ள முடியும். டி.என்.ஏ-யில் சங்கேத மொழியில் 4 எழுத்துகள்தாம் உண்டு. அதாவது 4 அமிலங்கள்தான் இருக்கின்றன.

குவானிலிக், யூரிடிலிக், ஸிடீடிலிக், அடீனிலிக் என்ற நான்கு அமிலங்கள் உள்ளன. இந்த நான்கு அமிலங்களை வெவ்வேறு வரிசையில் மும்மூன்று அமிலங்களாக அடுக்கலாம். கு, யு, ஸி, அ, என்று அமிலங்களின் முதல் எழுத்துகளை மட்டும் எடுத்துக்கொள்வோம். அவற்றை எப்படியெல்லாம் வரிசைப்படுத்த முடியும்? குயுஸி, ஸிகுயு, யுகுஸி, யுயுஸி, குகுஸி, அயுகு, குகுகு, ஸிஸிஸி, அயுஸி என்ற வெவ்வேறு வகைகளில் வரிசைப்படுத்த முடியுமல்லவா? இதில் ஒவ்வொரு வரிசையும் ஒரு தனி அமினோ அமிலத்தைக் குறிக்கும். இது முவ்வெழுத்துச் சங்கேதம் (triplet code) என்று கூறப்படுகிறது. 4 எழுத்துகளைக்கொண்டு இதுபோல 64 (4^3) முவ்வெழுத்துச் சங்கேதங்களை உண்டாக்கலாம். அதாவது இந்த நான்கு அமிலங்களை மட்டும் கொண்டு 64 அமினோ அமிலங்களுக்கான சங்கேதங்களை உண்டாக்க முடியும். ஆனால், செடியில், இருப்பது 20 அமினோ அமிலங்கள்தான். எனவே, இச் சங்கேத முறை செடியிலுள்ள எல்லா அமினோ அமிலங்களையும் குறிக்கப் போதுமானது. சில சங்கேதங்களும் அவற்றின் அமினோ அமிலங்களும் கீழே கொடுக்கப்பட்டுள்ளன.

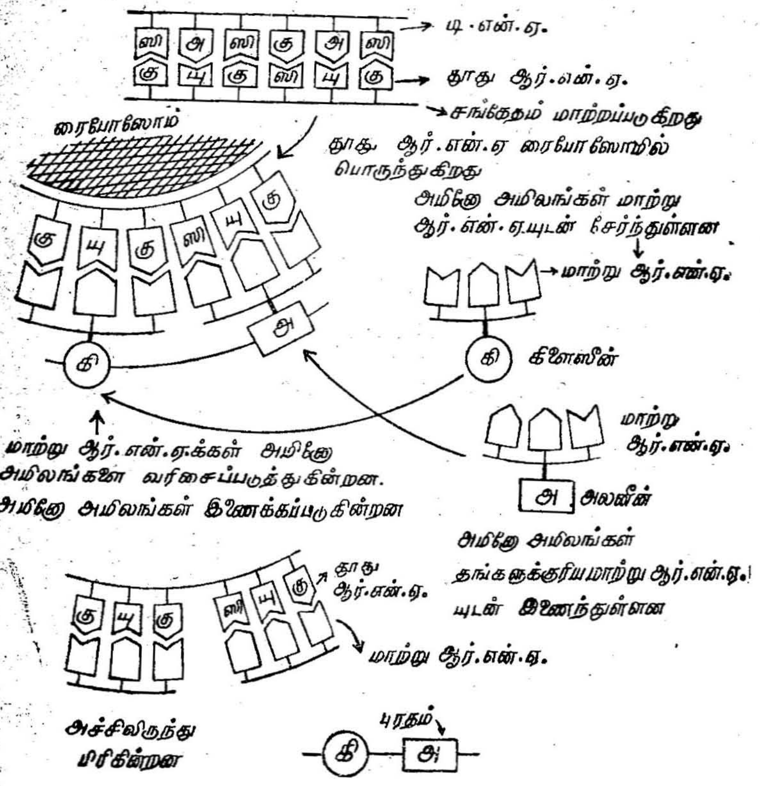
அமினோ அமிலம்	உத்தேச சங்கேதம்
ஸிஸ்டீன் (Cysteine)	குயுயு (GUU)
மெதியோனின் (Methionine)	யுகுஅ (UGA)
டைரோஸின் (Tyrosine)	அயுயு (AUU)
வாலேன் (Valine)	யுயுகு (UUG)

இவ்விதம் டி.என்.ஏ-யின் சங்கேதத்தை முவ்வெழுத்து முறையால் ஆர்.என்.ஏ பெறுகிறது. பிறகு அது நியூக்ளியஸை விட்டு வெளியேறி ரைபோஸோமுடன் வந்து பொருந்துகிறது. அங்கு இந்தச் சங்கேதத்திற்கு ஏற்ப ஒவ்வோர் அமினோ அமிலமும் பாலிபெப்டைட் தொடரில் அதற்குரிய இடத்தில் பொருத்தப்பட்டுப் பின்னர் ஒன்றோடொன்று இணைக்கப்படுகின்றன. இவ்விதம் டி.என்.ஏ-யின் சங்கேதத்தை ரைபோஸோமுக்குக் கொண்டுவரும் ஆர்.என்.ஏ., தூது ஆர்.என்.ஏ (Messenger R.N.A) எனப்படுகிறது.

இனி, அமினோ அமிலங்கள் எப்படி இந்த ஆர்.என்.ஏ அச்சில் பொருந்துகின்றன என்று பார்ப்போம். முதலில் அமினோ அமிலங்கள் செல்லிலுள்ள ஆற்றல் செறிந்த ATP யுடன் சேர்ந்து ஊக்குவிக்கப்படுகின்றன. ஊக்குவிக்கப்பட்ட அமினோ அமிலங்கள் நேரடியாக தூது ஆர்.என்.ஏ-யின் அச்சில் சேர முடியாது. அது சைடோபிளாசத்திலுள்ள மாற்று ஆர்.என்.ஏ. (Transfer RNA) எனும் பொருளுடன் சேர்கிறது. ஒவ்வோர் அமினோ அமிலத்திற்கும் ஒரு மாற்று ஆர்.என்.ஏ உண்டு. இந்த மாற்று ஆர்.என்.ஏ தான் தூது ஆர்.என்.ஏ-யின் சங்கேதத்தைப் 'புரிந்துகொள்' கிறது. அவ்விதம் புரிந்துகொண்டு தன்னோடு இணைந்த அமினோ அமிலத்தை அதற்குரிய இடத்திலே கொண்டு வைக்கிறது. நாம் முன்னர் பார்த்த உதாரணத்தில் முதல் சங்கேதம் கிளைஸினையும், இரண்டாவது, அலனீனையும் குறிக்குமென்று பார்த்தோமல்லவா? இந்த அமினோ அமிலங்கட்கு உரிய மாற்று ஆர்.என் ஏ-க்கள் இந்த அமிலங்களை 'இழுத்து' வந்து அச்சில் பொருத்துகின்றன. பின்னர் அவை பிரிந்துவிடுகின்றன. அமினோ அமிலங்கள் ஒன்றோடொன்று பெப்டைடு இணைப்புகளால் இணைக்கப்படுகின்றன. எல்லா அமினோ அமிலங்களும் இப்படிக் குறிப்பிட்ட வரிசையிலே அமைக்கப்பட்டு, இணைக்கப்பட்டு பாலிபெப்டைடு ஆகின்றன. பின்னர் அச்சிலிருந்து பிரிகின்றன. இவ்விதமாக டி.என்.ஏ-யின் சங்கேதம் அமினோ அமிலங்களைக் குறிப்பிட்ட வரிசையிலே வைத்துக் குறிப்பிட்ட புரதத்தைக் கட்டுகிறது. டி.என்.ஏ-யிலுள்ள வரிசை மாறினால் அமினோ அமிலங்களின் வரிசையும் மாறிவிடுகிறது. மேலே நாம் குறிப்பிட்ட உதாரணத்தில் முதல் பகுதியிலுள்ள ஸிடோஸீன், அடினீன், ஸிடோஸீன் என்ற வரிசை அடினீன், ஸிடோஸீன், ஸிடோஸீன் என்று மாறினால் ஆர்.என்.ஏ-யில் யுரீடிலிக், குவானீலிக், குவானீலிக் என்ற அமிலங்கள் தோன்றும். சங்கேத எழுத்துகள் 'யுகுகு' என்று மாறும். அப்போது கிளைஸீனுக்குப் பதிலாக அந்த இடத்தில் டிரிப்டோபேன் (tryptophan) எனும் அமினோ அமிலம் பொருத்தப்படும். இவ்விதம் ஒவ்வோர் உயிரினமும் டி.என்.ஏ-யின் சங்கேதத்திற்கும் ஏற்ற முறையில் குறிப்பிட்ட புரதத்தைக் கட்ட முடியும். இந் நிகழ்ச்சிகளை அடுத்துள்ள படம் (11-8) விளக்குகிறது.

நைட்ரஜன் நிலைப்பாடு: தாவரங்கட்கு நைட்ரஜன் இன்றியமையாதது என்று பார்த்தோம். காற்றிலே ஏராளமான நைட்ரஜன் உள்ளது. காற்றின் பருமானத்தில் 4/5 பங்கு நைட்ரஜனால் ஆனது. ஆனால், உயர் தாவரங்களால் இந்த நைட்ரஜனைப் பயன்படுத்திக்கொள்ள முடிவதில்லை. அவை தங்கட்குத் தேவையான

நைட்ரஜனை நிலத்திலிருந்து 'நைட்ரேட்' வடிவிலேயே பெறுகின்றன. சில கீழ் உயிரினங்கள் (lower organisms) காற்றிலுள்ள நைட்ரஜனை எடுத்துக்கொண்டு அதை நைட்ரஜன் கூட்டுப் பொருள்களாக மாற்றுகின்றன. இவ்விதம் நைட்ரஜன் வாயுவை நைட்ரஜன் கூட்டுப் பொருளாக மாற்றும் நிகழ்ச்சி நைட்ரஜன் நிலைப்பாடு (nitrogen fixation) எனப்படுகிறது. நைட்ரஜனை நிலைப்படுத்தும் திறன் பாக்டீரியாக்களுக்கும் நீலப் பச்சை பாசிகட்கும் (blue green algae) உண்டு.



படம்–11·8 புரதச் சேர்க்கை

நைட்ரஜனை நிலைப்படுத்தும் பாக்டீரியாக்களில் இரண்டு வகை உண்டு. ஒரு வகையைச் சேர்ந்தவை நிலத்திலேயே சாருண்ணிகளாக வாழ்கின்றன. மற்றொரு வகையைச் சேர்ந்தவை மற்ற உயர் தாவரங்களுக்குள்ளே வாழ்கின்றன. அவற்றிலிருந்து நைட்ரஜன் நிலைப்பாட்டிற்குத் தேவையான தரசப் பொருள்களை

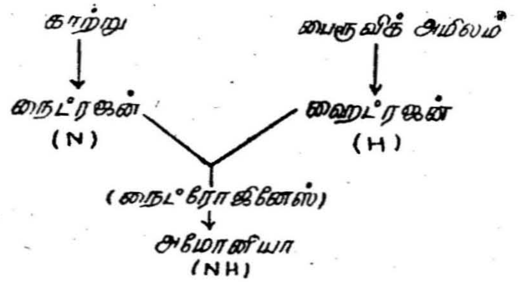
எடுத்துக்கொண்டு காற்றிலுள்ள நைட்ரஜனுடன் சேர்ந்து நைட்ரஜன் கூட்டுப் பொருள்களை உண்டாக்குகின்றன. இக் கூட்டுப் பொருளின் ஒரு பகுதி உயர் தாவரங்கட்கும் கிடைக்கிறது. எனவே, இரண்டு வகை உயிரினங்களும் இதனால் நன்மை பெறுகின்றன. இத்தகைய வாழ்க்கை முறை கூட்டுயிர் வாழ்க்கை (symbiosis) என்றும், இதில் பங்கு கொள்ளும் உயிரினங்கள் கூட்டுயிர்கள் (symbionts) என்றும் அழைக்கப்படுகின்றன.

அவுரி, கொழுஞ்சி, துவரை போன்ற அவரைக் குடும்பத்தைச் சேர்ந்த செடிகளின் வேர்களில் கொத்துக்கொத்தாகப் பல முடிச்சுகள் இருப்பதைக் காணலாம். இவை வேர் முடிச்சுகள் (root nodules) எனப்படும். இந்த முடிச்சுகளின் உள்ளே, ரைஸோபியம் (rhizobium) எனும் வகையைச் சார்ந்த பாக்டீரியா உள்ளது. இது நைட்ரஜனை நிலைப்படுத்தும் திறனுடையது. இந்த பாக்டீரியாக்கள் முதலில் நிலத்தில் வாழ்கின்றன. வேர்த் தூவிகளின் வழியாகச் செடியின் வேருக்குள் சென்று வேரின் புறணியை அடைகின்றன. அப்போது புறணியின் ஸெல்கள் மிகையான பகுப்பு அடைந்து முடிச்சுகளைத் தோற்றுவிக்கின்றன. இம் முடிச்சுகளின் நடுவே பாக்டீரியா உள்ளது. அதைச் சுற்றி பாரங்கைமாவால் (parenchyma) ஆன மெல்லிய திசு உள்ளது. பாக்டீரியாக்கள் எண்ணிக்கையில் அதிகமாகின்றன. இவை செடியிலிருந்து தரசத்தை எடுத்துக்கொண்டு நைட்ரஜன் கூட்டுப் பொருள்களைக் கட்டுகின்றன. இது எப்படி நடைபெறுகிறது என்பது தெரியவில்லை. பாக்டீரியாவும் செடியும் தனித்தனியாகப் பிரிக்கப்பட்டால் இரண்டினாலும் நைட்ரஜன் நிலைப்பாடு செய்ய முடிவதில்லை. அவை ஒன்றாகச் சேர்ந்து கூட்டுயிர் வாழ்க்கை நடத்தும்போது தான் நைட்ரஜன் நிலைப்பாடு நடைபெறுகிறது. நைட்ரஜன் நிலைப்பாடு பாக்டீரியாக்கள் சிலவற்றில் நைட்ரோஜினேஸ் (nitrogenase) எனும் நொதி இருப்பதாகக் கண்டுபிடிக்கப்பட்டுள்ளது. இந்த நொதி நைட்ரஜனோடு ஹைட்ரஜனைச் சேர்த்து அமோனியாவாக மாற்றும் திறனுடையது. இதற்குத் தேவையான ஹைட்ரஜன் ஸெல்களிலுள்ள பைரூவிக் அமிலம் எனும் அமிலத்திலிருந்து பெறப்படுகிறது (சுவாசித்தலில் இடைப்பொருளாக இந்த அமிலம் தோன்றுகின்றது). அமோனியாவிலிருந்து அமினோ அமிலங்கள் கட்டப்படலாம் என்பதை முன்னரே பார்த்தோமல்லவா? படம் 11-9 இந் நிகழ்ச்சிகளைக் காட்டுகிறது.

இவ்விதம் பாக்டீரியாவில் கட்டப்படும் அங்கக நைட்ரஜன் கூட்டுப்பொருள்களில் பெரும்பகுதி செடியின் மற்ற பாகங்களுக்குச் செல்கிறது. அங்கு இவை செடியின் புரதச் சேர்க்கைக்குப் பயன்

படுத்திக் கொள்ளப்படுகின்றன. உதாரணமாக, சோயாபீன்ஸ் (soya beans) செடி அதன் வேர் முடிச்சு பாக்டீரியாக்களால் கட்டப்படும். நைட்ரஜன் கூட்டுப் பொருள்களில் 90 சதவிகிதத்தை இதுபோலப் பயன்படுத்திக்கொள்கிறது. ஒரு சிறு பகுதி வேர்களிலிருந்து வெளியேறி நிலத்தைச் சென்று அடையலாம். வேரின் திசுக்கள் சிதைவடையும்போது இந்த நைட்ரஜன் பொருள்களில் பெரும் பகுதி நிலத்தை அடைந்து அதை வளப்படுத்துகின்றது.

இக் கூட்டுயிர் பாக்டீரியாவைத் தவிர நிலத்திலேயே சாறுண்ணிகளாக வாழும் அஸோடோபாக்டர் (azotobacter), கிளாஸ்ட்ரீடியம் (clostridium) ஆகிய பாக்டீரியாக்களும் நைட்ரஜன் நிலைப்பாடு செய்கின்றன.

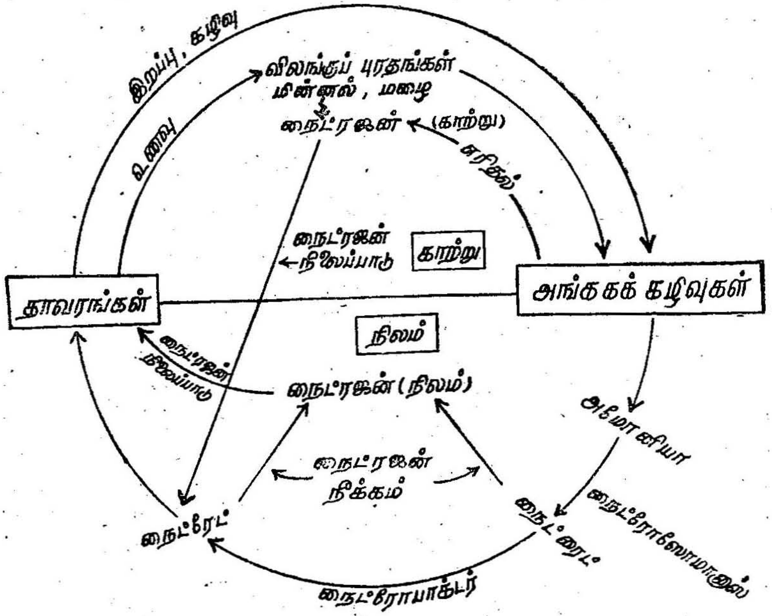


படம் - 11.9 நைட்ரஜன் நிலைப்பாடு

நைட்ரஜன் வட்டம் (Nitrogen Cycle): தாவரங்கட்கு நைட்ரஜன் இன்றியமையாதது என்று பார்த்தோம். தாவரங்கள் இடைவிடாது நைட்ரேட்டுகளை நிலத்திலிருந்து எடுத்துக்கொண்டிருக்கின்றன. நைட்ரேட்டுகள் நீரிலே கரைந்து எளிதாக நிலத்திலிருந்து நீக்கப்படுகின்றன. மண் அரிப்பின் (erosion) மூலமும் நைட்ரேட் நீக்கப்படுகிறது. ஆனால், நிலத்திலுள்ள நைட்ரேட்டின் அளவு அதிகமாகக் குறைவதில்லை. தாவரங்களால் எடுத்துக் கொள்ளப்படும் நைட்ரேட்டுகள் மீண்டும் நிலத்தைச் சென்று அடைகின்றன. இது எவ்விதம் நடைபெறுகிறது என்பதைக் காண்போம்.

தாவரங்களால் கட்டப்படும் புரதங்கள் விலங்குகளுக்கும் மனிதர்களுக்கும் உணவாகின்றன. அவற்றின் கழிவுகளும், தாவரங்கள் விலங்குகள் இவற்றின் இறந்த பகுதிகளும் நிலத்தைச் சென்று அடைகின்றன. கழிவுகள் எரிக்கப்படும்போது ஒரு பகுதி நைட்ரஜன் வாயுவாக மாறி வளிமண்டலத்தைச் சென்று அடைகிறது. கழிவுகள் அங்கக வேதிச்சேர்க்கை பாக்டீரியாக்களால்

பாதிக்கப்படுகின்றன. கழிவுகளை முதலில் அமோனியா பாக்டீரியாக்கள் பாதிக்கின்றன. அப்போது அங்ககக் கழிவுகள் அமோனியாவாகின்றன. இந்த அமோனியாவில் ஒரு பகுதியைச் சில தாவரங்கள் புரதச் சேர்க்கைக்கு எடுத்துக்கொள்ளுகின்றன. ஆனால், அமோனியாவில் பெரும் பகுதி நைட்ரோஸோமோனஸ் (nitrosomonas), நைட்ரஸோகோக்கஸ் (nitrosococcus) முதலிய பாக்டீரியாக்களால் நைட்ரைட்டுகள் ஆக்கப்படுகின்றன. இதில் ஒரு பகுதியும் தாவரங்களால் எடுத்துக்கொள்ளப்படுகின்றது. நைட்ரோபாக்டெர் (nitrobacter) எனும் பாக்டீரியாக்கள் நைட்ரைட்டுகளை நைட்ரேட்டுகளாக்குகின்றன. இவை மீண்டும் தாவரங்களால் எடுத்துக்கொள்ளப்படுகின்றன. இதைத் தவிர நிலத்தி



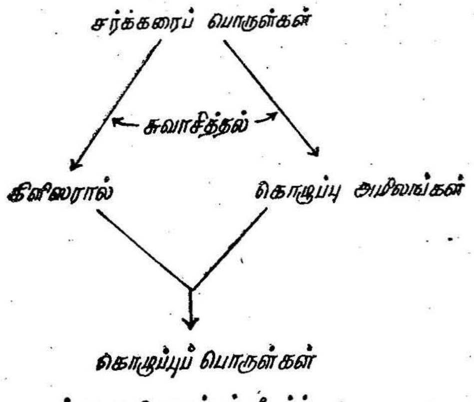
படம் - 11.10 நைட்ரஜன் வட்டம்

லுள்ள சாறுண்ணி பாக்டீரியாக்களும், வேர் முடிச்சுகளில் உள்ள கூட்டுயிர் பாக்டீரியாக்களும் நைட்ரஜன் வாயுவை நிலைப்படுத்தி நைட்ரேட்டுகளாக்குகின்றன. இவற்றையும் தாவரங்கள் எடுத்துக் கொள்கின்றன. காற்றிலுள்ள நைட்ரஜன் வாயு மின்னலால் வேதிச் சேர்க்கைமூலம் நைட்ரேட்டுகளாக்கப்பட்டு நிலத்தில் சேர்கிறது. இதில் ஒரு பகுதி, நைட்ரஜன் நீக்கும் பாக்டீரியாக்களால் (denitrifying bacteria) பாதிக்கப்பட்டு, நைட்ரஜன் வாயுவாக

மாற்றப்படுகிறது. இவ்விதம் நைட்ரஜன் உயிரினங்கட்கும் சூழலுக்குமிடையே மாறிமாறி வருவது நைட்ரஜன் வட்டம் எனப்படுகிறது (படம் 11-10).

கொழுப்புப் பொருள்கள்: கொழுப்பு அல்லது கொழுப்பைப் போன்ற பொருள்கள் எல்லா உயிரினங்களிலும் காணப்படுகின்றன. இவை புரோடோப்ளாசத்தின் அமைப்பில் பங்கு கொள்கின்றன. புரோடோப்ளாசத்தில் உள்ள லிபோ புரதங்களிலும் பைடோஸ்டீராலிலும் கொழுப்பு உள்ளது. தாவரங்களில் முக்கியமான சேமிப்புப் பொருளாகவும் பயன்படுகின்றது. கொழுப்பில் கார்பன், ஹைட்ரஜன், ஆக்ஸிஜன் ஆகிய மூன்று பொருள்களும் உள்ளன. ஆக்ஸிஜனின் அளவு குறைவாக இருக்கிறது. உதாரணமாக, தேங்காய் எண்ணெயிலுள்ள பாமிடின் (palmitin) எனும் கொழுப்பில் 51 கார்பன் அணுக்களும், ஆறு ஆக்ஸிஜன் அணுக்களுந்தான் உள்ளன.

கொழுப்பு அமிலங்களும் (fatty acids) சில சாராயங்களும் (alcohols) சேரும்போது தோன்றும் எஸ்டெர் (ester) எனும் பொருள்களே கொழுப்பு எனப்படுகிறது. உதாரணமாக, கிளிஸரால் (glycerol) எனும் சாராயமும், பாமிடிக் அமிலம் எனும் கொழுப்பு அமிலமும் சேரும்போது பாமிடின் எனும் கொழுப்பும் தண்ணீரும் உண்டாகின்றன.



படம்-11·11 கொழுப்புச் சேர்க்கை

கிளிஸரால் + பாமிடிக் அமிலம் ⟶ பாமிடின் + தண்ணீர்

கொழுப்பு அமிலங்கள், கிளிஸரால் ஆகிய இரு பொருள்களுமே சுவாசித்தலின்போது இடைப்பொருள்களாகத் தோன்று

கின்றன. இதனைப் படம் 11-11-ல் காட்டியுள்ள முறையில் பொதுவாகக் குறிக்கலாம்.

இனி, கிளிஸரால் எப்படி தயாரிக்கப்படுகிறது என்று பார்ப்போம். சுவாசித்தலின்போது டைஹைட்ராக்ஸி அஸிடோன் பாஸ்பேட் (dihydroxy acetone phosphate) எனும் பொருள் உண்டாகிறது. அதோடு 2 ஹைட்ரஜன் சேர்க்கப்பட்டு அது ஆல்பா கிளிஸரோ பாஸ்பேட் (α-glycero phosphate) ஆகிறது. இதிலிருந்து பாஸ்பேட் நீக்கப்படும்போது கிளிஸரால் உண்டாகிறது.

டை ஹைட்ராக்ஸி அஸிடோன் பாஸ்பேட் + 2 H ⟶ α கிளிஸரோ பாஸ்பேட்

α—கிளிஸரோ பாஸ்பேட் —பாஸ்பேட் ⟶ கிளிஸரால்

கொழுப்பு அமிலங்கள் எப்படித் தயாரிக்கப்படுகின்றன என்பது தெளிவாகத் தெரியவில்லை. சுவாசித்தலின்போது தோன்றும் அஸிடில்-கோ-ஏ (acytyl-co-A) எனும் பொருளிலிருந்து இவை படிப்படியாகத் தயாரிக்கப்படலாம். தாவரங்களில் லாரிக் அமிலம் (lauric acid), ஒலியிக் அமிலம் (oleic acid), பாமிடிக் அமிலம் (palmitic acid), லினோயிக் அமிலம் (linoleic acid) ஆகிய கொழுப்பு அமிலங்கள் உள்ளன.

12. உணவு, கனிமங்கள் இவற்றின் இடப்பெயர்ச்சி

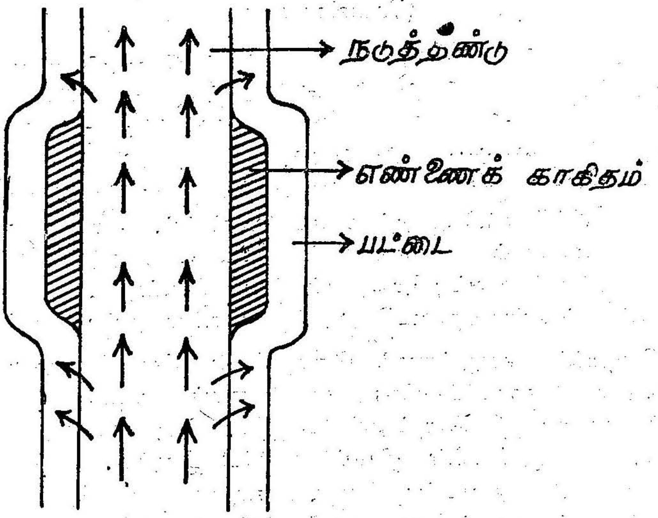
(Translocation)

ஒரு செடியினுள் பல்வேறு பொருள்கள் இடைவிடாது வெவ்வேறு திசையில் சென்றுகொண்டிருக்கின்றன. வேர்களால் உறிஞ்சப்படும் கனிமங்கள் தண்டுமுனைக்கும் இலைகளுக்கும் மேல் நோக்கி அனுப்பப்பட வேண்டும். இலைகளால் கட்டப்படும் உணவுகள் வேர்களுக்கும் நிலத்தின் அடியிலுள்ள சேமிப்பு அங்கங்களுக்கும் கீழ்நோக்கி அனுப்பப்பட வேண்டும். சாறுக்குழல்களிலிருந்து உணவும் கனிமங்களும் தண்டின் நடுப்பகுதிக்கும் புறணிக்கும் பக்கவாட்டிலே அனுப்பப்பட வேண்டும். இவ் விடப்பெயர்ச்சிகள் எப்படி நடைபெறுகின்றன என்பதைப் பார்ப்போம்.

செடியின் சாறுக்குழல் தொகுதிகள் வேரிலிருந்து தண்டு நுனிவரை தொடர்ச்சியாக வலைபோலப் பின்னிக்கொண்டு செடியின் பல பகுதிகளையும் ஒன்றாக இணைக்கின்றன என்று பார்த்தோம். பொருள்களின் இடப்பெயர்ச்சி இவற்றின்மூலமாகவே பெரும்பாலும் நடைபெறுகிறது. சாறுக்குழல் தொகுதியில் ஸைலம், ஃப்ளோயம் என்ற இரண்டு முக்கியமான பகுதிகள் உள்ளன. இவை இரண்டும் குழல்போன்ற சில திசுக்களைக் கொண்டுள்ளன. உணவு, கனிமங்கள் இவற்றின் இடப்பெயர்ச்சியில் இவை என்ன பங்கு வகிக்கின்றன ?

கனிமங்களின் மேல்நோக்கிய பெயர்ச்சி: கனிமங்களின் மேல் நோக்கிய இடப்பெயர்ச்சி ஸைலம் வழியாகவே நடைபெறுகிறது என்று பொதுவாகக் கருதப்படுகிறது. நிலத்திலிருந்து உறிஞ்சப்படும் நீர் ஸைலம் வழியாகவே இலைகட்குள் செல்கிறது என்று சாறேற்றம் எனும் பகுதியில் பார்த்தோம். இந் நீரோட்டத்துடன் சேர்ந்து கனிமங்களும் செல்கின்றன என்று கருதப்படுகிறது. வளையச் சோதனைகள் இதற்குச் சான்று பகர்கின்றன. தண்டிலிருந்து

ப்ளோயம் பகுதியை வெட்டி எடுத்துவிட்டாலும், கனிமங்களின் மேல்நோக்கிய பெயர்ச்சி தடைப்படுவதில்லை. ஆனால், ஸைலம் துண்டிக்கப்படும்போது மேல்நோக்கிய இடப்பெயர்ச்சியும் தடைப்படுகிறது. கதிரியக்க கனிமங்களைக்கொண்டு செய்யப்பட்ட ஒரு சோதனையை இங்குக் குறிப்பிட வேண்டும். ஒரு செடியின் தண்டில் 9 அங்குல நீளத்திற்கு எதிர்எதிராக இரண்டு கீறல்கள் போடப்பட்டன. கீறிய பகுதியில் மேல்பட்டையைத் தனியாகப் பிரித்து, மேற்பட்டைக்கும் நடுத்தண்டிற்குமிடையே எண்ணெய்க் காகிதமொன்று வைக்கப்பட்டது. மேல்பட்டையில்தான் ப்ளோயம் இருக்கிறது. நடுத்தண்டில் ஸைலம் இருக்கிறது. இரண்டிற்குமிடையே எண்ணெய்க் காகிதத்தை வைக்கும்போது,

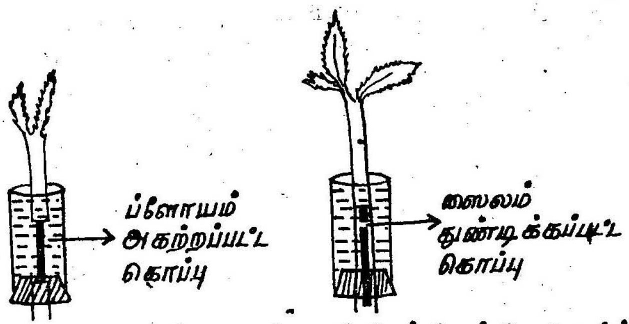


படம் – 12.1 கனிமங்களின் மேல்நோக்கிய பெயர்ச்சி (அம்புக்குறிகள் கனிமத்தின் பாதையைக் காட்டுகின்றன)

9 அங்குல நீளத்திற்கு ஸைலத்திற்கும் ப்ளோயத்திற்குமிடையே உள்ள தொடர்பு துண்டிக்கப்படுகிறது. மற்றப் பகுதிகளில் இவை இரண்டும் ஒன்றுக்கொன்று அருகிலுள்ளன. பிறகு செடிகளுக்குக் கதிரியக்கமுள்ள சோடியம், பொட்டாஷியம், பாஸ்பரஸ் முதலிய பொருள்கள் கொடுக்கப்பட்டன. (இவை கதிரியக்கம் பெற்றிருப் பதால் இவை செல்லும் பாதையை எளிதில் தெரிந்து கொள்ளலாம்.) சில மணி நேரங்களுக்குப்பின் செடியைச் சோதனை

செய்தபோது பின்வரும் விவரம் கிடைத்தது. தண்டில் ஸைலமும் ப்ளோயமும் பிரிக்கப்படாத பகுதிகளில் இரண்டு திசுக்களிலும் கதிரியக்கப் பொருள்கள் ஏறத்தாழ சம அளவில் இருந்தன. இவை இரண்டும் பிரிக்கப்பட்ட பகுதிகளில் கதிரியக்கப் பொருள்கள் அனைத்துமே ஸைலத்தில்தானிருந்தன (படம் 12-1). அதாவது, கனிமங்கள் ஸைலத்தின் வழியாக மேல்நோக்கிச் செல்கின்றன. அப்போது அவற்றில் ஒரு பகுதி பக்கவாட்டில் சென்று ப்ளோயத்தை அடைகிறது. ஆனால், ஸைலத்திற்கும் ப்ளோயத்திற்குமிடையே தொடர்பற்றுப்போகும்போது பக்கவாட்டில் நடைபெறும் இந்த இடப்பெயர்ச்சி தடைப்படுகிறது. இதிலிருந்து பெறப்படும் முடிவு என்ன? கனிமங்களின் மேல்நோக்கிய இடப்பெயர்ச்சி முக்கியமாக ஸைலத்தின்மூலம் நடைபெறுகிறது. ஆனால், சில சந்தர்ப்பங்களில் கனிமங்கள் பக்கவாட்டில் ப்ளோயத்திற்குள் சென்று ப்ளோயத்தின் வழியாகவும் செல்லலாம்.

கனிமங்களைத் தவிர அங்கக உணவுப் பொருள்களும் மேல்நோக்கி எடுத்துச் செல்லப்படுகின்றன. உதாரணமாக, இலையிலிருந்து வளரும் தண்டுமுனைக்கு மேல்நோக்கி உணவு செல்கிறது. அங்கக உணவுகளின் இந்த மேல்நோக்கிய இடப்பெயர்ச்சியும் ஸைலத்தின்மூலமாகத்தான் நடைபெறுகிறது என்று விஞ்ஞானிகள் கருதிவந்தனர். வசந்த காலத்தில் இலைகள் தளிர்க்க ஆரம்பிக்கும்போது ஸைலத்திலுள்ள நீர்மத்தில் கரையக்கூடிய கார்போஹைட்ரேட்டுகளின் அளவு அதிகமாயிருக்கிறது. இலைகள் வளர்ச்சியடைந்த பின்பு இந்த அளவு குறைந்துவிடுகிறது. எனவே, இலைகளின் வளர்ச்சிக்குத் தேவையான உணவுப் பொருள்கள் ஸைலத்தின்மூலம் செல்கின்றன என்று கருதப்பட்டது. ஆனால், கர்டிஸ் (Curtis) செய்த சில சோதனைகள் இதை மறுதலித்தன. இரண்டு கொப்புகள் எடுத்துக்கொள்ளப்பட்டு அவற்றின் இலைகள் அகற்றப்பட்டன. ஒரு கொப்பிலிருந்து (வளையச் சோதனைக்குச் செய்வதுபோல) ப்ளோயம் அகற்றப்பட்டது. மற்றொன்றிலிருந்து ஸைலம் அகற்றப்பட்டது. வெட்டப்பட்ட பகுதியைச் சுற்றி ஒரு கண்ணாடிக் குழல் வைக்கப்பட்டு அதில் தண்ணீர் வைக்கப்பட்டது. வெட்டப்பட்ட பகுதிகள் வாடாது இருக்கவும் ஸைலம் அகற்றப்பட்ட கொப்பிற்கு வேண்டிய தண்ணீர் அளிக்கவும் இது உதவும். சில நாட்கள் கழிந்து பார்த்தபோது, ப்ளோயம் அகற்றப்பட்ட கொப்புகள் சரியான வளர்ச்சியைக் காட்டவில்லை. ஸைலம் அகற்றப்பட்ட கொப்புகள் நன்கு வளர்ந்திருந்தன (படம் 12-2). இதிலிருந்து தெரிவது என்ன? கொப்பின் வளர்ச்சிக்குத் தேவையான உணவுப் பொருள்கள் ஸைலம் இல்லாதபோதும் மேல்நோக்கிச்



படம் - 12.2 உணவுப் பொருள்களின் மேல் நோக்கிய பெயர்ச்சி

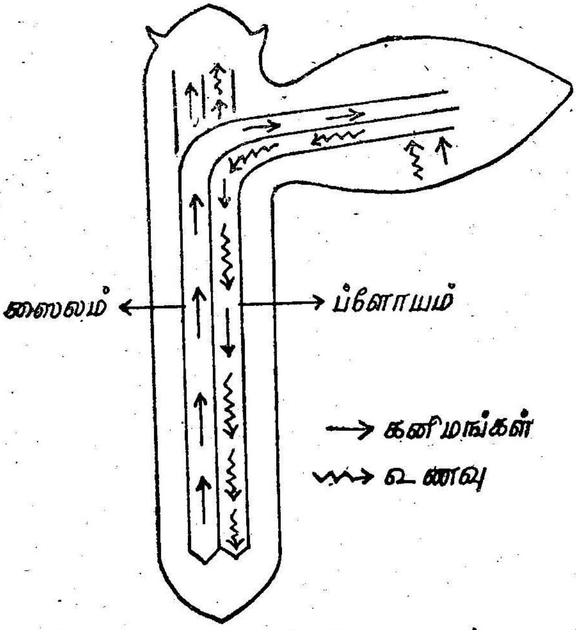
செல்கின்றன. ப்ளோயம் இல்லாதபோது அவை போதுமான அளவில் செல்வதில்லை. எனவே, அங்கக உணவுகளின் மேல் நோக்கிய பெயர்ச்சி ப்ளோயத்தின் வழியாகவே நடைபெறுகிறது. ஆக, பொருள்களின் மேல்நோக்கிய பெயர்ச்சியைப் பொறுத்த மட்டில், அனங்ககக் கனிமங்கள் ஸைலத்தின் வழியாகவும் அங்கக உணவுகள் ப்ளோயத்தின் வழியாகவும் செல்கின்றன என்று முடிவு செய்யலாம்.

இலையிலிருந்து தண்டிற்குக் கனிமங்களின் பெயர்ச்சி: இலைக்குச் செல்லும் கனிமங்கள் அங்கேயே இருந்துவிடுவதில்லை. அவற்றில் ஒரு பகுதி தண்டிற்குள் மீண்டும் வந்து, செடியின் வேறு பல பகுதிகளுக்கும் எடுத்துச் செல்லப்படுகிறது. நைட்ரஜன், பாஸ்பரஸ், பொடாஷியம், மக்னீஷியம் முதலிய கனிமங்கள் இப்படி எடுத்துச் செல்லப்படலாம். இவை ஸைலத்தின் வழியாகச் செல்கின்றனவா அல்லது ப்ளோயத்தின் வழியாகச் செல்கின்றனவா ?

இதைப் பரிசோதிப்பதற்கும் கதிரியக்கப் பொருள்கள் பயன் படுத்தப்பட்டன. கதிரியக்க பாஸ்பேட்டை நேரடியாக இலைகளுக்குள் செலுத்தி, அது எப்பாதை வழியாகத் தண்டிற்குச் செல்கிறது என்று பரிசோதித்தார்கள். இலைக்காம்பை வெப்பப் படுத்தி அதிலுள்ள ஸெல்களைக் கொன்றுவிட்டால், பாஸ்பரஸ் தண்டிற்குள் செல்வதில்லை. இதிலிருந்து, பாஸ்பரஸின் இடப் பெயர்ச்சிக்கு உயிருள்ள ஒரு திசு தேவை என்று தெரிகிறது. ஸைலம் உயிரற்ற திசு; ப்ளோயந்தான் உயிருள்ள திசு. எனவே, இலையிலிருந்து பாஸ்பரஸ் ப்ளோயத்தின்மூலமாகவே தண்டிற்குள் செல்லவேண்டும். மேலும், இலைக்கணுவுக்குக் கீழே தண்டில் ப்ளோயத்தையும் ஸைலத்தையும் தனியாகப் பிரித்து, எண்ணெய்க் காகிதத்தை இடையில் வைத்துச் சோதனைகள் செய்யப்பட்டன.

அப்போது கதிரியக்க பாஸ்பரஸ் முழுவதும் பட்டையிலே காணப் பட்டது. எனவே, இலையிலிருந்து கனிமங்கள் ப்ளோயத்தின் வழியாகவே செல்கின்றன என்று முடிவு செய்யலாம்.

இவற்றிலிருந்து பொருள்களின் மேல்நோக்கிய பெயர்ச் சியைப்பற்றிக் கீழ்க்கண்ட ஒரு பொதுவான கருத்தை ஏற்படுத்திக் கொள்ளலாம். கனிமங்கள் வேர்களால் எடுத்துக்கொள்ளப் படுகின்றன. அவை வேர் ஸெல்களின் வழியாகச் சென்று



படம்-12.3 கனிமங்கள், உணவுப்பொருள்களின் பெயர்ச்சி

வேரிலுள்ள ஸைலத்தை அடைகின்றன. பிறகு ஸைலத்தின் வழியாகத் தண்டுப்பகுதிகளுக்குச் சென்று இலையை அடைகின்றன. இவ்விதம் ஸைலத்தின் வழியாகச் செல்லும்போது, கனிமங்களின் ஒரு பகுதி பக்கவாட்டில் சென்று ப்ளோயத்தையும் அடைகிறது. இலைகளுக்குச் சென்ற கனிமங்களில் பல இலையிலிருந்து மீண்டும் தண்டிற்கு வரலாம். அப்போது அவை ப்ளோயத்தின் வழியாக வந்து தண்டில் மேலும் கீழும் செல்கின்றன. இலையிலிருந்து மேல் நோக்கிச் செல்லும் அங்கக உணவுப் பொருள்கள் ப்ளோயத்தின் வழியாகவே செல்கின்றன.

அங்கக உணவுகளின் மெயர்ச்சி: உணவுச் சேர்க்கைகளின் விளைவாக மூன்று வகையான உணவுப் பொருள்கள் தோன்று கின்றன. இவற்றைப் பொதுவாகத் தரசம், புரதம், கொழுப்பு என்று குறிப்பிடலாம். இந்த உணவுப் பொருள்கள் தண்ணீரில் கரையக்கூடியவை அல்ல. எனவே, அவை பெயர்ச்சி அடையு முன் எளிய பொருள்களாக மாற்றப்படுகின்றன. இந்த நிகழ்ச்சி செமித்தல் (digestion) எனப்படுகிறது. செமித்தலுக்குக் காரணமாக இருப்பவை நொதிகள் (enzymes) எனப்படும் பொருள்கள். இவற்றைப்பற்றி முதலில் தெரிந்துகொள்வோம்.

நொதிகள் : உயிரினங்களில் காணப்படும் வினையூக்கிகளே (catalysts) நொதிகள் எனப்படுகின்றன. இவை புரதத்தாலானவை. பொதுவாக மிக உயர்ந்த வெப்ப நிலையிலேயே ஏற்படக்கூடிய இயைபு மாற்றங்கள் உயிரினங்களினுள்ளே சாதாரண வெப்ப நிலையில் நடைபெறுகின்றன. இது நொதிகளின் உதவியாலே நடை பெறுகிறது. இது எப்படி நடைபெறுகிறது என்பதை ஓர் உதாரணத்தால் விளக்குவோம். யூரியா (urea) எனும் பொருளைத் தண்ணீரில் கரைத்தால் அது தண்ணீருடன் அதிக அளவில் வினை புரிவதில்லை. ஏனெனில், தண்ணீருக்கும் யூரியாவிற்குமிடையே ஓர் வேதிவினை ஏற்பட வேண்டுமானால், அவற்றின் மூலக்கூறுகளை ஓரளவு ஆற்றலுடன் ஒன்றோடொன்று மோதவேண்டும். மூலக் கூறுகளை ஊக்குவிக்கத் தேவைப்படும் ஆற்றல் ஊக்குவிப்பு ஆற்றல் (energy of activation) எனப்படுகிறது. தண்ணீரையும் யூரியா வையும் கலந்து காய்ச்சினோமானால், அந்த உயர்ந்த வெப்பநிலையில் அவற்றின் மூலக்கூறுகளில் பல இந்த ஆற்றலை அடைகின்றன. அப்போது அவை வினை புரிகின்றன. வெப்பமடையச் செய் வதற்குப் பதிலாக யூரியேஸ் எனும் நொதியைச் சேர்த்தால் நொதி, இந்த இயைபு வினைக்குத் தேவையான ஊக்குவிப்பு ஆற்றலைக் குறைக்கிறது. அதாவது, வினை புரிவதற்குமுன் மூலக்கூறுகள் அடையவேண்டிய ஆற்றலின் அளவைக் குறைக்கிறது. அப்போது சாதாரண வெப்ப நிலையிலேயே பல மூலக்கூறுகள் ஒன்றோடொன்று மோதி வினை புரிய முடியும். இவ்விதம் ஓர் வேதிவினைக்குத் தேவையான ஊக்குவிப்பு ஆற்றலின் அளவைக் குறைப்பதன்மூலம் நொதிகள் வேதி மாற்றங்களை ஊக்குவிக்கின்றன. உதாரணமாக, ஹைட்ரஜன் பெர் - ஆக்ஸைடு (H_2O_2—Hydrogen Per-oxide) தண்ணீராகவும் பிராணவாயுவாகவும் பிரிவதற்கு நொதிகள் இல்லாத நிலையில் 18,000/ கி.கா. / மோக்குச் சமமான ஆற்றல் தேவைப்படுகிறது. ஆனால், காடலேஸ் (catalase) எனும் நொதி இருந்தால், இதே மாறுபாடு 5,500 / கி.கா. / மோக்குச் சமமான ஆற்றல் நிலையில் ஏற்பட்டுவிடும்.

நொதிகளை வினையூக்கிகள் என்று கூறினோம். ஆனால், மற்ற வேதி வினையூக்கிகளுக்கும் நொதிகளுக்குமிடையே ஒரு முக்கிய மான வேறுபாடு உண்டு. நொதிகள் குறிப்புச் சார்பு (specificity) உடையவை. அதாவது, ஒவ்வொரு நொதியும் ஒரு குறிப்பிட்ட பொருளையே பாதிக்கமுடியும். உதாரணமாக, யூரியேஸ், யூரியாவை மட்டுந்தான் பாதிக்கமுடியும். எனவே, அவை செல்லில் நடை பெறும் வினைகளை ஊக்குவிப்பதோடு அவற்றை ஒழுங்குபடுத்தவும் செய்கின்றன.

நொதிகளின் பண்புகள்: நொதிகள் புரதங்களாக இருப்பதால், அவை புரதங்களின் பண்புகள் பலவற்றைக் கொண்டுள்ளன. அவை உயர்ந்த வெப்ப நிலையில் சிதைவடைந்து தங்கள் தன்மையை இழக்கின்றன. அநேகமாக எல்லா நொதிகளும் 60—70° செ.கி. வெப்ப நிலையில் இவ்வாறு சிதைவடைகின்றன. சில நொதிகள்மட்டும் 100° செ.கி. வெப்பநிலையில் சிறிது நேரம் இருக்க முடியும். புரதங்களைப்போலவே அவையும் மிகப் பெரிய மூலக்கூறுகளாக இருப்பதால் அவை கொலாயிடுகளாக உள்ளன.

குறிப்புச் சார்பு: நொதிகளுக்குக் குறிப்புச் சார்பு உண்டு என்று முன்னரே பார்த்தோம். ஒரு நொதி குறிப்பிட்ட ஒரு பொருளைத்தான் பாதிக்கும். இவ்விதம் ஒரு நொதியால் பாதிக்கப் படும் பொருள் தளப்பொருள் (substrate) எனப்படுகிறது. ஆனால், இது நொதிகளின் ஒரு முழு முதன்மையான பண்பு அன்று. சில நொதிகள் ஒரே ஒரு பொருளைமட்டுமன்றி ஒரு தொகுதியைச் சேர்ந்த அங்ககப் பொருள்கள் அனைத்தையும் பாதிக்கமுடியும். உதாரணமாக, ஆல்கஹால்-டி-ஹைட்ரோஜினேஸ் (alcohol-de-hydrogenase) எனும் நொதி, எத்தனல் (ethanal) எனும் ஆல்க ஹாலைமட்டுமன்றி மற்ற எல்லா ஆல்கஹால்களையும் பாதிக்கிறது.

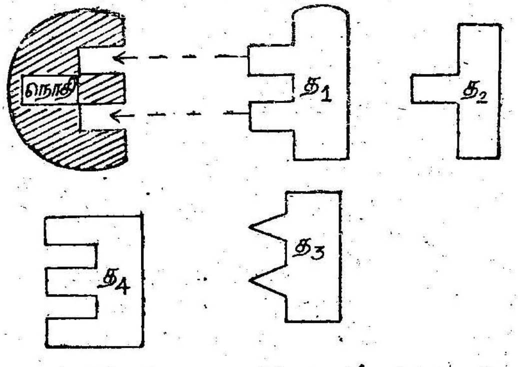
வினையூக்கிகள்: நொதிகள் வினையூக்கிகளாக உள்ளன என்று பார்த்தோம். வினையூக்கிகள் வேதிவினைகளிலே பங்குகொள்ளும் போது, வினையின் முடிவில் முதலில் என்ன அளவிலிருந்தனவோ அதே அளவில் வெளியிடப்படுகின்றன. அதாவது, அவை வேதி வினைகளை ஊக்குவிக்கின்றனவே தவிர வேதி மாற்றம் அடைவ தில்லை. எனவே, சிறிதளவு நொதி இருந்தாலும் அது திரும்பத் திரும்பப் பயன்படுகிறது. வேதிவினைகளை ஊக்குவிக்க நொதிகள் மிகக் குறைந்த அளவிலேயே தேவைப்படுகின்றன. உதாரணமாக, சுக்ரோஸ், தனது எடையைப்போன்று 10 இலட்சம் மடங்கு அதிக மான சுக்ரோஸைச் சிதைக்க முடியும்.

வினைகளின் தன்மை: நொதிகளால் ஊக்குவிக்கப்படும் வினைகள் இரு திசைகளிலும் நடக்கக்கூடியவை. அதாவது, ஒரு

தளப்பொருளைச் சிதைக்கும் நொதியே அதைக் கட்டவும் உதவுகிறது. உதாரணமாக, லிபேஸ் எனும் நொதி கொழுப்புப் பொருளைக் கொழுப்பு அமிலமாகவும் கிளிஸராலாகவும் சிதைக்கிறது. அதே நொதி இவ்விரண்டையும் சேர்த்துக் கொழுப்பைக் கட்டவும் செய்கிறது. ஒரு நொதி ஒரு பொருளைச் சிதைக்குமா, கட்டுமா என்பதை நிர்ணயிப்பது செல்லிலுள்ள மற்ற நிலைமைகளைப் பொறுத்துள்ளது.

$$\text{கிளிஸரால் + கொழுப்பு அமிலம்} \underset{}{\overset{\text{லிபேஸ்}}{\rightleftarrows}} \text{கொழுப்பு}$$

ஒரு நொதியின் குறிப்புச் சார்புக்குக் காரணம் என்ன? நொதியின் புறப்பரப்பு அமைப்பே இதற்குக் காரணமாக இருக்கலாம் என்று கருதுகிறார்கள். அண்மைக் காலத்தில் வெளியிடப்பட்டுள்ள பூட்டு-சாவிக் கோட்பாட்டைக் (lock and key theory) கீழ்க்கண்ட படம் விளக்குகிறது. நொதியின் மேல்பரப்பில்

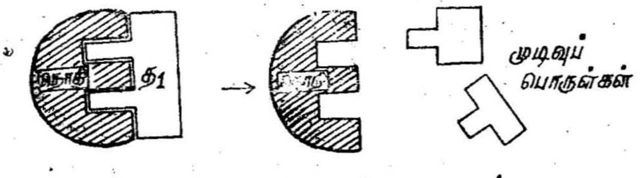


படம்-12.4 பூட்டுச் சாவிக் கோட்பாடு

ஒரு குறிப்பிட்ட அமைப்பு இருப்பதைக் காண்கிறோம். செல்லிலுள்ள பல தளப்பொருள்களில் எந்தத் தளப்பொருளின் அமைப்பு இதற்கு ஏற்றதாக இருக்கிறதோ அதுமட்டுமே நொதியுடன் இணையும். உதாரணமாக, மேலே உள்ள படத்தில் '$த_1$' மட்டுமே நொதியுடன் பொருந்த முடியும். மற்றவை பொருந்தா நொதியென்னும் பூட்டிற்குத் '$த_1$' எனும் சாவிதான் சேரும். மற்றவை சேரா. இவ்விதம் ஒரு நொதி தனது புறப்பரப்பு அமைப்பின் உதவியால் தனக்குரிய தளப்பொருளுடன் சேர்ந்து கூட்டமைப்பு ஒன்றைத் தோற்றுவிக்கிறது. வேதி மாற்றங்கள் முடிந்தவுடன் மீண்டும் பிரிந்துவிடுகின்றது.

நொதி + தளப்பொருள் ⟶ நொதி தளப்பொருள் கூட்டமைப்பு
⟵

நொதி தளப்பொருள் கூட்டமைப்பு ⟶ முடிவுப் பொருள்கள் + நொதி
⟵



படம் - 12.5 நொதி தளப்பொருள் கூட்டமைப்பு

நொதி இயக்கத்தைப் பாதிக்கும் அம்சங்கள்

1. **தளப்பொருள் செறிவு :** ஒரு குறிப்பிட்ட வரம்பிற்குள் தளப்பொருளின் செறிவு அதிகமாக அதிகமாக நொதியின் இயக்கமும் அதிகமாகிறது. ஆனால், தளப்பொருளின் செறிவு ஓர் உயர்ந்த மட்டத்தை அடைந்த பின்பு நொதி முழுவதும் தளப் பொருளால் நிரப்பப்பட்டுவிடுகிறது. அதற்கு மேல் தளப் பொருளின் செறிவை உயர்த்தினால் நொதி இயக்கம் உயர்வதில்லை.

2. **நொதியின் செறிவு :** பொதுவாக நொதியின் அளவை உயர்த்தினால் நொதியின் இயக்கமும் அதிகமாகிறது. இது இயக் கத்தின் ஆரம்ப நிலைகட்கே பொருந்தும். நொதி இயக்கம் முடியுந் தறுவாயில் தோன்றும் முடிவுப் பொருள்கள் நொதி இயக்கத்தைக் குறைக்கின்றன.

3. **வெப்ப நிலை :** வெப்பநிலை உயரும்போது நொதி இயக் கமும் உயர்கிறது. மிக அதிகமான நொதி இயக்கம் 30-50° செ.கி. வெப்ப நிலையில் நடைபெறுகிறது. பின்னர் குறைகிறது. அந்த வெப்ப நிலைக்கு மேலே நொதி சிதைய ஆரம்பித்துடுவவிதால்தான் இது நிகழவேண்டும்.

ஊக்கிகள் (Activators): சில உலோகங்களின் அயனிகள் நொதி இயக்கத்தை ஊக்குவிக்கின்றன. இவை ஊக்கிகள் எனப்படு கின்றன. உதாரணமாக, ஆர்கினேஸ் (arginase) எனும் நொதிக்கு கோபால்ட் அயனிகளும் ஆஸ்கார்பிக் ஆஸிட் ஆக்ஸிடேஸிக்கு (ascorbic acid oxidase) தாமிரமும் தேவைப்படுகின்றன. புரத நொதிகளில் பல, நொதியின் வடிவிலேயே தயாரிக்கப்படுவதில்லை. அவை நொதியின் தன்மையற்ற நொதி முன் பொருளாக (proenzyme) தயாரிக்கப்படுகின்றன. இவை நொதிகளாக மாற

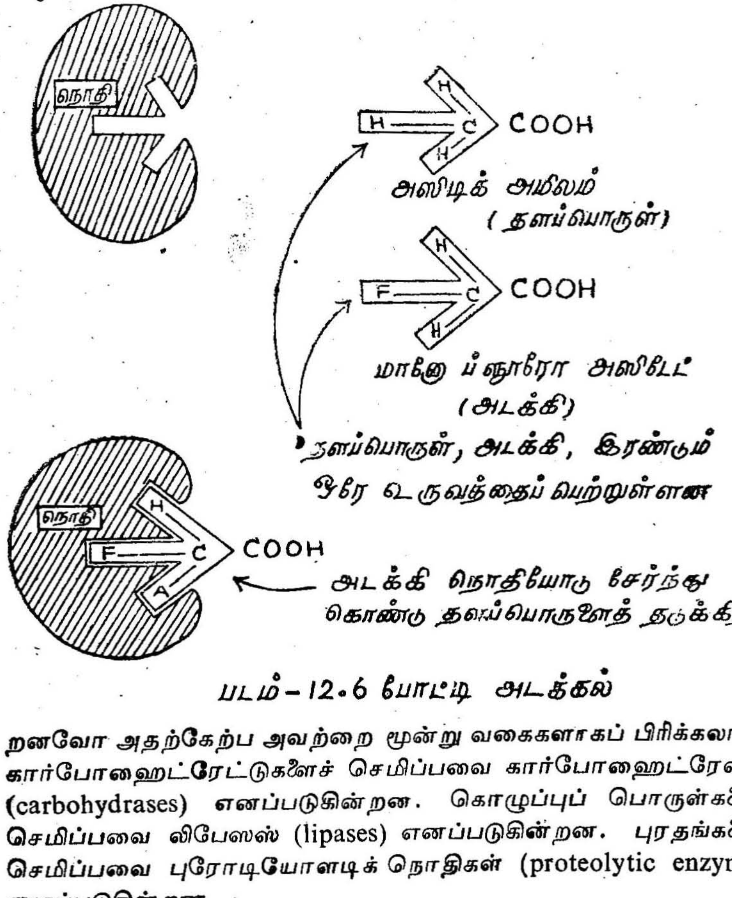
வேண்டுமானால் அவை ஓர் ஊக்கியால் ஊக்குவிக்கப்படவேண்டும். உதாரணமாக, பெப்ஸின் (pepsin) எனும் நொதியின் 'நொதி முன் பொருள்' பெப்ஸினோஜின் (pepsinogen) எனப்படுகிறது. இதைப் பெப்ஸின் ஆக்குவதற்கு ஹைட்ரஜன் அயனி தேவை.

இணை நொதிகள் (Co-enzymes): சில நொதிகள் புரதமற்ற வேறு ஏதாவது ஒரு பொருளுடன் இணைந்திருந்தால்தான் வினையூக்கத்திறனை உடையவையாக இருக்கின்றன. நொதியின் இப் புரதமல்லாத பகுதி இணை நொதி எனப்படுகிறது. இணை நொதிகளை நொதியிலிருந்து டையாலிஸிஸ் முறைமூலம் பிரிக்கலாம். இணை நொதிகள் 100°செ.கி. வெப்ப நிலையைக் கூடத் தாங்கிக்கொள்கின்றன. TPN, DPN—டை-பாஸ்போபைரிடின் நியூக்ளியோடைடு (diphospho pyridine nucleotide), ரைபோஃப்ளேவின் (ribo flavin), கோ என்ஸைம்-ஏ (co-enxyme A), வைட்டமின் பி$_{12}$ (vitamin B$_{12}$) ஆகியவை இணை நொதிகளாக உள்ளன.

அடக்கிகள் (Inhibitors): நொதிகளின் இயக்கத்தைத் தடை செய்யும் பொருள்கள் அடக்கிகள் எனப்படுகின்றன. அடக்கலில் இரண்டு வகை உண்டு. ஒன்று போட்டியில்லா அடக்கல் (non-competitive inhibition); மற்றொன்று போட்டி அடக்கல் (competitive inhibition). போட்டியில்லா அடக்கலில் ஓர் வேதிப்பொருள் நொதியின் முக்கியமான பகுதியில் இணைந்துகொண்டு அதை இயங்கவிடாது செய்கின்றன. ஸையனைடுகள் (cyanides), கார்பன் மானாக்ஸைடு (carbon-monoxide) இவை போட்டியில்லா அடக்கிகள். போட்டி அடக்கலில் தளப்பொருளைப்போன்ற புற அமைப்புடைய வேறு ஒரு பொருள், நொதியுடன் சேர்ந்து கொண்டு தளப்பொருளைச் சேரவிடாது தடுக்கிறது. அதாவது, நொதியிலுள்ள இடத்திற்குத் தளப்பொருளும் அதைப்போன்ற அமைப்பை உடைய மற்றொரு பொருளும் போட்டியிடுகின்றன. உதாரணமாக, அஸிடிக் அமிலத்தை ஆக்ஸிகரணிக்கும் ஒரு நொதியின் செயலை மானோஃப்ளுரோ அஸிடேட் (monofluoro acetate) எனும் பொருள் அடக்குகிறது. ஏனெனில், தளப்பொருளான அஸிடிக் அமிலமும் மானோப்ளுரோ அஸிடேட்டும் ஒரே அமைப்பை உடையன. ஆகவே, அடக்கி தளப்பொருளுக்குப் பதிலாக நொதியுடன் சேர்ந்துகொண்டு ஆக்ஸிகரணத்தைத் தடுக்கிறது. படம் 12-6 இந் நிகழ்ச்சியை விளக்குகிறது.

நொதிகளின் வகைகள்: நொதிகளை அவற்றின் வினைகளுக்கு ஏற்ப இரண்டு வகைகளாகப் பிரிக்கலாம். ஒருவகைச் சேமித்

தலுக்குப் பயன்படுவதால் அவற்றைச் செமித்தல் நொதிகள் (digestive enzymes) என்கிறோம். மற்றொரு வகை சுவாசித் தலுக்குப் பயன்படுவதால் அவற்றை சுவாச நொதிகள் என்கிறோம். இப் பகுதியில் செமித்தல் நொதிகளைப்பற்றிப் படிப்போம். செமித்தல் நொதிகள் எந்த வகை உணவுப் பொருளைச் செமிக்கின்



படம்-12.6 போட்டி அடக்கல்

றனவோ அதற்கேற்ப அவற்றை மூன்று வகைகளாகப் பிரிக்கலாம். கார்போஹைட்ரேட்டுகளைச் செமிப்பவை கார்போஹைட்ரேஸஸ் (carbohydrases) எனப்படுகின்றன. கொழுப்புப் பொருள்களைச் செமிப்பவை லிபேஸஸ் (lipases) எனப்படுகின்றன. புரதங்களைச் செமிப்பவை புரோடியோளடிக் நொதிகள் (proteolytic enzymes) எனப்படுகின்றன.

கார்போஹைட்ரேஸஸ்

1. டயாஸ்டேஸ் (Diastase): தரசத்தை குளுகோஸ் சர்க்கரையாக மாற்றும் ஒரு நொதித் தொகுதி டயாஸ்டேஸ் எனப் படுகிறது. இதில் அமிலேஸ் (amylase), மால்டேஸ் (maltase) என்ற

இரு நொதிகள் உள்ளன. சிலர் டெக்ஸ்ட்ரேஸ் (dextrase) என்ற மூன்றாவது நொதியும் இருப்பதாகக் கூறுகிறார்கள். அமிலேஸ் தரசத்தை முதலில் மால்டோஸாக மாற்றுகிறது. இதைக் கீழ்க் கண்ட சமன்பாட்டால் குறிக்கலாம்:

$$\text{தரசம்} \xrightarrow{\text{அமிலேஸ்}} \text{மால்டோஸ்}$$

$$2C_6\ H_{10}\ O_5 \xrightarrow{\text{அமிலேஸ்}} C_{12}\ H_{22}\ O_{11}$$

மால்டேஸ்: அமிலேஸ் தரசத்தை மால்டோஸ் ஆக மாற்று கிறது என்று பார்த்தோம். இந்த மால்டோஸை மால்டேஸ் எனும் நொதி குளுகோஸாக மாற்றுகிறது.

$$\text{மால்டோஸ்} \xrightarrow{\text{மால்டேஸ்}} 2\ \text{குளுகோஸ்}$$

$$C_{12}\ H_{22}\ O_{11} \xrightarrow{\text{Maltase}} 2\ (C_6\ H_{12}\ O_6)$$

ஸுக்ரேஸ்: எல்லாத் தாவரங்களிலும் காணப்படும் ஒருநொதி இது. ஸுக்ரோஸ் எனும் கரும்புச்சர்க்கரையை குளுகோஸாகவும் ப்ரக்டோஸாகவும் மாற்றுகிறது.

$$\text{ஸுக்ரேஸ்} \xrightarrow{\text{ஸுக்ரேஸ்}} \text{குளுகோஸ்} + \text{ப்ரக்டோஸ்}$$

$$C_{12}\ H_{22}\ O_{11} \xrightarrow{\text{Sucrase}} C_6\ H_{12}\ O_6 + C_6\ H_{12}\ O_6$$

மேலேயுள்ள சமன்பாட்டைப் பார்த்தால் ஓர் உண்மை புலப் படும். ஸுக்ரேஸில் 22 ஹைட்ரஜன் அணுக்களும் 11 ஆக்ஸிஜன் அணுக்களும் உள்ளன. குளுகோஸ், ப்ரக்டோஸ் இரண்டிலுமாகச் சேர்ந்து 24 ஹைட்ரஜன் அணுக்களும், 12 ஆக்ஸிஜன் அணுக்களும் உள்ளன. அதாவது, அவற்றில் ஹைட்ரஜன் அணு 2-ம் (H_2) ஆக்ஸிஜன் அணு ஒன்றும் அதிகமாக இருக்கின்றன. இந்த விகிதத்தில் ஹைட்ரஜன் அணுவும் ஆக்ஸிஜனும் சேர்ந்திருந்தால் அது தண்ணீராகிறது (H_2O). எனவே, ஸுக்ரேஸுடன் ஒரு மூலக் கூறு தண்ணீர் சேர்க்கப்படும்போது அது குளுகோஸாகவும் ப்ரக்டோஸாகவும் மாறுகிறது. இத்தகைய மாற்றம் நீர்இணைத்தல் (hydrolysis) எனப்படுகிறது. செமித்தல் என்பது பெரும்பாலும் நீர் இணைத்தல் மாறுபாடுகளே.

லிபேஸஸ்: லிபேஸ்கள் கொழுப்புப் பொருள்களைச் செமிக்க உதவுகின்றன. கொழுப்புப் பொருள் செமிக்கப்படும்போது அது

கிளிஸராலாகவும் கொழுப்பு அமிலமாகவும் பிரிகிறது. இந்த இரண்டு பொருள்களின் சேர்க்கையின்மூலமே கொழுப்பு கட்டப்படுகிறது என்று பார்த்தோம். உதாரணமாக, பாமிடீன் எனும் கொழுப்பு செமித்தல் அடையும்போது கிளிஸராலும் பாமிடிக் அமிலமும் முடிவுப் பொருள்களாகத் தோன்றுகின்றன.

$$\text{பாமிடீன்} \xrightarrow[+\ H_2O]{\text{லிபேஸ்}} \text{கிளிஸரால்} + \text{பாமிடிக் அமிலம்}$$

புரோடியேஸஸ்: இவை புரதப் பொருள்களைச் செமிக்க உதவுகின்றன. இவற்றில் பலவகை உண்டு. உதாரணமாக, டிரிப்ஸினேஸ் (trypsinase) என்ற நொதி புரதத்தை பாலிபெப்டைடுகளாக்குகிறது; பெப்டிடேஸ் (peptidase) எனும் நொதி பாலிபெப்டைடுகளை அமினோ அமிலங்களாக மாற்றுகிறது.

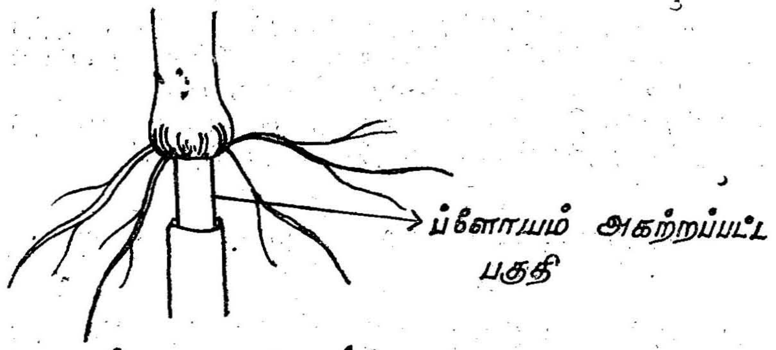
$$\text{புரதம்} \xrightarrow{\text{டிரிப்ஸினேஸ்}} \text{பாலிபெப்டைடு}$$

$$\text{பாலிபெப்டைடு} \xrightarrow{\text{பெப்டிடேஸ்}} \text{அமினோ அமிலங்கள்}$$

இனி, நொதிகளால் செமிக்கப்பட்ட உணவு எப் பாதையின் வழியாக மற்றப் பகுதிகளுக்குச் செல்கிறது என்பதைப் பார்ப்போம். சாறுக்குழல் தொகுதியிலுள்ள ப்ளோயத்தின் வழியாகவே அங்கக உணவுப் பொருள்கள் செல்கின்றன என்று தெரிகிறது. இதற்கு ஆதரவாகவுள்ள விவரங்களைத் தொகுத்துக் கூறுவோம்.

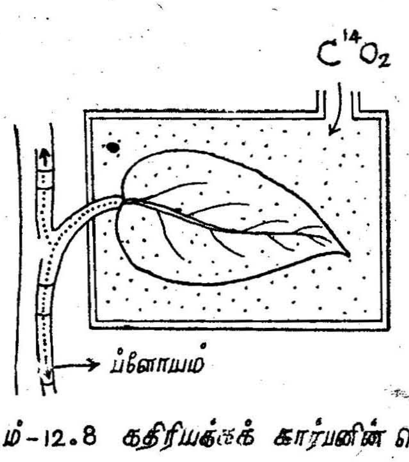
1. புளோயத்தின் வழியாகச் செல்லும் ரசத்தை வேதி ஆய்வுக்கு உட்படுத்தினால், அதில் கார்போஹைட்ரேட்டுகளும் நைட்ரஜன் கூட்டுப் பொருள்களும் மிகுதியாக இருப்பது காணப்படுகிறது.

2. வளர்ந்துகொண்டிருக்கும் செடியின் தண்டில், புளோயம பகுதியை வெட்டி எடுத்துவிட்டால், உணவுப் பொருள் வெட்டு வாய்க்குக் கீழே செல்வதில்லை. இதை வளையச் சோதனைமூலம் காணலாம். தண்டின் நடுவில் பட்டையை ஒரு வளையமாக வெட்டி எடுத்துவிட்டால் புளோயம் நீக்கப்பட்டுவிடுகிறது. அப்போது உணவுப் பொருள், வளையத்திற்குமேலே பெருமளவில் சேர்கிறது. இப் பகுதியிலிருந்து புதிய வேர்கள் தோன்றுகின்றன. வளையத்திற்குக் கீழே இருக்கும் பகுதிக்குப் போதுமான உணவு கிடைக்காமல் நாளாவட்டத்தில் இறந்துவிடுகிறது (படம் 12-7).



படம் – 12.7 வளையச்சோதனை

3. கதிரியக்கப் பொருள்களைக் கொண்டு செய்யப்பட்ட சோதனைகள் இதற்கு ஆதரவாக உள்ளன. செடியிலுள்ள ஓர் இலை சிறு கண்ணாடிப் பெட்டிக்குள் மூடிவைக்கப்பட்டது. பெட்டிக்குள் C^{14} என்ற கதிரியக்க கார்பனைக் கொண்ட கார்பன்-டை-ஆக்ஸைடு செலுத்தப்பட்டது. இலை ஒளிச்சேர்க்கை செய்யும்போது உண்டாக்கப்படும் தரசம், கதிரியக்கக் கார்பனைக் கொண்டிருக்கும். பிறகு இத் தரசம் எந்த வழியாகச் செல்கிறது என்று பரிசோதித்துப் பார்த்தபோது, அது புளோயத்தின் வழியாகச் செல்வது தெரிந்தது (12-8).

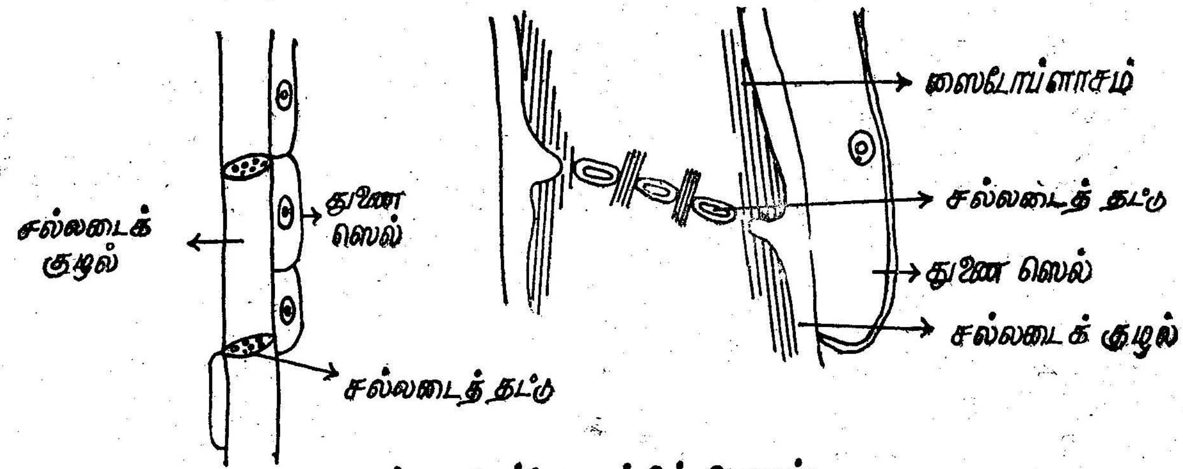


படம் – 12.8 கதிரியக்கக் கார்பனின் பெயர்ச்சி

4. புளோயத்தின் அமைப்பு, பொருள்கள் செல்வதற்கு ஏற்றதாக இருக்கிறது. புளோயத்தின் நீள்வெட்டுத் தோற்றத்தைப் பார்த்தால், அதில் நீண்ட குழாய் போன்ற செல்கள்

இருப்பது தெரியும். இவற்றில் ஆங்காங்கு உள்ள குறுக்குச் சுவர்களில் பல நுண்துளைகள் உள்ளன. துளைகளைக் கொண்ட இக் குறுக்குச் சுவர், சல்லடைத் தட்டு (sieve plate) எனப்படுகிறது. குழல்கள், சல்லடைக் குழல்கள் (sieve tubes) எனப்படுகின்றன. இக் குழல் ஸெல்களில் நியூக்ளியஸ் கிடையாது. சிறிதளவு ஸைடோப்ளாசம் உள்ளது. ஸைடோப்ளாசம் ஸெல் சுவரை ஒட்டிப் படர்ந்துள்ளது. நடுவிலே பெரிய 'வாக்குவோல்' உள்ளது. மற்ற ஸெல்களில் வாக்குவோலும் ஸைடோப்ளாசமும் தெளிவாகப் பிரிக்கப்பட்டிருக்கின்றன என்று பார்த்தோம். ஆனல், சல்லடைக் குழல் ஸெல்களில் அதுபோன்ற தெளிவான பிரிவு இல்லை. ஒரு குழல் ஸெல்லின் ஸைடோப்ளாசம், மற்ருெரு குழல் ஸெல்லின் ஸைடோப்ளாசத்தோடு சல்லடைத் துளைகள் வழியாக இணைக்கப்பட்டிருக்கிறது. சல்லடைக் குழலை ஒட்டி நியூக்ளியஸுடன் கூடிய மற்ருெரு ஸெல் உள்ளது. இது துணைஸெல் (companion cell) எனப்படுகிறது. புளோயத்தில் உள்ள இந்த நீண்ட குழல்கள் உணவுப் போக்குவரத்திற்குப் பயன்படக்கூடிய முறையிலே அமைந்துள்ளன. சாறுக்குழல் தொகுதியில் குழாய் வடிவிலுள்ள ஸைலம் என்ற மற்ருெரு திசுவும் இருக்கிறது. ஆனல், இதன் வழியாகத் தண்ணீரும் கனிமப் பொருள்களும் மேல் நோக்கிச் செல்வதால் உணவுப் பொருள்களும் அதன் வழியாகச் செல்ல முடியாது என்றும் அவை புளோயத்தின் வழியாகத்தான் செல்லவேண்டுமென்றும் கருதப்படுகிறது. மேலும், தண்டின் பகுதிகளை உயர்ந்த வெப்பத்தின் மூலமோ, வேதி முறைகள் மூலமோ கொன்றுவிட்டால், உணவுப் பெயர்ச்சி நடைபெறுவதில்லை. ஆகவே, உணவுப் பெயர்ச்சியால் உயிருள்ள ஒரு திசு பங்கு கொள்கிறது என்று தெரிகிறது. ஸைலம் உயிரற்ற திசு. எனவே, உயிருள்ள திசுவாகிய புளோயத்தின் வழியாகவே உணவுப் பெயர்ச்சி நடைபெறுகிறது என்று கொள்ளலாம்.

இனி, புளோயத்தின் வழியாக உணவுப் பொருள்கள் எப்படிச் செல்கின்றன என்பதைப் பார்ப்பதற்கு முன் இதில் உள்ளார்ந்துள்ள சில பிரச்சினைகளைப்பற்றிக் கவனிப்போம். உணவுப் பொருள்களின் பெயர்ச்சிக்கு உயிருள்ள ஸெல்கள் தேவையென்று தெரிகிறது. மேலும், புளோயத்தில் பொருள்கள் ஒரே சமயத்தில் இரு திசைகளில் செல்கின்றன என்று தெரிகிறது. ஜெரானியம் (Geranium) செடியில் கதிரியக்க பாஸ்பரஸும் கதிரியக்க கார்போஹைட்ரேட்டும் எதிர்எதிர் திசையில் செல்கின்றன என்று காட்டப்பட்டுள்ளது. பாஸ்பரஸ் கீழிருந்து மேல்நோக்கிச் சென்றுகொண்டிருக்கும்போது கார்போஹைட்ரேட் மேலிருந்து கீழ் நோக்கி வருகிறது. இந்த இருதிசைப் பெயர்ச்சி புளோயம் திசுவில்



படம் - 12.9 ப்ளோயத்தின் அமைப்பு

நடைபெறுகிறது. ஆனால், திசுவில் உள்ள வெவ்வேறு குழல்களின் வழியாக நடைபெறுகின்றதா அல்லது ஒரே குழலில் இரண்டும் ஒரே சமயத்தில் வெவ்வேறு திசையில் செல்கின்றனவா என்பது உறுதியாகத் தெரியவில்லை. புளோயத்தின் வழியாக ஏராளமான பொருள்கள் செல்கின்றன. தண்ணீர்ப் பழச் செடிகளில் டி. ஜி. மேஸன் (T. G. Mason) செய்த சோதனைகள் இதைக் காட்டுகின்றன. செடியில் முற்றிக்கொண்டிருக்கும் பழத்தின் உலர் எடை சராசரியாக மணிக்கு ·61 கிராம் உயர்கிறது என்று தெரிகிறது. ஆகவே, ஒவ்வொரு பழத்திற்கும் ஒரு மணிக்கு ·5 கிராம் வீதம் 33 நாட்களுக்கு உணவு அளிக்கப்படவேண்டும். இந்த அளவிற்கு உணவு செல்லவேண்டுமானால் (அது கரைசலாக இருந்தால்), மணிக்கு 55 செ.மீ. வேகத்தில் செல்லவேண்டும். எனவே, புளோயத்தில் உணவுப் பெயர்ச்சியின் வேகம் மிகவும் உயர்வாக இருக்கவேண்டும். பருத்திச் செடியின் புளோயத்தில் கதிரியக்க பாஸ்பரஸ் மணிக்கு 21 செ.மீ. வேகத்தில் செல்கிறது என்று கணக்கிடப்பட்டுள்ளது. அகன்ற இலைகளுடைய மரங்களில் இந்த வேகம் மணிக்கு 100 செ.மீ. வரை இருக்கலாம். உணவுப் பெயர்ச்சியிலும் ஓர் இலயம் இருக்கிறது. இரவைக் காட்டிலும் பகலில் அதிகமான உணவுப் பெயர்ச்சி நடைபெறுகிறது. புளோயத்தில் நடைபெறும் உணவுப் பெயர்ச்சியின் செயல் முறையை விளக்க முயலும்போது இவற்றை மனத்தில் வைத்துக் கொள்ளவேண்டும்.

புளோயத்தில் நடைபெறும் உணவுப் பெயர்ச்சியை விளக்கப் பல கோட்பாடுகள் முன்வைக்கப்பட்டுள்ளன. அவற்றை இனிப் பரிசீலனை செய்வோம்.

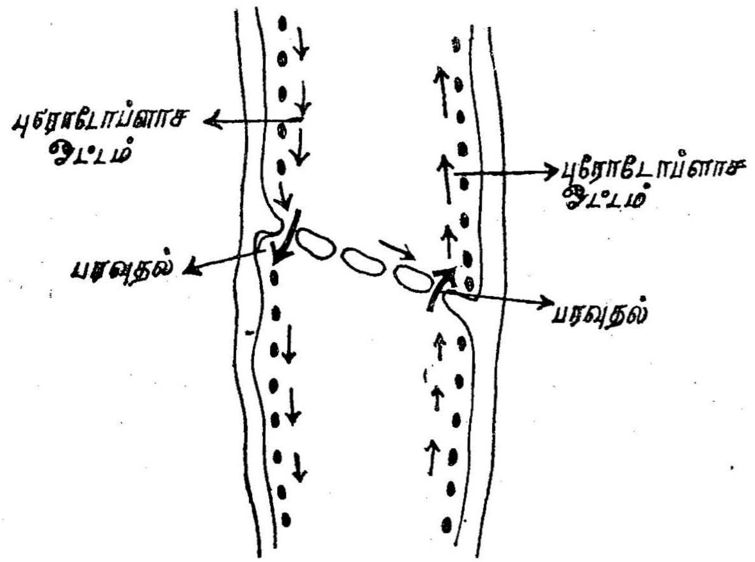
பரவுதல் கோட்பாடு (Diffusion Hypothesis): மூலக்கூறுகள் செறிவு மிகுந்த இடத்திலிருந்து செறிவு குறைந்த இடத்தை நோக்கித் தங்கள் இயக்க ஆற்றலால் பரவுகின்றன என்று பார்த்தோம். உணவுப் பெயர்ச்சியும் அதுபோன்ற நிகழ்ச்சியே என்று கருதப்படுகிறது. உணவு இலையிலிருந்து வேருக்குச் செல்லவேண்டுமென்று வைத்துக்கொள்வோம். இலையில் சர்க்கரைப் பொருள்கள் கட்டப்படுகின்றன அல்லது தரசப் பொருள்கள் செமித்தல்மூலம் சர்க்கரைப் பொருளாக மாற்றப்படுகின்றன. எனவே, அங்கு சர்க்கரைப் பொருளின் செறிவு அதிகமாக இருக்கிறது. வேரில் சர்க்கரைப் பொருள்கள் வளர்சிதை மாற்றத்திற்குப் பயன்படுத்திக் கொள்ளப்படுகின்றன அல்லது தரசச் சேமிப்புப் பொருளாக மாற்றப்படுகின்றன. எனவே, அங்கு சர்க்கரைப் பொருளின் செறிவு குறைவாக இருக்கிறது. ஆகவே, செறிவுமிகுந்த இடமாகிய இலையி

லிருந்து, சர்க்கரைப் பொருள், செறிவு குறைந்த இடமாகிய வேரை நோக்கிப் பரவுதல்மூலம் செல்கிறது. இம் முறையில் வேறொரு நன்மையுமிருக்கிறது. பொருள்கள் தங்கள் செறிவுக்கு ஏற்ப ஓர் ஊடகத்தில் இரு வெவ்வேறு திசைகளில் பரவ முடியும். ஆதலால், இலையிலிருந்து சர்க்கரை வேருக்குச் செல்லும்போது வேர்களில் செறிவடைந்துள்ள பொருள்கள் இலைக்குச் செல்ல முடியும். புளோயத்தில் நடைபெறும் இருதிசை உணவுப் பெயர்ச்சியை விளக்க இது உதவும். எனினும், இக் கோட்பாட்டில் ஒரு குறைபாடு உள்ளது. புளோயத்தில் நடைபெறும் உணவுப் பெயர்ச்சியின் வேகம் பரவுதல் வேகத்தைவிடப் பன்மடங்கு அதிகமாக உள்ளது. உதாரணமாக, கரும்புச் சர்க்கரை தண்ணீரில் பரவுவதைவிட 20,000—40,000 மடங்கு விரைவாக புளோயத்தில் செல்கிறது. எனவே, பொருள்கள் புளோயத்தினுள் பெயர்ச்சி அடைவதைப் பரவுதலின்மூலம்மட்டும் விளக்க முடியாது.

ஊக்கப்பட்ட பரவுதல் கோட்பாடு (Activated Diffusion Hypothesis): மேஸன் (Mason), பில்லிஸ் (Phillis) ஆகிய இரு விஞ்ஞானிகளும் பரவுதல் கோட்பாட்டைச் சிறிது மாற்றியுள்ளனர். புளோயத்தில் நடைபெறுவது சாதாரணப் பரவுதல் அன்று என்றும் பரவும் மூலக்கூறுகள் புரோடோப்ளாசத்தினால் ஊக்குவிக்கப்படுகின்றன என்றும் அவர்கள் கூறினார்கள். இதன்மூலம் பரவுதல் வேகம் அதிகமாகும் என்பது அவர்கள் கருத்து. ஆனால், இக் கோட்பாட்டிற்குச் செயல்முறை ஆதரவு எதுவும் இல்லை.

புரோடோப்ளாச ஓட்டக் கோட்பாடு (Streaming of Protoplasm Hypothesis): சில ஸெல்களில் ஸைடோப்ளாசம் ஸெல் சுவரை ஒட்டிச் சுற்றிச்சுற்றிவருகிறது. இந்த ஓட்டம் உணவுப் பெயர்ச்சிக்கு உதவுகிறது என்று கருதப்படுகிறது. மூலக்கூறுகள் ஸைடோப்ளாசத்தோடு சேர்ந்து ஓடுகின்றன. சல்லடைத் தட்டை அடைந்தவுடன் பரவுதல்மூலம் அடுத்த குழலுக்குச் செல்கின்றன. மீண்டும் ஸைடோப்ளாச ஓட்டத்துடன் சேர்ந்து கீழ்நோக்கிச் செல்கின்றன. இவ்விதம் குழல் பகுதி வழியாகச் செல்வதற்குப் ஸைடோப்ளாச ஓட்டமும் சல்லடைத்தட்டின்மூலம் செல்வதற்குப் பரவுதலும் உதவுகின்றன. புரோடோப்ளாச ஓட்டம் ஒரு சுழற்சியாக நடைபெறுவதால் எதிர்ச்சுவர்களில் ஓட்டம் எதிர்த்திசைகளை நோக்கி இருக்கிறது. ஒரு பக்கத்தில் மேலிருந்து கீழும் எதிர்ப் பக்கத்தில் கீழிருந்து மேலும் செல்கிறது. எனவே, ஒரே சமயத்தில் பொருள்கள் இரு திசைகளிலும் செல்ல முடியும் (படம் 12–10). புரோடோப்ளாசத்தின் ஓட்டத்தைக் குறைக்கும் அல்லது தவிர்க்

கும் அம்சங்கள் உணவுப் பெயர்ச்சியையும் தடை செய்கின்றன என்ற விவரம் இக் கோட்பாட்டிற்கு ஆதரவாக எடுத்துக்காட்டப் படுகிறது. உதாரணமாக, வெப்ப நிலை 20° செ.கி.-க்குக் குறைக்கப் படும்போது புரோடோப்ளாச ஓட்டம் தடைப்படுகிறது. இந்த வெப்பநிலையில் உணவுப் பெயர்ச்சியும் தடைப்படுகிறது. அது போலவே ஆக்ஸிஜன் குறைவும், இரண்டு நிகழ்ச்சிகளையும் தடை

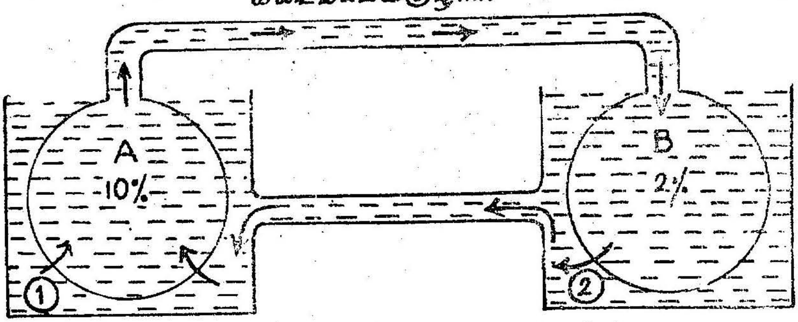


படம் - 12.10 புரோடோப்ளாச ஓட்டக் கோட்பாடு

செய்கிறது. ஆனால், இக் கோட்பாட்டிற்கும் சில குறைபாடுகள் உண்டு. முதிர்ச்சி அடையாத இளங் குழல்களில் மட்டுமே புரோடோப்ளாச ஓட்டம் காணப்படுகிறது. முதிர்ச்சி அடைந்த புளோயம் குழல்களில் இந்த ஓட்டம் காணப்படுவதில்லை. மேலும், புரோடோப்ளாச ஓட்டத்தின் வேகம் மணிக்கு 15 செ.மீ.-க்கு (20–25° செ.கி. வெப்ப நிலையில்) மேல் போவதில்லை. எனவே, உணவுப் பெயர்ச்சியின் வேகத்திற்கு இது ஈடுகொடுக்கமுடியாது.

மொத்த ஓட்டக் கோட்பாடு (Mass Flow Hypothesis): பொருள்கள் பரவுதல்மூலமன்றி, மொத்தமான நீர்ம ஓட்டமாகச் செல்லுகின்றன என்பது இக் கோட்பாட்டின் மையக் கருத்து. இதை மஞ்ச் (Munch) என்பவர் முன்வைத்தார். இதைப் புரிந்து கொள்ள ஒரு பரிசோதனையைச் செய்வோம்.

கோள வடிவமான இரு ஆஸ்மாடிக் சவ்வுகளை எடுத்துக் கொள்வோம். இரண்டையும் ஒரு கிடைமட்டக் (horizontal) குழாயால் இணைப்போம். முதல் கோளத்தில் அடர்த்தி மிகுந்த கரைசலையும் இரண்டாவது கோளத்தில் அடர்த்தி குறைந்த கரைசலையும் எடுத்துக்கொள்வோம். இந்த அமைப்பை இரு தொட்டிகளிலுள்ள தண்ணீரில் மூழ்கவைப்போம். இரண்டு தொட்டிகளையும் ஒரு குழாயால் இணைப்போம். படம் 12–11 இந்த அமைப்பைக் காட்டுகிறது.



A, B: ஆஸ்மாடிக் சவ்வுகள்
படம்–12.11 மன்ச் சோதனை

இப்போது என்ன நேரிடும்? இரண்டு சவ்வுகளும் அரைச் செலுத்தி சவ்வுகளாக இருப்பதால் தண்ணீர் இரண்டிற்குள்ளும் செல்லும். ஆனால், முதல் சவ்வில் கரைசலின் அடர்த்தி அதிகமாக இருப்பதால் அதில் அதிகமான உறிஞ்சு அழுத்தம் இருக்கும். எனவே, அதிகமான தண்ணீர் உள்ளே செல்லும். இத் தண்ணீர் கிடைமட்டக் குழல் வழியாக இரண்டாவது சவ்விற்குள் சென்று அங்குள்ள தண்ணீரை அழுத்தும். அப்போது இரண்டாவது சவ்வில் உறிஞ்சு அழுத்தம் குறைந்து தண்ணீர் இரண்டாவது தொட்டிக்குள் செல்லும். அங்கிருந்து இணைப்புக் குழல் வழியாக முதல் தொட்டிக்குள் செல்லும். இவ்விதம் அமைப்பில் தண்ணீர் சுழன்று சுழன்று ஓடும். அமைப்பு முழுவதிலும் கரைசலின் அடர்த்தி ஒரே சீராகும்வரை இந்த ஓட்டம் நடைபெறும். இது போன்ற நிகழ்ச்சி தாவரங்களிலும் நடப்பதாகக் கருதப்படுகிறது.

இலைகளிலுள்ள செல்களில் இடைவிடாத ஒளிச்சேர்க்கை நடந்துகொண்டிருப்பதால், அந்த செல்களின் ஆஸ்மாடிக்

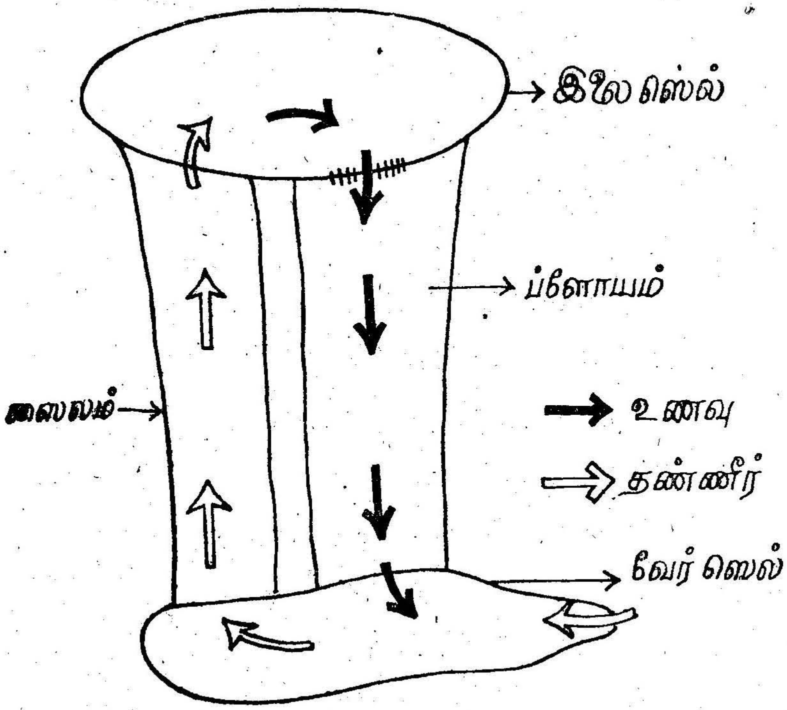
அழுத்தம் உயர்வாக இருக்கும். வேரில் உணவுப் பொருள்கள் பயன்படுத்திக்கொள்ளப்படுகின்றன; அல்லது சேமிப்புப் பொருளாக மாற்றப்படுகின்றன. எனவே, அங்கு ஆஸ்மாடிக் அழுத்தம் குறைவாகவே இருக்கும். இலையிலுள்ள சைலத்திலிருந்து தண்ணீர் இலை செல்களுக்குக் கொடுக்கப்படுகிறது. எனவே, இலை செல்லில் உயர்ந்த விறைப்பு அழுத்தம் தோன்றுகிறது. இந்த அழுத்தம் உணவுப்பொருள்களைப் புளோயத்தின் வழியாகத் தள்ளுகிறது. உணவுப் பொருள்கள் வேரை அடையும்போது அவை வேரால் எடுத்துக்கொள்ளப்படுகின்றன. மீதமுள்ள தண்ணீர் சைலத்தின் வழியாக மேல்நோக்கிச் செலுத்தப்பட்டு, மீண்டும் இலை செல்லைச் சென்று அடையும். அடுத்தடுத்துள்ள இரண்டு சல்லடைக் குழல்களை இணைக்கும் சைடோப்ளாசம் இப் பெயர்ச்சிக்கு உதவுகிறது.

இந்த நிகழ்ச்சிக்கும் நாம் முதலில் செய்த பரிசோதனைக்கும் ஒற்றுமைகள் இருப்பதைக் காணலாம். இலை செல் அடர்த்தி மிகுந்த கரைசலைக்கொண்ட ஆஸ்மாடிக் சவ்வைப் போலவும் வேர் செல் நீர்த்த கரைசலைக் கொண்ட ஆஸ்மாடிக் சவ்வைப் போலவும் இயங்குகின்றன. இச் சவ்வுகளை இணைக்கும் கிடைமட்டக் குழாயைப்போலப் புளோயம் இருக்கிறது. இணைக்கப்பட்ட தண்ணீர்த்தொட்டிகளாக சைலம் இருக்கிறது. நாம் செய்த பரிசோதனையில் ஆஸ்மாடிக் அமைப்பு சமநிலையை அடையும்போது நீர் ஓட்டம் நின்றுவிடுமென்று பார்த்தோம். ஆனால், செடியில் உள்ள அமைப்பில் அத்தகைய சமநிலை ஏற்பட முடியாது. இலைகளில் உணவுப் பொருள்கள் கட்டப்படுவதால் அங்கு அவற்றின் அடர்த்தி எப்போதும் அதிகமாகவே இருக்கும். வேரில் உணவுப் பொருள்கள் பயன்படுத்திக்கொள்ளப்படுவதால் அங்கு அவற்றின் அடர்த்தி எப்போதும் குறைவாகவே இருக்கும். எனவே, உணவுப் பெயர்ச்சி இடைவிடாது நடைபெறும் (படம் 12-12).

இத்தகைய ஓட்டம் இருப்பதற்கு ஏதாவது அறிகுறி காணப்படுகிறதா? ஒரு செடியின் புளோயத்தை நடுவில் வெட்டினால் அதிலிருந்து ஒரு நீர்மம் வெளியாகிறது. இதில் கணிசமான அளவு சர்க்கரைப் பொருள்கள் உள்ளன. 24 மணி நேரங்கள்கூட இது போல நீர்மம் தொடர்ந்து வெளிப்படலாம். ஒரு நிமிடத்திற்கு ·01—·1 செ. மீ. வேகத்தோடு நீர்மம் வெளிவருகிறது. புளோயத்தில் மொத்தமான ஒரு நீர்ம ஓட்டம் இருக்கிறது என்பதை இது காட்டுகிறது.

இக் கோட்பாட்டிற்கும் எதிர்ப்புகள் உள்ளன. புளோயத்தில் உள்ள நீர்மம் மொத்தமாக ஓடும்போது சல்லடைத் தட்டு

கள் அதன் ஓட்டத்தைத் தடைசெய்கின்றன. இத் தடையை மீறி உணவுப் பொருள் செல்லவேண்டுமானல், இலே ஸெல்லில் மிக உயர்ந்த விறைப்பு அழுத்தம் தோன்றவேண்டும். இலே ஸெல்லில் அவ்வளவு உயர்ந்த விறைப்பு அழுத்தம் ஏற்படுகிறதா என்பது சர்ச்சைக்குரியது. மேலும், இக் கோட்பாட்டின்படி அனுப்பும்



படம் - 12.12

இடங்களில் உயர்வான விறைப்பு அழுத்தமும் பெறும் இடங்களில் குறைவான விறைப்பு அழுத்தமும் எப்போதும் இருக்க வேண்டும். சில சமயங்களில் இதற்கு நேர்மாறான நிலே இருக்கலாம் என்று தெரிகிறது. அதாவது, சில சந்தர்ப்பங்களில் விறைப்பு அழுத்தம் குறைவாக உள்ள இடத்திலிருந்து அதிகமாக உள்ள இடத்திற்கு உணவு செல்வதுபோலக் காணப்படுகிறது. இக் கோட்பாட்டிற்கு மற்றுமொரு முக்கியமான எதிர்ப்பு என்னவென்றல், இக் கோட்பாட்டின்படி பொருள்கள் புளோயத்தில் ஒரு திசையிலேயே செல்லமுடியும். மொத்தமான ஒரு நீர்ம ஓட்டம் இருக்கும்போது பொருள்கள் ஓட்டத்தை ஒட்டி அடித்துக்

கொண்டு செல்லப்படும்; எதிர்த்திசையில் செல்லமுடியாது. எனவே, புளோயத்தில் இருதிசை உணவுப் பெயர்ச்சி இருக்கிறது என்று ஏற்றுக்கொள்வோமானல் இக் கோட்பாடு பொருந்தாது.

நிற்க, புளோயத் திசுவின்மூலம் உணவுப் பெயர்ச்சி நடைபெறுகிறது என்ற கோட்பாட்டையே மறுப்பவர்களும் உண்டு. செடியில் புளோயத்தின் அளவு மிகவும் குறைவாக உள்ளது. அதிலும் சல்லடைக் குழாய்கள் இங்கொன்றும் அங்கொன்று மாகவே காணப்படுகின்றன. புளோயத்தின் வழியாக ஏராளமான உணவு சென்ருகவேண்டுமென்று கணக்கிட்டோம் அல்லவா? அந்த அளவிற்கு உணவு செல்வதற்குப் புளோயம் போதுமா என்று சிலர் ஐயப்படுகின்றனர். டிக்ஸன் என்ற விஞ்ஞானி இக் கருத்தை உடையவராக இருந்தார்.

முடிவாக உணவுப் பெயர்ச்சியைப்பற்றிப் பல கோட்பாடுகள் முன்வைக்கப்பட்டிருந்தபோதிலும், ஒன்ருவது அந் நிகழ்ச்சியை முழுமையாக விளக்கவில்லே. எனினும், மொத்த ஓட்டக் கோட்பாடு பெரும்பான்மையினரால் ஏற்றுக்கொள்ளப்பட்டுள்ளது.

13. சுவாசித்தல்-I
(Respiration)

உயிரினங்கள் அனைத்தும் சுவாசிக்கின்றன என்பது நமக்குத் தெரியும். உயிரின் இன்றியமையாத தேவைகளில் சுவாசித்தலும் ஒன்று. நாம் உணவில்லாமல் பல நாட்கள் வாழமுடியும். ஆனால், சுவாசிக்காமல் சில நிமிடங்கள்தாம் வாழமுடியும். சுவாசமில்லையேல் உயிர் இல்லை! நாம் சுவாசிக்கும்போது பிராண வாயுவை எடுத்துக்கொண்டு கரியமில வாயுவை வெளியிடுகிறோம். ஆனால், இதுமட்டுமே சுவாசித்தல் அன்று. சுவாசித்தல் எனும் நிகழ்ச்சியில் நமக்குப் புலனாகும் பகுதியே இது. சுவாசித்தலின் முக்கியமான மாறுபாடுகள் நம் கண்ணிற்குத் தெரியாமல் உயிரினங்களின் உள்ளே நடைபெறுகின்றன. இம் மாற்றங்களைப் பற்றி இனித் தெரிந்துகொள்வோம்.

உயிரினங்கட்கு சுவாசித்தல் இன்றியமையாததாக இருப்பது ஏன்? உயிரினங்கள் பல வேலைகளைச் செய்கின்றன. உதாரணமாக, ஒரு செடியை எடுத்துக்கொண்டால், அது தண்ணீரையும் கனிமங்களையும் உறிஞ்சுகிறது. பலவகையான உணவுப் பொருள்களையும் கட்டுகிறது; வளர்கிறது; இனப்பெருக்கம் செய்கிறது; பல இயக்கங்களைக் காட்டுகிறது. இவையனைத்தும் தொழில்; இத் தொழில்களைச் செய்வதாலேயே அது உயிரோடு இருக்கிறது. உலகில் எந்த ஒரு தொழிலையும் செய்ய ஆற்றல் வேண்டும். ஒரு தொழிலைச் செய்யப் பயன்படும் ஆற்றல் சுயேச்சை ஆற்றல் (free-energy) எனப் படுகிறது. இந்த ஆற்றலைச் செடி, உணவிலிருந்து பெறுகிறது. செடி ஒளிச்சேர்க்கை செய்யும்போது, சூரியனது ஆற்றலை ஈர்த்து உணவுப் பொருளிலே வேதி ஆற்றலாகப் பொதிந்துவைக்கிறது என்று பார்த்தோம். உணவிலுள்ள இந்த ஆற்றலே பின்னர் பல தொழில்களையும் செய்யப் பயன்படுகிறது. உணவிலுள்ள ஆற்றலைச் செடிகள் நேரடியாகப் பயன்படுத்திக்கொள்ள முடியாது. இந்

ஆற்றல் செடிகளுக்குப் பயன்படக்கூடிய முறையில் வெளிப்படுவது சுவாசித்தலின்போதுதான். உயிரினங்கள் வாழ்வதற்குத் தேவையான ஆற்றலை அளிப்பதால்தான் சுவாசித்தல் அவற்றிற்கு இன்றியமையாததாக இருக்கிறது. இந்த ஆற்றல் வெளியீடு எப்படி நடைபெறுகிறது?

நம்மைச் சுற்றிப் பல இயந்திரங்கள் இயங்குவதைக் காண்கிறோம். அவை ஓடுகின்றன; பறக்கின்றன; மிதக்கின்றன; சுழல்கின்றன. அவற்றை இயக்குவது எது? உதாரணமாக, ரயில்வே எஞ்சினை எடுத்துக்கொள்வோம். அதில் நிலக்கரியைப் போட்டு உஷ்ணப்படுத்துகிறோம். நிலக்கரி, காற்றிலுள்ள பிராணவாயுவுடன் சேர்ந்து வேதி மாற்றமடைகிறது. அப்போது நிலக்கரியில் மறைந்துள்ள ஆற்றல் வெப்ப ஆற்றலாக வெளியேறுகிறது. அது நீரை ஆவியாக்குகிறது. நீராவி, தண்டைத் தள்ளி சக்கரத்தைச் சுற்றுகிறது. ரயில் ஓடுகிறது. இவ்விதம் நிலக்கரி உயர்ந்த வெப்ப நிலையில் ஆக்ஸிஜனுடன் சேரும்போது, அதாவது, ஆக்ஸிகரணமடையும்போது அதில் மறைந்துள்ள ஆற்றல் வெளியிடப்படுகிறது. இதுபோல் உயர்ந்த வெப்ப நிலையில் ஆக்ஸிகரணத்தின் மூலம் ஏற்படும் ஆற்றல் வெளியேற்றம் எரிதல் எனப்படுகிறது. எரிதலுக்குப் பயன்படும் நிலக்கரி 'எரிபொருள்' எனப்படுகிறது. இதுபோல உயிரினங்களிலும் ஓர் ஆக்ஸிகரணத்தின்மூலம் ஆற்றல் வெளிப்பாடு அடைகிறது. ஆனால், இந்த ஆற்றல் வெளிப்பாடு சாதாரண வெப்ப நிலையிலேயே ஏற்படுகிறது. இதற்குக் காரணம் ஸெல்லிலுள்ள நொதிகளேயாகும். இந்த ஆக்ஸிகரணத்திற்கு எரிபொருளாகப் பயன்படுவது உணவு.

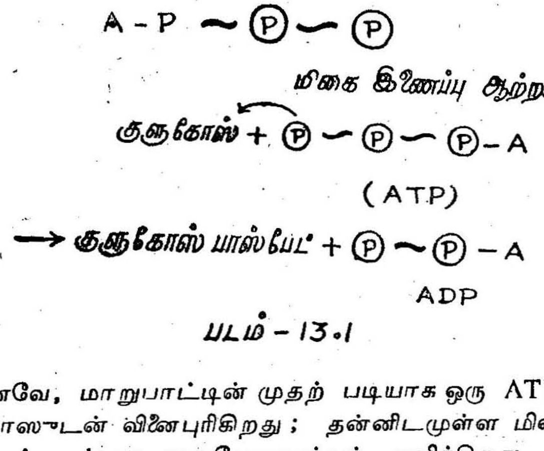
உயிரினங்களில் சுவாசித்தல் நடைபெறும்போது ஆற்றல் வெளிவிடப்படுவதில்லை. இயந்திரங்களில் நடைபெறுவது போல ஆற்றல் வெப்பமாக வெளிப்பட்டுவிடுமானால், அது உயிரினங்களுக்குப் பயன்படாது. உணவிலுள்ள ஆற்றல் உயிரினங்களுக்குப் பயன்படக்கூடிய முறையில் ஸெல்லிலுள்ள சில பாஸ்பரக் கூட்டுப் பொருள்களுக்கு மாற்றப்படுகிறது. தாவரங்கள் ஒளியில் உணவுச் சேர்க்கை செய்யும்போது, கார்பன்-டை-ஆக்ஸைடையும் ஹைட்ரஜனையும் இணைத்து உணவாக்குகின்றன. இவ்விதம் இணைப்பதற்கு ஆற்றல் தேவை. இந்த ஆற்றலை அவை ஒளியிலிருந்து பெறுகின்றன. ஒளியின் ஆற்றல் குறிப்பிட்ட வேதி இணைப்புகளை (chemical bonds) உண்டாக்கப் பயன்படுத்திக் கொள்ளப்படுகிறது. இந்த இணைப்புகளைப் பிரிக்கும்போது ஆற்றல் வெளியிடப்படுகிறது. ஆற்றல் வெளியிடப்பட்டுவிட்டால் உயிரினங்களுக்குப் பயன் இல்லை என்று பார்த்தோம். ஆகவே,

உயிரினங்கள் இந்த ஆற்றலை இணைப்பு ஆற்றலாகப் (bond energy) பாஸ்பரஸ் கூட்டுப் பொருள்களுக்கு மாற்றிச் சேமித்துவைத்துக் கொள்கின்றன. தேவைப்படும்போது இந்த இணைப்பு ஆற்றல் மற்ற மூலக்கூறுகட்கு மாற்றப்படுகிறது. எல்லா இணைப்புகளிலும் ஆற்றல் ஒரே அளவில் இல்லை. உதாரணமாக, குளுகோஸ் பாஸ்பேட்டில் உள்ள பாஸ்பேட் இணைப்பைப் பிரித்தால் 2000—3000 கா/மோ ஆற்றல் கிடைக்கிறது. ஆனால், ஏ. டி. பி. எனப்படும் அடினைஸைன்-டிரை-பாஸ்பேட்டில் (adenosine-tri-phosphate) உள்ள கடைசி இரண்டு பாஸ்பேட் இணைப்புகளைப் பிரித்தால் 12,000 கா/மோ ஆற்றல் கிடைக்கிறது. இதுபோன்று ஆற்றல் மிகுதியாக உள்ள இணைப்புகள் மிகை ஆற்றல் இணைப்புகள் (energy rich bonds) எனப்படுகின்றன. உணவு ஆக்ஸிகரணிக்கப் படும்போது வெளிப்படும் ஆற்றல் இத்தகைய மிகை ஆற்றல் இணைப்புகளில்தான் சேமித்து வைத்துக்கொள்ளப்படுகின்றன. இது போன்ற மிகை ஆற்றல் இணைப்புகளைக்கொண்ட பாஸ்பேட்டுகள் மிகை ஆற்றல் பாஸ்பேட்டுகள் (energy rich phbsphates) எனப்படுகின்றன. ஸெல்லிலே நடைபெறும் ஏதாவது ஒரு மாற்றத்திற்கு ஆற்றல் தேவைப்படும்போது, இப் பாஸ்பேட்டுகள் அம் மாற்றத்தில் பங்குகொண்டு தங்கள் ஆற்றலை அளித்து மாறுபாட்டை இயக்குகின்றன. இவ்விதம் ஆற்றலை வெளியிடும் சுவாசித்தல் எனும் நிகழ்ச்சியிலும் ஆற்றல் தேவைப் படும் மற்ற நிகழ்ச்சிகளிலும் பங்குகொள்ளும் பொதுப் பொருளாக —இவ்விருவகை நிகழ்ச்சிகளுக்குமிடையே ஒரு பாலமாக—மிகை ஆற்றல் பாஸ்பேட்டுகள் விளங்குகின்றன. விவசாயி நெல்லை விளைவிக்கிறார். அதற்கும் மதிப்பு உண்டு. ஆனால், அவர் துணி வாங்கவேண்டுமானால் நெல்லை விற்றுப் பணமாக்கிக்கொள்கிறார். பணத்தைக்கொண்டு துணி வாங்குகிறார். நெல்லின் மதிப்பு பணத்திற்கு மாற்றப்பட்டு, பணம் துணி வாங்க உதவுகிறது. உணவுப் பொருளிலே ஆற்றல் பொதிந்துள்ளது. ஆனால், அதைக் கொண்டு நேரடியாகப் பல இயக்கங்களையும் செய்யமுடியாது. உணவின் ஆற்றல் மிகை ஆற்றல் பாஸ்பேட்டுகளுக்கு மாற்றப் படுகிறது. அவை மற்ற மாறுபாடுகளை இயக்குகின்றன.

ஸெல்லில் மிகையாற்றல் பாஸ்பேட்டுகள் பல உள்ளன. அடினைஸைன்-டிரை-பாஸ்பேட் (adenosine-tri-phosphate), யூரிடீன்-டிரை-பாஸ்பேட் (uridine-tri-phosphate), ஸிடிடீன்-டிரை-பாஸ் பேட் (cytidine-tri-phosphate), குவானஸைன்-டிரை-பாஸ்பேட் (guanosine-tri-phosphate) முதலியன அவற்றில் சில. இவை முறையே ATP, UTP, CTP, GTP என சுருக்கமாக அழைக்கப் படுகின்றன. இவற்றில் ATP-யே மிகவும் முக்கியமானது.

சுவாசித்தலின்போதும் ஒளிச்சேர்க்கையின்போதும் தோன்றும் முக்கியமான மிகை ஆற்றல் பாஸ்பேட் ATP தான். மேற்கண்ட மற்ற பாஸ்பேட்டுகளை அதிலிருந்து தோற்றுவிக்க முடியும். பெரும்பான்மையான வாழ்வியல் நிகழ்ச்சிகளிலே அது நேரடியாகப் பங்குகொள்கிறது. ஒளிச்சேர்க்கைக்கும் அயனிகள் உள்-எடுப்புக்கும் தேவையான ஆற்றலை அளிப்பது ATP என்று முன்னரே பார்த்தோம். எனவே, ATP-யை செல்லின் 'ஆற்றல் நாணயமென்று' கூறுகிறார்கள். ATP-யைப்பற்றி மேலும் சில விவரங்களைத் தெரிந்துகொள்வோம்.

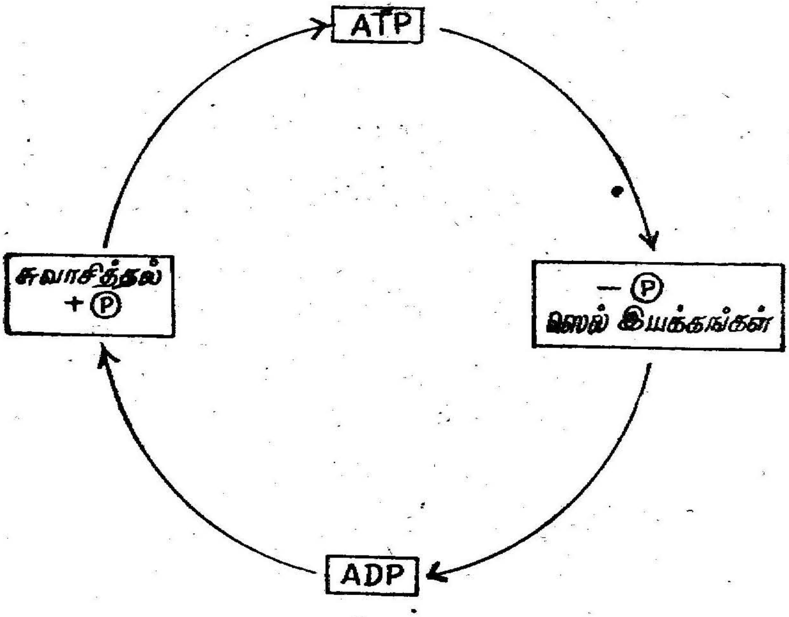
ATP-யில் அடினைசைன் எனும் பொருளும் மூன்று பாஸ்பேட் மூலக்கூறுகளும் உள்ளன. இதில் கடைசி இரண்டு பாஸ்பேட் மூலக்கூறுகளும் மிகை ஆற்றல் இணைப்புடையவை. இந்த இணைப்பு ஆற்றலே முன்கூறியபடி மற்ற மாறுபாடுகளை இயக்க உதவுகிறது. ஓர் உதாரணத்தைப் பார்ப்போம். சுவாசித்தலின்போது குளுகோஸ் சர்க்கரை ஆக்ஸிகரணிக்கப்படுகிறது. இதற்கு ஆற்றல் வேண்டும்.



படம் - 13.1

எனவே, மாறுபாட்டின் முதற் படியாக ஒரு ATP மூலக்கூறு குளுகோஸுடன் வினைபுரிகிறது; தன்னிடமுள்ள மிகை ஆற்றல் பாஸ்பேட் ஒன்றை குளுகோஸுக்கும் அளிக்கிறது. அப்போது குளுகோஸ் பாஸ்பேட் உண்டாகிறது. ATP-யில் மூன்று பாஸ்பேட் மூலக்கூறுகள் உள்ளன என்று பார்த்தோம். எனவேதான், அது அடினைசைன்-டிரை-பாஸ்பேட் (டிரை—tri = மூன்று) எனப்படுகிறது. ஒரு பாஸ்பேட்டை குளுகோசுக்குக் கொடுத்தபின் அது இரண்டு பாஸ்பேட்டுகளைக் கொண்ட அடினைசைன்-டை-பாஸ்பேட் (டை—di = இரண்டு) ஆகிறது. படம் 13-1 இதை விளக்குகிறது. இவ்விதம் ATP-யிலுள்ள இணைப்பு ஆற்றல் குளுகோஸுக்கு

மாற்றப்படுகிறது. ஸெல் நிகழ்ச்சியில் ATP பங்குபெறும்போது இதுபோல் ஒரு பாஸ்பேட்டை இழந்து ADP ஆகிவிடும். இவ்விதம் ஸெல்லிலுள்ள ATP-யெல்லாம் ADP-யாக மாறிக்கொண்டு மட்டுமிருந்தால் ஒரு நிலையில் ஸெல்லில் ATP-யே இல்லாதுபோய்விடுமல்லவா? அப்போது ஸெல்லின் இயக்கங்களும் நின்றுவிடாவா? ஒரு மோட்டார் பாட்டரியை எடுத்துக்கொள்ளுங்கள். அதை உபயோகிக்க உபயோகிக்க அதன் மின் ஆற்றல் குறைந்து கொண்டே வந்து, ஒரு நிலையில் மின் ஆற்றலே இல்லாதுபோய்விடு



படம் - 13.2

கிறது. அப்போது என்ன செய்கிறோம்? பாட்டரியில் மீண்டும் மின் ஆற்றலை ஏற்றிவைக்கிறோம். அதாவது, பாட்டரியை 'சார்ஜ்' (charge) செய்கிறோம். பாட்டரி மீண்டும் இயங்க ஆரம்பிக்கிறது. அதுபோலவே ஆற்றலை இழந்த ADP மீண்டும் சார்ஜ் செய்யப்படுகிறது. அதாவது, ஸெல்லிலிருந்து ஒரு பாஸ்பேட்டை எடுத்து அதை மிகை ஆற்றல் இணைப்பின்மூலம் ADP-யுடன் சேர்த்து ATP மீண்டும் உண்டாக்கப்படுகிறது. சுவாசித்தலின் போது நடைபெறும் முக்கியமான நிகழ்ச்சி இதுதான். உணவின் ஆக்ஸிகரணத்தால் வெளியிடப்படும் ஆற்றலின் மூலம் ADP

பாஸ்பேட் இவற்றிலிருந்து புதிய ATP தோற்றுவிக்கப்படுகிறது. செல்லில் நடைபெறும் பல வகையான நிகழ்ச்சிகள் ATP-யிலிருந்து ஆற்றலைப் பெற்றுக்கொண்டு, அதை ADP ஆக்குகின்றன. சுவாசித்தலின்போது ADP, ATP ஆக்கப்படுகிறது இதுபோல் இடைவிடாது தொடர்ந்து நடைபெறுகிறது. படம் 13-2 இந்த நிகழ்ச்சிகளை விளக்குகிறது.

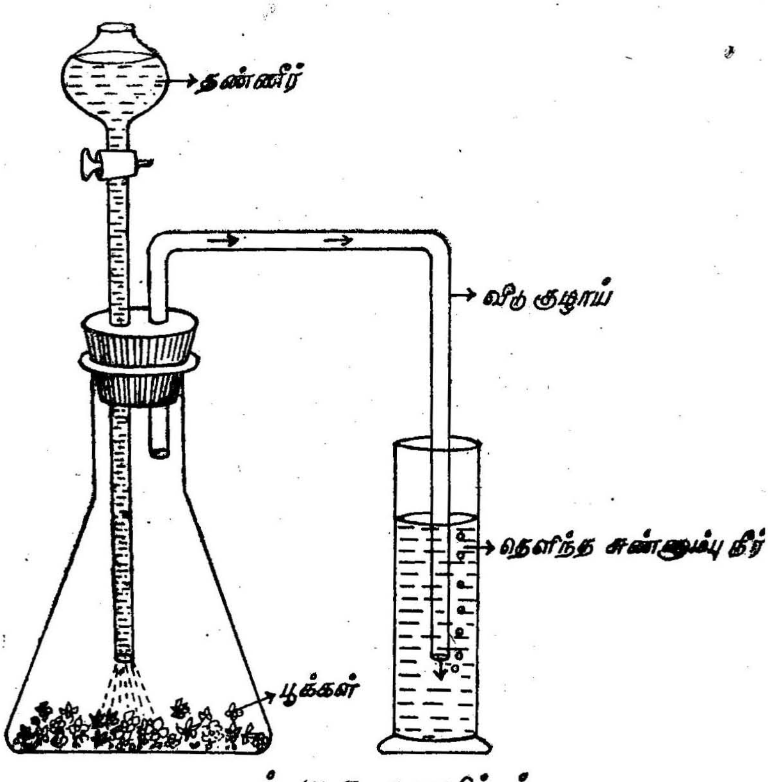
எனவே, உணவின் ஆக்ஸிகரணமும் ஆற்றல் பொதிந்த ATP-யின் தோற்றமுமே சுவாசித்தலின் முக்கியமான நிலைகள். இந்த ஆக்ஸிகரணத்தின்போது கார்பன்-டை-ஆக்ஸைடும் தண்ணீரும் முடிவுப் பொருள்களாகக் கிடைக்கின்றன. இந்த ஆக்ஸிகரணம் எப்படி நடைபெறுகிறது என்பதை இப் பகுதியில் தெரிந்துகொள்வோம்.

விலங்குகள் சுவாசிக்கும்போது மூச்சுவிடுகின்றன. இது நமது கண்ணிற்குப் புலனாகிறது. ஆனால், தாவரங்கள் சுவாசிப்பது நமது கண்ணிற்குப் புலனாகவில்லை. அதைப் பரிசோதனைகள்மூலமே காணமுடியும். சுவாசித்தலின்போது கார்பன்-டை-ஆக்ஸைடு வெளியிடப்படுகிறது. இது தெளிந்த சுண்ணாம்புக் கரைசலை வெண்ணிறமாக்குகிறது. இதை வைத்துக்கொண்டு நாம் தாவரங்கள் சுவாசிப்பதை ஒரு பரிசோதனைமூலம் காட்ட முடியும்.

ஒரு கூம்பு கூஜாவில் (conical flask) சில பூக்களை எடுத்துக் கொள்வோம். கூஜாவின் வாயை இரு துளைகளைக்கொண்ட ரப்பர் அடைப்பானால் மூடுவோம். ஒரு துளை வழியாக ஒரு நீண்ட காம்புடைய புனலையும் மற்றொரு துளை வழியாக ஒரு வளைந்த விடுகுழலையும் செருகுவோம். விடுகுழலின் மறுமுனை ஒரு கண்ணாடிக் கலனிலுள்ள தெளிந்த சுண்ணாம்புக் கரைசலில் மூழ்கியுள்ளது. புனலில் தண்ணீரை எடுத்துக்கொள்வோம். சுமார் 4 மணி நேரங்கள் கழிந்து புனலில் உள்ள தண்ணீரைக் கூஜாவினுள் செலுத்தினால், தெளிந்த சுண்ணாம்பு நீர் வழியாக ஒரு வாயு குமிழிடுகிறது. தெளிந்த சுண்ணாம்பு நீர் வெளிர் நிறம் அடைகிறது. எனவே, வெளிவரும் வாயு கார்பன்-டை-ஆக்ஸைடு என்றும் அது பூக்கள் சுவாசிப்பதால் தோன்றியது என்றும் அறிகிறோம் (படம் 13-3).

உயிரினங்கள் சுவாசிக்கும்போது உணவுப் பொருள் ஆக்ஸிகரணிக்கப்படுகிறது என்று பார்த்தோம். இவ்விதம் ஆக்ஸிகரணிக்கப்படும் பொருள் சுவாச தளப்பொருள் (respiratory substrate) எனப்படுகிறது. தாவரங்களில் உள்ள உணவுகள்

மூன்று வகைப்படும். அவை கார்போஹைட்ரேட்டுகள், கொழுப்புப் பொருள்கள், புரதங்கள் என்பன. இவற்றில் கார்போஹைட்ரேட்டுகளே பெரும்பாலும் சுவாச தளப்பொருளாகப் பயன்படுகின்றன. கார்போஹைட்ரேட்டுகள் இல்லாதபோது



படம் - 13.3 சுவாசித்தல்

கொழுப்புப் பொருள்கள் பயன்படுகின்றன. இவை இரண்டு இல்லாதபோதுதான் புரதப் பொருள்கள் பயன்படுத்தி கொள்ளப்படுகின்றன. பொதுவாகப் புரதப் பொருள்கள் சுவா தளப்பொருள்களாகப் பயன்படுவதில்லை.

சுவாச ஈவு (Respiratory Quotient): கார்போஹைட்ரேட்டுக சுவாசிக்கப்படும்போது அவை காற்றிலுள்ள ஆக்ஸிஜனை எடுத்து கொண்டு முடிவுப் பொருள்களாகத் தண்ணீரையும் கார்பன்-டை ஆக்ஸைடையும் உண்டாக்குகின்றன. இதை பின்வரும் சம பாட்டால் குறிக்கலாம்:

$$C_6H_{12}O_6 + 6O_2 \longrightarrow 6CO_2 + 6H_2O$$

கார்போஹைட்ரேட்டுகள் சுவாசப் பொருளாகப் பயன்படும் போது வெளியிடப்படும் கார்பன்-டை-ஆக்ஸைடின் அளவும் உள் எடுத்துக்கொள்ளப்படும் ஆக்ஸிஜனின் அளவும் சமமாக இருக்கின்றன என்று மேற்கண்ட சமன்பாட்டிலிருந்து தெரிகிறது. 6 மூலக்கூறு ஆக்ஸிஜன் எடுத்துக்கொள்ளப்படுகிறது; 6 மூலக்கூறு கார்பன் - டை - ஆக்ஸைடு வெளியிடப்படுகிறது. கார்பன் - டை - ஆக்ஸைடுக்கும் ஆக்ஸிஜனுக்கும் உள்ள இந்த விகிதம் சுவாச ஈவு எனப்படுகிறது. கார்போஹைட்ரேட்டுகள் சுவாச தளப்பொருளாகப் பயன்படும்போது சுவாச ஈவு 1-க்குச் சமமாக உள்ளது.

$$\text{சுவாச ஈவு} = CO_2/O_2 = 6/6 = 1$$

கொழுப்புப் பொருள்களில் ஆக்ஸிஜனின் விகிதம் குறைவாக இருக்கிறது என்று பார்த்தோம். எனவே, கொழுப்பு சுவாசிக்கப்படும்போது வெளியிடப்படும் கார்பன் - டை - ஆக்ஸைடின் அளவு எடுத்துக்கொள்ளப்படும். ஆக்ஸிஜனின் அளவைவிட அது குறைவாக இருக்கிறது; அதாவது, சுவாச ஈவு ஒன்றுக்குக் குறைவாக உள்ளது. கீழ்க்கண்ட சமன்பாட்டைப் பாருங்கள்:

$$\text{டிரையோலீன்} + 80O_2 \longrightarrow 57CO_2 + 52\,H_2O$$

(கொழுப்பு)

$$\text{சுவாச ஈவு} = CO_2/O_2 = 57/80 = \cdot 7$$

சில தாவரங்களில் ஆக்ஸிஜன் மிகுதியாக உள்ள அங்கக அமிலங்கள் சுவாச தளப்பொருளாகப் பயன்படுகின்றன. அப்போது கார்பன் - டை - ஆக்ஸைடு அதிகமாக வெளியிடப்பட்டு சுவாச ஈவு ஒன்றுக்குமேல் உயர்கிறது:

$$\text{ஆக்ஸாலிக் அமிலம்} + O_2 \longrightarrow 4CO_2 + 2\,H_2O$$

$$\text{சுவாச ஈவு} = CO/O_2 = 4/1 = 4.$$

சுவாச ஈவின் பொதுவான கணக்கீடுகளே இவை. ஒரே தளப் பொருளில்கூட வெவ்வேறு நிலைகளில் வெவ்வேறு சுவாச ஈவு கிடைக்கலாம்.

சுவாசித்தலைப் பாதிக்கும் அம்சங்கள்

1. **புரோடோப்ளாசத்தின் நிலை:** புரோடாப்ளாசம் மிகுதியாக உள்ள இளம் செல்களில் முதிர்ந்த செல்களைக் காட்டிலும் அதிகமான சுவாசம் நடைபெறுகிறது. புரோடோப்ளாசத்தின்

அளவு மட்டுமன்றி அதன் நிலையும் சுவாசித்தலைப் பாதிக்கலாம். முக்கியமாக, புரோடோப்ளாசத்தின் நீர்ம நிலை சுவாசித்தலைப் பாதிக்கிறது. பொதுவாக புரோடோப்ளாசத்திலுள்ள நீரின் அளவு அதிகமாக, அதிகமாக சுவாசித்தலும் அதிகமாகிறது. உதாரணமாக, தாவரங்களின் விதைகளில் புரோடோப்ளாசம் நீர் குறைந்து இறுகிய ஜெல் நிலையில் உள்ளது. எனவே, அதில் சுவாசித்தல் மிகவும் குறைவாகவே நடைபெறுகிறது. விதை, நீரை உறிஞ்சும்போது புரோடோப்ளாசம் ஸாலாக மாறுகிறது ; சுவாச விகிதமும் உயர்கிறது. கோதுமை தானியத்தில் தண்ணீரின் அளவு 16%-க்கு அதிகமாகும்போது சுவாசம் திடீரென்று உயர்கிறது என்று கண்டுபிடிக்கப்பட்டுள்ளது.

வெப்ப நிலை : வெப்ப நிலைக்கும் சுவாசித்தலுக்கும் இடையேயுள்ள தொடர்பு சற்றுச் சிக்கலானது. ஒரு குறிப்பிட்ட வரம்பிற்குள் வெப்பநிலை உயரும்போது சுவாசித்தலும் உயர்கிறது. உதாரணமாக, பட்டாணி நாற்றுகளைக்கொண்டு செய்யப்பட்ட சோதனைகளில் வெப்ப நிலையை 0° செ.கி.-லிருந்து 30° செ.கி. வரை உயர்த்தும்போது சுவாசித்தல் உயர்ந்துகொண்டே போகிறது. ஆனால், 30°-லிருந்து 45° செ.கி.-க்கும் உயரும்போது குறைந்துகொண்டேவருகிறது. எனவே, 30° செ.கி.-ஐ சுவாசித்தலுக்கு ஏற்ற வெப்பநிலையாகக் கருதலாம். இந்த வெப்பநிலை செடிக்குச் செடி மாறுபடும். பொதுவாக வெப்பநிலை 0° செ.கி.-க்கு கீழே போகும்போது சுவாசித்தல் தடைப்படுகிறது. எனினும், சில செடிகள் —20° செ.கி.-ல்கூட சுவாசிக்கின்றன.

வளிமண்டலத்தின் ஆக்ஸிஜன் செறிவு : ஆக்ஸிஜன் செறிவால் சுவாசித்தலில் ஏற்படும் விளைவுகள் திசுவுக்குத் திசு மாறுபடு கின்றன. சூழ்நிலையின் மற்ற அம்சங்களாலும் இந்த விளைவுகள் பாதிக்கப்படுகின்றன. வளிமண்டலத்தில் ஆக்ஸிஜன் செறிவில் ஏற்படும் சிறு ஏற்றத்தாழ்வுகள் சுவாசித்தலைப் பாதிப்பதில்லை சுவாசித்தலைக் கணிசமான அளவில் பாதிக்கவேண்டுமானால் வளிமண்டலத்தின் ஆக்ஸிஜன் செறிவு 5 சதவீதமாவது வேறுபட வேண்டும். நிலத்தின்கீழுள்ள பகுதிகளே ஆக்ஸிஜன் செறிவு மாறுபாடுகளால் பெரிதும் பாதிக்கப்படுகின்றன. தண்ணீர் தேங்கி நிற்கும் களிமண் நிலங்களில் ஆக்ஸிஜன் செறிவு மிகவும் குறைந்து விடும் ; ஆக்ஸிஜன் இல்லாமலேயும் போகலாம். அப்போது சுவாசித்தல் பாதிக்கப்படுகிறது. அந்த நிலையில் நீர் உறிஞ்சுதல் கனிமப் பொருள்களை உள் எடுத்தல், வேர்களின் வளர்ச்சி முதலியவை தடைப்படலாம்; அல்லது முழுமையாக அடக்கப் படலாம். சில செடிகள் ஆக்ஸிஜன் செறிவு மாறுபாடுகளால்

பெரிதும் பாதிக்கப்படுவதில்லை. உதாரணமாக, உருளைக்கிழங்கு களில் 6·2-லிருந்து 98·6 சதவீதம்வரை ஏற்படும் ஆக்ஸிஜன் செறிவு மாற்றங்கள் சுவாசித்தலைப் பாதிப்பதில்லை. ஆனால், மற்றச் சில செடிகளில் ஆக்ஸிஜன் செறிவு குறையும்போது சுவாசித்தலும் குறைகிறது.

கார்பன்-டை-ஆக்ஸைடின் செறிவு: கார்பன்-டை-ஆக்ஸைடு, செறிவுகளின் விளைவுகளும், திசுவிற்குத் திசு மாறுவதோடு சூழ்நிலை களாலும் பாதிக்கப்படுகிறது. எனினும், சில செடிகளில் (உதாரணமாக வெண் கடுகு நாற்றுகளில்) கார்பன்-டை-ஆக்ஸை டின் செறிவு அதிகமாக, அதிகமாக சுவாசித்தல் குறைகிறது. ஆனால், சில செடிகளில் கார்பன்-டை-ஆக்ஸைடின் செறிவு அதிக மாகும்போது சுவாசித்தல் உயர்கிறது. உதாரணமாக, உருளைக் கிழங்குகளை 16 சதவிகிதத்திற்கு அதிகமான கார்பன்-டை-ஆக் ஸைடு செறிவில் 20—24 மணி நேரங்கள் வைத்திருந்தால் சுவாசம் மிகவும் உயர்கிறது. அதிகமான கார்பன்-டை-ஆக்ஸைடு செறிவில் உருளைக்கிழங்கில் உள்ள தரசம் சர்க்கரையாக மாற்றப்படுவது இதற்குக் காரணமாக இருக்கலாம். நிலத்திலுள்ள கார்ப்பன்-டை-ஆக்ஸைடின் செறிவு சில சமயங்களில் 10 சதவீதம் அதிக மாகலாம். அப்போது வேரின் இயக்கங்களும் வளர்ச்சியும் தடைப்படுகின்றன.

உணவு: உணவு சுவாசதளப் பொருளாகப் பயன்படுகிறது என்று பார்த்தோம். எனவே, கரையக்கூடிய உணவின் அளவு அதிகமாக அதிகமாக சுவாசித்தலும் உயர்கிறது.

காயங்கள்: செடியின் திசுக்களை வெட்டிக் காயமடையச் செய்யும்போது சுவாசித்தல் உயர்கிறது. உதாரணமாக, உருளைக் கிழங்கை இரண்டு துண்டுகளாக வெட்டினால், அவற்றின் சுவாச அளவு முழு உருளைக்கிழங்கின் சுவாச அளவைவிட அதிகமாக இருக் கிறது. கிழங்கு வெட்டப்படும்போது அதிலுள்ள சர்க்கரையின் அளவு அதிகமாகிறது என்று தெரிகிறது. இந்த உயர்வே சுவாசத்தின் உயர்வுக்குக் காரணமாக இருக்கலாம்.

வேதிப்பொருள்கள்: சில வேதிப் பொருள்கள் குறைந்த அளவில் கொடுக்கப்பட்டால், செடியின் சுவாசத்தை அடக்கு கின்றன. ஸயனைடுகள் (cyanides), அஸைடுகள் (azides), கார்பன் மானாக்ஸைடு (carbon monoxide), குளோரோபாம் (chloroform) முதலிய பொருள்கள் சுவாசத்தை அடக்குகின்றன.

சுவாசித்தலின்போது வெளியிடப்படும் ஆற்றல், செடிகளுக்குப் பயன்படக்கூடிய முறையில் மிகை ஆற்றல் பாஸ்பேட்டுகளில்

சேமித்து வைக்கப்படுகிறது என்று பார்த்தோம். ஆனால், உணவின் ஆக்ஸிகரணத்தின்போது வெளியிடப்படும் ஆற்றல் முழுவதும் இதுபோலச் சேமித்து வைக்கப்படுவதில்லை. ஆற்றலின் ஒரு பகுதி வெப்பமாக மாறி வெளியேறுகிறது. முளைத்துக்கொண்டிருக்கும் விதைகளை ஒரு பிளாஸ்கிலே (thermos flask) போட்டு விதைகளினூடே ஒரு வெப்ப மானியை வைத்தால் வெப்பநிலை உயர்வதைக் காணலாம். தாவரங்களைப் பொறுத்தமட்டில் இந்த வெப்பத்தால் யாதொரு பயனும் இல்லை அவற்றிற்கு இஃது ஓர் இழப்பேயாகும்.

சுவாச நொதிகள்: சுவாசித்தலின்போது ஏற்படும் மாற்றங்களை ஊக்குவிக்கும் நொதிகள் சுவாச நொதிகள் எனப்படுகின்றன. அவை ஒவ்வொன்றும் செய்யும் செயலுக்கேற்ப அவற்றிற்கு பெயரிடப்பட்டுள்ளது. சில முக்கியமான சுவாச நொதிகளையும், சுவாசித்தலில் அவை ஆற்றும் பங்கையும்பற்றிப் பார்ப்போம்.

பாஸ்பரஸ் மாற்றிகள் (Transphosphorylases): இவை பாஸ்பேட்டுகளை ஒரு மூலக்கூறிலிருந்து மற்றொரு மூலக்கூறுக்கோ அல்லது ஒரு மூலக் கூறில் ஓரிடத்திலிருந்து மற்றோர் இடத்திற்கோ மாற்றுகின்றன. உதாரணமாக, குளூக்கோஸ் சுவாசித்தலில் பங்கு கொள்ளும்போது ATP-யிலிருந்து ஒரு பாஸ்பேட் மூலக்கூறை எடுத்துக்கொண்டு குளூகோஸ் பாஸ்பேட் ஆகிறது என்று பார்த்தோமல்லவா? ATP-யிலிருந்து குளூகோஸுக்கு பாஸ்பேட்டை மாற்ற ஒரு பாஸ்பரஸ் மாற்றி உதவுகிறது. இவை எந்தத் தளப்பொருளைப் பாதிக்கின்றனவோ, அதற்கேற்ப இவற்றில் பல வகையுண்டு. உதாரணமாக, குளூகோசுக்குப் பாஸ்பேட்டை மாற்றும் நொதி ஹெக்ஸோகினேஸ் (hexokinase) எனப்படுகிறது. பாஸ்போ கிளிஸரிக் அமிலத்தைப் பாதிக்கும் நொதி பாஸ்போ கிளிஸரோம்யூடேஸ் (phospho glyceromutase) எனப்படுகிறது.

ஹைட்ரஜன் நீக்கிகள் (Dehydrogenases): இவை ஒரு பொருளிலிருந்து ஹைட்ரஜனை நீக்குகின்றன. நீக்கப்பட்ட ஹைட்ரஜனை மற்றொரு பொருள் ஏற்றுக்கொள்கிறது. ஹைட்ரஜனை ஏற்றுக்கொள்ளும் பொருள் ஏற்பான் எனப்படுகிறது. இவ்விதம் ஒரு பொருளிலிருந்து ஹைட்ரஜனை நீக்கி ஓர் ஏற்பானுடன் சேரச் செய்யும் நொதி ஹைட்ரஜன் நீக்கி எனப்படுகிறது. உதாரணமாக, மாலிக் அமில - டி - ஹைட்ரோஜினேஸ் (malic acid dehydrogenase) என்னும் நொதி மாலிக் அமிலத்திலிருந்து ஹைட்ரஜனை நீக்கி DPN (diphosphopyridine nucleotide) என்னும் ஏற்பானுடன் சேரச் செய்கிறது.

நீரிகள் (Hydrases): இவை ஒரு பொருளிலிருந்து ஒரு மூலக்கூறு தண்ணீரை எடுக்கவோ அல்லது அப்பொருளோடு ஒரு மூலக்கூறு தண்ணீரைச் சேர்க்கவோ செய்கின்றன. உதாரணமாக, இனோலேஸ் (enolaze) என்னும் நொதி பாஸ்போ கிளிசரிக் அமிலத்திலிருந்து ஒருமூலக்கூறு தண்ணீரை நீக்கி அதை பாஸ்போ இனோல் பைருவிக் அமிலம் (phospho enol pyrovic acid) ஆக்குகிறது.

ஆக்ஸிடேஸஸ் (Oxidases): இவை காற்றிலுள்ள ஆக்ஸிஜனின் உதவியால் பொருள்களை ஆக்ஸிகரணமடையச் செய்கின்றன.

டெஸ்மோ லேஸஸ் (Desmolases): இவை நீண்ட கார்பன் கூட்டுப் பொருள்களைச் சிறு கூறுகளாகத் துண்டிக்கின்றன; அல்லது சிறு துண்டுகளை இணைத்து நீண்ட கார்பன் கூட்டுப் பொருள்களை உண்டாக்குகின்றன.

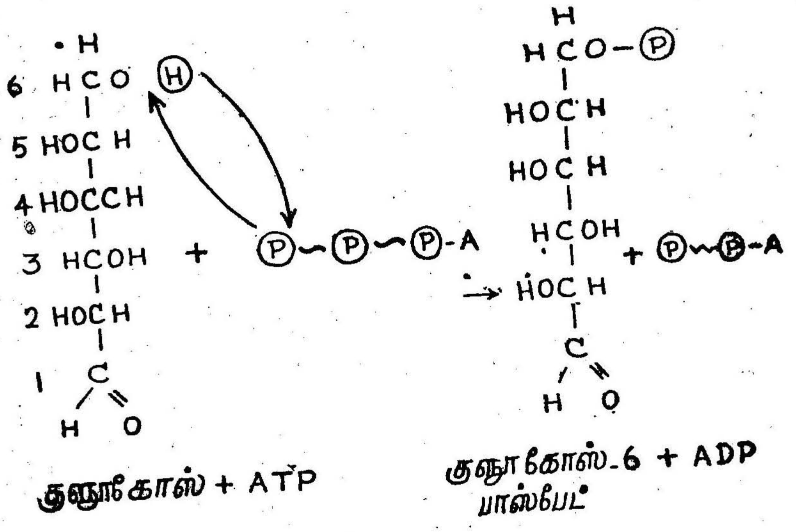
ஸைமேஸ் (Zymase): ஸைமேஸ் எனும் நொதி சர்க்கரையை நொதிக்கச் செய்து சாராயங்களாக மாற்றுகிறது. இது இரண்டு நொதிகளாலான கூட்டு நொதியாகும். கிளைகோலேஸ் (glycolase), கார்பாக்ஸிலேஸ் (carboxylase) என்ற இரு நொதிகள் இதில் உள்ளன. கார்பாக்ஸிலேஸ் கீடோ அமிலங்களிலிருந்து கார்பன் டை ஆக்ஸைடை வெளிப்படுத்துகிறது.

இணைநொதிகள்: சுவாசித்தலுக்கு மேற்கண்ட நொதிகளோடு சில இணைநொதிகளும் தேவைப்படுகின்றன. குறிப்பாக ஹைட்ரஜன் நக்கிகளால் அகற்றப்படும் ஹைட்ரஜனை ஏற்றுக்கொள்ள இணைநொதிகள் தேவை. DPN, TPN (triphospho pyridine nucleotide) FMN (ribo flarin mononucleotide) ஆகியவை ஹைட்ரஜன் ஏற்கும் இணைநொதிகளாகச் செயற்படுகின்றன. இவை தவிர வேறு இணைநொதிகளும் உண்டு. இந் நொதிகள், இணைநொதிகள், இவற்றின் செயலைப் புரிந்துகொண்டால் சுவாசித்தலின்போது நடைபெறும் வேதி மாற்றங்களைப் புரிந்துகொள்வது எளிது.

14. சுவாசித்தல்-II

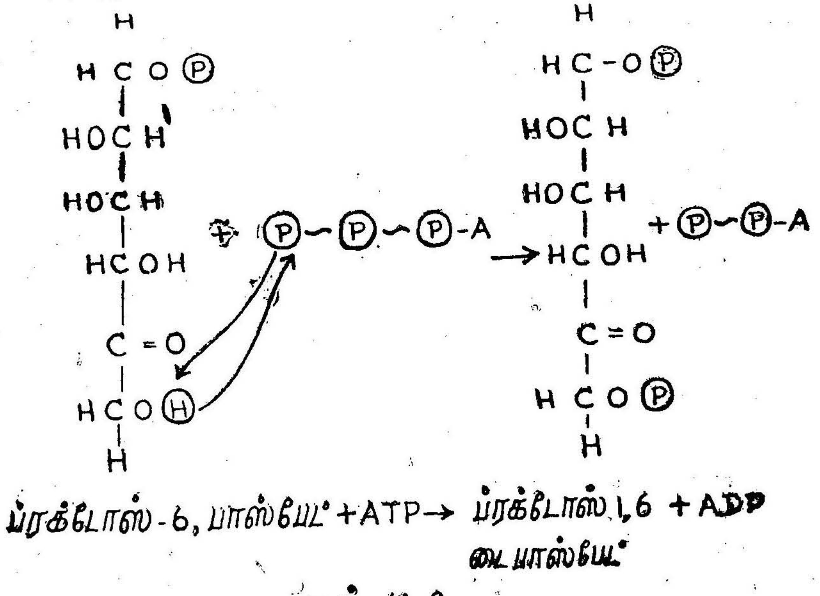
சுவாசித்தலின்போது ஏற்படும் வேதி மாற்றங்களைப் பற்றி இனித் தெரிந்துகொள்வோம். இம் மாற்றங்களை நன்கு புரிந்து கொள்வதற்காகச் சுவாசித்தலை மூன்று பகுதிகளாகப் பிரித்துக் கொள்வது வழக்கம். முதல் பகுதி கிளைகோலிஸிஸ் (glycolysis) என்றும், இரண்டாவது பகுதி கிரேப் வட்டம் (kreb's cycle) என்றும், மூன்றாவது பகுதி எலெக்ட்ரான் மாற்றம் (electron transport) என்றும் கூறப்படுகிறது. இனி ஒவ்வொரு நிலையிலும் ஏற்படும் மாற்றங்களைப்பற்றிப் படிப்போம். (முதல் நிலையில் ஏற்படும் மாற்றங்களை விளக்கப் பொருள்களின் அமைப்புச் சூத்திரம் கொடுக்கப்பட்டிருக்கிறது. ஒவ்வொரு மாற்றத்தையும் அதற்கு இயைந்த படத்தோடு ஒப்பிட்டுப் படித்தால் மாற்றங்களை எளிதாகப் புரிந்து கொள்ளமுடியும்).

சுவாசித்தலில் முக்கியமாகப் பங்குகொள்ளும் சுவாச தளப் பொருள் குளுகோஸ் என்னும் சர்க்கரையாகும். தரசப்பொருள்கள் நொதிகளால் செமிக்கப்படும்போது அவை குளுகோஸ் சர்க்கரையாகின்றன என்று பார்த்தோம். இக் குளுகோஸ் சர்க்கரையே சுவாசித்தலில் பங்குகொள்கிறது. முதல் நிலையில் குளுகோஸ் ATP யிடமிருந்து ஒரு பாஸ்பேட்டைப் பெற்று, குளுகோஸ் பாஸ்பேட் ஆகிறது. ATP, ADP யாக மாறுகிறது. கீழேயுள்ள படத்தில் இம் மாற்றம் காண்பிக்கப்பட்டிருக்கிறது. குளுகோஸில் 6 கார்பன், 12 ஹைட்ரஜன், 6 ஆக்ஸிஜன் உள்ளன. இவை இணைந்திருக்கும் விதத்தை குளுகோஸின் அமைப்புச் சூத்திரம் காட்டுகிறது. 6 கார்பன் அணுக்கள் ஒன்றோடொன்று தொடர்ச்சியாக இணைக்கப்பட்டுள்ளன. ஆக்ஸிஜனும் ஹைட்ரஜனும் இக் கார்பன் அணுக்களுடன் படத்தில் காட்டியபடி இணைந்துள்ளன. இதோடு ATP சேரும்போது, அதிலிருந்து ஒரு பாஸ்பேட், குளுகோஸுக்கு மாற்றப்படுகிறது. குளுகோஸில் உள்ள 6 ஆவது கார்பனிலிருந்து ஒரு ஹைட்ரஜனை நீக்கிவிட்டு, பாஸ்பேட் அங்கு



படம்-14.1

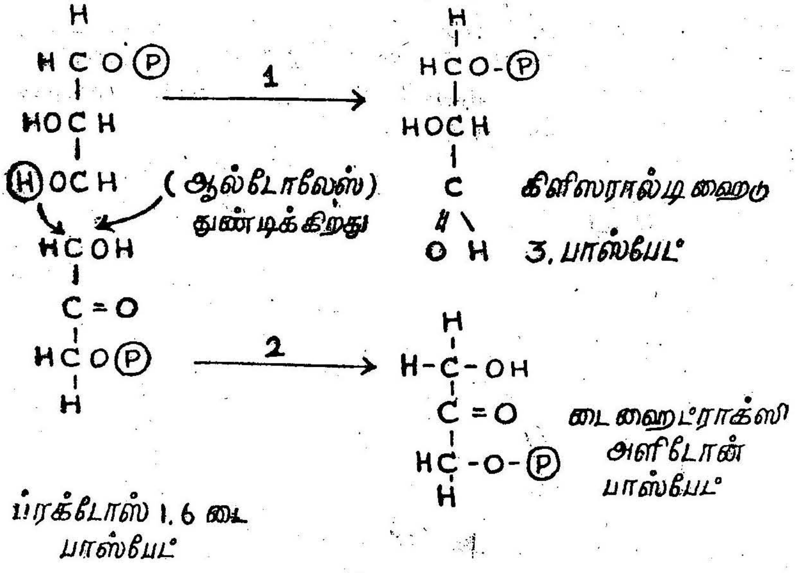
இணைந்துகொள்கிறது. பாஸ்பேட் மூலக்கூறு 6 ஆவது கார்பனில் இணைந்துள்ளதால் இது குளூகோஸ் 6 பாஸ்பேட் (glucose 6 phosphate) எனப்படுகிறது. ஹெக்ஸோ கினேஸ் எனும் பாஸ்பரஸ் மாற்றி இவ்விணையை ஊக்குவிக்கிறது (படம் 14-1).



படம்-14.2

பிறகு குளூகோஸ் 6 பாஸ்பேட், ப்ரக்டோஸ் 6 பாஸ்பேட் (fructose 6 phosphate) ஆக மாற்றப்படுகிறது. ப்ரக்டோஸ் 6 பாஸ்பேட்டிலும், குளூகோஸ் 6 பாஸ்பேட்டில் உள்ள மூலகங்களே உள்ளன. ஆனால், அவை வேறு வகையில் இணைக்கப் பட்டிருக்கின்றன. (இவ்விரு பாஸ்பேட்டுகளின் 1, 2 கார்பன் அணுக்களை ஒப்பிட்டுப் பார்த்தால் இம் மாற்றம் தெரியும்). பிறகு மற்றொரு ATP ப்ரக்டோஸ் 6 பாஸ்பேட்டுடன் சேருகிறது. அப்போது அதிலிருந்து ஒரு பாஸ்பேட் மூலக்கூறு ப்ரக்டோஸ்–6 பாஸ்பேட்டிற்கு மாற்றப்படுகிறது. இப் புதிய பாஸ்பேட் மூலக் கூறு 1ஆவது கார்பனுடன் இணைக்கப்படுகிறது. எனவே, புதிய பொருள் ப்ரக்டோஸ் 1, 6 டை பாஸ்பேட் (fructose 1, 6 di-phosphate) எனப்படுகிறது (படம் 14-2).

இந் நிலையில் ஓர் ஐயம் ஏற்படலாம். சுவாசித்தலின்போது ATP உண்டாக்கப்படுவதாகச் சொன்னோம். ஆனால், இதுவரை ATP பயன்படுத்தப்பட்டிருக்கிறதே தவிரப் புதிதாகத் தோன்ற

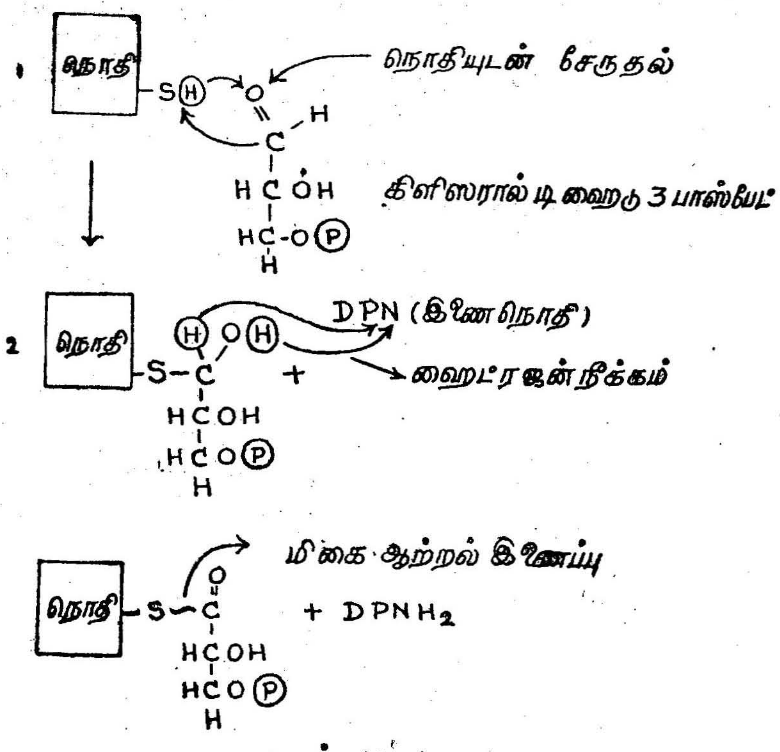


படம் – 14.3

வில்லையே என்று நீங்கள் கருதலாம். இந்த இரண்டு ATP-யும் மீண்டும் தோற்றுவிக்கப்படுவதோடு ஏராளமான புதிய ATP-க் களும் உண்டாக்கப்படுவதைப் பின்னர்க் காண்பீர்கள். சுவாசித் தலில் இதுவரை இரண்டு ATP-க்கள் முதலீடு செய்யப்பட்டுள்ளன.

பின்னர் இதற்கு கொள்ளை இலாபம் கிடைக்கும்! இனி நாம் ப்ரக்டோஸ் 1, 6 டை பாஸ்பேட்டைத் தொடர்ந்து செல்வோம். இப் பொருளின் மேல் ஆல்டோலேஸ் எனும் நொதி செயற்படுகிறது. இந் நொதி நீண்ட கார்பன் கூட்டுப் பொருள்களைத் துண்டிக்கக் கூடியது. எனவே, ப்ரக்டோஸ் 1, 6 டை பாஸ்பேட் மூன்று கார்பன்களைக் கொண்ட இரண்டு துண்டுகளாகத் துண்டிக்கப்படுகிறது (படம் 14-3).

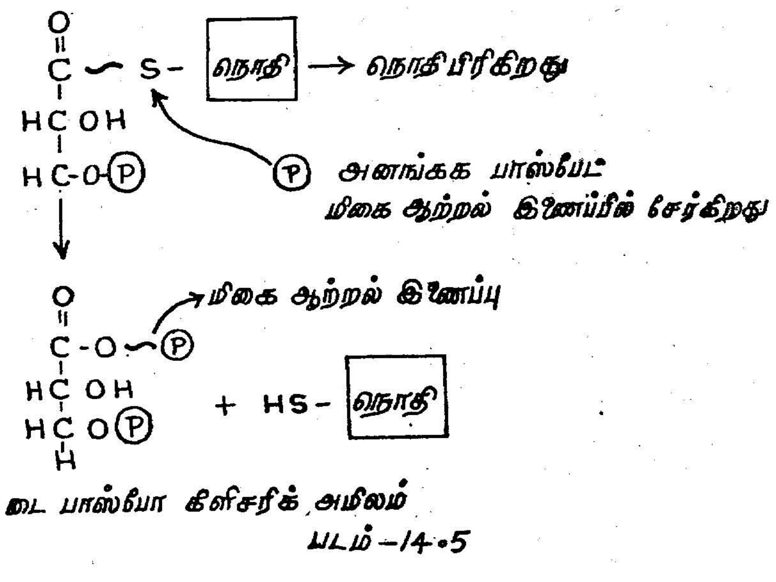
ஒரு துண்டு, கிளிஸரால்டிஹைடு 3 பாஸ்பேட் என்றும் (glyceraldehyde 3 phosphate), மற்றொன்று டை ஹைட்ராக்ஸி அஸிடோன் பாஸ்பேட் (dihydroxyacetone phosphate) என்றும் கூறப்படுகிறது. இதில் டை ஹைட்ராக்ஸி அஸிடோன் பாஸ்பேட்டும் பின்னர் கிளிஸரால்டிஹைடு 3 பாஸ்பேட்டாக மாற்றப் பட்டுத்தான் சுவாசித்தலில் பங்கு கொள்கிறது. எனவே, நாம் கிளிஸரால்டிஹைடு 3 பாஸ்பேட் என்ன மாற்றங்களை அடைகிறது



படம் - 14.4

என்று பார்த்தால் போதும். இது டிரையோஸ் பாஸ்பேட்டி ஹைட்ரோஜினேஸ் என்னும் நொதியுடன் சேருகிறது. DPN இணை நொதியாக உள்ளது. இந்த நொதியில் ஸல்பரையும் (S) ஹைட்ரஜனையும் (H) கொண்ட SH தொகுதி ஒன்று உள்ளது கிளிஸரால் டிஹைறடு 3 பாஸ்பேட் நொதியின் இப் பகுதியுடன்தான் சேருகிறது. டிஹைட்ரோஜினேஸ் என்பது ஹைட்ரஜன் நீக்கும் நொதி என்று பார்த்தோம். எனவே, அது கிளிஸரால்டிஹைறடு 3 பாஸ்பேட்டிலிருந்து ஹைட்ரஜனை நீக்குகிறது. அதாவது, கிளிஸரால் டிஹைறடு 3 பாஸ்பேட் ஆக்ஸிகரண மடைகிறது. நீக்கப் பட்ட ஹைட்ரஜனை இணை நொதியாகிய DPN ஏற்கிறது. இந்த ஆக்ஸிகரணத்தின்போது வெளியிடப்படும் ஆற்றல் நொதியிலுள்ள ஸல்பருக்கும், தளப்பொருளிலுள்ள கார்பனுக்கும் இடையே மிகை ஆற்றல் இணைப்பாகச் சேர்த்து வைக்கப்படுகிறது (படம் 14-4).

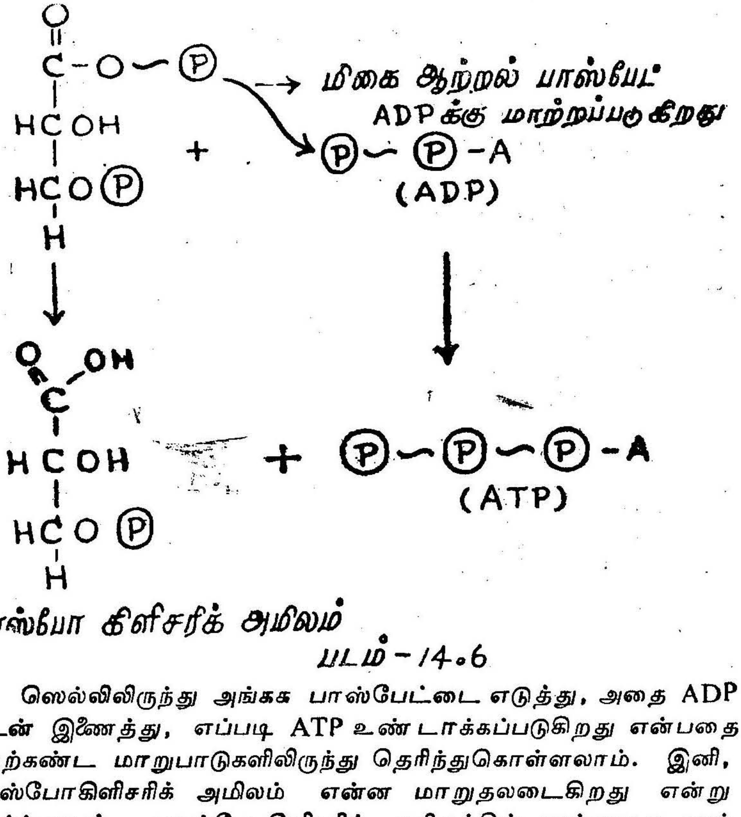
இப்போது செல்லிலுள்ள அனங்கக பாஸ்பேட் ஒன்று இத் தொகுதியுடன் சேருகிறது. ஸல்பருக்கும், கார்பனுக்கும் இடையேயுள்ள மிகை ஆற்றல் இணைப்பு பாஸ்பேட்டிற்கு மாற்றப்படுகிறது. அதாவது, பாஸ்பேட் ஸல்பரை நீக்கிவிட்டு கார்பனுடன் மிகை ஆற்றல் இணைப்பால் இணைகிறது. பாஸ்பேட்டிலிருந்து ஒரு ஹைட்ரஜன், ஸல்பருடன் சேர்ந்துகொள்கிறது. நொதி முழு உருவமடைந்து பிரிந்துவிடுகிறது. இம் மாற்றங்களின் விளைவாக மிகை ஆற்றல் பாஸ்பேட்டைக் கொண்ட ஒரு புதிய பொருள்



படம் - 14.5

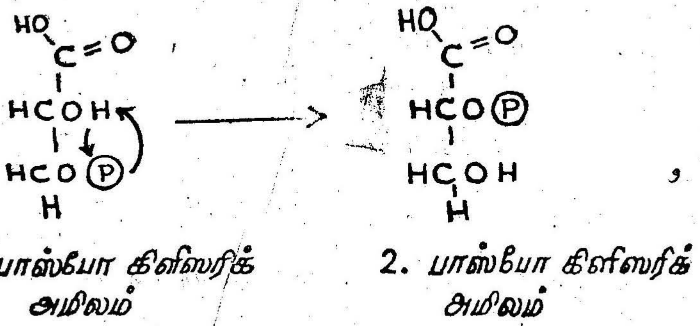
தோன்றுகிறது. இது டை பாஸ்போ கிளிஸரிக் அமிலம் (diphospo-glyceri acid) என்று சொல்லப்படுகிறது (படம் 14-5).

இணைநொதியாகிய DPN H-லிருந்து ஹைட்ரஜன் நீக்கப்படும் முறையைப் பின்னர்க் காண்போம். இந்த அமிலத்தோடு ADP வினைபுரிகிறது. அப்போது மிகை ஆற்றல் பாஸ்பேட் ADP-க்கு மாற்றப்பட்டு அது ATP ஆகிறது. டை பாஸ்போ கிளிசரிக் அமிலம் ஒரு பாஸ்பேட்டை இழந்து பாஸ்போ கிளிசரிக் அமில மாறுகிறது. இந்த அமிலத்தில் பாஸபேட் 3ஆம் கார்பனில் இணைந்துள்ளதால் இது 3 பாஸ்போ கிளிசரிக் அமிலம் எனப்படு கிறது (படம் 14-6).



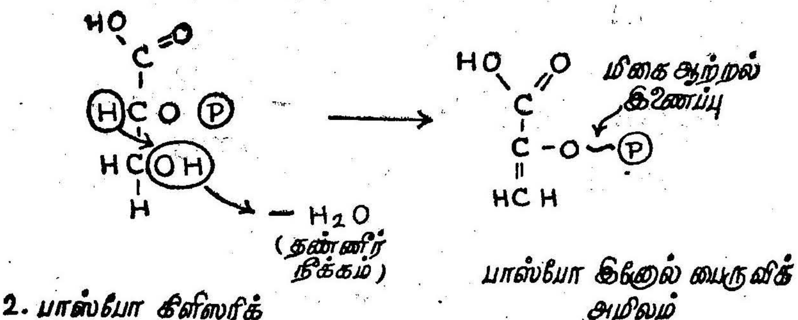
படம் - 14.6

செல்லிலிருந்து அங்கக பாஸ்பேட்டை எடுத்து, அதை ADP யுடன் இணைத்து, எப்படி ATP உண்டாக்கப்படுகிறது என்பதை மேற்கண்ட மாறுபாடுகளிலிருந்து தெரிந்துகொள்ளலாம். இனி, பாஸ்போகிளிசரிக் அமிலம் என்ன மாறுதலடைகிறது என்று பார்க்கலாம். பாஸ்போகிளிசரிக் அமிலத்தின் மூன்ருவது கார்பனில் உள்ள பாஸ்பேட் பாஸ்பரஸ் மாற்றி ஒன்ருல் இரண்டாவது கார்பனுக்கு மாற்றப்படுகிறது. இந்த அமிலம் 2 பாஸ்போ கிளிசரிக் அமிலம் எனப்படுகிறது (படம் 14-7).



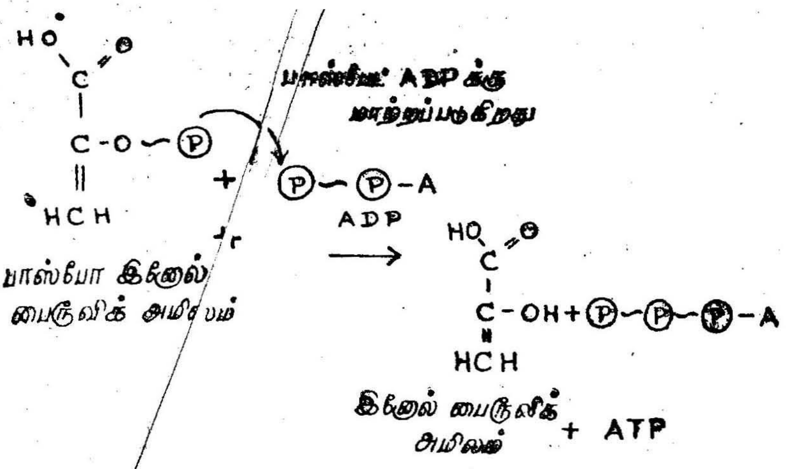
படம் - 14.7

2 பாஸ்போகிளிசரிக் அமிலத்திலிருந்து ஒரு மூலக்கூறு தண்ணீர் நீக்கப்படுகிறது. இதற்கு இனோலேஸ் எனும் நொதி உதவுகிறது. அப்போது பாஸ்போ இனோல் பைருவிக் அமிலம் உண்டாகிறது. அதே சமயத்தில் பாஸ்பரஸுக்கும் கார்பனுக்கு மிடையேயுள்ள இணைப்பில் ஆற்றல் சேர்ந்து மிகை ஆற்றல் இணைப்பாக மாறுகிறது (படம் 14.8).



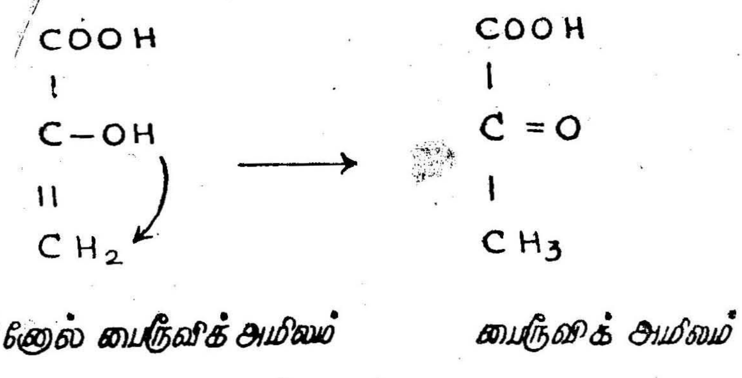
படம் - 14.8

இந்த அமிலத்தோடு ADP சேரும்போது மிகை ஆற்றல் பாஸ்பேட் ADP-க்கு மாற்றப்பட்டு ATP ஆகிறது. பாஸ்போ இனோல் பைருவிக் அமிலம் பாஸ்பேட்டை இழந்து, இனோல் பைருவிக் அமிலமாகிறது (படம் 14.9).



படம் - 14.9

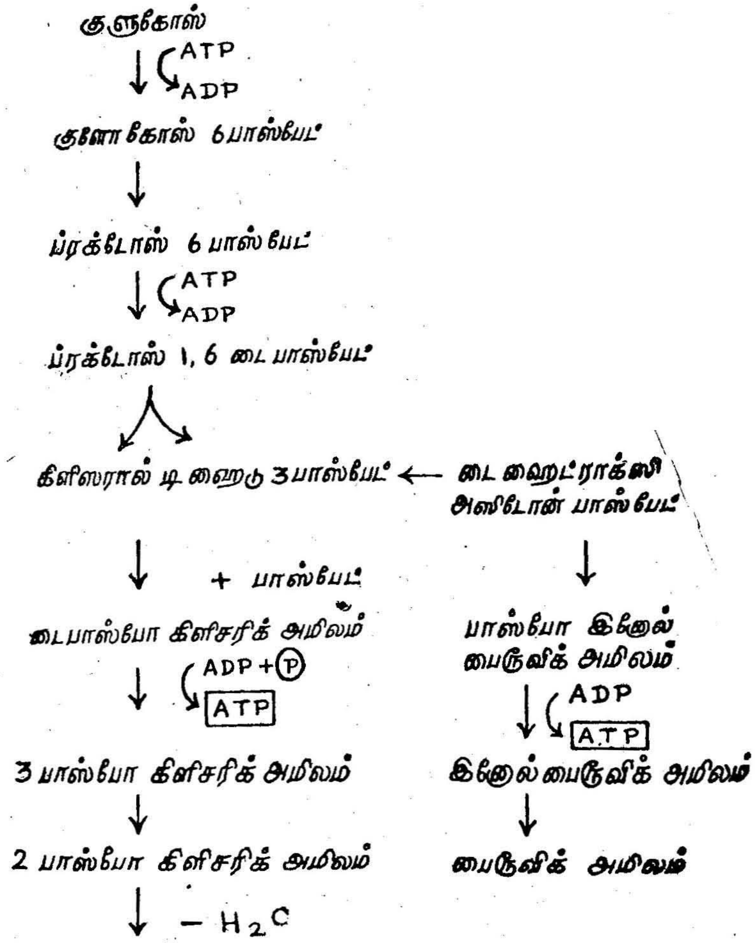
இதன்பின் இனோல் பைருவிக் அமிலம் பைருவிக் அமிலமாக மாற்றப்படுகிறது (படம் 14-10).



படம் - 14.10

இவ்வாறு ஒரு கிளிஸரால் டிஹைறடு 3 பாஸ்பேட் பைருவிக் அமிலமாக மாறும்போது 2 ATP-க்கள் உண்டாகின்றன. ப்ரக்டோஸ் 1, 6 பாஸ்பேட் இரண்டு துண்டுகளாகும்போது இரண்டு கிளிஸரால்டிஹைறடு 3 பாஸ்பேட்டுகள் உண்டாகின்றன என்று பார்த்தோம். ஒரு கிளிஸரால் டிஹைறடு 3 பாஸ்பேட் 2 ATP-க்களை உண்டாக்குகிறது. 2 மூலக்கூறுகளும் 4 ATP-க்களை உண்டாக்கும். 2 ATP-க்கள் பயன்படுத்திக்கொள்ளப்படுகின்றன. ஆக இந்த நிலையில் 2 ATP-க்கள் அதிகமாகத் தோன்றுகின்றன.

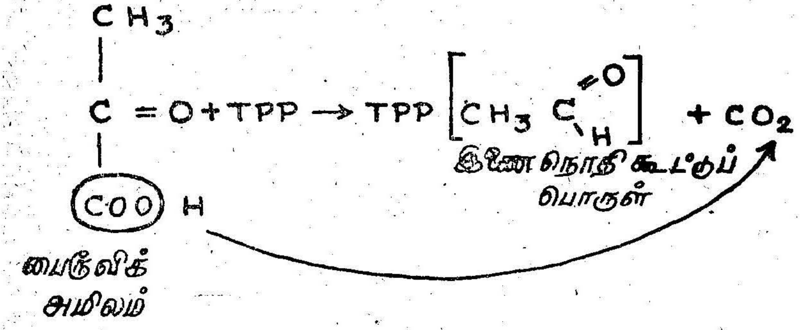
இவ்விதம் குளுகோஸ் பைருவிக் அமிலமாக மாற்றப்படுவதுடன் முதல் நிலையாகிய கிளைகாலிஸிஸ் முடிவடைகிறது. சுவாசிக்கும்போது உள் எடுத்துக்கொள்ளப்படும் ஆக்ஸிஜன் இம் முதல் நிலையில் எந்த மாறுபாட்டிலும் பங்கு கொள்ளவில்லை



படம் – 14.11

என்பதைக் கவனியுங்கள். கிளைகாலிஸிஸுக்கு ஆக்ஸிஜன் தேவையில்லை. ஆக்ஸிஜன் இல்லாமலே அது நடைபெறுகிறது. கிளைகாலிஸிஸின்போது நடைபெறும் மாற்றங்கள் கீழே தொகுத்துக் கொடுக்கப்பட்டுள்ளன (படம் 14-11).

பைருவிக் அமிலம், மேலும் ஆக்ஸிகரணிக்கப்படும்போது தான் பெரும் பகுதி ஆற்றல் வெளிப்படுகிறது. பைருவிக் அமிலம் கார்பாக்ஸிலேஸ் நொதி ஒன்றால் பாதிக்கப்படுகிறது. அப்போது கார்பன் டை ஆக்ஸைடு வெளியேறுகிறது. பைருவிக் அமிலம் அஸிடால் டிஹைடு (acetal dehyde) ஆகிறது. இந்த அஸிடால் டிஹைடு கார்பாக்ஸிலேஸின் இணை நொதியாகிய தையாமீன் பைரோ பாஸ்பேட்டுடன் (thamine pyrophosphate-TPP) இணைந்து ஊக்குவிக்கப்பட்ட ஒரு கூட்டுப்பொருளாகிறது (படம் 14-12).



படம் - 14.12

பிறகு இது கோ என்ஸைம் ஏ எனும் இணைநொதியோடு சேர்கிறது. அப்போது அஸிடால் டிஹைடிலிருந்து ஹைட்ரஜன் நீக்கப்படுகிறது. நீக்கப்பட்ட ஹைட்ரஜனை DPN ஏற்று DPNH ஆகிறது. தளப்பொருளும் கோ என்ஸைம் A-யும் சேர்ந்து அஸிடில் - கோ - ஏ (acetyl co a) என்னும் பொருள் உண்டாகிறது. இம் மாறுபாடுகளைக் கீழ்க்கண்ட சமன்பாட்டால் குறிக்கலாம்.

பைருவிக் அமிலம் + கோ என்ஸைம் ஏ + DPN ——→
அஸிடில் - கோ - ஏ + DPNH + CO_2

கிரெப் வட்டம் : அஸிடில் கோ ஏ செல்லிலுள்ள ஆக்ஸாலோ அஸிடிக் அமிலம் (oxaloacedicacid) என்னும் அமிலத்தோடுசேர்ந்து ஸிட்ரிக் அமிலத்தை உண்டாக்குகிறது.

அஸிடில் கோ ஏ + ஆக்ஸாலே அஸிடிக் அமிலம் ——→
ஸிட்ரிக் அமிலம்.

ஸிட்ரிக் அமிலத்தின் மேல் அகோனிடேஸ் (aconitase) எனும் நொதி வினை புரிகிறது. (இது நீரீ வகையைச் சேர்ந்த நொதி). அப்போது ஸிட்ரிக் அமிலத்திலிருந்து ஒரு மூலக்கூறு தண்ணீர் அகற்றப்பட்டு அந்த அமிலம் ஸிஸ் அகோனிடிக் அமிலம் (cic aconitic acid) ஆகிறது.

அகோனிடேஸ்
ஸிட்ரிக் அமிலம் ——————→ ஸிஸ் அகோனிடிக் அமிலம்
+ H_2O

மற்றும் ஒரு நீரி ஸிஸ் அகோனிடிக் அமிலத்தோடு ஒரு மூலக்கூறு தண்ணீரைச் சேர்க்கிறது. அதன் விளைவாக ஐஸோ-ஸிட்ரிக் அமிலம் (isocitric acid) என்ற அமிலம் தோன்றுகிறது.

அகோனிடேஸ்
ஸிஸ் அகோனிடிக் அமிலம் ——————→ ஐஸோ ஸிட்ரிக் அமிலம்.
+ H_2O

அடுத்த நிலையில் ஹைட்ரஜன் நீக்கி ஒன்று ஐஸோ ஸிட்ரிக் அமிலத்தின் மேல் செயற்படுகிறது. அப்போது அமிலத்திலிருந்து 2 ஹைட்ரஜன்கள் நீக்கப்படுகின்றன. நீக்கப்பட்ட ஹைட்ரஜனை TPN என்ற இணைநொதி ஏற்று TPNH ஆகிறது. ஐஸோ ஸிட்ரிக் அமிலம் ஆக்ஸாலோ-ஸக்கீனிக் அமிலம் ஆகிறது.

ஹைட்ரஜன் நீக்கி
ஐஸோஸிட்ரிக் அமிலம் + TPN ——————→
ஆக்ஸாலோ - ஸக்கீனிக் அமிலம் + TPNH

ஆக்ஸாலோ ஸக்கீனிக் அமிலத்தின்மீது கார்பாக்ஸிலேஸ் நொதி ஒன்று செயற்படுகிறது. கார்பாக்ஸிலேஸ் அமிலங்களிலிருந்து கார்பன்-டை-ஆக்ஸைடை நீக்கும் என்று பார்த்தோமல்லவா? எனவே, ஆக்ஸாலோ-ஸக்கீனிக் அமிலத்திலிருந்து கார்பன் - டை - ஆக்ஸைடு நீக்கப்பட்டு வெளிவிடப்படுகிறது. சக்கீனிக் அமிலம் அல் பாகீடோ குளுடோரிக் அமிலமாகிறது.

கார்பாக்ஸிலேஸ்
ஆக்ஸாலோ ஸக்கீனிக் அமிலம் ——————→
——— CO_2
ஆல்பா கீடோ குளுடோரிக் அமிலம்

ஆல்பா கீடோ குளுடோரிக் அமிலத்தின்மீது ஹைட்ரஜன் நீக்கி ஒன்று வினைபுரிகிறது. அப்போது 2 ஹைட்ரஜன் நீக்கப்பட்டு, இணைநொதியாகிய DPN உடன் சேருகின்றன. அமிலம் சக்கீனிக் அமிலமாகிறது. அதேசமயத்தில் ஒரு கார்பாக்ஸிலேஸும் வினைபுரிந்து கார்பன் - டை - ஆக்ஸைடையும் நீக்குகிறது.

ஹை. நீக்கி
ஆல்பா கீடோ குளுடோரிக் அமிலம் + DPN ——————→
கார்பாக்ஸிலேஸ்
ஸக்கீனிக் அமிலம் + DPNH + CO_2

பின்னர், மற்றொரு ஹைட்ரஜன் நீக்கி ஸக்கீனிக் அமிலத்திலிருந்து 2 ஹைட்ரஜன்களை நீக்கி ஃப்ளேவின் (flavin) என்னும் இணைநொதியோடு சேரச் செய்கிறது. ஸக்கீனிக் அமிலம் ஃப்யூமரிக் அமிலமாகிறது.

$$\text{ஸக்கீனிக் அமிலம்} + \text{ஃப்ளேவின்} \xrightarrow{\text{ஹை. நீக்கி}} \text{ஃப்யூமரிக் அமிலம்} + FH$$

இந்த நிலையில் ஃப்யூமரேஸ் என்னும் நீரிவகையைச் சேர்ந்த நொதி ஃப்யூமரிக் அமிலத்தோடு ஒரு மூலக்கூறு தண்ணீரைச் சேர்த்து, அதை மாலிக் அமிலம் (malic acid) ஆக்குகிறது.

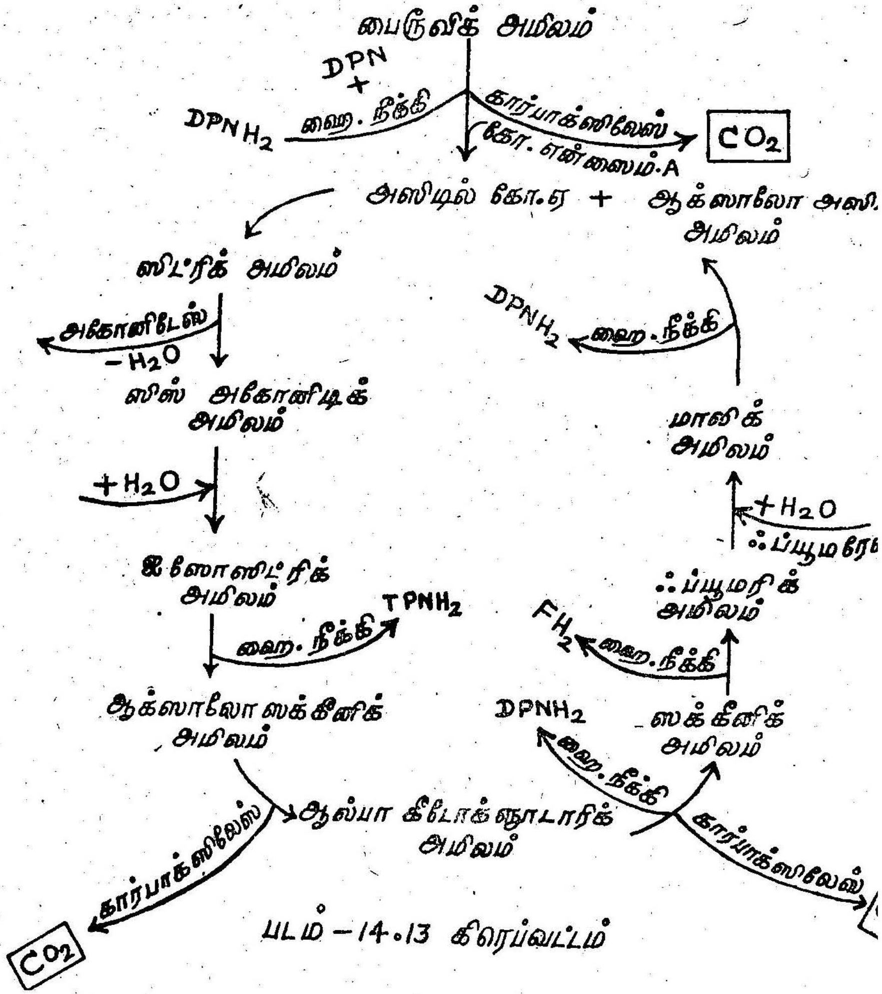
$$\text{ஃப்யூமரிக் அமிலம்} \xrightarrow[+ H_2O]{\text{ஃப்யூமரேஸ்}} \text{மாலிக் அமிலம்}$$

மாலிக் அமிலம் ஒரு ஹைட்ரஜன் நீக்கியால் பாதிக்கப்பட்டு 2 ஹைட்ரஜன்களை இழக்கிறது. இந்த ஹைட்ரஜன் DPN என்னும் இணைநொதியோடு சேர்ந்து DPNH ஆகிறது. ஃப்யூமரிக் அமிலம் மீண்டும் ஆக்ஸாலோ அஸிடிக் அமிலமாகிவிடுகிறது.

$$\text{மாலிக் அமிலம்} + DPN \xrightarrow{\text{ஹை. நீக்கி}} \text{ஆக்ஸாலோ அஸிடிக் அமிலம்} + DPNH$$

நாம் முதலில் ஆக்ஸாலோ அஸிடிக் அமிலத்துடன்தான் ஆரம்பித்தோம். மீண்டும் அந்த அமிலத்தையே வந்து அடைந்துவிட்டோம்! இவ்விதம் தோன்றும் ஆக்ஸாலோ அஸிடிக் அமிலம், மேலும் ஓர் அஸிடில் கோ ஏ-யை ஏற்று, இதே மாற்றங்களை அடையும். இம் மாறுபாடுகள் இவ்வாறு இடைவிடாது சுழன்று நடைபெறுகின்றன. இச் சுழற்சி மாறுபாடுகளே கிரெப் வட்டம் (Kreb's cycle) எனப்படுகிறது. படம் 14-13 கிரெப் வட்டத்தைக் காண்பிக்கிறது.

மேலே உள்ள படத்தைப் பார்த்தால் பைரூவிக் அமிலம் ஆக்ஸிகரணமடையும்போது ஏற்படும் மாறுபாடுகளைத் தெரிந்து கொள்ளலாம். மூன்று இடங்களில் கார்பன்-டை-ஆக்ஸைடு வெளியேற்றப்படுகிறது. இந் நிகழ்ச்சி ஆக்ஸிகரண கார்பன் நீக்கம் (Oxidative-de-carboxylation) எனப்படுகிறது. 5 இடங்களில் ஹைட்ரஜன் நீக்கம் (dehydro geonation) மூலம் ஆக்ஸீகரணம் நடைபெறுகிறது.

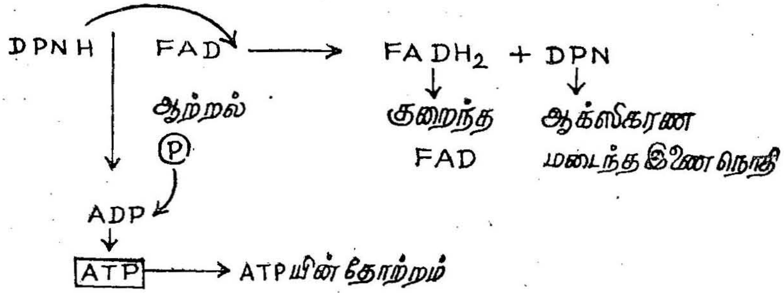


படம் – 14.13 கிரெப்வட்டம்

எலெக்ட்ரான் மாற்றம் : கிளைகாலிஸிஸின்போதும், கிரெப் வட்டத்தின்போதும் தளப்பொருள்களிலிருந்து நீக்கப்படும் ஹைட்ரஜன் TPN, DPN, ஃப்ளேவின்போன்ற இணைநொதிகளால் ஏற்றுக்கொள்ளப்படுகிறது என்று பார்த்தோம். சுவாசித்தல் தொடர்ந்து நடைபெறவேண்டுமானால் இந்த இணைநொதிகளிலிருந்து ஹைட்ரஜன் நீக்கப்படவேண்டும். அதாவது அவை ஆக்ஸீகரணிக்கப்படவேண்டும். அப்போதுதான் உணவுப் பொருள் முடிவாக ஆக்ஸீகரணமடைந்ததாகக் கூறமுடியும்.

மேலும், சுவாசித்தலின் முக்கியமான பகுதியாக ATP-யின் தோற்றம் இன்னும் நடைபெறவில்லை என்பதையும் கவனிக்க வேண்டும். இவ் இரண்டு நிகழ்ச்சிகளும் ஒன்றாக இணைந்து எலெக்ட்ரான் மாற்றத்தின் போது நிகழ்கின்றன.

எலெக்ட்ரான் மாற்றத்தின்போது குறைத்தல் அடைந்த இணைநொதிகளிலிருந்து எலெக்ட்ரான்கள் நீக்கப்படுகின்றன. அப்போது அவை மீண்டும் ஆக்ஸிகரணமடைகின்றன. நீக்கப்பட்ட எலெக்ட்ரான்கள் சைடோக்ரோம் (cytochrome) என்னும் துணுக்குகள் வழியாகச் சென்று, முடிவில் காற்றில் உள்ள ஆக்ஸிஜனுடன் சேருகின்றன. சைடோக்ரோம் மூலக்கூறுகளின் மையத்தில் இரும்புஅயனி உள்ளது. இது எலெக்ட்ரான்களை ஏற்கும்போது குறைத்தல் அடைகிறது. அவற்றை வெளியிடும்போது ஆக்ஸிகரணமடைகிறது. இவ்விதம் சைடோக்ரோம்கள் மாறி மாறி ஆக்ஸிகரணமும் குறைத்தலும் அடைந்து, எலெக்ட்ரான்களைக் கடத்திச்சென்று ஆக்ஸிஜனுடன் சேர்க்கின்றன. இந்நிகழ்ச்சியே எலெக்ட்ரான் மாற்றம் எனப்படுகிறது. இதில் பங்குகொள்ளும் சைடோக்ரோம்களில், சைடோக்ரோம் பி (cytochrome b), சைடோக்ரோம் ஸி (cytochrome c), சைடோக்ரோம் ஏ (cytochrome a), சைடோக்ரோம் ஏ *3* (cytochrome a *3*) என 4 உள்ளன.



படம் - 14 . 14

DPNH, TPNH ஆகிய குறைக்கப்பட்ட இணைநொதிகள் ப்ளேவின் - அடினீன் - டை - நியூக்ளியோடைடு (flavine adenine-dinucleotide FAD) என்ற பொருளால் ஆக்ஸிகரணிக்கப்படுகின்றன. அதாவது இணைநொதிகளில் உள்ள ஹைட்ரஜன் FAD-உடன் சேர்ந்து FADH ஆகிறது. இவ்விதம் இணைநொதி ஆக்ஸிகரணிக்கப்படுகிறது. FAD குறைத்தல் அடைகிறது. இந்த ஆக்ஸி

கரணத்தின்போது ஆற்றல் வெளியாகிறது. அதேசமயத்தில் ADPயுடன் ஒரு பாஸ்பேட் இணைக்கப்பட்டு, ஆற்றல் மிகை ஆற்றல் இணைப்பாக ATP-யில் சேர்கிறது. இவ்விதம் இந்நிலையில் ஒரு ATP உண்டாக்கப்படுகிறது. (படம் 14-14).

பிறகு $FADH_2$ செல்லிலுள்ள சைட்டோக்ரோம் பி. (cytochrome b) என்னும் நொதியால் ஆக்ஸீகரணிக்கப்படுகிறது. $FADH_2$-யிலிருந்து 2 எலெக்ட்ரான்கள் சைட்டோக்ரோம் b-க்கு மாற்றப்படுகின்றன. ஒரு பொருளிலிருந்து எலெக்ட்ரானை நீக்குவது ஆக்ஸிகரணமென்றும், ஒரு பொருளோடு எலெக்ட்ரானைச் சேர்ப்பது குறைத்தல் என்றும் படித்தோமல்லவா? எனவே, இங்கு FADH ஆக்ஸிகரணமடைந்து FAD ஆகிறது. சைட்டோக்ரோம் b குறைத்தல் அடைகிறது. (படம் 14-15)

$FADH_2$ —2. எ→ சைட்டோக்ரோம் b

→ FAD + குறைந்த சைட்டோக்ரோம் b

படம்-14.15

$FADH_2$ —2. எ→ சைட்டோக்ரோம் b

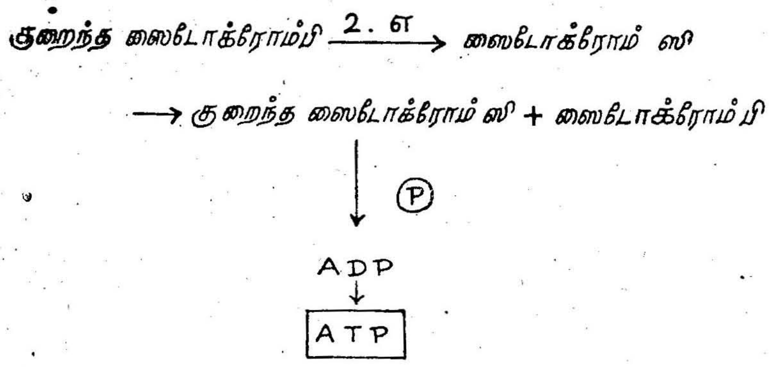
→ FAD + குறைந்த சைட்டோக்ரோம் b

குறைந்த சைட்டோக்ரோம் பி-யிலிருந்து 2 எலெக்ட்ரான்கள் சைட்டோக்ரோம் ஸிக்கு மாற்றப்படுகின்றன. அப்போது சைட்டோக்ரோம் பி ஆக்ஸிகரணமடைகிறது. சைட்டோக்ரோம்-ஸி குறைத்தல் அடைகிறது. இந்த ஆக்ஸிகரணத்தில் வெளியிடப்படும் ஆற்றலும், மிகை ஆற்றல் இணைப்பாக மற்றொரு மூலக்கூறு ATPயில்-சேர்கிறது (படம் 14-16).

குறைந்த சைட்டோக்ரோம் பி —2. எ→ சைட்டோக்ரோம் ஸி

→ குறைந்த சைட்டோக்ரோம் ஸி + சைட்டோக்ரோம் பி

குறைந்த சைட்டோக்ரோம் ஸி இது போலவே 2 எலெக்ட்ரான்களை சைட்டோக்ரோம் ஏ க்கு மாற்றிவிட்டு ஆக்ஸிகரணமடைகிறது. சைட்டோக்ரோம் ஏ குறைகிறது. இந்த ஆக்ஸிகரணத்தின் போது முன்போல மற்றொரு மூலக்கூறு ATP தோன்கிறது.

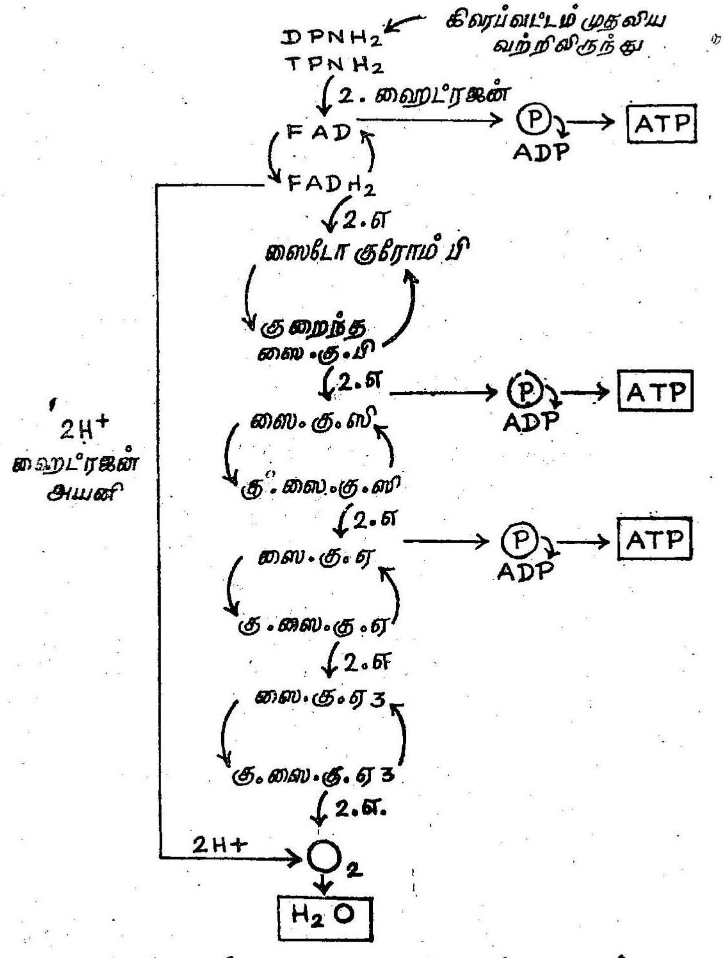


படம்-14.16

குறைந்த சைடோக்ரோம் ஏ (cytochrome a) 2 எலெக்ட்ரான்களை சைடோக்ரோம் ஏ 3-க்கு (cytochrome a 3) மாற்றி விட்டுத் தான் ஆக்ஸீகரணமடைகிறது.

முடிவாக சைடோக்ரோம் ஏ 3 காற்றிலுள்ள ஆக்ஸிஜனுக்கு எலெக்ட்ரான்களை மாற்றுகிறது. இவ்விதம் எலெக்ட்ரான்களால் ஊக்குவிக்கப்பட்ட ஆக்ஸிஜன், ஹைட்ரஜன் அயனிகளோடு சேர்ந்து தண்ணீர் ஆகிறது. எனவே, சுவாசித்தலின்போது உள் எடுத்துக்கொள்ளப்படும் ஆக்ஸிஜன் சைடோக்ரோம் ஏ 3 ஐ ஆக்ஸீகரணிப்பதற்குத்தான் முடிவாகப் பயன்படுத்தப்படுகிறது. இவ்வாறு குறைந்த இணை நொதிகள் படிப்படியாக ஒன்றன்பின் ஒன்றாக ஆக்ஸிகரணமடைந்து மீண்டும் ஹைட்ரஜன் ஏற்படுகின்றன. ATP-யின் தோற்றம் செல்லில் நடைபெறும் இந்த எலெக்ட்ரான் மாற்றத்தோடு பிணைந்துள்ளது. சுவாசித்தலின் போது ADP-யுடன் பாஸ்பேட்டை இணைத்து, ATP ஆக்கும் நிகழ்ச்சி ஆக்ஸீகரணப் பாஸ்பரீகரணம் (oxidative phosphorylation) எனப்படுகிறது. எலெக்ட்ரான் மாற்றத்தின்போது வெளியாகும் ஆற்றல் எப்படி மிகை இணைப்பு ஆற்றலாக ATP-யில் சேருகிறது என்பது தெளிவாகத் தெரியவில்லை. ஆனால், சுவாசித்தலும் பாஸ்பரீகரணமும் நெருங்கிய தொடர்பு கொண்டுள்ளன என்று தெரிகிறது. செல்லில் ADP-யோ பாஸ்பேட்டோ இல்லாத போது சுவாசித்தல் நடைபெறுவதில்லை. எலெக்ட்ரான் மாற்றம் நடக்கும்போது கண்டிப்பாக பாஸ்பரீகரணமும் நடந்துதானாக வேண்டும். படம் 14-17-ல் எலெக்ட்ரான் மாற்ற நிகழ்ச்சிகள் தொகுத்தளிக்கப்பட்டுள்ளன.

எலெக்ட்ரான் மாற்றுத் தொடரின்மூலம் 2 ஹைட்ரஜன் அணுக்கள் செல்லும்போது மூன்று மூலக்கூறு ATP உண்டாகிறது என்று பார்த்தோம். கிளைகாலிஸிஸின்போது, கிரெப் வட்டத்தின் போதும் தோன்றும் ஹைட்ரஜன் அணுக்கள் அனைத்தும் எலெக்ட்-

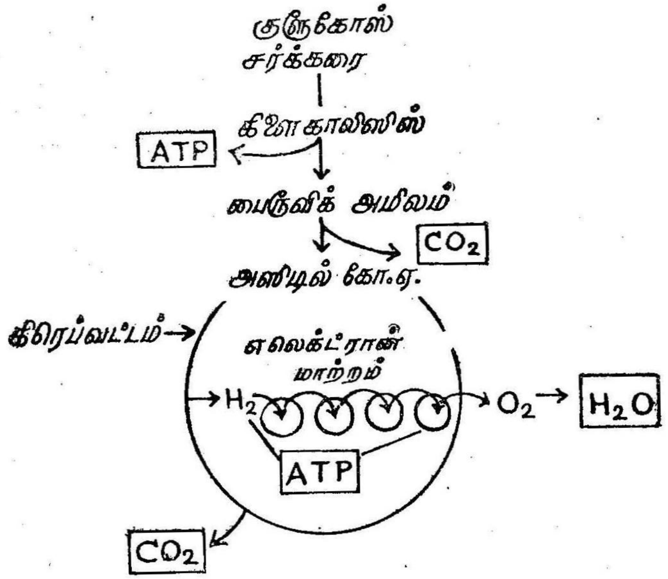


படம் - 14.17 எலெக்ட்ரான் மாற்றம்

ரான் மாற்றத்தொடர் வழியாகச் சென்று ஆக்ஸிஜினுடன் சேரும் போது ஒவ்வொரு மூலக்கூறு குளுகோஸிலிருந்தும் 38 ATP மூலக்கூறுகள் தோன்றுகின்றன என்று கணக்கிட்டிருக்கிறார்கள். இது சுமார் 380,000 கலோரி ஆற்றலுக்குச் சமம்.

சுவாசித்தலின் முக்கியமான பகுதிகளாகிய கிரெப் வட்டமும் எலெக்ட்ரான் மாற்றமும் செல்களிலுள்ள மிடோகாண்டிரியாவில் நடைபெறுகின்றன. இதற்குத் தேவையான எல்லா நொதிகளும் மிடோகாண்டிரியாவில் உள்ளன. கிரெப் வட்டத்திற்குத் தேவையான நொதிகள் மிடோகாண்டிரியாவின் இடைப் பொருளிலே உள்ளன. எலெக்ட்ரான் மாற்றத்திற்குத் தேவையான நொதிகள் சுற்றி சவ்வுடன் இணைந்துள்ளன. செல்லிலிருந்து தனிமைப் படுத்தப்பட்ட மிடோகாண்டிரியாக்கள்கூட சுவாசித்தலின் எல்லா மாறுபாடுகளையும் காட்டுகின்றன. எனவே, மிடோ காண்டிரியாக்களை செல்லின் ஆற்றல் சாலை என்று கூறுவது முற்றிலும் பொருந்தும்.

சுவாசித்தலின்போது நடைபெறும் மாற்றங்களைக் கீழ்க்கண்ட படத்தால் காட்டலாம் (படம் - 14-18).



படம்-14.18 சுவாசித்தல் (முடிவுப்பொருள்கள் கட்டத்தில்)

இந்த மாற்றங்களே பொதுவாகக் கீழ்க்கண்ட சமன்பாட்டால் குறிப்பிடப்படுகின்றன.

$$C_6H_{12}O_6 + 6O_2 \longrightarrow 6CO_2 + 6H_2O + (ATP)$$

ஆற்றல்

உணவுப் பொருளில் ஏராளமான ஆற்றல் பொதிந்துள்ளது. இதை ஒரேயடியாக ஆக்ஸிகரணித்து, ஆற்றல் முழுவதையும் வெளியேற்றுவதைவிட, படிப்படியாக ஆக்ஸிகரணித்து ஆற்றலைப் பெறுவது இயைபு ரீதியிலே பயனுள்ளதாகும். ஒவ்வொரு நிலையிலும் உணவிலே மறைந்து கிடக்கும் ஆற்றல் வெளிப்படுத்தப்பட்டு, தாவரங்களுக்குப் பயன்படக்கூடிய முறையிலே மிகையாற்றல் பாஸ்பேட்டுகளில் சேகரித்து வைக்கப்படுகிறது. உயர்ந்த இடத்திலிருந்து ஒரு பெரு நீர்விழ்ச்சி வீழ்கிறது. விழும் நீரின் ஆற்றலை நேரடியாகப் பயன்படுத்திக்கொள்ள முயல்வோமானால் பெருமளவு ஆற்றல் வீணாகும். ஆனால், அதையே தடுத்து, நீரின் போக்கை ஒழுங்குபடுத்திச் சிறிய நீர்வீழ்ச்சிகளாக்கி அதிகமான ஆற்றலைப் பெறலாமல்லவா? உணவே: பெரு நீர் வீழ்ச்சி! எலெக்ட்ரான் மாற்ற நிலைகளே சிறிய நீர் வீழ்ச்சிகள்! APTயே ஆற்றல்.

புரதங்களும் கொழுப்புப் பொருள்களும் சுவாசிக்கப்படுதல்: சுவாசித்தலில் பங்கு கொள்ளுமுன் புரதங்கள் நொதிகளால் அமினோ அமிலங்களாக மாற்றப்படுகின்றன. இந்த அமினோ அமிலங்களிலிருந்து அமோனியா நீக்கப்படும்போது அவை கீடோ அமிலங்கள் ஆகின்றன. இந்த நிகழ்ச்சி அமைன் நீக்கம் (De amination) எனப்படுகிறது. கீழ்க்கண்ட உதாரணங்களைப் பாருங்கள்:

$$\text{அமைனோ அமிலம்} \xrightarrow{-\text{அமைன்}} \text{கீடோ அமிலம்}$$

$$\text{அஸ்பார்டிக் அமிலம்} \xrightarrow{-\text{அமைன்}} \text{ஆக்ஸாலோ அஸிடிக் அமிலம்}$$

$$\text{குளுடாமிக் அமிலம்} \xrightarrow{-\text{அமைன்}} \text{ஆல்பா கீடோ குளுடாரிக் அமிலம்}$$

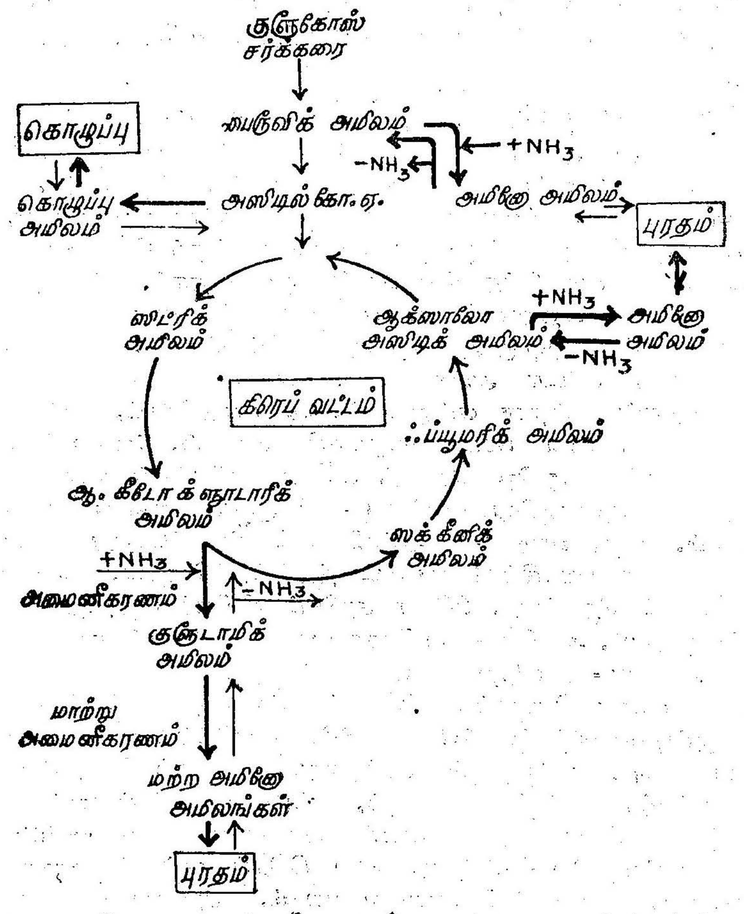
$$\text{அலனீன்} \xrightarrow{-\text{அமைன்}} \text{பைரூவிக் அமிலம்}$$

மேற்கண்ட உதாரணங்களில் காணும் கீடோ அமிலங்கள் எல்லாம் கிரெப் வட்டத்தின் இடைப் பொருள்கள் என்பதைக் கவனியுங்கள். இவ்விதம் அமினோ அமிலங்கள் கீடோ அமிலங்களாக மாற்றப்பட்டு, தங்கட்குரிய இடத்திலே கிரெப் வட்டத்தோடு சேர்ந்துகொள்கின்றன.

கொழுப்புப் பொருள்கள் முதலில் நொதிகளால் செமிக்கப் பட்டுக் கிளிஸராலும் கொழுப்பு அமிலங்களும் தோன்றுகின்றன. கொழுப்பு அமிலங்கள் படிப்படியாக ஹைட்ரஜன் நீக்கம்மூலம் ஆக்ஸிகரணிக்கப்பட்டுக் கடைசியாக கோ என்ஸைம்-ஏயுடன் சேர்ந்து அஸிடில் கோ-ஏ ஆகின்றன. இந்த அஸிடில் கோ-ஏ கிரெப் வட்டத்தில் சேர்ந்துகொள்கிறது. இவ்விதம் புரதங்கள், கீடோ அமிலங்களாகவும், கொழுப்புப் பொருள் அஸிடில் கோ-ஏயாகவும் கிரெப் வட்டத்திலேயே சேர்ந்து ஆக்ஸிகரணிக்கப்படு கின்றன.

கிரெப் வட்டத்தின் முக்கியத்துவம் : கிரெப் வட்டம் சுவாசித்த லில் முக்கியமான பங்கு வகிக்கிறது என்று பார்த்தோம். ஆனால், கிரெப் வட்டத்தின் இடைப் பொருள்களைப் பார்த்தால் மற்றோர் உண்மை விளங்கும். செடிக்கு வேண்டிய புரதங்கள், கொழுப்புப் பொருள்கள் இவற்றைக் கட்டுவதற்குத் தேவையான மூலப்பொருள்கள் இந்த இடைப் பொருள்கள்தாம். என்பதைக் கவனியுங்கள். உதாரணமாக, புரதச் சேர்க்கையை எடுத்துக் கொள்வோம். இதற்கு அமினோ அமிலங்கள் தேவை. அமினோ அமிலங்கள், கீடோ அமிலங்களிலிருந்து அமைணீகரணத்தின் மூலம் தோன்றுகின்றன என்று முன்னரே படித்தோம், கிரெப் வட்டத்தில் ஆல்பா கீடோ குளுடாரிக் அமிலம், ஆக்ஸாலோ அஸிடிக் அமிலம் ஆகிய இரண்டு கீடோ அமிலங்கள் உள்ளன. இவற்றை அமைணீகரணத்தினால் அமினோ அமிலங்கள் ஆக்க முடியும். ஆக, புரதங்கள் ஆக்ஸிகரணிக்கப்படும்போது அவை கீடோ அமிலங்களாகிக் கிரெப் வட்டத்தில் சேர்கின்றன. கிரைப் வட்டத்தில் தோன்றும் கீடோ அமிலங்களிலிருந்து அவற்றைக் கூட்டமுடியும். அதுபோலவே கொழுப்பு அமிலங்களைத் தயாரிக்க அஸிடில் கோ-ஏ என்ற பொருள்தான் அடிப்படையாக இருக் கிறது என்று கொழுப்புச் சேர்க்கையின்போது பார்த்தோம். கொழுப்பு சுவாசிக்கப்படும்போது இதே அஸிடில் கோ-ஏ யாகத் தான் கிரெப் வட்டத்தில் சேர்கிறது. இவ்விதம் கொழுப்புப் பொருள்களை ஆக்ஸீகரணிக்கவும், கட்டவும், கிரெப் வட்டம் உதவுகிறது. மேலும் குளூகோஸ் சர்க்கரை அஸிடில் கோ-ஏ யாகவே கிரெப் வட்டத்தில் சேர்கிறது. இது கிரெப் வட்டத்தின்மூலம் சென்று மேலும் ஆக்ஸிகரணமடையலாம். அல்லது கொழுப்பு அமிலமாக மாறலாம். நாம் உண்ணும் சர்க்கரை இப்படித்தான் உடலில் கொழுப்பாகச் சேர்கிறது. சர்க்கரைப் பொருள்கள் கீடோ அமிலங்கலாக கிரெப் வட்டத்தின் வழி செல்லும்போது அவை அமினோ அமிலங்களாகவும், புரதங்களாகவும் மாறலாம். இவ்விதம் தரசம், புரதம், கொழுப்பு ஆகிய மூன்று முக்கியமான

பொருள்களைக் கட்டவும், அவற்றை ஆக்ஸிகரணிக்கவும் ஒன்றை மற்றொன்ருக மாற்றவும் கிரெப் வட்டமே பயன்படுகிறது. ஆக, உயிரினங்களின் வளர்சிதைமாற்ற நிகழ்ச்சிகளின் அச்சு என்று கிரெப் வட்டத்தைக் கருதலாம். படம் 14-19 இதை விளக்குகிறது.



படம் - 14.19 கிரெப் வட்டம் : வளர் சிதை மாற்றத்தின் அச்சு

காற்றிலா சுவாசமும் நொதித்தலும் : சுவாசித்தலின் போது தளப்பொருளிலிருந்து நீக்கப்படும் ஹைட்ரஜன் முடிவாக ஆக்ஸிஜனுடன் சேர்ந்து தண்ணீர் ஆகிறது என்று பார்த்தோம். இவ்

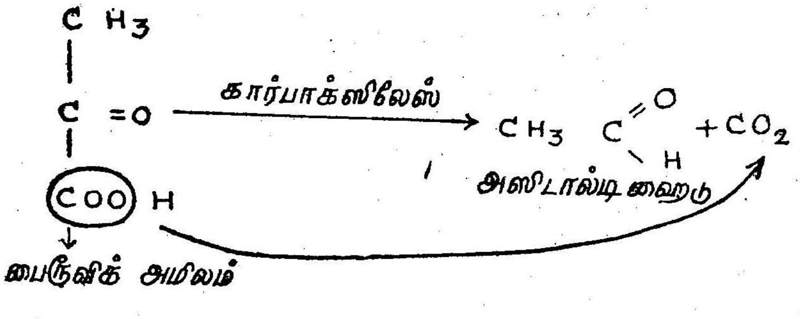
வாறு சுவாசித்தலின் முடிவான ஆக்ஸிகரணத்திற்கு ஆக்ஸிஜன் தேவைப்படுகிறது. உயர் விலங்குகள் ஆக்ஸிஜன் இல்லாமல் உயிருடன் இருக்க முடியாது. ஆனால், உயர் தாவரங்கள் குறைந்த காலத்திற்கு ஆக்ஸிஜன் இல்லாமலே வாழ முடியும். பூஞ்சை வகையைச் சேர்ந்த ஈஸ்ட் (Yeast), பாக்டீரியாவின் சில வகைகள் (Bacteria) ஆகிய உயிரினங்கள் காற்று இல்லாத சூழ் நிலையிலேயே வாழ்கின்றன. இவை ஆற்றல் பெறும் முறை காற்றிலா சுவாசம் (Anaerobic Respiration) எனப்படுகிறது. ஈஸ்டுகளிலும் பாக்டீரியாக்களிலும் நடைபெறும் நொதித்தல் (Fermentation) என்னும் ஒருவகைக் காற்றிலா சுவாசத்தைப்பற்றி இப்போது தெரிந்துகொள்வோம்.

நொதித்தல் : நொதித்தலின் முதல்நிலை சுவாசித்தலின் முதல் நிலையை ஒத்தே இருக்கிறது. நொதித்தலின்போது கிளை காலிஸிஸ் நடைபெற்றுச் சர்க்கரை பைருவிக் அமிலமாக மாற்றப்படுகிறது. கிளைகாலிஸிஸின்போது நடைபெறும் மாற்றங்களை மீண்டும் நினைவுபடுத்திக்கொள்வோம். குளுகோஸ் சர்க்கரையுடன் ATP சேர்ந்து குளுகோஸ் 6 பாஸ்பேட் ஆகிறது. இது ப்ரக்டோஸ் பாஸ்பேட்டாக மாற்றப்பட்டு, மற்றொரு ATP யுடன் சேர்ந்து ப்ரக்போஸ் 1, 6டை பாஸ்பேட் ஆகிறது. இது இரண்டு துண்டுகளாகி கிளிஸரால்-டி-ஹைடு 3 பாஸ்பேட் உண் டாக்கப்படுகிறது. இப் பொருள் ஹைட்ரஜன் நீக்கம் மூலம் ஆக்ஸிகரணமடைகிறது. நீக்கப்பட்ட ஹைட்ரஜனுடன் DPN சேர்ந்து DPNH ஆகிறது. ஒரு பாஸ்பேட் எடுத்துக்கொள்ளப் பட்டு டை பாஸ்போ கிளிஸரிக் அமிலம் தோன்றுகிறது. இந்த அமிலம் ADP யுடன் சேர்ந்து ATPயை உண்டாக்குவதோடு பாஸ்போ 3 கிளிசரிக் அமிலமாகிறது. பாஸ்போ 3 கிளிசரிக் அமிலம் பாஸ்போ 2 கிளிசரிக் அமிலமாகிறது. இதிலிருந்து ஒரு மூலக்கூறு தண்ணீர் அகற்றப்பட்டு, இது பாஸ்போ இனோல் பைருவிக் அமிலமாகிறது. இது மற்றொரு ADP யை ATP ஆக்கி இனோல் பைருவிக் அமிலமாகிறது. இனோல் பைருவிக் அமிலம் பைருவிக் அமிலமாகிறது.

நொதித்தல், சுவாசித்தல் இரண்டிலும் இம் மாற்றங்களே ஏற்படுகின்றன. கிளைகாலிஸிஸ் நொதித்தலுக்கும் சுவாசித்தலுக் கும் பொதுவான ஒரு பாதை. இவ்விரண்டு நிகழ்ச்சிகளுக்கும், இரண்டாவது நிலையில்தான் வேறுபாடு காணப்படுகிறது. சுவா சித்தல் நடக்கும்போது பைருவிக் அமிலம், அஸிடில் கோ-ஏ யாகி கிரெப் வட்டத்தில் சேர்கிறது என்று பார்த்தோம். ஆனால், நொதித்தலில் பைருவிக் அமிலம் வேறு மாறுதல்களை அடைகிறது.

உதாரணமாக, லாக்டிக் அமில பாக்டீரியா நொதித்தல் அடையச் செய்யும்போது நடக்கும் நிகழ்ச்சிகளைப் பார்ப்போம். கிளைகாலி ஸிஸின்போது கிளிஸரால்டிஹைடு 3 பாஸ்பேட்டிலிருந்து ஹைட் ரஜன் நீக்கப்படுகிறது என்றும், அது DPN உடன் சேர்கிறது என்றும் பார்த்தோமல்லவா? இந்த DPNH பைருவிக்அமிலத்துடன் சேர்கிறது. DPNH–ல் உள்ள ஹைட்ரஜன் பைருவிக் அமிலத் துடன் சேர்ந்து லாக்டிக் அமிலம் உண்டாகிறது. அதாவது, பைருவிக் அமிலம் குறைதல் அடைகிறது. DPNH ஆக்ஸி கரணிக்கப்பட்டு DPN ஆகி மீண்டும் ஹைட்ரஜனை ஏற்கத் தயாரா கிறது. எனவே, இந்த நொதித்தலின் முடிவுப்பொருளாக லாக்டிக் அமிலம் தோன்றுகிறது.

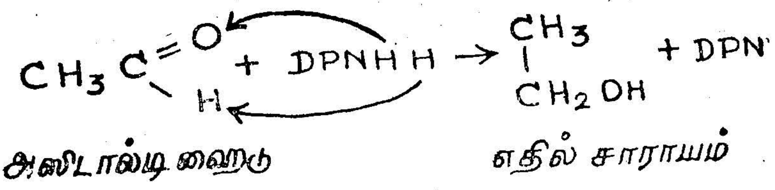
இனி, ஈஸ்டு நொதிக்கச் செய்யும்போது என்ன மாறுதல்கள் ஏற்படுகின்றன என்று பார்க்கலாம். முதலில் பைருவிக் அமிலம் ஒரு கார்பாக்ஸிலேஸ் நொதியால் பாதிக்கப்படுகிறது. அப்போது கார்பன் டை ஆக்ஸைடு அகற்றப்பட்டு, அஸிடால்டிஹைடு உண் டாகிறது.



படம் – 14.20

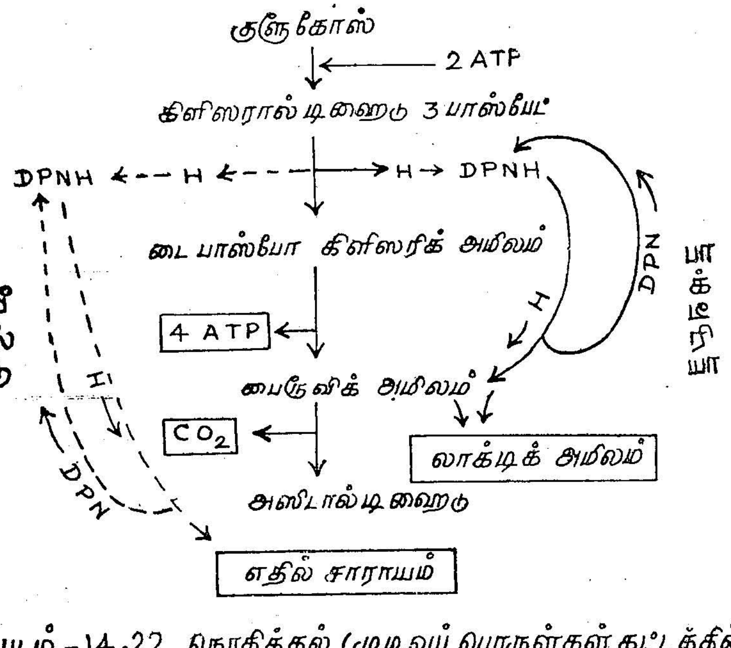
பிறகு DPNH இந்த அஸிடால்டிஹைடுடன் சேர்கிறது. அப்போது ஹைட்ரஜன் அஸிடால் டிஹைடுக்கு மாற்றப்பட்டு,அது எதில் சாராயம் ஆகிறது. DPNH ஆக்ஸிகரணமடைந்து DPN ஆகிறது. எனவே, இந்த நொதித்தலின் முடிவாக எதில்சாராயமும் கார்ப்பன்-டை–ஆக்ஸைடும் தோன்றுகின்றன.

சுவாசித்தலில் ஹைட்ரஜன் முடிவாக ஆக்ஸிஜனுல் ஏற்றுக் கொள்ளப்படுகிறது. ஆனுல், நொதித்தலில் ஹைட்ரஜன் பைருவிக் அமிலத்தினுலோ அல்லது அதிலிருந்து தோன்றும் மற்றப் பொருள்



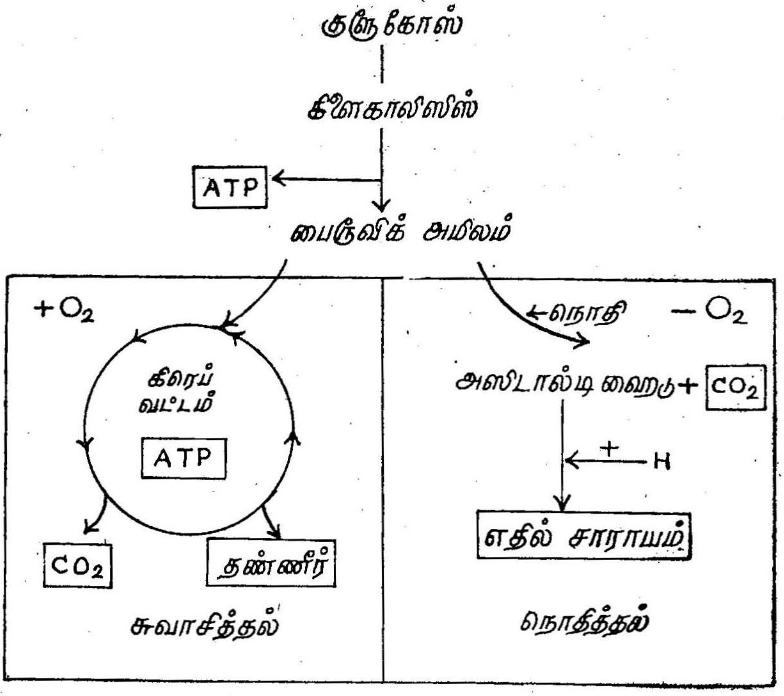
படம்-14.21

களிஞலோ ஏற்றுக்கொள்ளப்படுகிறது. சுவாசித்தலின்போது உணவுப்பொருள்கள்முழுமையாக ஆக்ஸீகரணிக்கப்பட்டு கார்பன்-டை-ஆக்ஸைடாகவும் தண்ணீராகவும் மாறுகின்றன. நொதித்தலின்போது தோன்றும் பொருள்களில் சில முழுவதும் ஆக்ஸிகரணிக்கப்பட்டவை. சில ஓரளவே ஆக்ஸிகரணிக்கப்பட்டவை. நொதித்தலின்போது நடைபெறும் மாற்றங்களைப் படம்-14.22 காட்டுகிறது.



படம்-14.22 நொதித்தல் (முடிவுப் பொருள்கள் கட்டத்தில்)

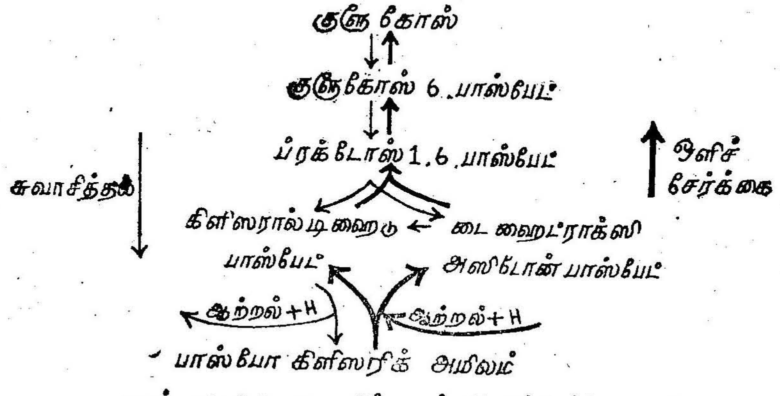
நொதித்தலில் ஆற்றல் வெளியீடு எங்கு நடைபெறுகிறது? கிளைகாலிஸிஸின்போது 4 ATPகள் தோன்றுகின்றன. இதில் 2 பயன்படுத்திக்கொள்ளப்படுகின்றன. மீதமுள்ள 2 ATPதான் ஆற்றலைக் கொடுக்கிறது. ஆற்றல் வெளியீட்டுக்குக் காரணமான நிகழ்ச்சி என்ற முறையில் பார்க்கும்போது நொதித்தலைவிட சுவாசித்தல் அதிகமான ஆற்றலைக் கொடுக்கிறது என்பது தெளிவு. சுவாசித்தலுக்கும் நொதித்தலுக்கும் இடையேயுள்ள தொடர்பைக் கீழ்க்கண்ட படம் காட்டுகிறது (படம் 14.23).



படம் - 14.23 சுவாசித்தலும் நொதித்தலும்
(முடிவுப்பொருள்கள் கட்டத்துள்)

ஒளிச்சேர்க்கையும் சுவாசித்தலும் : ஒளிச்சேர்க்கையின் போது நடைபெறும் மாற்றங்களை நினைவுபடுத்திக்கொள்வோம். ரைபுலேஸ்-டை-பாஸ்பேட், கார்பன்-டை-ஆக்ஸைடு எடுத்துக்

கொண்டு பாஸ்போ கிளிசரிக் அமிலமாகிறது. பாஸ்போ கிளிசரிக் அமிலத்துடன் ஹைட்ரஜன் சேர்ந்து, கிளிஸரால் டிஹைறடு 3 பாஸ் பேட்டும், டை ஹைட்ராக்ஸ் அஸ்டோன் பாஸ்பேட்டும் உண்டா கின்றன. இம் மாற்றத்தின்போது ஆற்றல் உணவோடு இணைக்கப் படுகிறது. இவை இணைந்து ப்ரக்டோஸ்-டை-பாஸ்பேட் உண்டா கிறது. இது குளூகோஸ் பாஸ்பேட்டாகி, பின்னர் குளூகோ ஸாகவும், மற்றச் சர்க்கரைகளாகவும் மாறுகிறது. இப்போது கிளைகாலிஸிஸின் முதல் நிலையில் ஏற்படும் மாற்றங்களைக் கவனியுங்கள். அவை ஒளிச்சேர்க்கைக்கு நேர் எதிரான மாற்றங்கள் என்பதைக் காண்பீர்கள். கீழே உள்ள படத்தைப் பாருங்கள் (படம் 14.24).



படம் - 14.24 சுவாசித்தலும் ஒளிச்சேர்க்கையும்

ஒளிக்சேர்க்கையின்போது தண்ணீரிலிருந்து ஹைட்ரஜன் பிரிக்கப்பட்டு ஆக்ஸிஜன் வெளிவிடப்படுகிறது. ஹைட்ரஜன் கார்டன்-டை-ஆக்ஸைடுடன் சேர்ந்து கார்போஹைட்ரேட் ஆகிறது. ஒளியின் ஆற்றல் உணவிலே சேர்கிறது. சுவாசித்தலின் போது உணவிலிருந்து ஹைட்ரஜன் நீக்கப்பட்டு, கார்பன்-டை-ஆக்ஸைடு வெளிவிடப்படுகிறது. ஹைட்ரஜன் ஆக்ஸிஜனுடன் சேர்ந்து தண்ணீராகிறது. உணவிலே சேர்ந்த ஆற்றலும் வெளியா கிறது. கீழ்க்கண்ட சமன்பாட்டால் இதைக் குறிப்பிடலாம்.

$$C_6 H_{12} O_6 + 6O_2 \underset{\longleftarrow}{\xrightarrow{\text{சுவாசித்தல்}}} 6CO_2 + 6H_2O + \text{ஆற்றல்}$$

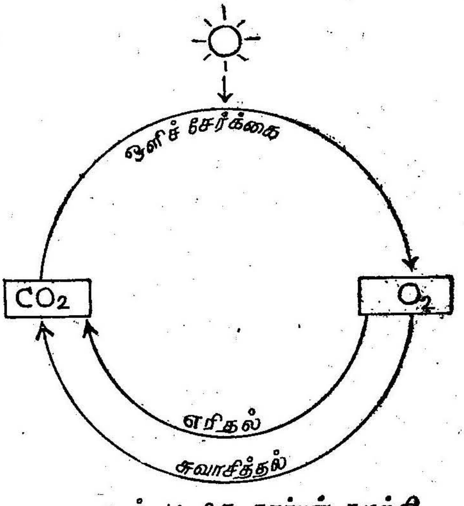
ஒளிச்சேர்க்கை

இவ்விரு நிகழ்ச்சிகளுக்கும் இடையேயுள்ள வேறுபாடுகளைச் சுருக்கமாகக் கீழ்க்கண்டவாறு கூறலாம் :

ஒளிச்சேர்க்கை	சுவாசித்தல்
1. உணவு கட்டப்படுகிறது	உணவு சிதைவடைகிறது
2. ஆற்றல் சேருகிறது	ஆற்றல் வெளியிடப்படுகிறது
3. மூலப் பொருள்கள் கார்பன் டை ஆக்ஸைடும் தண்ணீரும்	தளப் பொருள் குளூகோஸ்
4. முடிவுப் பொருள்கள் சர்க்கரை	கார்பன் டை ஆக்ஸைடும் தண்ணீரும்
5. ஒளியில் மட்டுமே நடைபெறும்	எல்லாக் காலத்திலும் நடைபெறும்
6. பச்சையான பகுதிகளிலேயே நடைபெறும்	எல்லாப் பகுதிகளிலும் நடைபெறும்

கார்பன் ஆக்ஸிஜன் சுழற்சி : வளிமண்டலத்தில் கார்பன்-டை-ஆக்ஸைடும் ஆக்ஸிஜனும் உள்ளன. தாவரங்கள் கார்பன் டை-ஆக்ஸைடை எடுத்துக்கொண்டு உணவுச்சேர்க்கை செய்கின்றன. விலங்குகளும் தாவரங்களும் சுவாசித்தலின்போது ஆக்ஸிஜனை எடுத்துக்கொள்கின்றன. இவ்விதம் இரண்டு வாயுக்களும் பயன்படுத்திக் கொள்ளப்பட்டபோதிலும் அவை ஏறத்தாழ ஒரே அளவில் வளிமண்டலத்தில் உள்ளன. இதற்குக் காரணம் சுவாசித்தலுக்கும் ஒளிச்சேர்க்கைக்கும் இடையேயுள்ள தொடர்புதான்.

சுவாசித்தலின்போது ஆக்ஸிஜன் எடுத்துக்கொள்ளப்பட்டு, கார்பன் டை-ஆக்ஸைடு வெளியிடப்படுகிறது. ஒளிச்சேர்க்கையின்போது கார்பன்-டை-ஆக்ஸைடு எடுத்துக்கொள்ளப்பட்டு, ஆக்ஸிஜன் வெளியிடப்படுகிறது. . இச் சுழற்சியைப் படம்-14.25 காட்டுகிறது.



படம்-14.25 கார்பன் சுழற்சி

15. வளர்ச்சி

(Growth)

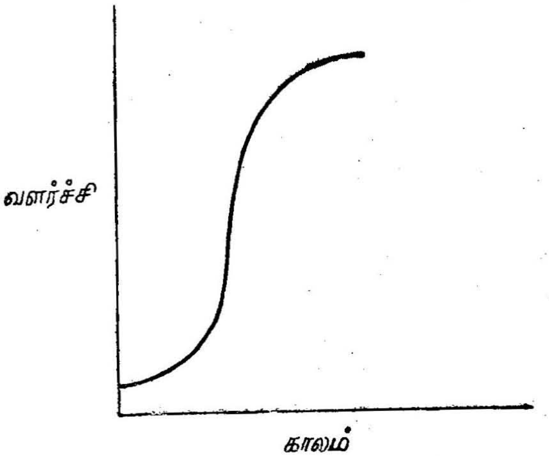
தாவரங்களால் தயாரிக்கப்படும் உணவின் ஒரு பகுதி எப்படிச் சிதைந்து ஆற்றலாகிறது என்பதைப் பார்த்தோம். மற்றொரு பகுதி சேமிப்புப் பொருளாகச் சேர்த்து வைக்கப்படுகிறது. உணவின் மூன்ருவது பகுதி புரோட்டோப்ளாசம், ஸெல் சுவர் முதலியவற்றைக் கட்ட உதவுகிறது. அதாவது, அது ஸெல்லின் பகுதியாக அதோடு இணைந்துவிடுகிறது. இந் நிசழ்ச்சி தன்வய மாதல் (Assimilation) எனப்படுகிறது. இதன் விளைவாகச் செடி பெரிதாகிறது. புதிய உறுப்புகள் தோன்றுகின்றன. இதை 'வளர்ச்சி' என்று பொதுவாகக் கூறுகிறோம். எனவே, வளர்சிதை மாற்றத்தின் விளைவே வளர்ச்சி என்று கூறலாம். வளர்ச்சி என்று சொல்லும்போது, என்ன நிகழ்கிறது என்பதை நாம் புரிந்து கொள்கிறோம். ஆனால், அந் நிகழ்ச்சிக்குத் திட்டவட்டமான ஒரு வரையறை கொடுக்கமுடியுமா என்ருல், முடியாது. ஏன்? வளர்ச்சியை நாம் பல கண்ணோட்டங்களில் காணமுடியும். அளவிலே பெரிதாவதுதான் வளர்ச்சி என்று கூறமுடியுமா? பொதுவாக வளர்ச்சியைப்பற்றிய நமது கருத்து இதுதான். நீளம், பரிமாணம், பொருண்மை, எடை இவை அதிகமாகும் போது வளர்ச்சி ஏற்பட்டுவிட்டது என்று கூறுகிறோம். உயிரற்ற ஒரு பொருள்கூட இத்தகைய வளர்ச்சியைக் காட்டுகிறது. ஒரு சிறு படிகத்தை, அதன் பூரிதக் கரைசலில் தொங்கவிடும்போது படிகம் அளவில் பெரிதாகிறது. அதுவும் வளர்ச்சிதான்! ஆனால், இவ் வளர்ச்சியில் கரைசலிலுள்ள கரைபொருள், சிறிய படிகத்தின் மேல் அடுக்கடுக்காகப் படிந்து படிகம் வளர்கிறது. உயிரினங்களின் வளர்ச்சி அத்தகைய புற நிகழ்ச்சி அன்று. அதை உயிரினங்களின் அக ஒழுங்கு என்று குறிப்பிடலாம். மீண்டும் நமது படிகத்தை எடுத்துக்கொள்வோம். அதைப் பொடியாக்கித் தண்ணீரில் கரைத்து, மறுபடியும் கரைசல் ஆக்கலாம். எனவே,

படிகத்தின் வளர்ச்சி மறுதிசையிலே திருப்பக்கூடியது. ஆனால், உயிரினங்களின் வளர்ச்சியை அவ்வாறு திருப்ப முடியாது. மரத்தை வெட்டினால் அது குட்டையாகலாம். ஆனால், செடியாகிவிடாது.

வளர்ச்சியை செல் எண்ணிக்கையின் உயர்வாகவும் நாம் காணமுடியும். உதாரணமாக, ஒரு பாக்டீரியாவை ஊட்ட ஊடகத்திலே வைத்தால் அது விரைவாகப் பகுப்படைந்து பல பாக்டீரியாக்கள் ஆகிறது. இதுவும் வளர்ச்சிதான்.

ஓர் உயிரினம் வளரும்போது அதன் எளிய அமைப்பு, சிக்கலான அமைப்பாக மாறுகிறது என்ற முறையிலும் நாம் வளர்ச்சியைக் காணமுடியும். ஒரு சிறிய நாற்றின் (Seedling) புகைப்படத்தை எடுத்து, அதைப் பன்மடங்கு பெரிதாக்குவதாக வைத்துக்கொள்வோம். அப்போது அது மரத்தின் படமாகிவிடுமா ? ஆகாது. ஒரு மரத்திற்கும், அதன் நாற்றிற்கும் இடையே அளவில் மட்டுமன்றி வேறு எத்தனையோ வேறுபாடுகள் உள்ளன. நாற்றிலே காணப்படும் சில அங்கங்கள் மரத்திலே இருக்கா. மரத்திலே இருக்கும் சில திசுக்களும் அங்கங்களும் நாற்றிலே இருக்கா. மரத்தின் அமைப்பு நாற்றின் அமைப்பை விடச் சிக்கலானது. ஆக, வளர்ச்சி என்பது ஒரு எளிய நிகழ்ச்சி அன்று. அது பல கட்டடங்களைக் கொண்ட ஒரு கூட்டு நிகழ்ச்சி. இந் நிகழ்ச்சியைப்பற்றி இப் பகுதியிலே தெரிந்துகொள்வோம்.

வளர்ச்சிப் பெருங்காலம் (Grand Period of Growth) : ஒரு செடி அல்லது அதன் ஏதாவது ஓர் அங்கத்தின் வளர்ச்சியைக் கவனித்தால், அதில் ஓர் இலயம் இருப்பது தெரியும். முதல் கட்டத்



படம்– 15.1 வளர்ச்சி வரைகோடு

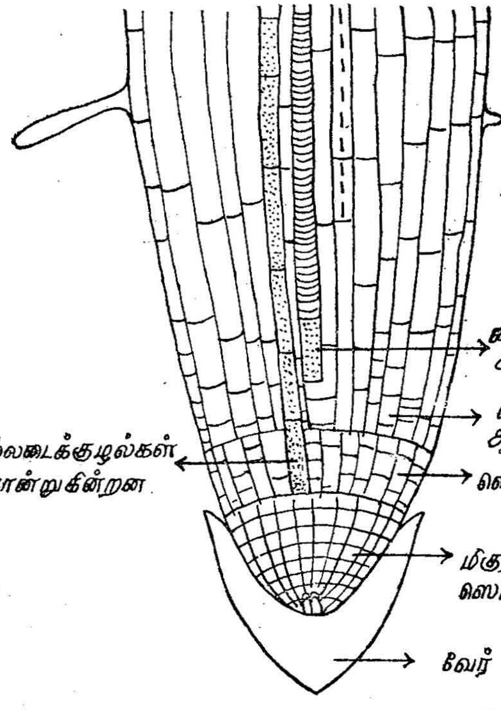
தில் அதன் வளர்ச்சி விரைவாக உயர்கிறது. பிறகு வளர்ச்சியின் வேகம் குறைகிறது. மூன்ருவது கட்டத்தில் வளர்ச்சி நின்று போகிறது. காலத்தையும் வளர்ச்சியையும் கொண்டு ஒரு வரை கோடு வரைவோமாஞல் அது S போன்று இருப்பதைக் காணலாம் இது ஸிக்மா வளர்ச்சி வரைகோடு (Sigmoid curve of growth) எனப்படுகிறது (படம் 15-1). செடி அல்லது அதன் அங்கத்தின் இந்த வளர்ச்சிக்காலம் வளர்ச்சிப் பெருங்காலம் எனப்படுகிறது. செடியின் நீளம், எடை, ஸெல்களின் எண்ணிக்கை இவற்றில் எதைக் கொண்டு இவ்வளர்ச்சியைக் கணக்கிட்டாலும் இது போன்ற ஸிக்மா வரைகோடு கிடைக்கும்.

வளர்ச்சியின் நிலைகள் : வளர்ச்சியை நாம் மூன்று நிலைகளாகப் பிரித்துக்கொள்ளலாம். அவையாவன :—(1) ஸெல் பகுப்பு (cell division), (2)ஸெல் நீட்சி (elongation), (3)வேறுபாடடைதல் (differentiation)

உயர் தாவரங்களில் ஸெல் பகுப்பு எல்லா ஸெல்களிலும் நடைபெறுவதில்லை. இதற்கெனப் பகுபடும் ஸெல்களைக்கொண்ட மெரிஸ்டம் என்னும் வளர்திசு உள்ளது. தண்டின் முனையிலும் காணப்படும் மெரிஸ்டங்கள் மிகவும் முக்கியமானவை. தண்டு, வேர் இவற்றின் நீட்சிக்கு இவையே காரணம். தண்டின் பக்கவாட்டு வளர்ச்சிக்குக் காரணமான வளர்திசு சாறுகுழல் தொகுதியில் உள்ளது. இது காம்பியம் (Cambium) எனப்படுகிறது.

ஒரு செடியின் வளர்ச்சி ஸைகோட் (Zygote) என்னும் ஒரு ஸெல்லிலிருந்து ஆரம்பமாகிறது. பெண்ணின் அண்டமும் (egg) ஆணின் விந்துவும் (sperm) இணைவதால் தோன்றும் ஸெல், ஸைகோட் எனப்படுகிறது. இது பல்வேறு வகைகளில் பகுப்படைந்து, ஏறத்தாழக் கோள வடிவத்தை அடைகிறது. வளர்ச்சியின் முதல் நிலையாக இக் கோளத்தில் இரு துருவங்கள் தோன்றுகின்றன. ஒரு துருவம் தண்டுப் பகுதியாகவும், மற்ருெரு துருவம் வேர்ப் பகுதியாகவும் வளர்கிறது. துருவங்களின் தோற்றம் வளர்ச்சியிலே ஒரு முக்கியமான கட்டமாகும். இந்த இரு துருவங்களும் அமைப்பிலே மட்டுமன்றிப் பண்பிலும் வேறுபடுகின்றன. ஒரு துருவம் அதாவது தண்டு துருவம் பசுங்கணிகங்களைக் கொண்ட இலைகளைத் தோற்றுவிக்கிறது. மற்ருெரு துருவம், அதாவது வேர் துருவம் நிறமற்ற வேர் ஸெல்களை உண்டாக்குகிறது. தண்டு துருவம் புவி ஈர்ப்பை எதிர்த்து, ஒளியை நோக்கி வளர்கிறது. வேர் துருவம் ஈர்ப்பு ஆற்றலை நோக்கி வளர்கிறது. இவ் வேறுபாடுகளுக்கு, இத் துருவங்களில் ஸெல்கள் அமைந்

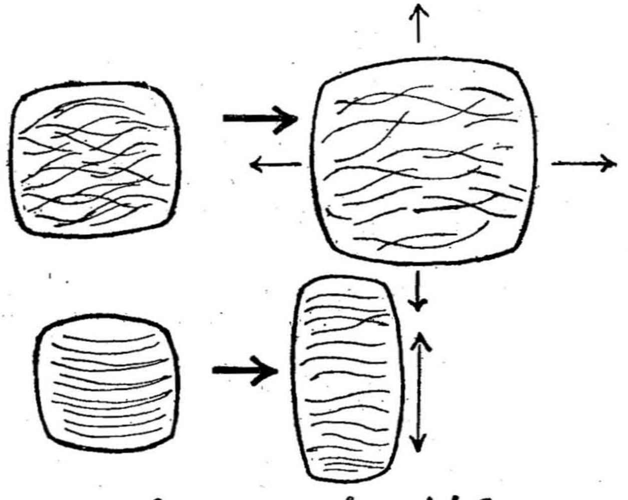
திருக்கும் விதமே காரணமாக இருக்கலாம் என்று தெரிகிறது. செல்களின் தன்மையிலே வேறுபாடு இல்லை. உண்மையில் தாவரங்களின் எல்லா உயிருள்ள செல்களும், முழுமையான வளர் ஆற்றல் (Totipotent) உடையவை என்று தெரிகிறது. அதாவது நன்கு முதிர்ச்சி அடைந்த பாரெங்கைமா செல்களைத் தனித்து எடுத்து, ஊட்ட ஊடகத்திலே வளர்க்க முடியும். உதாரணமாக காரெட் (carrot) கிழங்கின் ப்ளோயத்திலிருந்து செல்களைப் பிரித்தெடுத்து ஊட்டக் கரைசலில் வளர்த்தால் அவை முழுச் செடியாக வளர்கின்றன. இம் முறைக்குத் திசு வளர்ப்பு (Tissue culture) என்று பெயர்.



படம் - 15.2 வேர்முனை (நீள் வெட்டுத் தோற்றம்)

இளங்கருவில் தோன்றும் இந்த இரு முனைகளும் முறையே தண்டு முனையாகவும், வேர் முனையாகவும் வளர்கின்றன. வேர் முனையை நீள் வெட்டுத் தோற்றத்தில் பார்த்தால், அதன் நுனியிலே மெரிஸ்டம் இருப்பதைக் காணலாம். மெரிஸ்டத்தில் உள்ள செல்கள் பகுப்படைந்து, புதிய செல்களைத் தோற்றுவிக்

கின்றன. இவ்விதம் தோன்றிய செல்கள் பின்னர் அளவில் பெரிதாகின்றன. இம் மாற்றம் வேரின் நீளும் பகுதியிலே நடைபெறுகிறது. செல்கள் எப்படிப் பெரிதாகின்றன? செல்களுக்குள்ளே தண்ணீர் செல்லும்போது விறைப்பு அழுத்தம் ஏற்படுகிறது என்றும், அப்போது செல் சுவர் விரிவடைகிறது என்றும் முன்னரே பார்த்தோம். இவ்விதம் விறைப்பு அழுத்தத்தின் மூலம் செல் சுவர் விரிவடையும்போது செல்களால் தயாரிக்கப்படும் செல் சுவர்ப் பொருள்கள் செல் சுவரின் மூலக்கூறுகளுக்கிடையே புகுத்தப்படுகின்றன. இது இடைச்செருகல் (Intussusception) எனப்படுகிறது, அல்லது புதுப்பொருள்கள் செல் சுவரின் மேற்பரப்பில் அப்பப்படுகின்றன. இது பரப்பு அப்பல் (apposition)



படம் – 15·3 செல் வளர்ச்சி

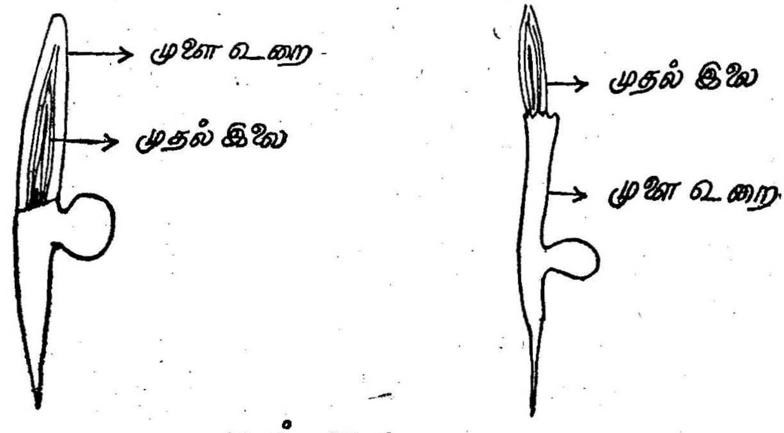
எனப்படுகிறது. ஒரு செல் எந்த வாட்டிலே பெரிதாகுமென்பதை நிர்ணயிப்பது செல் சுவரின் அமைப்புத்தான் என்று கூறுகிறார்கள். செல் சுவர் செல்லுலோஸ் என்னும் பொருளாலானது என்று பார்த்தோம். இந்த செல்லுலோஸ் நுண் இழைகளாக (Micro fibrils) செல் சுவரில் அமைந்துள்ளது. இந்த இழைகள் ஒழுங்கற்று அமைக்கப்பட்டிருக்குமேயானால், செல் எல்லாப் பக்கங்களிலும் ஒரே அளவில் விரிவடைந்து, ஏறத்தாழக் கோள வடிவத்தை அடைகிறது. மாறாக இந்த நுண் இழைகள் ஒரு குறிப்பிட்ட வரிசையிலே அமைந்திருக்குமேயானால் அந்த வரிசைக்கு எதிர்த் திசையில் செல் விரிவடைகிறது. உதாரணமாக, செல்லுலோஸ் நுண் இழைகள் குறுக்குவாட்டில் அமைந்திருந்தால் செல் நீள வாட்டில் விரிவடைகிறது (படம் 15-3).

இவ்விதம் செல் பெரிதாகும்போது செல்லிலுள்ள வாக்குவோல்கள் பெரிதாகின்றன. பின்னர் அவை ஒன்ருக இணைந்து ஒரே பெரிய வாக்குவோலாகிவிடுகின்றன. ஸைடோப்ளாசம் செல் சுவரை ஒட்டிப் படர்கிறது. இதன் பின்னர் செல்கள் வேறுபாடு அடைகின்றன. அதாவது, அவை ஒவ்வொன்றும், அவை செய்ய வேண்டிய பணிக்கு ஏற்ற, தனிப்பட்ட வடிவத்தை அடைகின்றன. முதன்முதலாக வேறுபாடு அடைவது ப்ளோயத்தின் சல்லடைக் குழல்களே (படம்-15-2). பகுப்படைந்து கொண்டிருக்கும் செல்களுக்கிடையேகூட இவை காணப்படுகின்றன. அதற்குப்பின் ஸைலம் வேறுபாடு அடைகிறது. இது நீளும் பகுதியில் காணப்படுகிறது. எண்டோடெர்மிஸ் போன்ற சில திசுக்கள் இப் பகுதியிலேயே வேறுபாடு அடையலாம். ஆனுல், பொதுவாக மற்றப் பகுதிகளின் வேறுபாடு, நீட்சி முடிவடைந்த பின்புதான் நடைபெறுகிறது. இவ்விதம் செல்கள் வேறுபாடு அடையும்போது வேரிலே ஒரு குறிப்பிட்ட படிவம் (pattern) உண்டாகிறது. ஒவ்வொரு வகையான திசுவும் ஒரு குறிப்பிட்ட பகுதியிலே உள்ளது. இரு ஸைலம் தொகுதிகளுக்கு இடையே ப்ளோயம் இருக்கிறது. ஸைலம், ப்ளோயம் தொகுதிகளின் எண்ணிக்கை வகைக்கு வகை வேறுபடுகிறது. அவற்றைச் சுற்றி பெரிஸைக்கிள், எண்டோடெர்மிஸ் முதலியவை இருக்கின்றன. இக் குறிப்பிட்ட படிவத்தை நிர்ணயிப்பது எது? வேர் முனையும், முற்றிய வேரிலே ஏற்கெனவே இருக்கும் படிவமும் இதை நிர்ணயிக்கவேண்டுமென்று கருதுகிருர்கள். செயற்கை முறைகள்மூலம் இப்படிவத்தை மாற்றமுடியும். உதாரணமாக ஸைலம், ப்ளோயம் தொகுதிகளின் எண்ணிக்கையை மாற்றலாம். வேரில் சிறிது தூரம் வரை இந்த மாற்றிய படிவம் தோன்றும். ஆனுல், மீண்டும் பழைய படிவமே தோன்றிவிடுகிறது. எனவே, மரபுமுறையின் அடிப்படையில் வேர்முனை இப் படிவத்தைக் கட்டுப்படுத்துகிறது என்று தெரிகிறது. தண்டு முனையின் வளர்ச்சியும், இதுபோன்றே நடைபெறுகிறது. ஆனுல், அதில் இலை, இலைக் கக்க மொட்டுகள் ஆகியவை தோன்றுவதால் அதன் அமைப்பு மாறுபட்டுள்ளது.

ஆக்ஸின்கள் (Auxins): செல்லின் வளர்ச்சியை ஊக்குவிக்கும் சில வேதிப் பொருள்கள் தாவரங்களில் இருப்பதாகத் தெரிகிறது. இவை ஆக்ஸின்கள் எனப்படுகின்றன. இவற்றைப்பற்றித் தெரிந்துகொள்வதற்குச் சில பரிசோதனைகளைப் பார்ப்போம்.

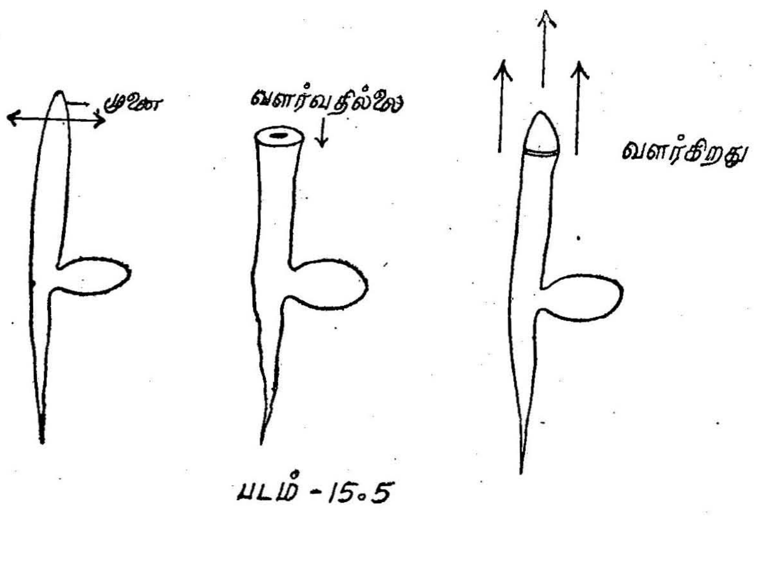
செடிகளில் ஆக்ஸின்கள் இருப்பதை 1928-ல் வென்ட் (Went) என்பவர் உறுதிப்படுத்தினுர். அதற்கு முன்னரே அவைபற்றி

ஓரளவிற்குத் தெரிந்திருந்தது. ஆக்ஸ்ன் பரிசோதனைகளுக்கு ஓட்ஸ் (oats) செடியின் நாற்றுகள் பயன்படுத்தப்படுகின்றன. ஓட்ஸ் முளைக்கும்போது முளையைச்சுற்றி ஓர் உறை காணப்படுகிறது. இது முளை உறை (coleoptile) எனப்படுகிறது. நாற்று வளரும் போது 70—100 மணி நேரம் வரை முளை உறை, செல் நீட்சியின்



படம்-15.4

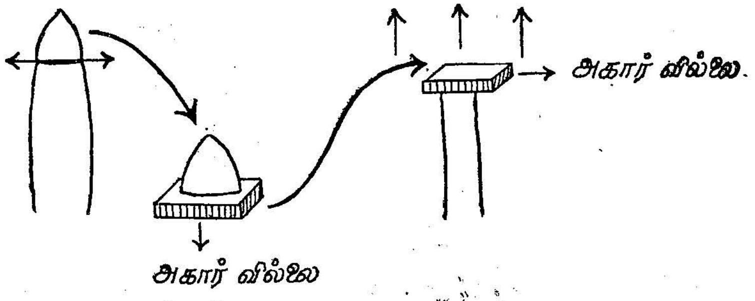
மூலமே வளர்கிறது. இந் நீட்சி, முளை உறையின் மையப்பகுதியிலே அதிகமாக உள்ளது. நாற்று மேலும் வளரும்போது அதன் முதல் இலை முளை உறையைக் கிழித்துக்கொண்டு வெளியே வருகிறது. (படம்-15-4). இந்த முளை உறையை வைத்துக்கொண்டே ஆக்ஸின் பிரிசோதனைகள் செய்யப்படுகின்றன.



படம்-15.5

*முளை உறையின் நுனியை (1 மி. மீ. நீளம்) வெட்டி எடுத்து விட்டால் முளை உறை வளர்வதில்லை. வெட்டிய நுனியை மீண்டும் பொருத்தினால் முளை உறை வளர்கிறது (படம் 15-5).

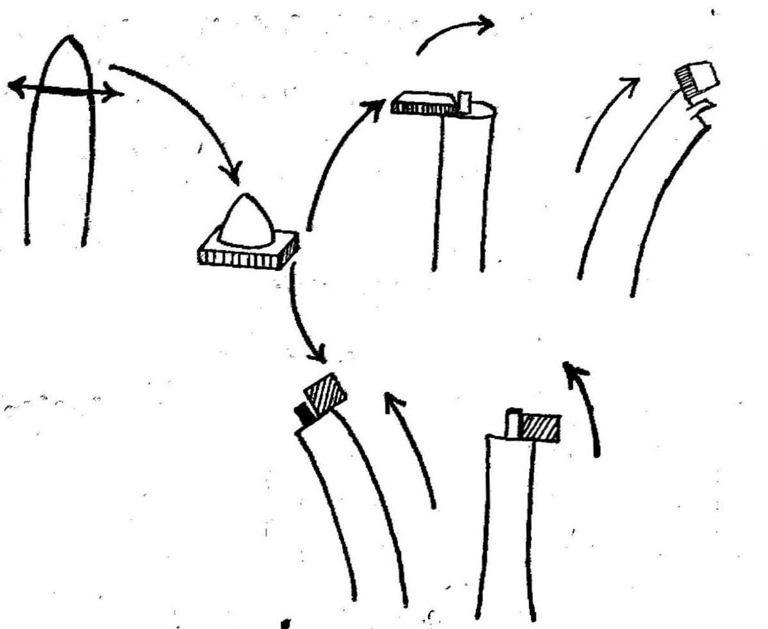
பின்னர் வேறொரு சோதனை செய்து பார்க்கப்பட்டது. முளை உறையின் நுனியை வெட்டி எடுத்து, அகார் (agar) வில்லை ஒன்றின் மேல் சில மணி நேரங்கள் வைத்திருந்தார்கள். அந்த அகார் வில்லையை வெட்டப்பட்ட முளைஉறையின் மேல் வைத்தபோது உறை மீண்டும் வளர்ந்தது (படம் 15-6).



படம் -15.6

இச் சோதனையிலிருந்து தெரிவது என்ன? முளை உறை வளர்வதற்குத் தேவையானது வெறும் நுனியன்று. அந்த நுனியில் உண்டாகும் ஒரு பொருளே தேவைப்படுகிறது. நுனியை வெட்டி அகார் வில்லையின்மேல் வைக்கும்போது நுனியில் உண்டாகும் பொருள் வில்லைக்குள் இறங்கிவிடுகிறது. பின்னர், இந்த வில்லையை, வெட்டிய முளை உறை மேல் வைத்தால் முளை உறை வளர்கிறது. மற்றொரு சோதனைமூலமும் இது உறுதிப்படுத்தப் பட்டது. ஒரு முளை உறையிலிருந்து நுனியை வெட்டிவிட்டு, வெட்டிய பகுதியில் ஒரு பக்கமாக அகார் வில்லை வைக்கப்பட்டது. அப்போது அப் பக்கம் மட்டும் வளர்ச்சி அடைந்தது. எதிர்ப் பக்கம் வளர்ச்சி அடையவில்லை. எனவே, முளை உறை எதிர்ப் பக்கத்தை நோக்கி வளைந்தது (படம் 15-7).

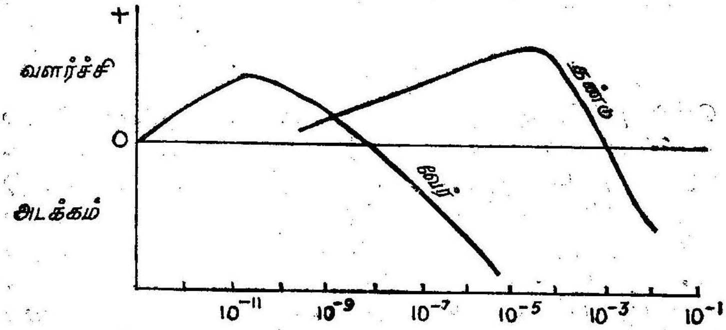
எனவே, முளை உறை நுனி ஒரு வேதிப் பொருளை உண்டாக்குகிறது என்றும், அப் பொருள் செல்லின் வளர்ச்சியை ஊக்குவிக்கிறது என்றும் தெரிகிறது. இத்தகைய வளர்ச்சி ஊக்கிகள் ஆக்ஸின்கள் எனப்படுகின்றன.



படம்-15.7

இனி, ஆக்ஸின்கள் வேரின் வளர்ச்சியை எப்படி பாதிக்கின்றன என்று பார்ப்போம். மக்காச் சோளச் செடியின் வேர் நுனியை வெட்டிவிட்டால், வேரின் வளர்ச்சி சற்று அதிகமாகிறது. வேர் நுனியைத் திரும்பவும் பொருத்திஞல், வளர்ச்சி குறைகிறது. அது போலவே ஓட்ஸ் முளை உறையின் நுனியை வெட்டி, அதன் வேர் நுனியிலே வைத்தாலும் வளர்ச்சி குறைகிறது. எனவே, ஆக்ஸின்கள் வேரின் வளர்ச்சியைக் குறைக்கின்றன என்று முடிவு செய்யலாமா? வேருக்கும் தண்டிற்குமிடையேயுள்ள இவ் வேறுபாடு ஆக்ஸினின் செறிவைப் பொருத்துள்ளது என்று தெரிகிறது. அதாவது, ஆக்ஸின் செறிவு குறைவாக இருக்கும்போது வேர், தண்டு இரண்டிலுமே வளர்ச்சி அதிகரிக்கிறது. மிகுதியாகும் போது இரண்டிலுமே வளர்ச்சி தடைப்படுகிறது. ஆனுல், இந்த அதிகப்பட்ச அளவு தண்டைக் காட்டிலும் வேரிற்கு மிகவும் குறைவாக இருக்கிறது. உதாரணமாக, இண்டோல் அஸிடிக் அமிலம் (indol acetic acid) என்னும் ஆக்ஸிஜனைக் கொண்டு சோதனைகள் செய்து பார்த்ததில் மிகக் குறைவான ஆக்ஸின் செறிவு இருந்த போது வேர், தண்டு இரண்டிலுமே வளர்ச்சி அதிகமாக இருந்தது. ஆனுல், செறிவு 10—10 மோலால் ஆனவுடன் வேரின் வளர்ச்சி

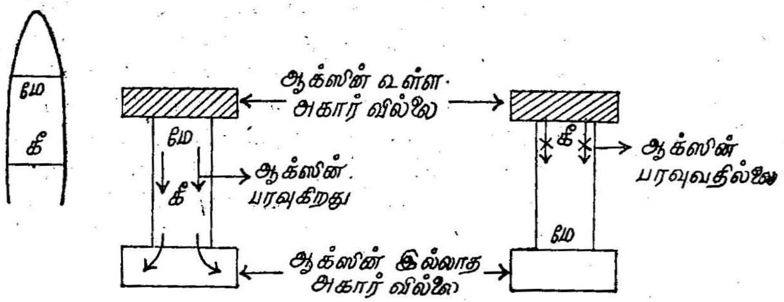
தடைப்பட்டது. தண்டிலோ செறிவு 10—5 மோலால் ஆகும் வரை வளர்ச்சி அதிகரித்துக்கொண்டே போனது (படம் 15-8). எனவே, வேர்களின் வளர்ச்சிக்கு ஆக்ஸினின் செறிவு மிக்க குறைவாக இருக்கவேண்டுமெனத் தெரிகிறது. ஸெல் நீட்சி ஆக்ஸின்கள் இருந்தால்தான் நடைபெறுகின்றது என்று கருதுகிறார்கள். ஸெல் சுவர்களை நெகிழ்வடையச் செய்வதின்மூலம் அவை நீட்சியை அதிகரிக்கின்றன. மேலும் இந் நீட்சி ஆக்ஸினின் செறிவுக்கு ஏற்ப அதிகரிக்கிறது. ஆனால், இச்செறிவு திசுவிற்குத் திசு மாறுபாடுகிறது. சில திசுக்களுக்கு உயர்ந்த செறிவு வேண்டும் சிலவற்றிற்குக் குறைவான செறிவே போதுமானது.



படம்-15·8 ஆக்ஸின் செறிவும், வளர்ச்சியும். (தீமன்)

ஆக்ஸின்கள் பொதுவாகத் தண்டு முனையிலும், மொட்டுகளிலும், இளம் இலைகளிலும், பூக்களிலும் உண்டாக்கப்படுகின்றன. அவை எப்போதும் சுயேச்சையான ஆக்ஸின்களாக (free auxin) இருப்பதில்லை. அவை ஆக்ஸின் இணைபொருள்களாகவும் (bound auxins) ஆக்ஸின்முன் பொருள்களாகவும் (auxin precursors) உள்ளன. ஸெல்லிலுள்ள ஆக்ஸினில் 10 சதவிகிதத்திற்கு மேல் சுயேச்சையான ஆக்ஸினாக இருப்பதில்லை. சுயேச்சையான நிலையில் அவை இடம் விட்டு இடம் பரவுகின்றன. ஆக்ஸின் உயிருள்ள ஸெல்களின் மூலமாகவே பரவுகிறது. அது எப்போதும் செடியின் மேற்பகுதியிலிருந்து கீழ்ப் பகுதியை நோக்கியே பரவுகிறது. எதிர்த் திசையில் பரவுவதில்லை. உதாரணமாக, முளை உறையின் நடுப்பகுதியில் சிறு துண்டு ஒன்றை வெட்டிக்கொள்வோம். துண்டின் மேற்பகுதியில் ஆக்ஸின் நிறைந்த அகார் வில்லை ஒன்றை வைப்போம். கீழ்ப்பகுதியில் ஆக்ஸின் இல்லாத அகார் வில்லையை வைப்போம். அப்போது ஆக்ஸின் மேல் வில்லையிலிருந்து தண்டின் வழியாகக் கீழ் வில்லையை அடைகிறது. ஆனால்,

வெட்டிய முளை உறைத் துண்டைத் தலைகீழாகத் திருப்பி வைத்தால் ஆக்ஸின் பரவுவதில்லை (படம் 15-9).



படம் - 15.9

செல் நீட்சியைத் தூண்ட ஆக்ஸின்கள் இருப்பது போல செல் பகுப்பைத் தூண்டும் சில பொருள்களும் தாவரங்களில் இருக்க வேண்டுமெனத் தெரிகிறது. சில வெளித் தூண்டல்கள் (stimuli) மூலம் தாவரங்களின் செல் பகுப்புத் தீவிரமடைகிறது என்பது முன்னரே தெரிந்திருந்தது. உதாரணமாக விதைகளும் வளரும் கருவும், சூற்பையில் (ovary) செல் பகுப்பைத் தூண்டுகின்றன. செடியின் ஒரு பகுதியை வெட்டினால், காயத்தைச் சுற்றி செல் பகுப்பு மிகைப்படுகிறது. இந்த விளைவுகளுக்கு ஆக்ஸின் போன்ற பொருள்கள் காரணமாயிருக்கவேண்டும். விதைகளின் சேமிப்புத் திசுவாகிய எண்டோஸ்பெர்மில் (endosperm) அத்தகைய பொருள்கள் இருக்கவேண்டுமென்று கருதப்படுகிறது. குறிப்பாக, இளநீர் போன்று, நீர்ம வடிவில் உள்ள எண்டோஸ்பெர்மில் அத்தகைய பொருள்கள் இருப்பதாகக் கண்டுபிடிக்கப்பட்டுள்ளது. காரெட் கிழங்கிலிருந்து தனிமைப்படுத்தப்பட்ட செல்களில், இளநீர், செல்பகுப்பைத் தூண்டுகிறது என்று ஸ்டூவர்டும் (Stewart) அவரது சகாக்களும் கண்டுபிடித்தனர். புகையிலைச் செடியின் தண்டுச்சோற்றில் (pith) உள்ள செல்களைப் பகுபடத் தூண்டும் கினிடின் (Kinetin) என்னும் பொருளைப் பேராசிரியர் ஸ்கூக் (Skoog) தனிமைப்படுத்தினர். இவ்விதம் செல்களின் பகுப்பைத் தூண்டும் பொருள்கள் தாவரங்களில் இருக்கின்றன என்று தெரிகிறது.

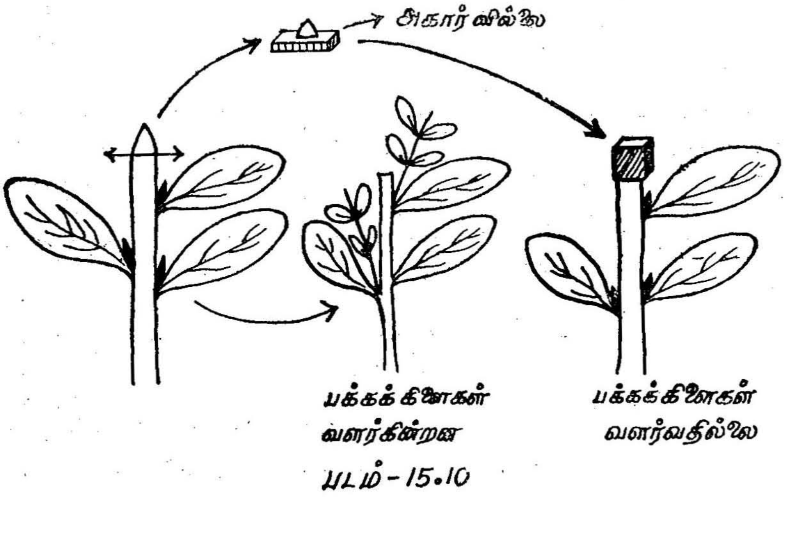
வளர்ச்சிக் கட்டுப்பாடு : வளர்ச்சி என்பது தனிப்பட்ட அங்கங்களின் வளர்ச்சி மட்டுமன்று. அங்கங்களின் வளர்ச்சி செடியின் வளர்ச்சியோடு இணைந்து நடைபெறவேண்டும். தாவரங்

களின் இந்த இணைந்த வளர்ச்சிக்கு ஆச்ஸின்கள் பெரிதும் உதவு கின்றன.

உதாரணமாக; வேரை எடுத்துக்கொள்வோம். துண்டிக்கப் பட்ட சிறு வேர்களை ஊட்ட ஊடகத்தில் வைத்தால், அவை சரியாக வளர்வதில்லை. ஊட்ட ஊடகத்தில் தையாமீன் (thiamine), பிரிடாக் ஸின் (pyridoxin) ஆகிய இரு பொருள்களையும் சேர்த்தால் அவை நன்கு வளர்கின்றன. எனவே, வேர் வளர்ச்சிக்கு இவ்விரு பொருள்களும் தேவையென்றும், ஆனால், அவற்றை உண்டாக்கும் திறமை, வேருக்கு இல்லை என்றும் தெரிகிறது. வளர்கின்ற செடிகளில் இவ்விரு பொருள்களும் இலைகளில் தயாரிக்கப்பட்டு வேர்களுக்கு அனுப்பப்படுகின்றன. இவ்விதம் இலை, வேரின் வளர்ச்சியைக் கட்டுப்படுத்துகிறது.

இனி, இலைகளின் வளர்ச்சியை எடுத்துக்கொள்வோம். இளம் இலைகள் வளர்ந்து, பெரிய இலைகள் ஆவதற்குச் சில பொருள்கள் தேவையென்று தெரிகிறது. உதாரணமாக, பட்டாணி நாற்று களின் இளம் இலைகளை ஊட்ட ஊடகத்தில் வைத்தால் அவை வளர்வதில்லை. ஆனால், ஊடகத்தோடு பட்டாணி விதை இலைகளின் (cotyledons) சாற்றைச் சேர்த்தால் அவை பெரிதாகின்றன. இவ்வாறு இளம் இலைகளின் வளர்ச்சிக்குத் தேவையான பொருள் விதை இலைகளில் உள்ளது.

தண்டுகள் வளர்வதற்குத் தேவையான ஆக்ஸின் தண்டின் நுனியிலிருந்து வருகிறது. வளர்கின்ற தண்டிற்கு வேண்டிய



படம் - 15.10

ஆக்ஸின், மொட்டுகளிலும், மொட்டுகளின் இளம் இலைகளிலும் உள்ளது. மேலும், நடுத்தண்டின் முனையில் தோன்றும் ஆக்ஸின் பக்கக்கிளைகள் வளர்வதைத் தடை செய்கிறது. இது முனை ஆதிக்கம் (apical dominance) எனப்படுகிறது. முனையை வெட்டி விட்டால், பக்கக் கிளைகள் நன்கு வளர்கின்றன இது ஆக்ஸினின் விளைவுதான் என்பதை உறுதிப்படுத்த ஒரு பரிசோதனையைச் செய்து பார்க்கலாம். நடுத்தண்டின் முனையை வெட்டி விட்டால் பக்கக் கிளைகள் நன்கு வளர்கின்றன என்று பார்த்தோம். முனையை வெட்டிய பிறகு, வெட்டுவாயின் மேல் ஆக்ஸினைக்கொண்ட அகார் வில்லையை வைத்தால் பக்கக் கிளைகளின் வளர்ச்சி தடைப் படுவதைக் காணலாம். எனவே, முனை ஆதிக்கமும் ஆக்ஸினின் விளைவே என்பது தெரிகிறது (படம் 15-10).

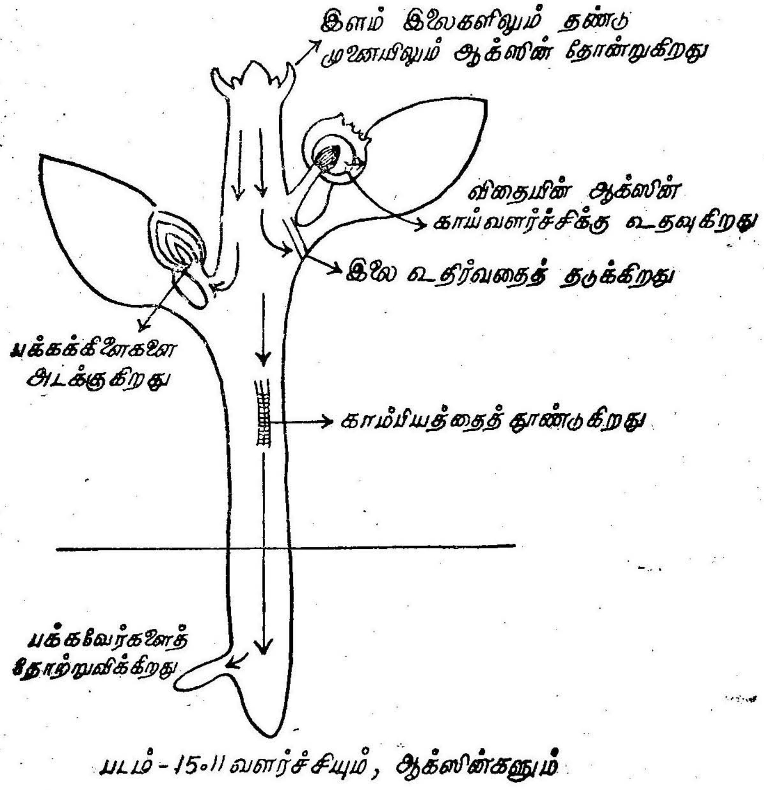
பக்கக் கிளைகளின் வளர்ச்சிக்கும், இலைகளுக்குமிடையேயும் தொடர்பு இருப்பது தெரிகிறது. இலைக்கக்க மொட்டுகள் (axillany buds) ஓரளவு வளர்ச்சியடைந்த பின்பு அடங்கி விடுகின்றன. இளவேனிற் காலத்தில்தான் அவை மீண்டும் வளர ஆரம்பிக்கின்றன. ஆனால், அடங்கிய மொட்டின் அடியில் உள்ள இலையை அகற்றிவிட்டால் மொட்டுகள் வளர ஆரம்பிக்கின்றன. எனவே, மொட்டுக்களின் வளர்ச்சியை அடக்கும் ஒரு பொருள் இலைகளில் உண்டாகிறது என்று தெரிகிறது.

தண்டின் சுற்றுவாட்டு வளர்ச்சியைத் தூண்டுவதும் ஆக்ஸின்கள்தாம். வளர்கின்ற மொட்டிலிருந்து கீழ்நோக்கிப் பரவும் ஆக்ஸின் சாறுகுழல் தொகுதியிலுள்ள காம்பியத்தைத் தூண்டிப் பகுப்படையச் செய்கிறது.

இலைகளும் பழங்களும் உதிர்வதை ஆக்ஸின்கள் தடுக்கின்றன. இதற்குத் தேவையான ஆக்ஸின்கள் பழத்திலிருந்து பழக் காம் பிற்கும், இலையிலிருந்து இலைக் காம்பிற்கும் செல்கின்றன.

பழங்களின் வளர்ச்சிக்கும் ஆக்ஸின்கள் உதவுகின்றன. பொதுவாக மகரந்தச்சேர்க்கைக்கு (pollination) முன், சூலகத்தில் (Covary) ஆக்ஸினின் அளவு குறைவாக உள்ளது. ஆனல், சூலடைந்தபின்பு ஆக்ஸினின் அளவு அதிகமாகிறது. பழம் வளர ஆரம்பிப்பதற்குத் தேவையான ஆக்ஸினை மகரந்தக் குழலே (pollen tube) அளிக்கிறது. அதற்குமேல் பழம் வளர்ச்சி அடையத் தேவை யான ஆக்ஸின் கருவிலிருந்தும் விதைகளிலிருந்தும் பழத்திற்குக் கிடைக்கிறது. இவ்வாறு விதைகள் பழத்தின் வளர்ச்சியைக் கட்டுப் படுத்துகின்றன. இவ்விதம் செடியின் பல பகுதிகளின் வளர்ச்சி

ஆக்ஸின்களால் கட்டுப்படுத்தப்பட்டு இணைந்து நடைபெறுகிறது, (படம் 15-11) இந்த இணைப்பைக் காட்டுகிறது. ஆக்ஸின்கள் செடிகளின் இயக்கங்களையும், இனப்பெருக்கத்தையும், எப்படி பாதிக்கின்றன என்பதை அடுத்து வரும் பகுதிகளில் காண்போம்.



படம் - 15·11 வளர்ச்சியும், ஆக்ஸின்களும்

செயற்கை ஆக்ஸிஜன் : தாவரங்களில் பெரும்பான்மையாக காணப்படும் ஆக்ஸின் இண்டோல் அஸிடிக் அமிலம் (Indole acetic acid) ஆகும். அநேக செயற்கைப் பொருள்கள் ஆக்ஸின்களைப் போலப் பயன்படுகின்றன. பீனில் அஸிடிக் அமிலம் (phenyl acetic acid), இண்டோல் ப்யூட்ரியிக் அமிலம் (Indole buitryic acid) 2.4டி (2.4D) என்று அழைக்கப்படும் 2.4 டைகுளோரோ பீனுக்ஸி—அஸிடிக் அமிலம் (2.4 Dichloro phenoxy—acetic acid) ஆகியவை அத்தகைய பொருள்கள். இப் பொருள்கள் செடி வளர்ப்பில் பெரிதும் பயன்படுகின்றன.

மல்லிகை போன்ற மலர்ச்செடிகளும் எலுமிச்சை போன்ற பழச்செடிகளும் பதியங்கள் (cuttings) மூலம் வளர்க்கப்படுகின்றன. அப் பதியங்களை இண்டோல் அஸிடிக் அமிலம் 2.4. டி இவற்றின் நீர்த்த கரைசலில் தோய்த்துப் பின்னர் நட்டால், வேர்கள் விரைவாகத் தோன்றுகின்றன.

நெல் வகையைச் சேர்ந்த செடிகளில் அளவிற்கு மீறிய நீட்சியால் செடிகள் வலுவற்றுப்போய்ச் சாய்ந்து விடுகின்றன. இத் தகைய செடிகளின் அடிப்பகுதியில் ஆல்பா நாப்தில் அஸிடமைடு (Alpha naphthyl acetamide) என்னும் பொருளைத் தெளித்தால் அவை சாய்வதில்லை.

உருளைக்கிழங்கு போன்ற கிழங்குகளைச் சேமித்து வைக்கும் போது அவை முளைத்து வீணாகிவிடலாம். சேமித்து வைப்பதற்கு முன் அவற்றின்மேல் ஆல்பா நாப்தலீன் அஸிடிக் அமிலத்தைத் (alpha naphthalene acetic acid) தெளித்து வைத்தால் முளைப்பது அடக்கப்படுகிறது. இதன்மூலம் கிழங்கு விரயமாவது தடுக்கப் படுகிறது.

சில பொருள்கள், கிழங்குகள் முளைப்பதைத் தூண்டுகின்றன. உதாரணமாக, உருளைக் கிழங்கை 2% அமோனியம் தையோஸயனேட் (ammonium thio cyanate) கரைசலில் ஒரு மணி நேரம் ஊற வைத்துப் பின்னர் நட்டால், விரைவில் முளைவிட்டு வளர்கின்றது.

ஆக்ஸினினால் ஏற்படும் மற்றொரு நன்மை விதையிலாப் பழங்களின் உற்பத்தியாகும். மகரந்தச் சேர்க்கை நடக்கும்போது சூலகத்திற்குள் ஓர் ஆக்ஸின் செல்கிறது. இதுவே சூலகத்தைப் பழமாக வளரச் செய்கிறது. அதே சமயத்தில் மகரந்தக் குழல் வழியாக உள்ளே செல்லும் விந்து, விதையை உண்டாக்குகிறது. எனவே, விந்துவை உட்செலுத்தாமல் ஆக்ஸினைமட்டும் செலுத்தினால் விதை இல்லாத பழம் உண்டாகும். இத் தத்துவத்தின் அடிப்படையில் இண்டோல் ப்ரோபியோனிக் அமிலம் (Indole propionic acid), ஆல்பா நாப்தலீன் அஸிடிக் அமிலம் (alpha-naphthalene acetic acid) முதலிய ஆக்ஸின்களைப் பயன்படுத்தி விதையிலாப் பழங்கள் உண்டாக்கப்படுகின்றன.

ஆப்பிள் போன்ற பழ மரங்களில் பழங்கள் முதிர்வதற்கு முன்பே உதிர்ந்து விடுகின்றன. இதைத் தடுப்பதற்கு ஆல்பா நாப்தலீன் அஸிடிக் அமிலம் என்ற ஆக்ஸினை மரங்கள்மேல் தெளிக்கிறார்கள்.

ஆக்ஸின்கள் களைச்செடிகளைக் கொல்வதற்கும் பயன்படுத்தப் படுகின்றன. 2-4 டி என்ற ஆக்ஸின் இருவிதை இலைச் (Dicots) செடிகளைக் கொல்கிறது. ஆனால் நெல் வகையைச் சேர்ந்த ஒரு விதை இலைச் செடிகளை (monocots) பாதிப்பதில்லை. எனவே, இதை வயல்களில் தெளித்தால் களைகள் அகற்றப்படும். இதுபோலச் செயற்கை ஆக்ஸின்கள் பலவழிகளிலும் பயன்படுகின்றன.

வளர்ச்சியை பாதிக்கும் அம்சங்கள்: வளர்ச்சி என்பது சிக்கலான பல உடலியல் வினைகளின் விளைவு என்று பார்த்தோம். இவ்வினைகள் தாவரங்களின் மரபியல் குணங்களாலும் சூழ்நிலையாலும் பாதிக்கப்படுகின்றன. சூழ்நிலையின் அம்சங்களில் சில வளர்ச்சியை நேரடியாக பாதிக்கின்றன. மற்றவை மறைமுகமாக பாதிக்கின்றன. வளர்ச்சியை ஒளி நேரடியாக பாதிக்கிறது. ஆனால், மழையின் அளவு மறைமுகமாக பாதிக்கிறது. அதே சமயத்தில் சூழ்நிலையின் அம்சங்கள் அனைத்தும் ஒன்றையொன்று பாதிக்கின்றன. யாவும் இணைந்து, செடியின்மேல் வினைபுரிகிறது. வளர்ச்சியை பாதிக்கும் அம்சங்களைப்பற்றிப் பார்க்கும்போது இச்சிக்கலான உறவுகளை நாம் நினைவில் வைத்துக்கொள்ள வேண்டும்.

வெப்பநிலை: வெப்பநிலை, தாவரங்களில் அளவியலான மாற்றங்களையும், பண்பியலான மாற்றங்களையும் உண்டாக்குகின்றது. வளர்ச்சிக்குச் சாதகமான வெப்பநிலைவரம்பு, தாவரங்களின் வகைக்கு வகை வேறுபடுகிறது. பனி சூழ்ந்த ஆர்க்டிக் பகுதித் தாவரங்கள் 0^0 செ. கி,-க்குக் குறைந்த வெப்பநிலையில் கூட வளர்கின்றன. அவற்றின் வளர்ச்சிக்கு மிகச் சாதகமான வெப்பநிலை 10^0 செ. கி.-க்கு மேல் போவதில்லை. மித வெப்பப்பகுதித் தாவரங்கள் 5^0 செ. கி. க்குக் கீழ் வளர்வதில்லை. அவற்றிற்கு மிகச்சாதகமான வெப்பநிலை $25-30^0$ செ. கி. வரை உள்ளது. வெப்பப்பகுதித் தாவரங்களுக்குத் தேவையான மிகக்குறைந்த வெப்பநிலை 10^0 செ. கி. ஆகவும், மிகச் சாதகமான வெப்பநிலை $30-35^0$ செ. கி. ஆகவும் உள்ளன. எல்லாத் தாவரங்களின் வளர்ச்சிக்கும் ஓர் உயர்ந்த பட்ச வெப்பநிலை உண்டு. அதற்குமேல் அவற்றின் வளர்ச்சி தடைப்படுகிறது. வெப்பப்பகுதித் தாவரங்களில் 45^0 செ. கி.-க்கு மேல் வளர்ச்சி தடைப்படுகிறது. மேலும் ஒரே செடியில் வளர்ச்சியின் ஒவ்வொரு நிலைக்கும் வெவ்வேறு வெப்பநிலை தேவைப்படுகிறது. மிக உயர்ந்த வெப்ப நிலையில் வாழும் தாவரங்கள் வளர்ச்சி குன்றிக் காணப்படுகின்றன. வெப்பநிலை உயரும் போது சுவாசம் அதிகமாகிறது. எனவே, அதிகமான உணவுப் பொருள்கள் சிதைக்கப்படுகின்றன. சிதைவுக்குப்பின் எஞ்சிய

உணவே வளர்ச்சிக்குப் பயன்படுகிறது என்று பார்த்தோமல்லவா? ஆகவே, உயர்ந்த வெப்பநிலையின்கீழ், வளர்ச்சிக்குத் தேவையான உணவு கிடைப்பதில்லை. மேலும், உயர்ந்த வெப்பநிலை நீராவிப் போக்கை உயர்த்தும். அப்போது தாவரங்களில் தண்ணீர்த் தட்டுப் பாடு ஏற்பட்டு, வளர்ச்சி குன்றலாம். தாவரங்களின் வளர்ச்சியும் இனப்பெருக்கமும் சரியாக நடைபெற, பகற்காலத்தில் மட்டு மன்றி இரவிலும் ஒரு குறிப்பிட்ட வெப்பநிலை இருக்க வேண்டு மென்று தெரிகிறது. உதாரணமாக, பகற்காலத்து வெப்பநிலை 26.5^0 செ. கி. ஆகவும், இரவுக்காலத்து வெப்பநிலை $17-20^0$ செ. கி. ஆகவும் இருந்தபோது தக்காளிச் செடியின் வளர்ச்சி 40 செ. மீ அதிகமாயிற்று. கனிகளின் வளர்ச்சிக்கும் இது உதவு கிறது. இவ்விதம் மாறி மாறி வரும் இரவு, பகல் வெப்ப நிலைகள் தாவரங்களின்மேல் ஆற்றும் விளைவு வெப்பக்காலத்துவம் (thermoperiodism) எனப்படுகிறது.

ஒளி : ஒளியின் தீவிரம், தன்மை, அளவு மூன்றுமே வளர்ச்சி யைப் பாதிக்கின்றன. ஒளியின் தீவிரம் அதிகமாகும்போது செடிகள் குட்டையாக வளர்கின்றன. இருளிலே வளரும் செடிகள் நீண்டு வளர்கின்றன; பச்சையம் இல்லாது வெளிரிட்டுப் போகின்றன. அவற்றின் வேர் சரியாக வளர்ச்சி அடைவதில்லை. இது வெளிரிடல் (etiolation) எனப்படுகிறது. ஒளியின் தீவிரம் உயரும்போது வேரின் வளர்ச்சி நன்கு நடைபெறுகிறது. இலைகளில் இலைத்துளைகளின் எண்ணிக்கை உயர்கிறது. பாலிஸேடு திசு நன்கு வளர்ச்சி அடைகிறது. ஸெல் சுவர்கள் தடிமனாக இருக்கின்றன. க்யூடிகிள் பகுதியும் நன்கு வளர்கிறது. ஒளியின் தன்மையும் பெரு மளவிற்கு வளர்ச்சியைப் பாதிக்கிறது. நமது கண்ணிற்குப் புலனாகும் ஒளி வெவ்வேறு அலை நீளங்களைக் கொண்ட வெவ்வேறு வண்ணங்களாலானது என்பது தெரியும். சூரியனின் முழு ஒளியில் தான் தாவரங்களின் உலர் எடை அதிகமாகிறது என்று தெரி கிறது. நீலம், ஊதா, ஆரஞ்சு, சிவப்புப் பகுதிகளில் பச்சைப் பகுதியைக் காட்டிலும் அதிகமான வளர்ச்சி நடைபெறுகிறது. சிவப்பு (red), தொலைச்சிவப்புக் (far red) கதிர்களால் தாவரங் களின் வளர்ச்சி பெரிதும் பாதிக்கப்படுகிறது என்று தெரிகிறது. சிவப்புக் கதிர்கள் (660 மி. μ = அலைநீளம்) இருளில் வளரும் நாற்றுகளை நீண்டு வளரச் செய்கின்றன. தொலைச்சிவப்புக் கதிர்கள் (735 மி. μ = அலைநீளம்) இந்த விளைவை மாற்று கின்றன. சிவப்பு, தொலைச்சிவப்பு விளைவுகள் இடைமிடைந்த மாற்றம் அடையக் கூடியவையாகத் தோன்றுகின்றன. இவ் விளைவு களைப் பற்றிப் பின்னர் விரிவாகக் காண்போம். ஒளியின் காலம் தாவரங்களின் இனப்பெருக்க நிலையைக் குறிப்பிடத்தக்க முறை

யிலே பாதிக்கிறது. இதைப்பற்றியும் பின்னர் விரிவாகக் காண் போம்.

(3) **தண்ணீர் :** செல் நீட்சியின் முதல் படியாகத் தண்ணீர் செல்லிற்குள் சென்று விறைப்பு அழுத்தத்தை உண்டாக்குகிறது என்று பார்த்தோம். எனவே, வளர்ச்சி சரியாக நடைபெறப் போதுமான தண்ணீர் வேண்டும். மேலும், புரோடோப்ளாசத்தில் ஓரளவு தண்ணீர் இருந்தால்தான் செல் பகுப்பு சரியாக நடை பெறுகிறது. தண்ணீர் குறைந்த நிலத்திலே வாழும் செடிகள் பொதுவாக வளர்ச்சி குன்றிக் குட்டையாகக் காணப்படுகின்றன. தண்ணீர்க் குறைவு, செடியின் நீள் வளர்ச்சியைவிட பக்கவாட்டு வளர்ச்சியையே பெரிதும் பாதிக்கிறது.

(4) **நிலத்திலுள்ள வாயுக்களின் செறிவு :** நிலத்தில் போது மான அளவு காற்றோட்டம் இல்லாவிட்டால், வளர்ச்சி குன்றி விடுகிறது. காற்றோட்டமான நிலத்தில் வாழும் செடிகள் உயரமாக வளர்கின்றன. அவற்றின் வேர் நன்கு வளர்கிறது. செடிச்சாம்ப லில் கால்ஷியம், பொட்டாஷியம், பாஸ்பரஸ் முதலிய கனிமங்கள் அதிகமாக உள்ளன. தரசம், சர்க்கரைப் பொருள்கள், புரதங்கள் இவற்றின் அளவும் அதிகமாயிருக்கிறது. நிலத்தில் காற்றோட்டம் குறையும்போது வேர்கள் சுவாசித்தல் தடைப்படுகிறது. எனவே, நீர் உறிஞ்சுதலும் கனிமப் பொருள்களை உள் எடுத்தலும் குறை கின்றன. இதுவே தாவரங்களின் குன்றிய வளர்ச்சிக்குக் காரண மாகலாம்.

(5) **வேர்/தண்டு விகிதம் (Root/Shoot Ratio) :** நீரையும் கனிமப் பொருள்களையும் உறிஞ்சும் வேர்களுக்கும் ஒளிச்சேர்க்கை செய்யும் இலைகளுக்குமிடையே ஒரு சரியான விகிதம் இருந்தால் தான் வளர்ச்சி நன்கு நடைபெறும். வேர் அமைப்பு சிறிதாக இருந்தால் போதுமான தண்ணீரும் கனிமப் பொருள்களும் கிடையா. இலை அமைப்பு சிறிதாக இருந்தால் போதுமான உணவுப் பொருள் கிடைக்காது. கிளைகளை வெட்டிக் குறைத்தல், பூக்கள், கனிகள் இவற்றின் தோற்றம் ஆகியவை வேர் வளர்ச்சி யைக் குறைக்கின்றன. நிலத்தில் அதிகமான நைட்ரஜன் சேர்க்கும் போது செடியின் தண்டுப் பகுதி மிகுதியாக வளர்கிறது. அப்போது வேர்/தண்டு விகிதம் குலைவடைகிறது.

(6) **கார்பன்/நைட்ரஜன் விகிதம் (Carbon/Nitrogen Ratio) :** செடிகள் சரியாக வளர்வதற்கும் இனப்பெருக்கம் செய்வதற்கும் அவற்றில் கார்போஹைட்ரேட்டும் நைட்ரஜன் பொருள்களும்

சரியான விகிதத்தில் இருக்க வேண்டும். இது கா/நை விகிதம் (C/N Ratio) எனப்படுகிறது. இந்த விகிதம் வளர்ச்சியையும் இனப் பெருக்கத்தையும் கீழ்க்கண்டவாறு பாதிக்கிறது:

அ. **மிகக் குறைந்த கார்போஹைட்ரேட், உயர்ந்த நைட்ரஜன்:** செடிகள் நன்கு வளர்வதில்லை; கனிகள் சரியாக உண்டாவதில்லை.

ஆ. **மிதமான கார்போஹைட்ரேட், உயர்ந்த நைட்ரஜன்:** செடிகள் செழித்து வளர்கின்றன பூக்களும் கனிகளும் தோன்றுவதில்லை.

இ. **உயர்ந்த கார்போஹைட்ரேட், மிதமான நைட்ரஜன்:** இதுவே மிகத் தகுந்த விகிதம். செடிகள் செழித்து வளர்வதோடு, பூக்களும் கனிகளும் பெருமளவில் தோன்றுகின்றன.

ஈ. **மிக உயர்ந்த கார்போஹைட்ரேட், குறைந்த நைட்ரஜன்:** வளர்ச்சி அடக்கப்படுகிறது; கனிகள் உண்டாவதில்லை.

மேலே குறிப்பிட்ட முக்கியமான சூழ்நிலை அம்சங்களும் தாவரங்களின் மரபியல் பண்புகளும் சேர்ந்து அவற்றின் வளர்ச்சியை நிர்ணயிக்கின்றன.

16. இயக்கங்கள்

(Movements)

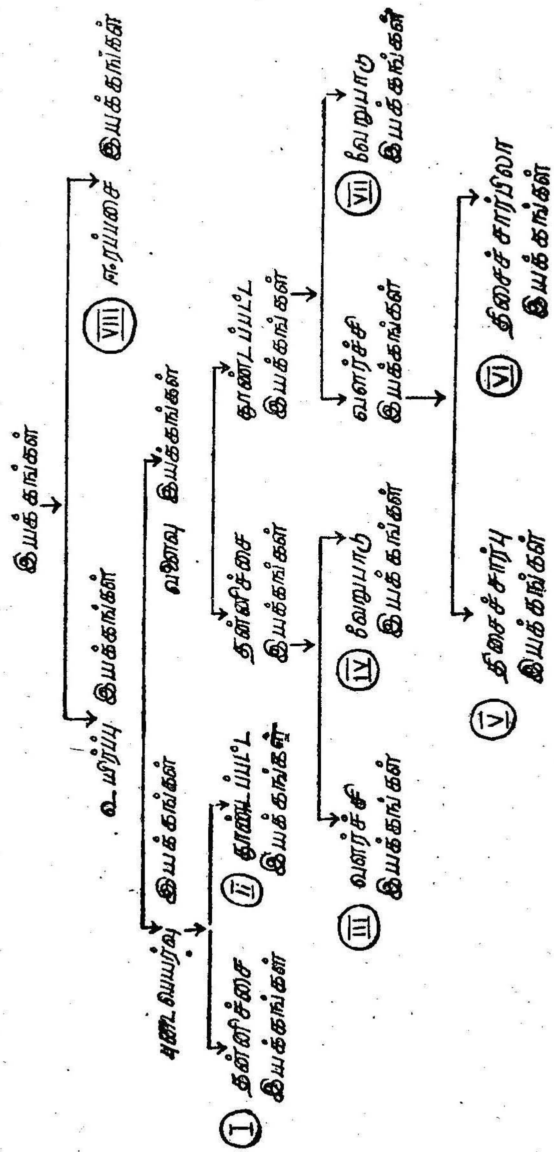
விலங்குகளும் மனிதர்களும் ஓர் இடம்விட்டு மற்றோர் இடத்திற்குச் செல்வதை நாம் காண்கிறோம். இது புடைபெயர்வு (locomotion) எனப்படுகிறது. உயர்தாவரங்கள் இதுபோன்ற இயக்கங்களைக் காட்டுவதில்லை. சில பாசிகளும், பூஞ்சைகளும், சில தாவரங்களின் இனப்பெருக்க செல்களும் அத்தகைய இயக்கத்தைக் காட்டுகின்றன. உயர்தாவரங்கள் ஓரிடத்திலே வேரூன்றி வளர்வதால் அவை இயக்கங்களைக் காட்டுவதே இல்லை என்று கருதக்கூடாது. சூழ்நிலையில் ஏற்படும் சில மாற்றங்களுக்கேற்பத் தாவரப் பகுதிகள் இயங்குகின்றன. தாவரப் பகுதிகள் வளைந்து வளர்வதன்மூலம் இந் நிலைகளுக்கு ஏற்பத் தங்களை அமைத்துக் கொள்கின்றன. எனவே, தாவர இயக்கங்கள் பெரும்பாலும் வளைவு இயக்கங்களாகவே (movements of curvature) உள்ளன.

ஒரு வளைவு இயக்கத்தைத் தோற்றுவிக்கும் சூழ்நிலை அம்சம், தூண்டல் (stimulus) எனப்படுகிறது. இத் தூண்டலுக்கு ஏற்பத் தாவரங்கள் செய்யும் வினை, மறுவினை (response) எனப்படுகிறது. ஒரு தூண்டலை உணரக்கூடிய திறனைத் தாவரங்களுக்கு அளிப்பது புரோடோப்ளாசம். புரோடோப்ளாசத்தின் இத் திறன் உணர் திறன் (irritability or sensitiveness) எனப்படுகிறது. தாவரங்களின் எல்லாப் பகுதிகளும் தூண்டலை உணர்வதில்லை. உதாரணமாக, வேரில், வேர் முனையே தூண்டலை உணர்கிறது.

இவ்விதம் தூண்டலை உணரும் பகுதி உணர்பகுதி (perceptive region) எனப்படுகிறது. தூண்டலினால் ஏற்படும் மறுவினை உணர்பகுதியிலிருந்து சற்று தள்ளி ஏற்படுகிறது. உதாரணமாக, வேரின் நீளும் பகுதியில் மறுவினை ஏற்படுகிறது. இப் பகுதி மறுவினைப் பகுதி எனப்படுகிறது. மறுவினைப் பகுதியில் ஓர் இயக்கம் தோன்றவேண்டுமானால், தூண்டல், உணர்பகுதியிலிருந்து மறு

வினைப் பகுதியைச் சென்று அடையவேண்டும். இந் நிகழ்ச்சி, கடத்தல் (conduction) எனப்படுகிறது. ஒரு தூண்டல் ஒரு மறு வினையைத் தோற்றுவிக்கவேண்டுமானால், அத் தூண்டல் ஒரு குறிப்பிட்ட காலத்திற்கு அளிக்கப்படவேண்டும். இக் காலம் அளிப்புக் காலம் (presentation time) எனப்படுகிறது. தூண்டல், உணர் பகுதியிலிருந்து மறுவினைப் பகுதியை வந்து அடைவதற்கு எடுத்துக் கொள்ளப்படும் காலம் கடத்தல் காலம் (conduction time) எனப் படுகிறது. ஒரு தூண்டல் அளிக்கப்பட்ட பின்பு மறுவினை ஏற்படும் வரையிலான இடைக்காலம் மறுவினைக் காலம் (reaction time) எனப்படுகிறது. ஒரு செடி ஒரு தூண்டலுக்கு உடனடியாக மறுவினை புரியவேண்டுமானால், அது மிகச் சிறந்த நிலையில் இருக்க வேண்டும். இந் நிலை திடநிலை (tone) எனப்படுகிறது. தூண்டல்களை ஒன்றன்பின் ஒன்றாக இடைவிடாது கொடுத்துக்கொண்டிருந் தோமானால், செடியின் மறுவினைத்திறன் குறைந்துகொண்டு வருகிறது. அப்போது செடி களைப்படைந்துவிட்டது என்று கூறுகிறோம். களைப்படைந்த நிலை தொடர்ந்து நீடிக்குமேயானால், செடி மறுவினை புரியும் திறனை இழந்துவிடுகிறது.

இயக்கங்களின் பாகுபாடு (Classification of Movements): நாம் முன்னரே பார்த்தபடி இயக்கங்களைப் புடைபெயர்வு, வளைவு இயக்கம் என இருவகைகளாகப் பிரித்துக்கொள்ளலாம். இவ் விரண்டு இயக்கங்களில் சில, வெளித்தூண்டல் எதுவுமின்றி நடை பெறுகின்றன. அத்தகைய இயக்கங்கள் தம்மிச்சை இயக்கங்கள் (autonomic movements) எனப்படுகின்றன. மற்றவை வெளித் தூண்டல்களால் ஏற்படுகின்றன. அவை தூண்டப்பட்ட இயக் கங்கள் (paratonic movements) எனப்படுகின்றன. வளைவு இயக் கங்கள் இரண்டு முறைகள்மூலம் ஏற்படக்கூடும். சில வளைவு இயக்கங்கள் இயங்கும் பகுதிகளின் குறிப்பிட்ட வளர்ச்சியால் தோன்றக்கூடியவை. இவை வளர்ச்சி இயக்கங்கள் (growth movements) எனப்படுகின்றன. மற்ற வளைவு இயக்கங்கள் இருக்கும் பகுதியிலுள்ள செல்களில் ஏற்படும் விறைப்பு அழுத்த வேறுபாடு களால் தோன்றுகின்றன. இவை வேறுபாட்டு இயக்கங்கள் (movements of variations) எனப்படுகின்றன. தூண்டப்பட்ட வளைவு இயக்கங்களில் சில தூண்டலின் திசையைச் சார்ந்து ஏற்படலாம். அதாவது, குறிப்பிட்ட இயக்கம் தூண்டலை நோக்கியோ, அதை எதிர்த்தோ ஏற்படலாம். அத்தகைய இயக்கங்கள் திசைச்சார்பு இயக்கங்கள் (tropic movements) எனப்படுகின்றன. மற்றவை தூண்டலின் திசையைச் சாராத இயக்கங்களைக் காட்டுகின்றன. இவை திசைச்சார்பிலா இயக்கங்கள் (nastic movements) எனப்படு கின்றன. மேலே குறிப்பிட்ட இயக்கங்கள் அனைத்தும் செல்லின்


இயக்கங்கள்
உயிர்ப்பு இயக்கங்கள்
VIII ஈர்ப்பசை இயக்கங்கள்
இடப்பெயர்வு இயக்கங்கள்
வளைவு இயக்கங்கள்
I தன்னிச்சை இயக்கங்கள்
II தூண்டப்பட்ட இயக்கங்கள்
தன்னிச்சை இயக்கங்கள்
தூண்டப்பட்ட இயக்கங்கள்
III வளர்ச்சி இயக்கங்கள்
IV வேறுபாடு இயக்கங்கள்
வளர்ச்சி இயக்கங்கள்
VII வேறுபாடு இயக்கங்கள்
V திசைச்சார்பு இயக்கங்கள்
VI திசைச்சார்பிலா இயக்கங்கள்

படம் - 16·1

உயிருள்ள தன்மையால் உண்டாகின்றன. எனவே, இவை அனைத்தும் உயிர்ப்பு இயக்கங்கள் (vital movements) எனப்படுகின்றன. தாவரங்களின் பகுதிகள் நீரை உள்ளீர்த்தோ அல்லது வெளிவிட்டோ சில இயக்கங்களைக் காட்டுகின்றன. இவை ஈரப்பசை இயக்கங்கள் (hygroscopic movements) எனப்படுகின்றன. படம் 16-1 இப் பாகுபாட்டைக் காண்பிக்கிறது.

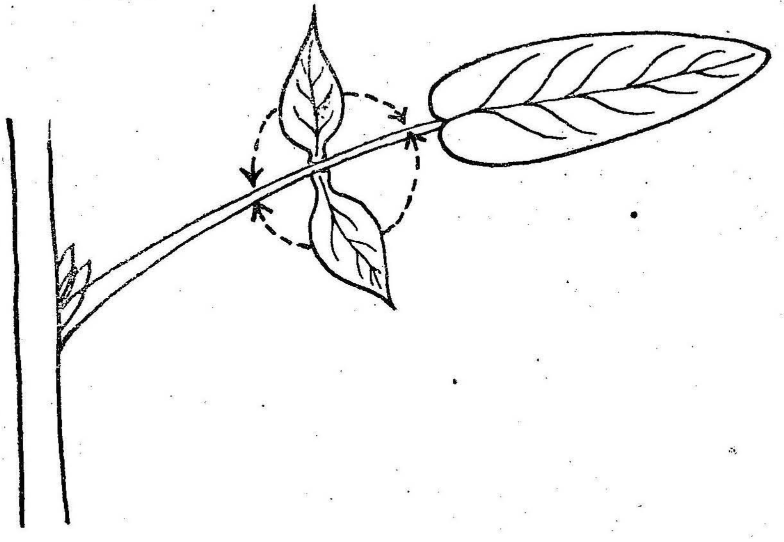
இனி, இந்த இயக்கங்களைப்பற்றி ஓரளவு தெரிந்துகொள்வோம்.

I. தம்மிச்சைப் புடைபெயர்வு இயக்கங்கள்: இந்த இயக்கங்கள் பெரும்பாலும் கீழ்வகைத் தாவரங்களிலேயே காணப்படுகின்றன. கிளாமிடோமோனஸ் (chlamydomonas), வால்வாக்ஸ் போன்ற பாசிகள் மயிர்த்துடுப்புகளின் (cilia) உதவியால் நீரில் அங்குமிங்கும் நீந்துகின்றன. பிரணை (fern) போன்ற சில உயர் தாவரங்களின் விந்துகளுக்கும் (sperm) மயிர்த்துடுப்புகள் உண்டு. இத்தகைய புடைபெயர்வு மயிர்த்துடுப்பு இயக்கம் (ciliary movement) எனப்படுகிறது. ஆஸில்லடோரியா (oscillatoria) என்ற பாசியில் செல்லிலிருந்து பசைபோன்ற ஒரு பொருள் வெளியிடப்படுகிறது. இந்த வெளியீட்டிற்கு எதிர்த்திசையில் பாசியின் நுனி சுழல்கிறது. இத்தகைய இயக்கங்கள் வெளியீட்டு இயக்கங்கள் (excretory movements) எனப்படுகின்றன. ஸ்லைம் மோல்டு (slime mould) எனப்படும் பூஞ்சைகள் ஊர்ந்து செல்கின்றன. இந்த இயக்கம் விலங்கினத்தைச் சேர்ந்த அமீபாவின் இயக்கத்தை ஒத்திருப்பதால், இது அமீபாவகை இயக்கம் (amoeboid movement) எனப்படுகிறது. உயர்தாவரங்களின் செல்களில் உள்ள புரோடோப்ளாசம் சுவரை ஒட்டியோ அல்லது செல்லின் குறுக்காகவோ சுழல்கிறது. இது சுழற்சி (cyclosis) எனப்படுகிறது. இலோடியா (elodea) எனும் செடியின் இலையை மைக்ரோஸ்கோப்பில் வைத்துப் பார்த்தால் இச் சுழற்சியைக் காணலாம்.

II. தூண்டப்பட்ட புடைபெயர்வு இயக்கங்கள்: மயிர்த்துடுப்புடைய சில பாசிகள் சூழ்நிலையில் ஏற்படும் சில தூண்டல்களுக்கு ஏற்ப இயங்குகின்றன. உதாரணமாக, கிளாமிடோமோனஸ் எனும் பாசியை ஒரு பீக்கரில் வைத்து ஒரு பக்கத்தில் தீவிரமான ஒளியைச் செலுத்தினால், அது ஒளியைவிட்டு விலகிச் செல்கிறது. இது ஒளித்தூண்டல் (phototaxis) எனப்படுகிறது; அல்லது ஒரு பகுதியில் மிதமான வெப்பத்தை உண்டாக்கினால் பாசி வெப்பத்தை நோக்கி வருகிறது. இது வெப்பத் தூண்டல் (thermotaxis) எனப்படுகிறது. பிரணைகளின் விந்துகள் மாலிக் அமிலத்தை நோக்கி நகர்கின்றன. இது வேதித்தூண்டல் (chemotaxis) எனப்படுகிறது. இத்தகைய இயக்கங்கள் தூண்டப்பட்ட புடைபெயர்வு இயக்கங்கள் எனப்படுகின்றன.

வளைவு இயக்கங்கள்

III. தம்மிச்சை வளர்ச்சி இயக்கங்கள்: சில பூக்கள் மலர்ந்து மூடுவதை இந்த இயக்கத்திற்கு உதாரணமாகக் கூறலாம். மூடியிருக்கும் மொட்டுகளின் அல்லி இதழும் (sepal) புல்லி இதழும் (petal) உட்பக்கத்தில் வெளிப்பக்கத்தைக் காட்டிலும் அதிகமான வளர்ச்சி அடைகின்றன. அப்போது அவை வெளிநோக்கி வளைந்து கொள்கின்றன. பூ மலர்கிறது. பிறகு இவ்வற்றின் வெளிப்பக்கத்தில், அதாவது, கீழ்ப்பக்கத்தில் அதிகமான வளர்ச்சி ஏற்படும்போது அவை உள்நோக்கி வளைகின்றன. பூ மூடிக்கொள்கிறது. கொடிகளின் நுனிகளும் இத்தகைய இயக்கத்தைக் காட்டுகின்றன. அவற்றின் வளர்ச்சி அவற்றின் பரிதியின் எல்லாப் பகுதிகளிலும் மாறிமாறி நடைபெறுகிறது. வளர்ச்சி அதிகமான பகுதிக்கு எதிர்த்திசையில் நுனி வளைகிறது. வளர்ச்சி பரிதி முழுவதிலும் மாறிமாறி நடைபெறுவதால், கொடியின் நுனி சுழன்றுகொண்டேயிருக்கிறது. இந்த இயக்கம் பரிதிச் சுழற்சி (circumnutation) எனப்படுகிறது.



படம் - 16.2 டெஸ்மோடியம் கைரன்ஸ்

IV. தம்மிச்சை வேறுபாட்டு இயக்கங்கள்: இது சில செடிகளிலேயே காணப்படுகின்றது. டெஸ்மோடியம் கைரன்ஸ் (desmodium gyrans) எனும் செடியின் இலைக்கு மூன்று சிற்றிலைகள்

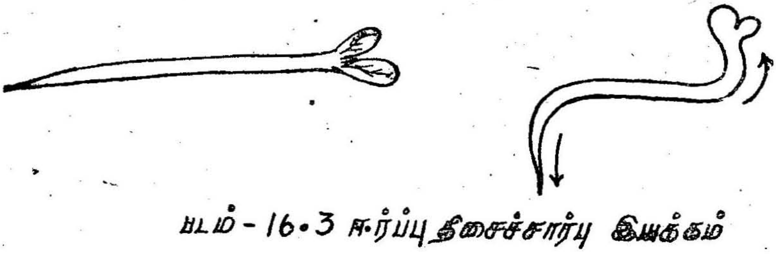
உண்டு. இவற்றில் பக்கவாட்டுச் சிற்றிலைகள் இரண்டும் இடைவிடாது இயங்கிக்கொண்டே யிருக்கின்றன. இவை கீழ்நோக்கி வளைந்துவந்து ஒன்றோடொன்று அடித்துத்துக்கொள்கின்றன. பின்னர் மேல்நோக்கி வளைந்துபோய் மோதிக்கொள்கின்றன. ஓர் இயக்கம் முடிவடைய இரண்டு நிமிடங்கள் ஆகின்றன (படம் 16-2).

சிற்றிலைக் காம்புகளின் செல்களில் விறைப்பு அழுத்தம் அதிகமாகும்போது அவை மேல்நோக்கி வளைகின்றன என்றும், குறையும்போது கீழ்நோக்கி வளைகின்றன என்றும் தெரிகிறது. இவ்விதம் இலைகள் மாறிமாறி மோதிக்கொள்வதால் இது தந்திச் செடி எனப்படுகிறது.

வளைவு இயக்கங்கள் தூண்டிய வளர்ச்சி இயக்கங்கள்

V. திசைச்சார்பு இயக்கங்கள்

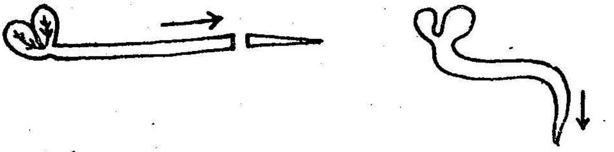
1. ஈர்ப்பு திசைச்சார்பு இயக்கம் (Geotropism): ஒரு செடியைக் கிடைமட்டமாக வைத்தால் அதன் தண்டு மேல்நோக்கி வளர்வதையும், வேர் கீழ்நோக்கி வளர்வதையும் காணலாம். புவி ஈர்ப்பு ஆற்றல் செடியின் கீழ்ப்பகுதியில்மட்டும் வினைபுரிவதால் இந்த இயக்கம் ஏற்படுகிறது என்று தெரிகிறது. ஒரு செடியை அதன் அச்சில் மெதுவாகச் சுழலச் செய்தால், செடியின் எல்லாப் பக்கங்களையும் ஈர்ப்பு ஆற்றல் பாதிக்கிறது. அப்போது இயக்கம் தோன்றுவதில்லை. ஈர்ப்பு ஆற்றலின் தூண்டலை உணரக்கூடிய



படம் - 16·3 ஈர்ப்பு திசைச்சார்பு இயக்கம்

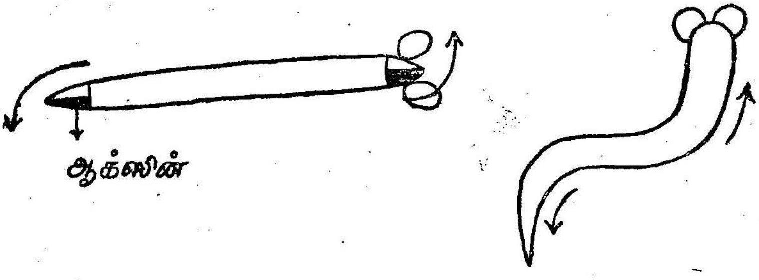
திறன் வேர்முனைக்கே உண்டு என்று தெரிகிறது. வேர்முனையை வெட்டிவிட்டுச் செடியைக் கிடைமட்டமாக வைத்தால், வேர் நேராக வளர்கிறது (படம் 16-4). தண்டில் முனையைத் தவிர நீளும் பகுதிக்கும் ஆற்றலை உணரக்கூடிய திறன் உண்டு என்று தெரிகிறது.

இந்த இயக்கத்திற்குக் காரணம் ஆக்ஸின்தான் என்றும் தெரிகிறது. ஒரு செடியைக் கிடைமட்டமாக வைக்கும்போது அதிகமான ஆக்ஸின் கீழ்ப்பக்கத்தை நோக்கிப் பரவுகிறது. எனவே,



படம் - 16•4

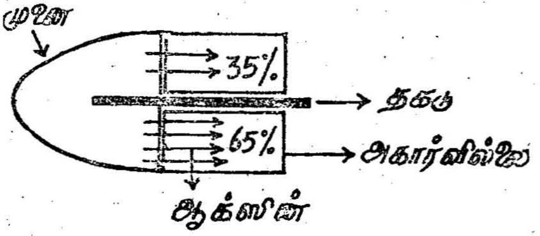
அங்கு ஆக்ஸினின் செறிவு அதிகமாகிறது. தண்டிலே ஒரு பகுதியில் ஆக்ஸின் செறிவு அதிகமாகும்போது அப்பகுதி அதிகமாக வளர்ச்சி அடைகிறது என்று பார்த்தோம். அவ்விதம் ஒரு பக்கம் அதிககமாக வளரும்போது தண்டு எதிர்த்திசையை நோக்கி வளைகிறது என்றும் அகார் வில்லை சோதனையின்போது பார்த்தோம். எனவே, தண்டின் கீழ்ப்பகுதியில் ஆக்ஸின் செறிவு அதிகமாகும்போது தண்டு மேல் நோக்கி வளைகிறது (படம் 16-5). ஆனால், வேரில் இதற்கு நேர்



படம் - 16•5

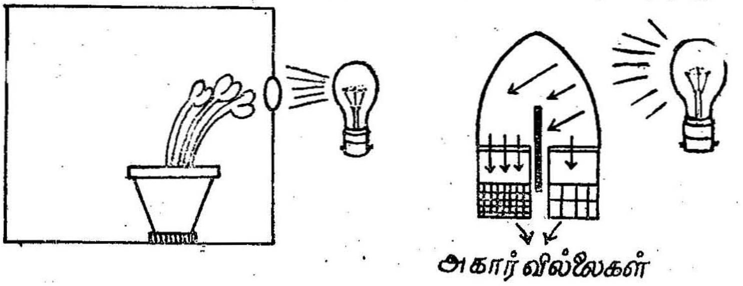
மாறான நிகழ்ச்சிகள் நடைபெறுகின்றன. அதிகமான ஆக்ஸின் செறிவு வேரின் வளர்ச்சியை அடக்குகிறது என்று பார்த்தோம். எனவே, வேரில் ஆக்ஸின் செறிவு குறைந்த மேல்பகுதி, கீழ்ப்பகுதியைக் காட்டிலும் அதிகமாக வளர்கிறது. அப்போது வேர் கீழ் நோக்கி வளைகிறது. கிடைமட்டமாக வைக்கப்பட்ட முனையில், மேல்பகுதிக்கும் கீழ்ப்பகுதிக்கும் இடையே ஆக்ஸின் செறிவில் இத்தகைய வேறுபாடு இருப்பது பரிசோதனைகள்மூலம் உறுதிப் படுத்தப்பட்டுள்ளது. கிடைமட்டமாக வைக்கப்பட்ட முனை, இரண்டு அகார் வில்லைகளுக்குமேல் வைக்கப்பட்டது. இரண்டு வில்லைகளுக்கும் இடையே மெல்லிய தகட்டைச் செருகி அவை

இரண்டும் பிரிக்கப்பட்டன. இவ்விதம் முனையின் மேல்பகுதியிலுள்ள ஆக்ஸின் ஒரு வில்லைக்குள்ளும், கீழ்ப்பகுதியிலுள்ள ஆக்ஸின் மற்றொரு வில்லைக்குள்ளும் செல்லும்படியாகச் செய்யப்பட்டது. பின்னர் அகார் வில்லைகளைப் பரிசோதித்தபோது, கீழ்வில்லையில் 65% ஆக்ஸினும், மேல்வில்லையில் 35% ஆக்ஸினும் இருப்பதாகத் தெரிய வந்தது (படம் 16-6).



படம் – 16·6 கிடைமட்டமான முனையிலிருந்து ஆக்ஸின் பரவுதல்

2. ஒளித் திசைச்சார்பு இயக்கம் (Phototropism): ஜன்னலின் அருகிலே ஒரு செடியை வைத்தால் அது ஒளியை நோக்கி வளைந்து வளர்கிறது என்பது அனைவருக்கும் தெரியும். சிறு நாற்றுகளை ஒரு கறுப்புப் பெட்டிக்குள் வைத்து, அப் பெட்டியின் ஒரு பக்கத்தில் உள்ள துளை வழியாக ஒளியைச் செலுத்தினால், இதுபோலவே நாற்றுகளும் ஒளியை நோக்கி வளர்கின்றன. எனவே, செடியின் தண்டு ஒளியை நோக்கி வளரும் திறனுடை



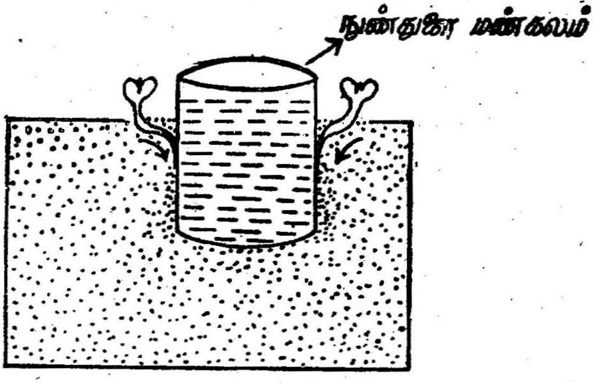
படம் – 16·7 ஒளித்திசைச்சார்பு இயக்கம்

யது என்று முடிவு செய்யலாம். ஈர்ப்பு திசைச்சார்பு இயக்கத்தைப் போலவே இதுவும் ஆக்ஸினால் நடைபெறுகிறது என்று தெரிகிறது. ஒரு பக்க ஒளிக்கு உள்ளாக்கப்பட்ட முனையை முன் போல இரண்டு அகார் வில்லைகளின்மேல் வைத்தால், இருளில்

இருந்த பகுதியில் அதிகமான ஆக்ஸின் செறிவு இருப்பதைக் காணலாம் (16-7). எனவே, இருளில் உள்ள பகுதி அதிகமாக வளர்கிறது. அப்போது தண்டு எதிர்த்திசையில், அதாவது, ஒளியை நோக்கி வளைகிறது. ஒளி மிகுந்த பகுதியில் ஆக்ஸின் குறைவாக இருப்பதற்கு இரண்டு காரணங்கள் இருக்க முடியும். ஆக்ஸின் ஒளி மிகுந்த பகுதியிலிருந்து ஒளி குறைந்த பகுதியை நோக்கிப் பரவலாம்; அல்லது மிகுதியான ஒளியின் காரணமாக அப் பகுதியில் ஆக்ஸின் சிதைவடையலாம். ஆக்ஸின்களை ஆக்ஸீகரணிக்கச் செய்யும் ரைபோஃப்ளேவின் (riboflavin) ஒளித்தூண்டலை உணரும் பகுதிகளாகிய முனைகளில் மிகுதியாக உள்ளது. மேலும், ரைபோப்ளேவின் ஒளி நிறமாலையின் எப் பகுதியை அதிகமாக ஈர்க்கிறதோ அப் பகுதியில்தான் ஒளித்திசைச் சார்பு இயக்கங்கள் நன்கு நடைபெறுகின்றன. எனவே, ரைபோஃப்ளேவின் ஆக்ஸீன்களைச் சிதைவடையச் செய்வதாலும் ஒளியிலுள்ள பகுதியில் ஆக்ஸினின் அளவு குறையலாம் என்று கருதப்படுகிறது. ஒளித் திசைச்சார்பு இயக்கத்திற்கும் ஒளியின் அலைநீளங்களுக்குமிடையே நெருங்கிய தொடர்பு உள்ளது. உதாரணமாக, ஒளி நிறமாலையின் நீலப்பகுதி (450 மி. μ) இயக்கம் நன்கு நடைபெறுகிறது. அதிகமான அலை நீளங்களை உடைய சிவப்புப் பகுதி, இயக்கத்தை அவ்வளவாகத் தூண்டுவதில்லை. இதைக்கொண்டு பார்க்கும்போது, குறிப்பிட்ட அலைநீளங்களை ஈர்த்துக்கொள்ளும் திறன் வாய்ந்த துணுக்குகள் இருக்க வேண்டுமென்றும், அவையே ஒளித் திசைச்சார்பு இயக்கத்தைத் தூண்டுகின்றன என்றும் கருதவேண்டியிருக்கிறது. ஆக, ஒளித்தூண்டலைத் துணுக்குகள் உணர்கின்றன; பின்னர் ஆக்ஸின் மூலம் இயக்கத்தைத் தோற்றுவிக்கின்றன என்று கருதப்படுகிறது. இத் துணுக்கு ரிபோஃப்ளேவினாகவோ, அதைப்போன்ற நிறமாலையுடைய பி-கரோட்டினாகவோ (B-carotene) இருக்கலாம் என்று எண்ணப்படுகிறது.

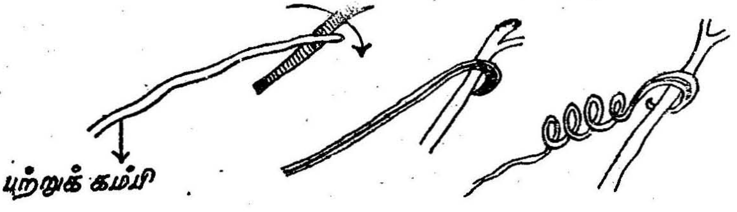
3. **நீர்த் திசைச்சார்பு இயக்கம்** (Hydrotropism): செடிகளின் வேர்கள் ஈரப்பசை மிகுந்த இடத்தை நோக்கி வளைந்து செல்கின்றன. இது நீர்த் திசைச்சார்பு இயக்கம் எனப்படுகிறது. உதாரணமாக, ஒரு பெரிய கண்ணாடித் தொட்டியில் ஈரம்பத் தூளை எடுத்துக்கொள்வோம். அதன் நடுவே நுண்துளை மண்கலம் ஒன்றைப் பதித்துவைத்து, அதில் தண்ணீர் ஊற்றுவோம். மண்கலத்தைச் சுற்றி ஊறிய விதைகளைப் போட்டுவைப்போம். விதையிலிருந்து வரும் வேர் மண்கலத்தை நோக்கி வளர்வதைக் காணலாம். இவ்விதம் வேர்கள் மண்கலத்தை நோக்கி வளரும்போது அவை ஈர்ப்பு ஆற்றலை எதிர்த்துக் கிடைமட்டமாக வளர்

கின்றன. இந்த இயக்கம் எப்படி நடைபெறுகிறது என்பது தெளிவாகத் தெரியவில்லை.



படம் - 16.8 நீர்திசைச்சார்பு இயக்கம்

4. ஸ்பரிச திசைச்சார்பு இயக்கம் (Thigmotropism): செடிகளின் சில பகுதிகள் தொடுவுணர்ச்சியாலோ, உராய்வினாலோ தூண்டப்பட்டு வளர்கின்றன. உதாரணமாக, கொடிகளின் பற்றுக்கம்பிகள் (tendrils) ஒரு கரடுமுரடான பொருளின்மீது படும்போது, கம்பியின் மேல்பரப்பு கீழ்ப்பரப்பைக் காட்டிலும் மிகுதியாக வளர்கிறது. அப்போது கம்பி கீழ்நோக்கி வளைந்து அப் பொருளைப் பற்றிக்கொள்கிறது. பிறகு இத் தூண்டல் கம்பியின் மற்றப் பகுதிகளுக்குக் கடத்தப்படுகிறது. அப்போது பற்றுக் கம்பியின் அடிப்பகுதி எதிர்த்திசையில் சுருள் போல் வளைகிறது (படம் 16-9). இவ்விதம் செடி பற்றுக்கோட்டிற்கு அருகிலே இழுக்கப்பட்டு நெருக்கமாக இணைகிறது.



படம் - 16.9 ஸ்பரிஸ திசைச்சார்பு இயக்

5. வேதித் திசைச்சார்பு இயக்கம் (Chemotropism): இந்த இயக்கம் பூஞ்சைகளிலும் மகரந்தக் குழலிலும் காணப்படுகிறது. சர்க்கரை போன்ற உணவுப் பொருள்கள் செறிந்த இடத்தை

நோக்கிப் பூஞ்சை வளர்கிறது. மகரந்தக் குழல் சூல்தண்டின் (style) ஊடே வளருவது இந்த இயக்கத்தால்தான்.

வளைவு இயக்கங்கள் தூண்டிய வளர்ச்சி இயக்கங்கள்

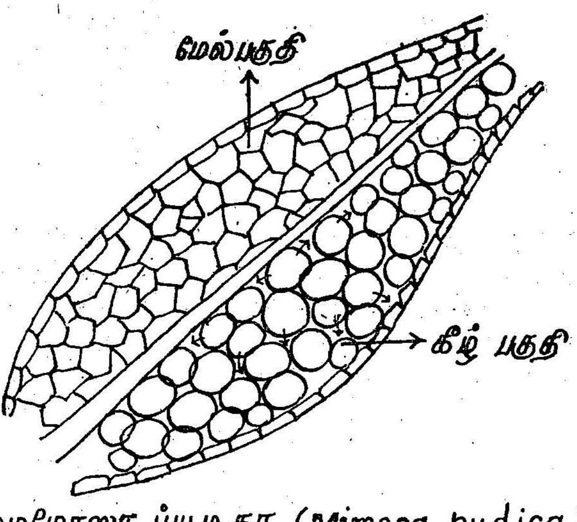
VI. திசைச் சார்பிலா இயக்கம்: இந்த இயக்கங்களும் வெளித்தூண்டலினுல்தான் நடைபெறுகின்றன. ஆனுல், தூண்டலுக்கும் இயக்கத்திற்கும் திசைத்தொடர்பு எதுவும் இல்லை. காலையில் ஒளியின் தூண்டுதலால் தாமரை மலர்கிறது; இரவில் மூடிக்கொள்கிறது. இது இந்த வகை இயக்கத்தைச் சேர்ந்தது. இதற்கு மாருக, புகையிலைப்பூ ஒளியில் மூடிக்கொள்கிறது; இருளில் மலர்கிறது. சில பூக்கள் வெப்பநிலை உயரும்போது மலர்கின்றன; குறையும்போது மூடிக்கொள்கின்றன. இவையெல்லாம் திசைச் சார்பிலா இயக்கங்களே.

வளைவு இயக்கங்கள்

VII. தூண்டப்பட்ட வேறுபாட்டு இயக்கங்கள்: கருவேல மரத்தின் வகையைச் சேர்ந்த பல மரங்களின் சிற்றிலைகள் பகலில் திறந்து இருக்கின்றன; இரவில் மூடிக்கொள்கின்றன. இந்த இலைகளுடைய காம்புகளின் அடியில் பல்வைனஸ் (pulvinus) என்ற தடித்த பகுதி ஒன்று உண்டு. இப் பகுதியிலுள்ள ஸெல்களில் ஏற்படும் விறைப்பு அழுத்த வேறுபாடுகளே இந்த இயக்கங்களுக்குக் காரணம் என்று கூறுகிருர்கள். தூண்டிய வேறுபாடு இயக்கத்திற்குச் சிறந்த உதாரணமாகத் தொட்டாற் சுருங்கி இலையின் இயக்கத்தை எடுத்துக்கொள்ளலாம். இச் செடியைத் தொட்டவுடன் இலைகள் மூடிக்கொண்டு கீழே தாழ்ந்து விடுகின்றன. இதற்கும் விறைப்பு அழுத்த வேறுபாடே காரணம் என்று கூறுகிருர்கள். இந்த இலையிலுள்ள பல்வைனஸின் நீள் வெட்டுத் தோற்றத்தைப் பார்ப்போம். பல்வைனஸின் கீழ்ப் பகுதியில் மெல்லிய சுவர்களை உடைய பாரெங்கைமா திசு உள்ளது. ஸெல் இடைவெளிகளும் மிகுதியாக உள்ளன. மேற் பகுதி ஸெல்களின் சுவர் தடித்து இருக்கிறது. ஸெல் இடைவெளிகளும் குறைவாகவே உள்ளன. இலையைத் தொடும்போது கீழ்ப் பகுதியிலுள்ள ஸெல்களிலிருந்து தண்ணீர், ஸெல் இடைவெளிகளுக்குள் செல்கின்றது. அப்போது அவை விறைப்பு இழந்து நெகிழ்வு அடைகின்றன. மேற்பகுதியில் உள்ள ஸெல்கள் விறைப்பு நிலையிலேயே உள்ளன. விறைப்பான மேல்பகுதி நெகிழ்வடைந்த கீழ்ப்பகுதியைக் கீழ்நோக்கித் தள்ளுகிறது. இலை தாழ்கிறது. பிறகு கீழ்ப்பகுதியில் ஸெல் இடைவெளிகளிலிருந்து

தண்ணீர் செல்லிற்குள் திரும்பவும் செல்லும்போது, அந்த செல்கள் மீண்டும் விறைப்பு அடைகின்றன. இலை முன் நிலையை அடைகிறது. இந்த இயக்கம் அதிர்ச்சி இயக்கம் (seismonasty) எனப்படுகிறது.

VIII. ஈரப்பசை இயக்கம் : மேலே கூறிய இயக்கங்கள் எல்லாம் உயிர்ப்பு இயக்கங்கள். உயிர்ப்பற்ற ஈரப்பசை இயக்கமும் தாவரங்களில் நடைபெறுகிறது. நெல்வகையைச் சேர்ந்த சில செடிகளின் கனிகளின் முனையில் ஆன் (awn) எனும் நீண்ட பகுதி



மைமோஸா ப்யூடிகா (Mimosa pudica)
படம் - 16.10 பல்வைனஸின் நீள் வெட்டுத்தோற்றம்

இருப்பதைக் காணலாம். இதன்மேல் தண்ணீர் படும்போது, அது தண்ணீரை ஈர்த்துக்கொண்டு சுழல்கிறது. இது ஈரப்பசை இயக்கத்திற்கு ஓர் உதாரணமாகும். கனகாம்பரச் செடியின் காய்களின்மேல் ஈரம் பட்டால் அவை வெடிப்பதற்கும் இந்த இயக்கமே காரணம்.

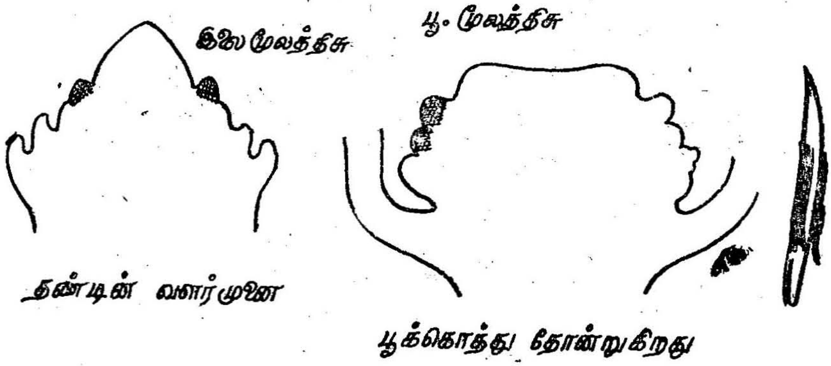
17. இனப்பெருக்கம்
(Reproduction)

தாவரங்களில் இனப்பெருக்கம் எப்படி நடைபெறுகிறது என்பதை விவரமாகக் கூறவேண்டியதில்லை. இனப்பெருக்க நிகழ்ச்சியின் வாழ்வியல் அம்சங்களைப்பற்றிமட்டுமே நாம் இங்குக் கவனிப்போம்.

பூ மூலத்திசுக்கள் (primordia) தோன்றுவதிலிருந்து விதை உண்டாவதுவரை நடைபெறும் நிகழ்ச்சிகள் அனைத்தும் இனப் பெருக்கத்துள் அடங்கும். இந்த இடைக்காலத்தில் எத்தனையோ மாறுபாடுகள் நிகழ்கின்றன. பூ மூலத்திசு தோன்றுகிறது. அது பூவின் பல பாகங்களையும் தோற்றுவிக்கிறது. பூவின் இனப் பெருக்கப் பகுதிகள் வளர்ந்து பக்குவமடைகின்றன. தொடர்ந்து மகரந்தச் சேர்க்கை, கருவுறுதல் (fertilization), கருவளர்ச்சி ஆகிய நிகழ்ச்சிகள் நடைபெறுகின்றன. முடிவாக விதைகளும் கனிகளும் தோன்றுகின்றன. இதில் இரண்டு நிகழ்ச்சிகள் முக்கியமானவை. ஒன்று பூ மூலத்திசுவின் தோற்றம்; மற்றொன்று கனிகளின் தோற்றம்.

ஒரு சிறிய செடியை எடுத்துக்கொள்வோம். அது விதையி லிருந்து முளைத்து வளர்கிறது. புதிது புதிதாக இலைகளைத் தோற்றுவித்துக்கொண்டே போகிறது. ஒரு குறிப்பிட்ட காலம் வந்தவுடன் அதில் பூக்கள் தோன்ற ஆரம்பிக்கின்றன. அதாவது, செடி வளர்ச்சி நிலையிலிருந்து இனப்பெருக்க நிலையை அடைந்து விடுகிறது. வளர்ச்சி நிலையில் புதிய தண்டையும் புதிய இலைகளை யும் தோற்றுவித்துக்கொண்டிருந்த அதே மெரிஸ்டம், இனப் பெருக்க நிலையில் பூக்களைத் தோற்றுவிக்க ஆரம்பிக்கிறது. இவ்விதம் வளர்ச்சி மெரிஸ்டம் இனப்பெருக்க மெரிஸ்டமாக மாறும்போது, அதில் கண்ணிற்குப் புலனாகாத பல வாழ்வியல்

மாறுபாடுகள் ஏற்பட்டிருக்கவேண்டும். ஆனால், முதன்முதலாக் கண்ணிற்குத் தெரியும் மாறுபாடு என்ன? தண்டின் வளர்முனை கூம்பு வடிவில் இருப்பதைக் கண்டோம். இம் முனை விரிவடைந்து தட்டையான முனையாகிறது; அதன் படிவமும் மாறுபடுகிறது. முனையின் நடுப்பகுதியில் உள்ள செல்கள் விரைவாகப் பகுப்படைய ஆரம்பித்து பூ மூலத்திசுக்களைத் தோற்றுவிக்கின்றன (படம் 17-1).



படம் - 17.1

இந்த மாற்றங்கள் எப்படி ஊக்குவிக்கப்படுகின்றன? அவற்றைப் பாதிக்கும் அம்சங்கள் யாவை? இக் கேள்விகளுக்கு விடைகாண விஞ்ஞானிகள் முயன்ற பூக்களின் தோற்றத்தில் ஒளிக்காலம், வெப்பநிலை ஆகிய இரண்டு அம்சங்கள் முக்கியமான பங்கு வகிப்பதாகத் தெரிகிறது. இவை இரண்டும் எப்படி இனப் பெருக்கத்தைப் பாதிக்கின்றன என்று பார்ப்போம்.

ஒளிக்காலம்: தாவரங்களில் பூக்களைத் தோற்றுவிப்பதில் ஒளிக்காலம் முக்கியப் பங்கு வகிக்கிறது என்பதை அல்லார்ட் (Allard), கார்னர் (Garner) என்ற இரு அமெரிக்க விஞ்ஞானிகள் எடுத்துக்காட்டினர். மேரிலாண்ட் மாமத் (maryland mammoth) என்ற வகையைச் சேர்ந்த புகையிலைச் செடி கோடைக்காலத்தில் பூப்பதில்லை என்பதையும், அதேசெடி பனிக்காலத்தில் பூப்பதையும் அவர்கள் கண்டனர். கோடைக்காலத்தில் பகற்காலம் நீண்டிருப்ப தாலேயே இவ்விதம் நேருகிறது என்று அவர்கள் கருதினர். கோடைக்காலத்தில் இச் செடியை நீண்ட நேரம் இருட்டறையிலே வைத்தால் செடியில் பூக்கள் தோன்றுகின்றன.

எனவே, ஒளிக்காலத்திற்கும் பூக்கள் தோன்றுவதற்குமிடையே நெருங்கிய தொடர்பு இருக்கிறது என்று தெரிகிது. ஒளியின்

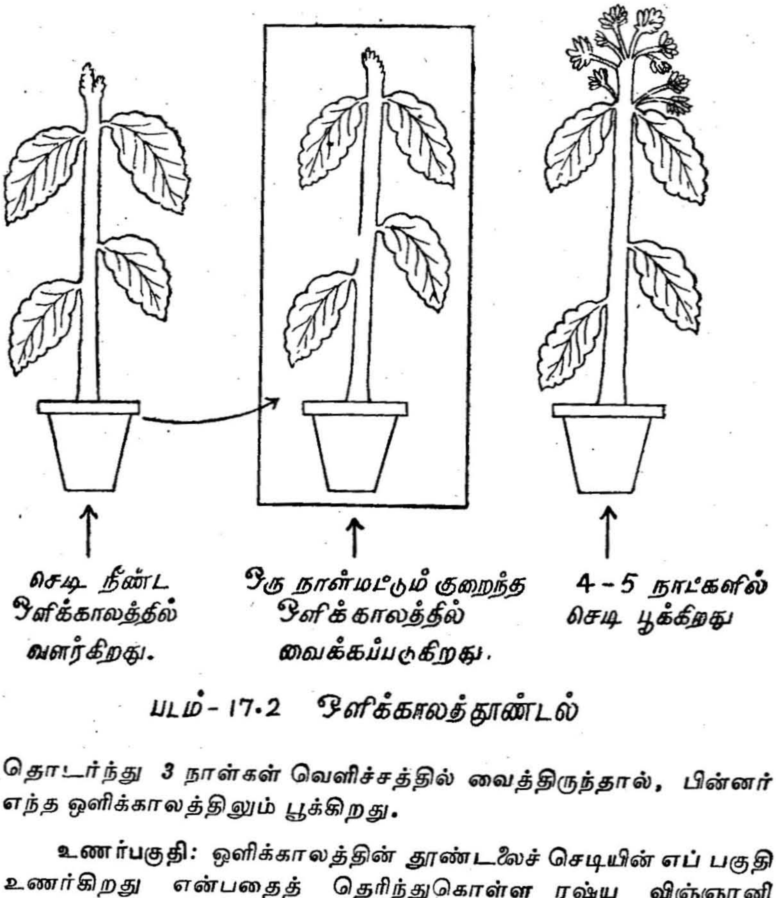
இவ்விளைவு ஒளிக்காலத்துவம் (photoperiodism) எனப்படுகிறது. மேரிலாண்ட் மாமத்தைப் போன்று குறைந்த ஒளிக்காலத்திலே பூக்கக்கூடிய செடிகள் குறுநாட் செடிகள் (short day plants) எனப்படுகின்றன. காஸ்மாஸ் (Cosmos), கிரைஸாந்திமம் (Chrysamthemum), ஸோயாபீன்ஸ் (Soya beans), பால்ஸம் (Balsam) ஆகிய செடிகள் குறுநாட் செடிகள். வேறு சில செடிகளுக்கு நீண்ட ஒளிக்காலம் தேவைப்படுகிறது. அவற்றிற்குத் தொடர்ச்சியாகச் செயற்கை ஒளி அளிக்கப்பட்டால் அவை பூக்கின்றன. அத்தகைய செடிகள் நீள்நாட் செடிகள் (long day plants) எனப்படுகின்றன. பீட்ரூட், பார்லி, வெங்காயம், ஆமணக்கு, உருளைக் கிழங்கு ஆகியவை இவ் வகையைச் சேர்ந்தவை. வேறு சில செடிகள் ஒளிக்காலத்தால் பாதிக்கப்படுவதில்லை. அவை நாள் நடுநிலைச் செடிகள் (day-neutrals) எனப்படுகின்றன. தக்காளி, மக்காச் சோளம், மிளகாய், வெள்ளரி முதலிய செடிகள் இவ் வகையைச் சேர்ந்தவை.

ஒவ்வொரு செடிக்கும் ஒரு தீர்வுகட்ட (critical) ஒளிக்காலம் உண்டு. குறுநாட் செடிகளுக்கு இதைவிடக் குறைவான ஒளிக்காலம் அளித்தால் அவை பூக்கும். உதாரணமாக, குறுநாட் செடியாகிய சோயாபீன்ஸிற்குத் தீர்வுகட்ட ஒளிக்காலம் 16.5 மணியாகும். இதைவிடக் குறைவான எந்த ஒளிக்காலத்திலும் அது பூக்கும். அதுபோலவே நீள்நாட் செடிகளுக்குத் தீர்வுகட்ட ஒளிக்காலத்தை விட அதிகமான ஒளிக்காலம் அளித்தால் அவை பூக்கும். உதாரணமாக, ஸ்பைனச் (Spinach) செடியின் தீர்வுகட்ட ஒளிக் காலம் 13 மணி. இதைவிட அதிகமான ஒளிக்காலத்தில் அது பூக்கும்.

ஒளிக்காலத் தூண்டல் : ஒரு செடி பூக்கவேண்டுமானால், அதற்கு எத்தனை நாள்கள் குறிப்பிட்ட ஒளிக்காலம் அளிக்கப்பட வேண்டும்? ஸாந்தியம் (Xanthium) எனும் குறுநாட் செடியை ஒரே ஒரு நாள் குறிப்பிட்ட ஒளிக்காலத்தில் (அதாவது, குறைந்த ஒளிக் காலத்தில்) வைத்திருந்தால் போதுமென்று தெரிகிறது. அதற்குப் பின்னர் அதை நீண்ட ஒளிக்காலத்தில் வைத்தாலும் அது பூக்கிறது.

எனவே, ஒரே நாள் அளிக்கப்பட்ட குறைந்த ஒளிக்காலம் பூத்தலைத் தூண்டுகிறது. இந்த விளைவு ஒளிக்காலத் தூண்டல் (photoperiodic induction) அல்லது ஒளிக்காலப் பின்விளைவு (photoperiodic after-effect) எனப்படுகிறது. இக் கால அளவு, செடிக்குச் செடி வேறுபடுகிறது. உதாரணமாக, ஸோயாபீன்ஸ் செடியை 2

அல்லது 4 நாள்கள் இவ்விதம் வைத்திருக்கவேண்டும். கிரை ஸாந்திமம் செடிக்கு 8—30 நாள்கள் வைத்திருக்க வேண்டும். நீள் நாட் செடியாகிய ஹென்பேன் (Henbane) எனும் செடியைத்

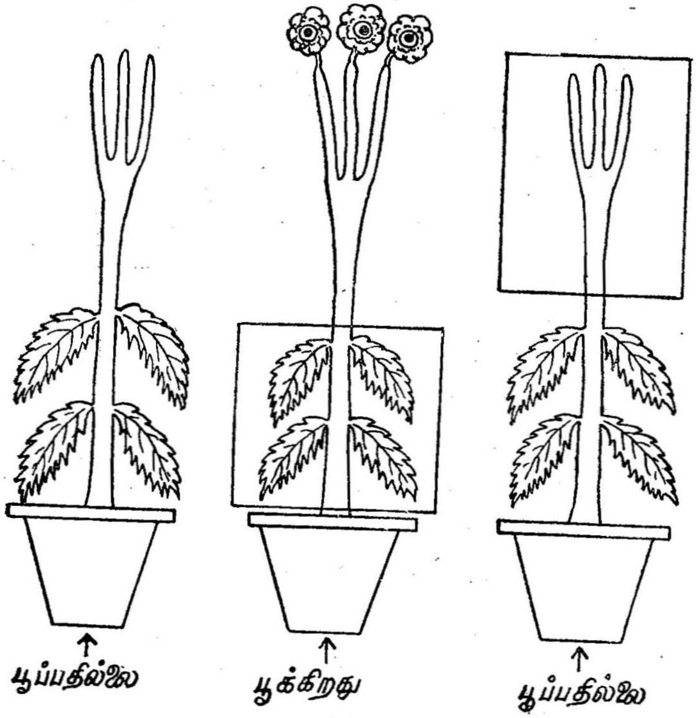


படம் - 17·2 ஒளிக்காலத் தூண்டல்

தொடர்ந்து 3 நாள்கள் வெளிச்சத்தில் வைத்திருந்தால், பின்னர் எந்த ஒளிக்காலத்திலும் பூக்கிறது.

உணர்பகுதி: ஒளிக்காலத்தின் தூண்டலைச் செடியின் எப் பகுதி உணர்கிறது என்பதைத் தெரிந்துகொள்ள ரஷ்ய விஞ்ஞானி சைலக்கியான் (Chailakhian) செய்த சோதனையைப் பார்ப்போம். அவர் கிரைஸாந்திமம் செடிகளை எடுத்துக்கொண்டார். இச் செடிகளின் மேல் கொப்புகளிலிருந்து இலைகள் முழுவதும் அகற்றப் பட்டன. அடிப்பகுதியில்மட்டும் சில இலைகள் விட்டுவைக்கப் பட்டன. ஒரு செடி தோட்டத்தில் வைக்கப்பட்டது. இதற்கு 12 மணிநேர ஒளிக்காலம் கிடைத்தது. மற்றொரு செடியில் 8 மணி நேர ஒளிக்காலம் கொடுத்த பின்னர், இலைகள்மட்டும் மூடி மறைக் கப்பட்டன. அதாவது, செடியின் மேல்தண்டு தொடர்ந்து நீண்ட

ஒளிக்காலத்தைப் பெற்றது. மூன்றாவது செடியில் 8 மணிநேர ஒளிக்காலத்திற்குப் பின்பு தண்டு மூடி மறைக்கப்பட்டது. இலை தொடர்ந்து நீண்ட ஒளிக்காலத்தில் இருந்தது. சோதனைகளின் முடிவில் இரண்டாவது செடி பூத்தது. இவ்வாறு எச் செடியில் இலைக்குக் குறுகிய ஒளிக்காலம் அளிக்கப்பட்டதோ அச் செடிதான் பூத்தது. குறைந்த ஒளிக்காலம் தண்டிற்கு அளிக்கப்பட்டால் அது பூப்பதில்லை (படம் 17–2a). எனவே, ஒளிக்காலத்தின் தூண்டலை உணர்வது இலையே என்று தெரிகிறது.

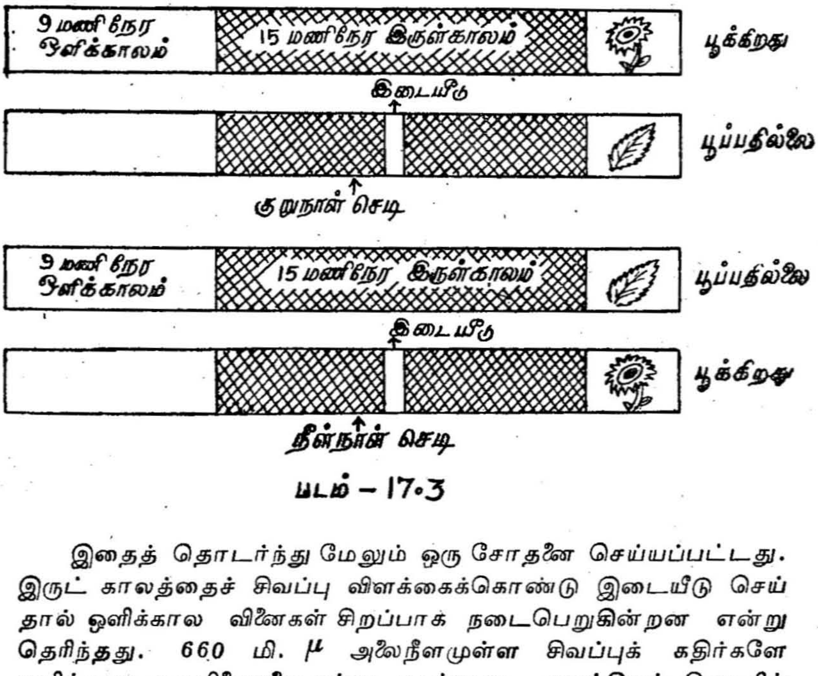


படம்–17·2a ஒளிக்காலத் தூண்டலை உணரும் பகுதி

இலை இத் தூண்டலை எப்படி உணர்கிறது என்பதைத் தெரிந்து கொள்ள வேறு சில பரிசோதனைகளைப் பார்ப்போம்.

ஸாந்தியம் செடி ஒரு குறுநாட் செடி என்பது தெரியும். இச் செடிக்கு 9 மணிநேர ஒளிக்காலமும் தொடர்ந்து 15 மணிநேர இருளும் அளிக்கப்பட்டன. அப்போது செடி பூத்தது. ஆனால்,

15 மணிநேர இருட் காலத்தில் 7½ மணிநேரங்களுக்குப்பின் ஒரு நிமிடம் விளக்கைப் போட்டாலும் செடி பூக்கவில்லை! எனவே, குறுநாட் செடி பூப்பதற்கு இடையீடு அற்ற நீண்ட இருட் காலம் தேவைப்படுகிறது என்று கூறலாம். அதுபோலவே நீள்நாட் செடிகளைக்கொண்டும் சோதனை செய்யப்பட்டது. நீள்நாட் செடியான பார்லி 12 மணிநேரம் ஒளியிலே வைக்கப்பட்டது. பின்னர் 12 மணிநேரம் இருளிலே வைக்கப்பட்டது. செடி பூக்கவில்லை. ஆனால், இருட்காலத்தில் ஒரு விளக்கைப் போட்டுச் சிறிது நேரம் இருளில் இடையீட்டை உண்டாக்கினால் செடி பூக்கிறது (படம் 17-3). எனவே, நீள்நாட் செடிகளுக்கு நீண்ட இருள் கூடாது என்று தெரிகிறது.

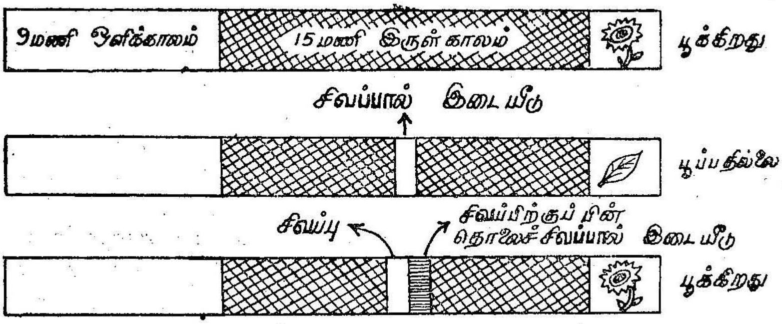


படம் – 17·3

இதைத் தொடர்ந்து மேலும் ஒரு சோதனை செய்யப்பட்டது. இருட் காலத்தைச் சிவப்பு விளக்கைக்கொண்டு இடையீடு செய்தால் ஒளிக்கால வினைகள் சிறப்பாக நடைபெறுகின்றன என்று தெரிந்தது. 660 மி. μ அலைநீளமுள்ள சிவப்புக் கதிர்களே ஒளிக்கால மறுவினைகளை நன்கு தூண்டின. ஸாந்தியம் செடியில் செய்யப்பட்ட மற்றொரு சோதனையைப் பார்ப்போம். ஸாந்தியம் செடிக்கு 9 மணிநேர ஒளிக்காலமும், 15 மணிநேர இருளும் அளிக்கப்பட்டன. செடி பூத்தது. பிறகு 15 மணிநேர இருட் காலத்தின் நடுவில் 660 மி. μ அலைநீளமுள்ள சிவப்புக் கதிர்கள் அளிக்கப்பட்டன. செடி பூக்கவில்லை. தொடர்ந்து 735 மி. μ அலைநீளமுள்ள தொலைச் சிவப்புக் (far red) கதிர்கள் அளிக்கப்

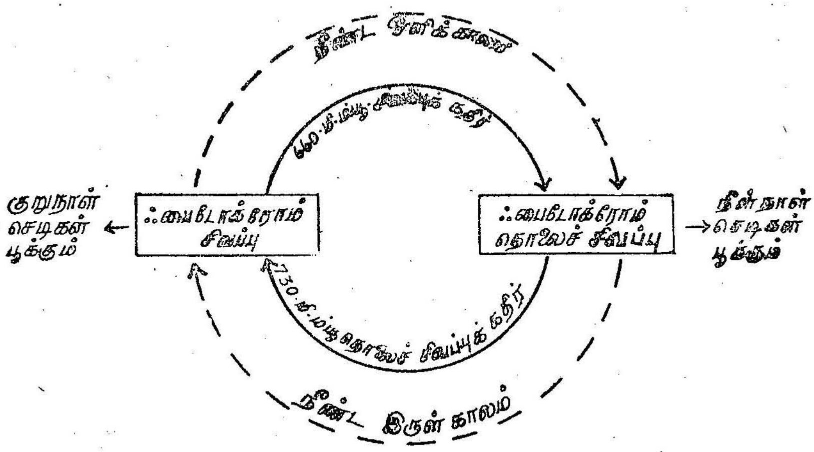
பட்டன. செடி பூத்தது. அதாவது, சிவப்புக் கதிர்களின் பாதக மான விளைவுகளைத் தொலை சிவப்புக் கதிர்கள் நீக்குகின்றன.

நீள்நாட் செடிகளிலும், இவ்விரு கதிர்களும் இந்த விளைவைத் தோற்றுவிக்கின்றன. இவ்விதம் ஒளிக்காலத்தின் விளைவுகள்,



படம் - 17.4 சிவப்பு → தொலைச்சிவப்பு விளைவு

ஒளியின் அலை நீளங்களால் பாதிக்கப்படுவதால், ஒளிக்காலத்தை உணரக்கூடிய துணுக்குகள் இலைகளில் இருக்கவேண்டுமென்று கருதப்படுகிறது. நீல நிறம் கொண்ட ஃபைடோக்ரோம் (phyto-

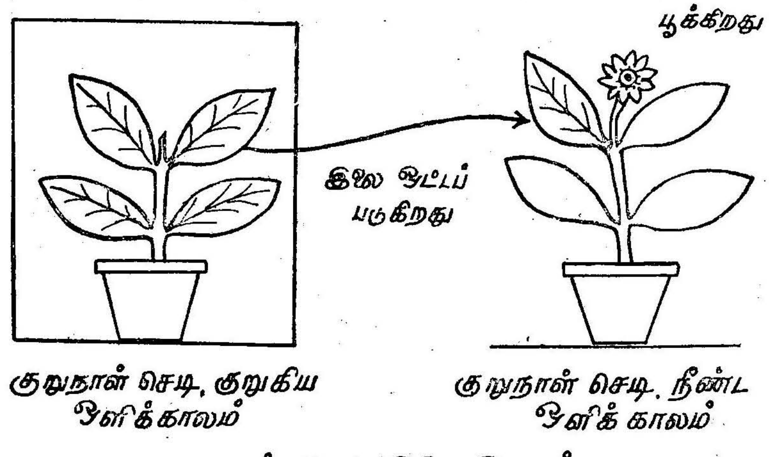


படம் - 17.5 ஃபைடோக்ரோம் மாற்றம்

chrome) என்னும் துணுக்கு இலைகளில் இருப்பதாகக் கூறப்படு கிறது. இது சிவப்பு (phytochrome red), தொலைச்சிவப்பு (phyto-chrome far red) என்ற இரண்டு நிலைகளில் இருக்கலாம். ஃபைடோ க்ரோம் சிவப்புத் துணுக்கு 660 மி. μ கதிர்களை ஈர்த்துக்கொண்டு

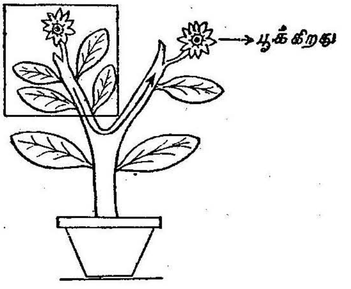
ஃபைடோக்ரோம் தொலைச்சிவப்பு ஆகிறது. தொலைச்சிவப்பு 735 மி. μ கதிர்களை ஈர்த்துக்கொண்டு சிவப்பாகிறது. குறுநாட் செடிகளில் ஃபைடோக்ரோம் சிவப்பு பூத்தலைத் தூண்டுகிறது. நீள்நாட் செடிகளில் ஃபைடோக்ரோம் தொலைச்சிவப்பு பூத்தலைத் தூண்டுகிறது. நீண்ட ஒளிக்காலத்திற்குப் பின் செடிகளில் ஃபைடோக்ரோம் தொலைச்சிவப்பே மிகுதியாக இருக்கிறது. எனவேதான் குறுநாள் செடிகள் நீண்ட ஒளிக்காலத்திற்குப்பின் பூப்பதில்லை. நீள்நாட் செடிகள் பூக்கின்றன. நீண்ட இருட் காலத்திற்குப்பின் செடிகளில் ஃபைடோக்ரோம் சிவப்பு அதிகமாக உள்ளது. எனவே, குறுநாட் செடிகள் பூக்கின்றன; நீள்நாட் செடிகள் பூப்பதில்லை (படம் 17–5).

இவ்விதம் இலையிலுள்ள ஃபைடோக்ரோமின்மூலம் ஒளிக் காலம் உணரப்படுகிறது. பிறகு தண்டுமுனையில் ஏற்படும் மாறுதல்கள் ஆக்ஸின்களால் தூண்டப்படுகின்றன என்று கருது கிறார்கள். ஒளிக்காலத்துவம் ஆக்ஸினின் விளைவே என்பதற்கு ஆதரவாகப் பல சோதனைகள் செய்யப்பட்டுள்ளன. உதாரணமாக, இரண்டு ஸாந்தியம் செடிகளை எடுத்துக்கொள்வோம். ஒன்றைக் குறைந்த ஒளிக்காலத்திலும், மற்றொன்றை நீண்ட ஒளிக்காலத் திலும் வைப்போம். குறைந்த ஒளிக்காலத்திலிருப்பது பூக்கிறது; நீண்ட ஒளிக்காலத்திலிருப்பது பூப்பதில்லை. அப்போது முதல் செடியிலிருந்து ஓர் இலையை எடுத்து இரண்டாவதுடன் ஒட்டினால் நீண்ட ஒளிக்காலத்திலிருந்த இரண்டாவது செடியும் பூக்கிறது (படம் 17-6).



படம் - 17.6 இலை ஒட்டல்

இரண்டு கொப்புகளைக்கொண்ட ஒரு ஸாந்தியம் செடியை எடுத்துக்கொள்வோம். ஒரு கொப்பைமட்டும் குறைந்த ஒளிக் காலத்தில் வைத்தால் இரண்டாது கொப்பிலும் பூக்கள் தோன்று கின்றன. முதல் கொப்பில் தோன்றிய ஆக்ஸின் இரண்டாவது கொப்பிற்கும் அனுப்பப்படுகிறது (படம் 17-7).



படம்—17.7 ஒரு கொப்பு குறைந்த ஒளிக்காலத்திலிருந்தால் மற்றொரு கொப்பும் பூக்கிறது

இந்த ஆக்ஸினை ஃப்ளோரிஜென் (florigen) என்று கூறு கிறார்கள். சைலகியானின் கருத்துப்படி, இதில் தண்டுகளின் வளர்ச்சிக்குத் தேவையான ஜிப்பெரெல்லின் (gibberellins) என்னும் பொருள்களும், பூக்களின் தோற்றத்திற்குத் தேவையான ஆந்தீஸின்களும் (anthesins) உள்ளன. ஒரு செடி அதற்கியைந்த ஒளிக்காலத்தில் வைக்கப்படும்போது இந்த ஆக்ஸின்கள் தோன்றிப் பூத்தலைத் தூண்டுகின்றன.

வெப்பநிலை : வெப்பநிலைக்கும் பூக்கள் தோன்றுவதற்குமுள்ள நேரடியான தொடர்பைப்பற்றிப் பார்ப்போம். சில வகைச் செடிகள் ஈராண்டுச் செடிகளாக (biennials) உள்ளன. முதல் ஆண்டில் அவை இலைகளைத் தோற்றுவிக்கின்றன. சில சிறப்பினங் களில் ஓராண்டு (annuals) வகைகளும், ஈராண்டு வகைகளும் உள்ளன. உதாரணமாக, கோதுமையை எடுத்துக்கொள்வோம். இதில் வசந்தகால வகை (spring variety), பனிக்கால வகை (winter variety) என இருவகைகள் உள்ளன. வசந்தகால வகை அந்த ஆண்டிலேயே பலன் தரும்; பனிக்கால வகை அடுத்த ஆண்டில்தான் பலன் தரும். வசந்தகால வகைகளை, வசந்த காலத்தில் பயிரிட்டு, இலையுதிர் காலத்தில் அறுவடை செய்து விடுவார்கள். பனிக்கால வகைகளை இலையுதிர் காலத்தில் பயிரிட்டு, பனிக்காலம் முழுவதிலும் நிலத்திலே இருக்கச்செய்து, பின்னர்

இளவேனிற் காலத்தில் அறுவடை செய்வார்கள். பனிக்கால வகைகளை வசந்த காலத்தில் பயிரிட்டால் அவை உடனே பலன் தருவதில்லை. பனிக்காலம் தாண்டி இளவேனிற்காலத்தில்தான் பயன் தருகின்றன. பனிக்கால வகைகளில் பூக்கள் தோன்ற வேண்டுமானால் அவற்றிற்கு மிகக் குறைந்த வெப்பநிலை தேவை என்று தெரிகிறது.

இனி, கோதுமையை எடுத்துக்கொள்வோம். பனிக்காலக் கோதுமைகளைச் சிறிது முளைக்கச்செய்து, பின்னர் 5° செ.கி.-ல் அவற்றைச் சில நாள்கள் வைத்திருந்தார்கள். பின்னர் அவற்றை விதைத்தபோது, அவை வசந்தகால வகைகளைப்போல வளர்ந்து பலன் தந்தன. இயற்கையில் பனிக்கால வகை நிலத்திலே வளரும் போது, பனிக்காலத்தில் அதற்குத் தேவையான தாழ்ந்த வெப்ப நிலை கிடைக்கிறது; அதன்பின் அது பூக்கிறது. இதே தாழ்ந்த வெப்பநிலையைச் செயற்கை முறையில் அளித்தாலும் அது பூக்கிறது. இவ்விதம் முளைத்த விதைகளைக் குளிரவைத்துப் பின்னர் பயிரிடுவது தட்பப் பதனம் (vernalization) எனப்படுகிறது.

தட்பப் பதனத்தைச் செடிகளின் முனைமொட்டுகளே (apical buds) உணர்கின்றன என்று தெரிகிறது. பீட்ருட் கிழங்கில் முனை மொட்டை மட்டும் தட்பப் பதனம் செய்தால் தட்பப் பதனத்தின் விளைவுகள் தோன்றுகின்றன என்று தெரிகிறது. அதுபோலவே கோதுமை போன்ற தானியங்களில் விதைக்கருவை (embryo) தட்பப் பதனம் செய்தாலே போதுமானதாக இருக்கிறது.

தட்பப் பதனமும், ஆக்ஸின் விளைவே என்று தெரிகிறது. உதாரணமாக, தட்பப் பதனம் செய்யப்பட்ட ஒரு பீட்ருட் செடியை, தட்பப் பதனம் செய்யப்படாத ஒரு செடியுடன் ஒட்டினால், இரண்டிலும் பூக்கள் தோன்றுகின்றன. இரண்டு கொப்புகளைக்கொண்ட ஹென்பேன் செடியில் ஒரு கொப்பின் மொட்டைத் தட்பப் பதனத்திற்கு உள்ளாக்கினால், மற்றக் கொப்பிலும் பூக்கள் தோன்றுகின்றன. எனவே, ஒளிக்கால விளைவுகளைப்போன்று தட்பப் பதன விளைவுகளும் ஆக்ஸின் விளைவுகளாகவே இருக்கவேண்டும்.

18. வளர்வடக்கம்
(Dormancy)

தாவரங்களின் விதைகளை நன்கு உலர்த்தி ஈரப்பசையில்லாமல் சேகரித்து வைத்திருந்தால், அவை முளைப்பதில்லை என்பது நமக்குத் தெரியும். ஏன்? விதைகள் முளைப்பதற்குப் போதுமான ஈரம், காற்று இவையிரண்டும் வேண்டும். விதைகளை நிலத்திலே ஊன்றி நீர் தெளித்தால் அவை நீரை உறிஞ்சிக்கொண்டு முளைக்க ஆரம்பிக்கின்றன. அதாவது, விதை முளைப்பதற்குத் தேவையான நிலைகள் இல்லாதபோது முளைப்பதில்லை. அந்த நிலைகள் கிடைக்கும் போது அவை முளைக்கின்றன. ஆனால், சில விதைகள் தகுந்த சூழ்நிலைகள் இருந்தபோதிலுங்கூட முளைப்பதில்லை. அவை முளைப்பதற்குமுன் ஒரு குறிப்பிட்ட காலம் கழிந்தாக வேண்டும். அல்லது அவை குறிப்பிட்ட சூழ்நிலை அம்சங்களால் பாதிக்கப்பட வேண்டும். அப்போதுதான் அவை முளைக்கின்றன. வளர்ச்சிக்குத் தேவையானது என்று கருதப்படும் எல்லா நிலைகளையும் கொடுத்த பின்பும் வளராது இருக்கும் நிலை வளர்வடக்கம் (dormancy) எனப் படுகிறது. விதைகள்மட்டுமன்றி மொட்டுகளும் வளர்வடங்கு கின்றன.

விதைகளில் ஏற்படும் வளர்வடக்கத்திற்கான காரணங்களை இனிப் பார்ப்போம்.

கெட்டியான விதையுறை: அவரைக் குடும்பத்தைச் சேர்ந்த பல செடிகளின் விதைகள் கெட்டியான உறையால் சூழப்பட்டுள் ளன. வளர்வதற்குத் தேவையான தண்ணீரை உள்ளே செல்ல இந்த உறைகள் அனுமதிப்பதில்லை. சில விதையுறைகள் ஆக்ஸி ஜனை உள்ளே செல்ல அனுமதிப்பதில்லை. ஸாந்தியம் கனியிலுள்ள இரண்டு விதைகளில் கீழ்விதை உடனடியாக வளர்கிறது; மேல் விதை அடுத்த ஆண்டில்தான் வளர்கிறது. மேல்விதைக்குள்

ஆக்ஸிஜன் செல்லாததே இதற்குக் காரணமென்று தெரிகிறது. மேல்விதை உறையை ஊசியால் குத்தித் துளையிட்டாலோ அல்லது விதைகளை உயர்ந்த ஆக்ஸிஜன் அழுத்தத்தில் வைத்தாலோ இரண்டு விதைகளும் முளைக்கின்றன. கடுகு, குப்பைக் கீரை போன்ற செடிகளின் விதையுறை மிகவும் கடினமாக இருப்பதால், அவை உள்ளிருக்கும் கரு வளர்வதைத் தடைசெய்கின்றன.

வளர்ச்சி அடையாத கரு: சில விதைகளில் கரு, மற்ற விதைத் திசுக்களைப்போல விரைவாக வளர்வதில்லை. எனவே, விதை மரத்தி லிருந்து விழும் காலத்தில் அதன் கரு முழுவதாக வளர்ச்சி அடைந் திராது. கரு முற்றிலும் வளர்ச்சி அடையும்வரை விதைகள் முளைப்பதில்லை.

வளர்வடங்கிய கரு: சில விதைகளில் கருக்கள் முற்றிலும் வளர்ச்சி அடைந்திருக்கலாம். எனினும், அவை முளைப்பதில்லை. ஏனெனில், வளர்ச்சி அடைந்த கரு முளைப்பதற்கு முன்னுல் அதில் பல வாழ்வியல் மாற்றங்கள் நடைபெற்றுகவேண்டும். இதைப் 'பின் பக்குவமடைதல்' (after-ripening) என்று கூறுகிறுர்கள். கருவின் வாழ்வியல் நிலையில் பல மாற்றங்கள் ஏற்பட்டு, முடிவில் வளர் வடங்கிய கரு, முளைக்கும் கருவாகிறது. இதில் சூழ்நிலை அம்சங்கள் முக்கிய பங்கு வகிக்கின்றன. அவற்றை மாற்றுவதன்மூலம் வளர் வடக்கத்தை நீடிக்கலாம் அல்லது குறுக்கலாம்.

முளைத்தல் அடக்கிகள் (Germination Inhibitors): சில வேதிப் பொருள்கள் விதை முளைத்தலை அடக்குகின்றன. உதாரணமாக, தக்காளிப் பழத்தின் சாறு, உள்ளே இருக்கும் விதைகள் முளைப் பதைத் தடை செய்கிறது. 'தக்காளி விதையைமட்டுமன்றி வேறு செடிகளின் விதைகள் முளைப்பதையும் தக்காளிச் சாறு அடக்கு கிறது. எனவே, முளைத்தலை அடக்கக்கூடிய ஒரு வேதிப்பொருள் தக்காளியில் இருக்கவேண்டுமென்று தெரிகிறது. பெரும்பான்மை யான பழங்களிலும், விதைகளிலும் இத்தகைய அடக்கிகள் இருக்க வேண்டுமென்று எண்ணுகிறுர்கள்.

விதைகளின் வளர்வடக்கத்தை நீக்கும் முறைகள்

அ. உறைநீக்கம் (Scarification): விதையுறைகளின் செலுத் தாத் தன்மையாலோ கடினத்தாலோ வளர்வடக்கம் தோன்றும் போது, உறைகளை நீக்குவதின்மூலம் அதைப் போக்கலாம். விதை உறைகளின் ஒரு பகுதியை நீக்குவதன்மூலமோ அல்லது உறைகளை விரியச்செய்வதன்மூலமோ வளர்வடக்கம் நீக்கப்படுகிறது.

அடர்த்தி மிக்க அமிலங்களில் விதைகளை ஊறவைப்பதன் மூலமும் வளர்வடக்கத்தைப் போக்கலாம். இம் முறைகளைக் கையாளும் போது விதைக்கருவுக்கு ஊறு நேராமல் பார்த்துக்கொள்ள வேண்டும்.

ஆ. தாழ்ந்த வெப்பநிலை : 'பின் பக்குவம்' தேவைப்படும் விதைகளைத் தாழ்ந்த வெப்பநிலையில் வைத்தால், அவற்றின் வளர்வடக்கம் நீக்கப்படுகிறது. உதாரணமாக, ஊசியிலை மரங்களின் விதைகளை 5–10° செ.கி-ல் 2 அல்லது 3 மாதங்கள் வைத்தால் அவை வளர்வடக்கத்தை இழக்கின்றன.

இ. மாறுபடும் வெப்ப நிலைகள் : விதைகட்கு உயர்ந்த வெப்ப நிலையையும் தாழ்ந்த வெப்ப நிலையையும் மாற்றிமாற்றி அளிப்பதன்மூலம் வளர்வடக்கத்தை நீக்கலாம். ஆனால், இவ் வெப்ப தட்ப நிலை மாற்றங்கள் 10—20° செ.கி. வரம்பிற்குள் இருக்க வேண்டும். தட்பநிலை உறைநிலைக்கு மேலாக இருக்கவேண்டும்.

ஈ. அழுத்தம் : விதைகளை உயர்ந்த அழுத்தத்திற்கு உட்படுத்துவது வளர்வடக்கத்தை நீக்க மற்றுமொரு முறையாகும். உதாரணமாக, மெடிகாகோ ஸடைவா (medicago sativa) செடியின் விதைகளை 18° செ.கி. வெப்ப நிலையில் 2000 வ. ம.அழுத்தத்தில், 5–20 நிமிடங்கள் வைத்தபோது, அதன் முளைத்திறன் 50–200 சத விகிதம் உயர்ந்தது.

2. ஒளி : சில விதைகள் குறிப்பிட்ட அலைநீளமுள்ள ஒளியைப் பெற்றால் நன்கு முளைக்கின்றன. உதாரணமாக, லெட்யூஸ் (Lettuce) விதைகள் 660 மி.μ அலைநீளமுள்ள சிவப்புக் கதிர்களில் வைக்கப்பட்டால் நன்கு முளைக்கின்றன. ஆனால், 730 மி. μ அலைநீளமுள்ள தொலைச்சிவப்புக் கதிர்கள் முளைத்தலைக் குறைக்கின்றன. ஒளிக்காலத்துவத்தைப்பற்றிப் படித்தபோது நாம் கண்ட ஃபைடோக்ரோம் துணுக்கே இவ் விளைவை ஏற்படுத்துகிறது என்று கருதப்பட்டது.

மொட்டு வளர்வடக்கம் : தட்பப் பகுதியில் வாழும் தாவரங்களின் மொட்டுகள் பனிக்காலத்தில் வளர்வடங்குகின்றன; வசந்த காலத்தில் மீண்டும் துளிர்க்க ஆரம்பிக்கின்றன. இது மொட்டு வளர்வடக்கம் எனப்படுகிறது. மொட்டு வளர்வடக்கத்தை நீக்க, அத் தாவரங்களை உறைநிலையை ஒத்த தட்பநிலையில் குறிப்பிட்ட காலம் வைத்திருக்கவேண்டும். இயற்கையில் பருவ காலங்களுக்கு இயைய ஏற்படும் இந்த அடக்கம் ஆக்ஸின்களால்

ஏற்படுவதாகத் தெரியவில்லை. இரு கொப்புகளைக்கொண்ட ஒரு செடியின் ஒரு கொப்பைமட்டும் தாழ்ந்த வெப்பநிலையில் வைத்தால், அக் கொப்பில்மட்டுமே வளர்வடக்கம் நீங்குகிறது. இதைத் தவிர ஆக்ஸின்களால் தோன்றும் மொட்டு வளர்வடக்கமும் உண்டு. முனை ஆதிக்கத்தாலும் இலைகளாலும், இலைக்கக்க மொட்டுகளின் வளர்ச்சி தடைப்படுகிறது என்று முன்னரே பார்த்தோம். இதுபோலவே உருளைக்கிழங்கு முதலிய கிழங்குகளில் மொட்டு வளர்வடக்கம் ஏற்படலாம்.

மொட்டு வளர்வடக்கத்தை அகற்ற, தாழ்ந்த வெப்பநிலையைத் தவிர, சில வேதிப்பொருள்களும் பயன்படுகின்றன. எதிலின் குளோரர்ஹைட்ரின், (ethylene chlorhydrin), சோடியம் தையோ ஸையனேட் (sodium thio-cyanate), கார்பன்-பை-ஸல்ஃபைடு (carbon-bi-sulphide) ஆகிய பொருள்கள் இவ்வாறு பயன்படுகின்றன.

சில சமயங்களில் மொட்டு வளர்வடக்கத்தை நீடிக்கவேண்டியுமிருக்கலாம். உதாரணமாக, உருளைக்கிழங்குகளைச் சேமித்துவைக்கும்போது அவை முளைத்துவிட்டால் பெருவிரயம் ஏற்படும். இதைத் தவிர்ப்பதற்கும் வேதிப் பொருள்களைப் பயன்படுத்தலாம். இதற்கு நாப்தலீன் அஸிடிக் அமிலம் பயன்படுகிறது. மெல்லிய காகிதத் துண்டுகளை இதில் நனைத்து உருளைக்கிழங்குகளுக்கிடையே தூவிவைத்தால் மொட்டுகள் வளர்வதில்லை.

19. தாவர நோய்கள்

(Plant Diseases)

மனிதர்களையும் விலங்குகளையும்போன்றே தாவரங்களும் பல வகை நோய்களால் பாதிக்கப்படுகின்றன. இத்தகைய நோய்கள் தாவரங்கட்கு, குறிப்பாக விவசாயப் பயிர்களுக்குப் பெரும் சேதத்தை விளைவிக்கின்றன. தாவர நோய்கள்பற்றிய ஆராய்ச்சி தாவர நோயியல் (plant pathology) என்று தாவர இயலில் ஒரு தனித்துறையாக விளங்குகிறது. இந் நோய்களைப்பற்றிப் பல பெரிய நூல்களும் அநேக ஆய்வுரைகளும் எழுதப்பட்டுள்ளன. இப்பகுதியில் தாவர நோய்களைப்பற்றிப் பொதுவாகவும் சுருக்கமாகவும் தெரிந்துகொள்வோம்.

தாவரங்களின் வாழ்வியல் நிகழ்ச்சிகளிலோ அல்லது தோற்றத்திலோ ஏற்படும் அசாதாரணமான மாறுபாடுகளை நாம் நோய்கள் என்று சொல்கிறோம். வாழ்வியல் நிகழ்ச்சிகளில் ஏற்படும் மாறுபாடுகள் கண்ணிற்குப் புலனாவதில்லை. ஆனால், அம் மாறுபாடுகளின் விளைவுகள் தாவரங்களில் சில நோய் அறிகுறிகளைத் (symptoms) தோற்றுவிக்கின்றன. இவற்றைக்கொண்டே தாவர நோயியலாளர்கள் தாவரம் நோய்வாய்ப்பட்டிருப்பதைக் கண்டுகொள்கிறார்கள்.

நோய் அறிகுறிகள்: நோய் அறிகுறிகள் பலவகைப்படும். அவற்றைப் பொதுவாகக் கீழ்க்கண்ட வகைகளாகப் பிரித்துக் கொள்ளலாம்.

1. வாடல் (Wilts) : தாவரத்தின் தண்டுப் பகுதிகள் வாடிப் பிறகு உலர்ந்துவிடுகின்றன. தக்காளி, வெள்ளரி, பருத்தி முதலிய செடிகளில் வாடல் நோய் தோன்றுகிறது.

2. பொருக்கு (Scabs) : நோயூக்கி செடியின் மேல்பரப்பிலுள்ள திசுக்களில் வளரும்போது, அத் திசு கொல்லப்பட்டுப் பொருக்கு களாகத் தோன்றுகிறது. உருளைக்கிழங்கில் இப் பொருக்கு நோய் வருகிறது.

3. புள்ளி (Spot) : இலைகளை நோயூக்கிகள் பாதிக்கும்போது, சிற்சில பகுதிகளில் இங்கும் அங்குமாகத் திசுக்கள் கொல்லப்படு கின்றன. திசு இறந்த இப் பகுதி பழுப்பு அல்லது கறுப்பு நிறமான புள்ளிகளாகக் காணப்படுகிறது. புகையிலை, மிளகாய் முதலிய வற்றில் இந் நோயைக் காணலாம்.

4. அழுகல் (Rot) : நோயூக்கிகள் செடியைப் பாதிக்கும் போது, பாதிக்கப்பட்ட பகுதி உருக்குலைந்து ஒரு கூழ்போல் ஆகிறது. காரெட், உருளைக்கிழங்கு, பீட்ருட் முதலிய கிழங்குகள் இந் நோயால் பாதிக்கப்படுகின்றன.

5. முடிச்சுகள் (Hypertowphies) : நோயூக்கி ஒரு செடிக்குள் செல்லும்போது செடியின் பாதிக்கப்பட்ட பகுதிகளில் மிகையான செல் பகுப்பு உண்டாகிறது. இதன் பயனாக வேர், தண்டு, இலை இவற்றில் முடிச்சுகள் தோன்றுகின்றன. முட்டைகோஸ், பீட்ரூட் இவற்றில் இந் நோயைக் காணலாம்.

6. திட்டுகள் (Cankers) : பாதிக்கப்பட்ட செடியின் புறப் பரப்பில் சற்று அமிழ்ந்த சிறு புள்ளிகள் காணப்படலாம். சில செடிகளில் இச் சிறு பள்ளத்தைச் சுற்றிக் கடினமான கார்க், திசு தோன்றலாம். எலுமிச்சம் பழங்களின்மேல் இத்தகைய திட்டு களைக் காணலாம்.

7. கொப்புளங்கள் (Pustules): பூஞ்சைகளால் பாதிக்கப்பட்ட செடிகளில் பூஞ்சைகளின் ஸ்போர்கள் செடிகளின் புறத்திசுக்களில் இத்தகைய கொப்புளங்களை உண்டாக்குகின்றன.

8. பச்சைய சோகை (Chlorosis) : சில பூஞ்சைகள், வைரஸ்கள் இவற்றால் செடிகள் பாதிக்கப்படும்போது பச்சையம் உண்டாவதில்லை. எனவே, செடியின் இளந்தண்டுகளும் இலை களும் வெளிரிட்டுக் காணப்படுகின்றன.

9. பல்வண்ணம் (Mosaic) : இலையின் எல்லாப் பகுதிகளிலும் பச்சையம் ஒரே சீராகத் தோன்றுவதில்லை. எனவே, இலை சில இடங்களில் வெளிரிட்டும், சில இடங்களில் இளம்பச்சையாகவும், சில இடங்களில் பச்சையாகவும் காணப்படும்.

10. கொலைநோய் (Blight): இலைகள், பூக்கள், கொப்புகள் இவை முற்றிலும் வளர்வதற்கு முன்பே திடீரென்று இறந்து விடுவது கொலைநோய் எனப்படுகிறது.

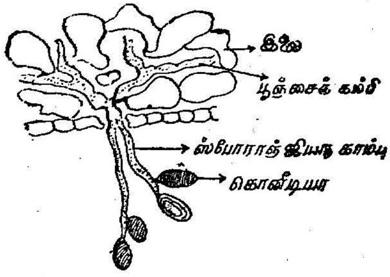
இவை தாவர நோய்களின் பொதுவான அறிகுறிகள். ஒவ்வொரு குறிப்பிட்ட நோய்க்கும் ஒரு குறிப்பிட்ட அறிகுறி உண்டு. ஆனால், ஓர் அறிகுறியைமட்டும் கொண்டு நோயின் காரணத்தைக் கண்டுபிடித்துவிட முடியாது. உதாரணமாக, வாடல் நோயை எடுத்துக்கொள்வோம். இது பருத்திச் செடியில் ஃப்யுஸேரியம் வாஸின்பெக்டம் (Fusarium vacinfectum) என்னும் பூஞ்சையில் உண்டாகிறது. வெள்ளரியில் எர்வீனியா டிராகிஃபைலா (Erwinia trachephila) எனும் பாக்டீரியா வாடல் நோயை உண்டாக்குகிறது. தாமிரம் போதுமான அளவு கிடைக்காதபோது தக்காளியில் வாடல் நோய் உண்டாகிறது. எனவே, வாடல் என்பது பூஞ்சை நோயாகவோ, பாக்டீரியா நோயாகவோ, குறையூட்ட நோயாகவோ இருக்கலாம்.

நோயின் காரணங்கள்: தாவரங்களின் நோய்கட்குக் காரணமானவற்றைப் பின்கண்டவாறு கூறலாம்: (1) நோயூக்கு உயிரினங்கள், (2) வைரஸ்கள், (3) வேதிப்பொருள்கள்.

I. நோயூக்கு உயிரினங்கள் (Pathogenic Organisms)

பூஞ்சைகள் (Fungi): பெரும்பான்மையான தாவர நோய்களுக்குக் காரணமாயிருப்பவை நோயூக்கு உயிரினங்களே. பூஞ்சைகள் இவற்றில் முதன்மையானவை. நெல், கோதுமை, கரும்பு, சோளம், மக்காச்சோளம், உருளைக்கிழங்கு, முட்டைக் கோஸ், கொடி முந்திரி, பருத்தி போன்ற பல முக்கியமான விவசாயப் பயிர்கள் பூஞ்சை நோய்களால் பாதிக்கப்படுகின்றன. நோய் உண்டாக்கும் பூஞ்சைகளில் முக்கியமாக ஃபைடோப்தோரா (Phytophthora), யுஸ்டிலாகோ (Ustilago), எரிஸைஃபி (Erysiphe), பக்ஸீனியா (Puccinia), ஃப்யூஸேரியம் இவற்றைக் குறிப்பிடலாம். பூஞ்சை நோய்க்கு உதாரணமாக உருளைக் கிழங்குக் கொலைநோயை எடுத்துக்கொள்வோம். ஒரு குறிப்பிட்ட நோயை உண்டாக்கும் நோயூக்கிக் காரணி (causal organism) எனப்படுகிறது. உருளைக்கிழங்குக் கொலைநோயின் காரணி ஃபைடோப்தோரா இன்பெஸ்டன்ஸ் (Phytophthora infestans) எனும் பூஞ்சையாகும். பூஞ்சைக் கம்பிகள் (hyphae) செடியினுள்ளே செல் இடைவெளிகளில் ஒட்டுண்ணிகளாக வாழ்கின்றன.

செடியின் இலைத்துளை வழியாகச் சில கம்பிகள் நீட்டிக்கொண்டிருக்கின்றன. இவை ஸ்பொராஞ்ஜியா காம்புகள் (sporangio phores) எனப்படும். இவற்றின் முனையில் கொனீடியா (conidia) எனும் கோளவடிவமான பகுதிகள் உள்ளன. இவை பூஞ்சையின் இனப்பெருக்க அங்கங்கள். இவற்றின்மூலமே நோய் பரவுகிறது.



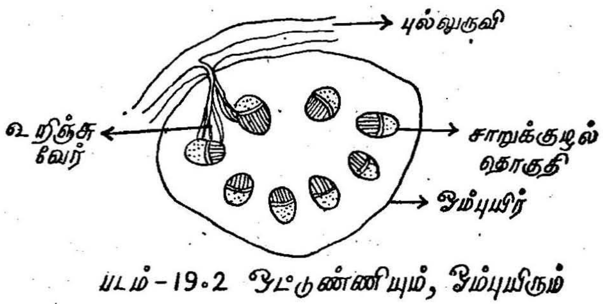
படம்-19.1 : பைடோப்தோரா இன்பெஸ்டன்ஸ்

இந் நோய், செடியின் தண்டுப் பகுதிகளைப் பாதிக்கிறது. தண்டுப் பகுதிகளில் பழுப்பு அல்லது கறுப்புப் புள்ளிகள் தோன்றுகின்றன. இவை இலைகளின் முனையிலும், விளிம்பிலும், இலைக்காம்பிலும், தண்டிலும் தோன்றுகின்றன. பின்னர் இவை விரைவாக இலை முழுவதிலும் பரவுகின்றன. கீழ் இலைகளிலிருந்து நோய் மேல் இலைகளுக்குப் பரவுகிறது. இலைகள் எல்லாம் இறந்துபோகின்றன. இலைகள் சுருண்டுகொண்டு வாடிவிடுகின்றன. ஈரப்பதனம் மிகுதியாக இருந்தால் இலை அழுகி துர்நாற்றம் வீசுகிறது. இந் நோய் ஓர் இடத்தில் ஒரு முறை தோன்றிவிட்டால் அதை ஒழிப்பது எளிதன்று.

ஆ. பாக்டீரியா நோய்: பூஞ்சைக்கு அடுத்தபடியாக பாக்டீரியாக்கள் பெருமளவில் நோயை உண்டாக்குகின்றன. அழுகல் நோய், வாடல் நோய், புள்ளி நோய், திட்டுநோய், கொலைநோய், முடிச்சு நோய் அனைத்தையும் பாக்டீரியாக்கள் உண்டாக்குகின்றன. நெல், உருளைக்கிழங்கு, காரெட், வெள்ளரி, மிளகாய், எலுமிச்சை, பீட்ருட், தக்காளி முதலிய செடிகள் பாக்டீரிய நோய்களால் பாதிக்கப்படுகின்றன. நோயூக்கும் பாக்டீரியாக்களில் எர்வீனியா (erwinia), ஸாந்தோமோனஸ் (xanthomonas), ஸ்யூடோமோனேஸ் (pseudomonas), ஆக்ரோ பாக்டீரியம் (agrobacterium), கோரினு பாக்டீரியம் (corynabacterium) இவற்றைக் குறிப்பிடலாம். பாக்டீரிய நோய்க்கு உதாரணமாக எலுமிச்சை திட்டு நோயை எடுத்துக்கொள்வோம். இந் நோயால் பாதிக்கப்பட்ட மரங்களின் கொம்பு, இலை, கனி இவற்றின்மீது சொறிபிடித்தாற்போலக் கடின

மாங் திட்டுகள் காணப்படும். இந் நோய்க்குக் காரணியாக இருப்பது ஸாந்தோமோனஸ் ஸிட்ரை (xanthomonas citri) எனும் பாக்டீரியாவாகும். பாக்டீரியாவால் பாதிக்கப்பட்ட இலைகளின் கீழ்ப்பக்கத்தில் வெளிர் வளையங்களால் சூழப்பட்ட சிறு புள்ளிகள் தோன்றுகின்றன. இவை கடினமான கொப்புளங்கள்போல் வளர்கின்றன. இக் கொப்புளங்களின் நடுப்பகுதியில் சிறிய பள்ளம் தோன்றுகிறது. இந்நோய் செடிகளின் மற்றப் பகுதிகளுக்கும் பரவுகிறது. பல சிறு புள்ளிகள் சேர்ந்து பெருந்திட்டுகள் ஆவதுமுண்டு. நோய் தீவிரமடையும்போது இலைகள் உதிர்ந்து கிளைகள் மடிய ஆரம்பிக்கின்றன. அதிகமாக நோய்ப்பட்ட செடிகள் வளர்ச்சி குன்றியுள்ளன. விளைச்சல் குறைந்துவிடுகிறது.

இ. பாசிகள் (Algae): பாசிகள் எல்லாம் பெரும்பாலும் சுயஜீவிகள். ஆனால், மிகச்சில ஒட்டுண்ணிகளும் உண்டு. அவற்றில் ஒன்றான ஸெஃபலூரெஸ் (cephaeleuros) எனும் பாசி உயர் தாவரங்களைப் பாதிக்கிறது. காபி, தேயிலை, கொய்யாச் செடிகள் இப் பாசியால் பாதிக்கப்படுகின்றன. உதாரணமாக, ஸெஃபலூரெஸ் வைரஸென்ஸ் (cephaeleuros virescens) எனும் பாசி தேயிலையில் செந்துரு நோயை (red rust) உண்டாக்குகிறது.

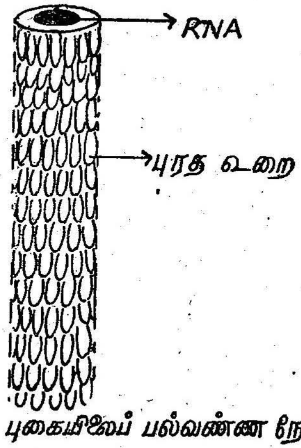


படம்-19.2 ஒட்டுண்ணியும், ஓம்புயிரும்

ஈ. உயர்தாவரங்கள்: ஒட்டுண்ணிகளான சில உயர் தாவரங்களும் மற்றத் தாவரங்களின்மேல் வளர்ந்து அவற்றைப் பாதிக்கின்றன. இதனால் விளைச்சல் பெருமளவு குறைகிறது. இவற்றைப் பொதுவாகப் புல்லுருவிகள் என்கிறோம். மா, ஆரஞ்சு, நெல்லி, ஆப்பிள் முதலிய மரங்களும், சோளம் போன்ற தானியங்களும் புல்லுருவிகளால் பாதிக்கப்படுகின்றன. இவற்றில் லொராந்தஸ் (loranthus), விஸ்கம் (viscum), ஸ்டிரகா (striga) இவை முக்கியமானவை. முதலிரண்டும் மரங்களின் தண்டிலே ஒட்டுண்ணிகளாக வாழ்கின்றன. ஸ்டிரகா வேரிலே ஒட்டுண்ணியாக வளர்கிறது.

ஒட்டுண்ணிகள் உறிஞ்சு வேர் (hanstoria) எனும் வேர்களைக் கொண்டுள்ளன. இவ் வேர்கள் மரத்தைத் துளைத்துக்கொண்டு போய் ஓம்பு உயிரின் (host) சாறுக்குழல்களுடன் தொடர்பு கொண்டு, அதன் சத்தை உறிஞ்சுகின்றன.

(2) பூச்சிகளும் புழுக்களும்: நெமடோட் (nematode) எனும் உருளைப் புழுக்கள் தாவரங்களின் வேர்களையும், இலைகளையும், தண்டுகளையும் பாதிக்கின்றன. கோதுமை, பருத்தி, புகையிலை, பீட்ருட் முதலிய செடிகள் இவற்றால் பாதிக்கப்படுகின்றன. பூச்சிகள் தாவரநோய்கள் பரவுவதற்குக் காரணமாயுள்ளன. இளந்தண்டுகளைத் துளைத்துச் சாற்றை உறிஞ்சுகின்றன. இளஞ் செடிகளிலே முட்டையிட்டு முடிச்சுகளைத் தோற்றுவிக்கின்றன.



படம் -19.3 புகையிலைப் பல்வண்ண நோய் வைரஸ்

II. **வைரஸ்கள்:** இவை பெரும் நியூக்ளியோ—புரதங்கள். இவை உயிரினத்தைச் சேர்ந்தவையா, இல்லையா என்பது சர்ச்சைக்குரியது. மற்ற உயிரினங்களைப்போல இவை உண்ணுவதில்லை; சுவாசிப்பதில்லை; தனித்திருக்கும்போது இனப்பெருக்கம் செய்வதில்லை. ஆனால், ஓம்பு உயிர் ஒன்றின் ஸெல்லிலே இருக்கும்போது அவை இனப்பெருக்கம் அடைகின்றன. புகையிலை, கரும்பு, உருளைக்கிழங்கு, தக்காளி, வெள்ளரி, முட்டைகோஸ், முள்ளங்கி, பீட்ருட் முதலிய பல விவசாயப் பயிர்கள் வைரஸ்களால் பாதிக்கப்படுகின்றன. வைரஸ் நோய்க்கு உதாரணமாக, நாம் புகையிலைப் பல்வண்ண நோயை (tobacco mosaic) எடுத்துக்கொள்வோம். இந் நோயை உண்டாக்கும் வைரஸ் நீண்டகோல்போன்றது. வைரஸின் மையத்தில் ஆர். என். ஏ. எனும் ரைபோ நியூக்ளியிக் அமிலம்

உள்ளது. அதைச் சுற்றிலும் புரத உறை ஒன்றுள்ளது. உயிரினங்களில் காணப்படும் வேறு ஸெல் அங்கங்கள் எதுவும் வைரஸில் இல்லை (படம் 19-3).

வைரஸால் பாதிக்கப்பட்ட புகையிலைச் செடிகளின் இலைகளில் பச்சையம் ஒரே சீராக உண்டாவதில்லை. எனவே, வெளிர் பச்சைத் திட்டுகளும், பச்சைத் திட்டுகளும் கலந்து இலையில் காணப்படும். செடி குட்டையாக இருக்கும். இலைகள் விகாரமாகச் சுருங்கி இருக்கும். இந்நோய் விளைச்சலைக் குறைக்கிறதே தவிர, செடிகளைக் கொல்வதில்லை.

III. **வேதிப் பொருள்கள்:** ஆலை உலைகளிலிருந்து வெளிவரும் பல வாயுக்கள் செடிகளைப் பாதிக்கின்றன. குறிப்பாக ஸல்பர்-டை-ஆக்ஸைடு (sulphur-di-oxide), கரிப்புகை இவை செடிகளைப் பாதிக்கின்றன. நிலத்திலே உள்ள ஸெலினியம் (selenium), ஈயம் (lead), தாமிரம் (copper), பாதரசம் (mercury) ஆகியவற்றின் கூட்டுப்பொருள்களும் தாவரங்களைப் பாதிக்கலாம். செடிகளுக்கு மருந்து அடிக்கும்போது அதிலுள்ள தாமிரம், ஆர்ஸினிக் (arsenic) கூட்டுப் பொருள்களும் செடிகளில் நோயை உண்டாக்கக்கூடும். தாவரங்களுக்குத் தேவையான சில கனிமங்கள் இல்லாதபோது குறையூட்ட நோய்கள் தோன்றுகின்றன. இதைப்பற்றி நாம் கனிமங்களின் ஊட்டம் என்ற பகுதியில் பார்த்தோம்.

நோய் உண்டாவதேன்?

நோயூக்கிகள் உள்ளே செல்லும்போது அவை தாவரங்களின் உணவைப் பறித்துக் கொள்கின்றன. தாவரங்களின் வளர்ச்சிக்குத் தேவையான ஊட்டப் பொருள்கள் கிடைப்பதில்லை. இதனால் நோய் உண்டாகலாம். சில நோயூக்கிகள் தங்களது நோய் வளர்சிதை மாற்றத்தின்போது நச்சுப்பொருள்களை (toxins) வெளியிடுகின்றன. இவை தாவரங்களின் திசுக்களை அழிக்கலாம். நோயூக்கிகள் எண்ணிக்கையில் பெருகும்போது, சாறுக்குழல்களை அடைத்துக்கொள்ளலாம்; அல்லது நோயூக்கிகள் சில ஆக்ஸின்களை வெளியிடலாம். அதன் காரணமாகச் செடிகளின் ஸெல்களில் மிகையான பகுப்பு ஏற்பட்டு முடிச்சுகள் தோன்றலாம். இவ்வாறு பல்வேறு காரணங்களால் நோய் உண்டாகிறது.

நோய் பரவும் விதம்

1. காற்று: பூஞ்சைகளின் ஸ்போர்களை இவை வெகு தூரம் கொண்டுசென்று புதிய இடங்களில் நோய்களை உண்டாக்குகின்றன.

2. பூச்சிகள் : இவையும் பூஞ்சைகளின் ஸ்போர்களையும் பாக்டீரியாக்களையும் செடிக்குச் செடி பரப்புகின்றன. வைரஸ்கள் பரவுவதற்கு முக்கியமான காரணம் இவைதாம்.

3. நிலம் : அநேக நோயூக்கிகள் பாதகமான காலங்களில் நிலத்தில் மறைந்து வாழ்கின்றன. நிலத்திலே பயிர் செய்யும் போது அவை பயிர்களைப் பற்றிக்கொள்கின்றன.

4. விதை, பதியங்கள், கிழங்குகள் : விதைகள், பதியங்கள் கிழங்குகள் இவற்றில் நோயூக்கிகளோ, அவற்றின் ஸ்போர்களோ பெருமளவில் உள்ளன. இவை விதைகள், பதியங்கள், கிழங்குகள் இவற்றின் மேற்பரப்பிலேயோ அல்லது உள்ளேயோ இருக்கலாம்.

5. விவசாயக் கருவிகள் : அநேக நோயூக்கிகள், குறிப்பாக, வைரஸ்கள், விவசாயக் கருவிகள்மூலம் பரவுகின்றன. சில வைரஸ்கள் விவசாயிகளின் கையில் ஒட்டிக்கொண்டுகூடப் பரவுகின்றன.

தவிர்ப்பு முறைகள் : செடிகளுக்கு நோய் கண்டுவிட்டால், அவற்றைக் குணப்படுத்த முடியாது. குறையூட்ட நோய்களாக இருந்தால், குறிப்பிட்ட கனிமத்தைக் கொடுப்பதன்மூலம் குணப்படுத்தலாம். மற்ற நோய்களுக்குத் தவிர்ப்பு முறைகளையே கையாளவேண்டும்.

1. நோய்க் கண்காணிப்பு (Quarantine) **:** ஓர் இடத்தில் ஒரு குறிப்பிட்ட தாவரநோய் இருப்பதாகத் தெரிந்தால், அங்கிருந்து செடிகளை வேறு இடங்கட்குக்கொண்டு போக அனுமதிக்கக்கூடாது. எந்த ஒரு புதிய வகைச் செடியையும் ஒரு பகுதியில் புகுத்துமுன் அதைக் கண்காணிப்பு நிலையங்களில் வளர்த்து, நோயற்றது என்று தெரிந்தபின்தான் புகுத்தவேண்டும்.

2. சீரான விவசாயம் : நோய் பரவுவதற்கான காரணங்களை மேலே பார்த்தோம். அவற்றை அகற்றுவதன்மூலம் நோய்களை அழிக்கலாம். அறுவடை முடிந்தபின் குப்பைகளை எரிக்க வேண்டும். பயிர் விளைந்துகொண்டிருக்கும்போது செடியில் நோய் தோன்றினால், அச் செடியை அப்புறப்படுத்தி அழித்துவிடவேண்டும். நிலம் மூலமாகப் பரவும் நோயூக்கிகளை ஒழிக்க நிலத்தைக் கிருமிநீக்கம் (sterilization) செய்ய வேண்டும். விவசாயக் கருவிகளால் நோய் பரவுவதைத் தடுக்க அவற்றையும் கிருமிநீக்கம் செய்ய வேண்டும். விதைகள், கிழங்குகள், பதியங்கள் இவற்றின்மேல் ஒட்டிக்கொண்டு நோயூக்கிகள் பரவுவதைத் தடுக்க அவற்றை விதைக்குமுன்

கிருமிநாசினிகளில் தோய்த்துப் பின்னர் விதைக்க வேண்டும் நோயூக்கி உள்ளே இருக்குமானால், அவற்றை வெந்நீரில் தோய்த்து நடலாம்.

களை அழித்தல்: அநேக நோயூக்கிகள் களைச்செடிகளில் தங்கள் வாழ்வுக் காலத்தின் ஒரு பகுதியைக் கழிக்கின்றன. இக் களைச் செடிகளை அகற்றுவதன்மூலம் நோய்களை ஒழிக்கலாம்.

பூச்சி ஒழிப்பு: அநேக நோய்கள் பரவுவதற்கு, குறிப்பாக, வைரஸ் நோய்கள் பரவுவதற்குப் பூச்சிகளே காரணமாக உள்ளன. அவற்றை ஒழிப்பதன்மூலம் நோய் பரவுவதைத் தவிர்க்கலாம்.

மருந்தடித்தல்: வளரும் செடிகளின்மேல் பூஞ்சை நாசினிகள் (fungicides), பூச்சிநாசினிகள் (insecticides) இவற்றைத் தெளிக்க வேண்டும்.

நோய் எதிர் வகைகள் (Disease Resetant Varieties): தாவர நோய்களை ஒழிக்க இதுவே சிறந்த வழி. அநேக செடிகளுக்கு, குறிப்பாக, காட்டுச் செடிகளுக்கு நோயை எதிர்க்கும் திறன் இயற்கையிலேயே அமைந்துள்ளது. இத்தகைய செடிகளின் எதிர்ப்புத் திறனைக் கலப்பினப் பெருக்கத்தின் (hybridization) மூலம் விவசாயப் பயிர்கட்கு மாற்றி நோய் எதிர் வகைகள் உண்டாக்கப் படுகின்றன. தனி வரித்தேர்வின் (pure line-selection) மூலமும் இத்தகைய வகைகளை உண்டாக்கலாம். இவற்றைப் பயிர் செய்தால் நோய்களைத் தவிர்க்கலாம்.

20. முடிவுரை

வாழ்வெனும் நிகழ்ச்சியை, பௌதீக-வேதி விதிகளால் விளக்க முடியுமென்ற நம்பிக்கையுடன் இச் சிறு நூலை நாம் தொடங்கினோம். தாவரங்களின் வாழ்வியலின் பல நிகழ்ச்சிகள்—புரிந்துகொள்ள முடியாதவை என்று கருதப்பட்ட நிகழ்ச்சிகள்—பௌதீக வேதி விதிகளால் விளக்கப்பட்டிருப்பதைக் கண்டோம். எனினும், பல நிகழ்ச்சிகள் இன்னும் முழுமையாக விளக்கப் படவில்லை என்பதையும் கண்டோம். இதற்கெனத் தொடர்ந்து பல ஆராய்ச்சிகள் நடைபெற்றுவருகின்றன. உயிரியலாளர்கள், செல்களின் மட்டத்திலேயே தங்கள் ஆராய்ச்சிகளை இதுவரை செய்துவந்தனர். இன்றோ செல்களில் உள்ள பொருள்களின் மூலக்கூறுகளை ஆராய ஆரம்பித்துவிட்டனர். மூலக்கூறு உயிரியல் (Molecular Biology) என்ற அத் துறை உயிரியலின் ஒரு முக்கிய மான துறையாகிவிட்டது. உயிரின் இரகசியத்தைக் கண்டு பிடிப்பதே இந்த ஆராய்ச்சியின் நோக்கம். இத் துறையில் ஏற் பட்டுள்ள முன்னேற்றங்கள் அண்டவெளிச் சாதனைகளைவிட அற்புதமானவை. உயிர் உயிரையே ஆராய்ந்துகொண்டிருக்கிறது! 'உயிரெனும் புதிர்' என்ற தலைப்புடன் நூலைத் தொடங்கினோம். அப் புதிர் விடுவிக்கப்படும் காலம் வெகு தொலைவில் இல்லை என்ற நம்பிக்கையோடு இச் சிறு நூலை முடிப்போம்.

ஆதாரங்கள்

இந்த நூலில் கண்டுள்ள செய்திகள், புள்ளிவிவரங்கள், படங்கள் இவற்றிற்கு ஆதாரமான நூல்களின் பெயர்கள் கீழே தரப்பட்டுள்ளன.

1. Baron, W. M. M.—' Organisation in Plants ' (1963).
2. Bonner, James & Galston, Arthur W.—' Principles of Plant Physiology ' (1952).
3. Cohn, Norman S.—' Elements of Cytology ' (1964).
4. Galston, Arthur W.—' The Life of the Green Plant ' (1963).
5. Greenberg, David M.—' Metabolic Pathways ' Vol. I (1960), (Editor).
6. Jennings, D. H.—'The Absorption of Solutes by Plant Cells' (1963).
7. Loewy, Ariel G. & Siekevitz—' Cell Structure and Function ' (1963)
8. McElroy, William D.—'Cellular Physiology and Biochemistry ' 1963.
9. Mertz, Edwin T.—' Elementary Biochemistry ' (Indian Edin. (1963)
10. Meyer, Bernard S. / Anderson, Donald B. / Bohning, Richard W. } ' Introduction to Plant Physiology ' (London Edn., 1963).
11. Miller, Erston V.—' Within the Living Plant ' (1953).
12. Ray, Peter Martin—' The Living Plant ' (1963)
13. Sistrom, W. R.—' Microhial Life ' (1962).
14. Stace, C. A—(Edited by Shaw, AC). 'A Guide to Sub-Cellular Botany ' (1963).
15. Steward, F. C.—' Plants at Work ' (1965).
16. Steward, F. C. (Editor)—' Plant Physiology ' (A Treatise) Vol. I-A, ' Cellular Organization and Respiration '.
17. Steward, F. C. (Editor)—' Plant Physiology ' (A Treatise) Vol. I-B, ' Photosynthesis and Chemosynthesis '.

கலைச் சொற்கள்
(தமிழ்—ஆங்கிலம்)

அ

அகார் அகார்	—	Agar-agar
அகோனிடேஸ்	—	Aconitase
அக்ரோபாக்டீரியம்	—	Agrobacterium
அங்கக அமிலம்	—	Organic acid
அங்கக மட்கு	—	Humus
அடக்கி	—	Inhibitor
அடினீன்	—	Adenine
அடினோஸைன் டிரை பாஸ்பேட்	—	Adenosine tri phosphate
அடுக்கு	—	Lamella
அண்டம்	—	Egg
அதிர்ச்சி இயக்கம்	—	Seismonasty
அமிலேஸ்	—	Amylase
அமினோ அமிலங்கள்	—	Amino acids
அமீபாவகை இயக்கம்	—	Amoeboid movement
அமைப்பு அலகு	—	Structural unit
அமைனோ தொகுதி	—	Amino group
அமைன் நீக்கம்	—	Deamination
அமோனியா	—	Ammonia
அமோனியம் தையோ ஸயனேட்	—	Ammonium thio-cyanate
அம்சங்கள்	—	Factors
அயனி	—	Ion
அயனி உள் எடுப்பு	—	uptake of Ions
அயனிச் சேகரம்	—	Accumulation of ions
அயனிகளின் பகைமை	—	Ion antagonism

அயனிப் பரிமாற்றம் — Ion exchange
அயோடின் — Iodine
அரைச்செலுத்திச் சவ்வு — Semi-permeable membrane
அலனீன் — Alanine
அலுமினியம் — Aluminium
அலைவு — Oscillation
அல்கலாயிடு — Alkaloid
அல்ட்ரா மைக்ரோஸ்கோப் — Ultra-microscope
அல்லார்டு — Allard
அல்லி இதழ் — Sepal
அழுகல் நோய் — Rot disease
அளிப்புக் காலம் — Presentation time
அஸிடால் டிஹைடு — Acetal dehyde
அஸிடிக் அமிலம் — Acetic acid
அஸிடில் கோ-ஏ — Acetyl co- A
அஸைடு — Azide
அஸோடோ பாக்டர் — Azoto bacter

ஆ

ஆக்ஸாலிக் அமிலம் — Oxalic acid
ஆக்ஸாலோ ஸக்கினிக் அமிலம் — Oxalosuccinic acid
ஆக்ஸால்-அஸிடிக் அமிலம் — Oxalacetic acid
ஆக்ஸிடேஸஸ் — Oxidases
ஆக்ஸின் — Auxin
ஆக்ஸின் முன்பொருள் — Auxin precursor
ஆக்ஸிஜன் — Oxygen
ஆக்ஸீகரண கார்பன் நீக்கம் — Oxidative decarboxylation
ஆக்ஸீகரணம் — Oxidation
ஆக்ஸீகரணி — Oxidising agent
ஆண்டெர்ஸன் — Anderson
ஆர். என். ஏ. — RNA
ஆர்கிட் — Orchid
ஆர்கினேஸ் — Arginase
ஆர்ஸினிக் — Arsenic
ஆல்கஹால் டி ஹைட்ரோஜினேஸ் — Alcohol dehydrogenase
ஆல்டோலேஸ் — Aldolase
ஆல்பா கிளிஸரோ பாஸ்பேட் — Alpha glycerophospate

ஆல்பா கீடோ க்ளுடாரிக் அமிலம் — a-Keto glutaric acid
ஆல்பா சுருள் — Alpha helix
ஆல்பா நாப்தலீன் அஸிடிக் அமிலம் — Alpha napthalene acetic acid
ஆல்பா நாப்தில் அஸிடமைடு — Alpha napthyl acetamide
ஆற்றல் மாற்றம் — Energy transferance
ஆன் — Awn
ஆஸில்லடோரியா — Oscillatoria
ஆஸ்கார்பிக் ஆஸிட் ஆக்ஸிடேஸ் — Ascorbic acid oxidase
ஆஸ்கெனஸி — Askenasy
ஆஸ்பார்டிக் அமிலம் — Aspartic acid
ஆஸ்மாடிக் அழுத்தம் — Osmotic pressure
ஆஸ்மாஸிஸ் — Osmosis

இ

இடப்பெயர்ச்சி — Translocation
இடைச்செருகல் — Intussuception
இடைப்பொருள் — Matrix
இணைநொதிகள் — Coenzymes
இணைந்த புரதங்கள் — Conjugated proteins
இண்டோல் அஸிடிக் அமிலம் — Indole acetic acid
இண்டோல் ப்யூடிரிக் அமிலம் — Indole butyric acid
இண்டோல் ப்ரோபியோனிக் அமிலம் — Indole propionic acid
இயக்கம் — Movement
இயக்க ஆற்றல் — Kinetic energy
இயோஸின் — Eosine
இரட்டைச் சவ்வு — Double membrane
இரும்பு — Iron
இரும்பு ஸல்பேட் — Ferric sulphate
இருவிதை இலைச்செடி — Dicot
இருள் கிரியை — Dark reaction
இலை இடைத்திசு — Mesophyll
இலைக்கக்க மொட்டு — Axillary bud
இலைத்துளை — Stomata
இலைத்துளை நீராவிப் போக்கு — Stomatal transpiration
இலோடியா — Elodea

இல்ஜின் — Eljin
இனப்பெருக்கம் — Reproduction
இனோலேஸ் — Enolase
இனோல் பைருவிக் அமிலம் — Enol pyruvic acid.

ஈ

ஈயம் — Lead
ஈரப்பசை இயக்கங்கள் — Hygroscopic movements
ஈரப்பசை நீர் — Hygroscopic water
ஈராண்டுச் செடி — Biennial
ஈர்ப்பு திசைச்சார்பு இயக்கம் — Geotropic movement
ஈர்ப்பு நிறமாலை — Absorption spectrum
ஈர்ப்பு நீர் — Gravitational water
ஈர்ப்புப் பட்டைகள் — Absorption bands

உ

உணர்திறன் — Sensitivity
உணர் பகுதி — Preceptive region
உம்ப்ரீட் — Umbreit
உயர் அழுத்தக் கரைசல் — Hypertonic solution
உயிர்ப்பற்ற உறிஞ்சுதல் — Passive absorption
உயிர்ப்பு உறிஞ்சுதல் — Active absorption
உயிர்மண்டலம் — Biosphere
உள்புறணி — Inner cortex
உள்ளீர்த்தல் — Imbibition
உள்ளீர்ப்பு அழுத்தம் — Imbibition pressure
உறிஞ்சு அழுத்தம் — Suction pressure
உறிஞ்சு அழுத்த ஏற்றம் — Gradient of suction pressure
உறிஞ்சு வேர் — Haustoria
உறைநீக்கம் — Scarification

ஊ

ஊக்கி — Activator
ஊக்குவிப்பு ஆற்றல் — Energy of activation
ஊசியிலை மரங்கள் — Conifers
ஊட்டக் கரைசல் — Nutrient solution
ஊட்ட நீர்ச்சோதனைகள் — Water culture experiments

எ

எக்ஸ்-ஆஸ்மாஸிஸ்	—	Exosmosis
எண்டோடர்மிஸ்	—	Endodermis
எண்டோப்ளாஸ்மிக் வலை	—	Endoplasmic reticulam
எண்டோஸ்பெர்ம்	—	Endosperm
எதிர்மறை வேர் அழுத்தம்	—	Negative root pressure
எதிர்மின் அயனி	—	Anion
எதிர் மின்னேற்றம்	—	Negative charge
எதிலின் குளோர்ஹைட்ரின்	—	Ethylene Chlorhydrin
எதில் சாராயம்	—	Ethyl alcohol
எபிதம்	—	Epithem
எமல்ஷன்	—	Emulsion
எரிஸைஃபி	—	Erysiphe
எர்வீனியா டிராகிஃபைலா	—	Erwinia trachephila
எலெக்ட்ரான்	—	Electron
எஸ்கோம்பி	—	Escombe

ஏ

ஏற்பான்	—	Acceptor
ஏற்றுதிறன் (நிலம்)	—	Capillarity

ஐ

ஐஸோ ஸிட்ரிக் அமிலம்	—	Isocitric acid

ஒ

ஒட்டிணைவு	—	Adhesion
ஒருவிதை இலைச்செடி	—	Monocot
ஒருசெல் உயிரினம்	—	Unicellular organism
ஒலீயிக் அமிலம்	—	Oleic acid
ஒளி ஆக்ஸீகரணம்	—	Photo oxidation
ஒளிக்காலத்துவம்	—	Photoperiodism
ஒளிக்காலத் தூண்டல்	—	Photoperiodic induction
ஒளிக்காலப் பின்விளைவு	—	Photoperiodic after effect
ஒளிக்கிரியை	—	Light reaction
ஒளிச்சேர்க்கை	—	Photosynthesis
ஒளித்திசைச்சார்பு இயக்கம்	—	Phototropic movement

ஒளித்தூண்டல்	—	Phototaxis
ஒளி பாஸ்பரீகரணம்	—	Photo phosphorylation

ஓ

ஓட்ஸ்	—	Oats
ஓராண்டுச் செடி	—	Annual plant
ஓவர்டன்	—	Overton

க

கடத்தல்	—	Conduction
கடத்தல் காலம்	—	Conduction time
கடத்தி	—	Carrier
கணிகங்கள்	—	Plastids
கதிரியக்கப் பொருள்கள்	—	Radioactive substances
கருவுறுதல்	—	Fertilization
கரைசல்	—	Solution
கரைபொருள்	—	Solute
கரைப்பான்	—	Solvent
கரோடின்	—	Carotene
கலப்பினப் பெருக்கம்	—	Hybridization
கனிமப் பொருள்கள்	—	Minerals
கனிமப்பொருள் ஊட்டம்	—	Mineral nutrition

கா

காப்பு செல்	—	Guard cell
காரணி	—	Carsative organism
கார்பனேட்	—	Carbonate
கார்பன்	—	Carbon
கார்பன்-டை-ஆக்ஸைஸ்டு	—	Carbon-di-oxide
கார்பன்-நைட்ரஜன் (கா/நை) விகிதம்	—	Carbon-Nitrogen (C/N) Ratio
கார்பன்-பை-ஸல்பைடு	—	Carbon-bi-sulphide
கார்பன் மானுக்ஸைடு	—	Carbon monoxide
கார்பாக்ஸிலேஸ்	—	Carboxylase
கார்பானிக் அமிலம்	—	Carbonic acid
கார்போஹைட்ரேஸஸ்	—	Carbohydrases
கால்ஸியம்	—	Calcium
கால்ஸியம் குளோரைடு	—	Calcium chloride
கால்ஸியம் சல்பேட்	—	Calcium sulphate

கால்ஸியம் பாஸ்பேட் — Calcium phosphate
காற்றேட்டம் — Aeration
காஸ்மாஸ் — Cosmos

கி

கிராணு — Grana
கிரிக் — Crick
கிரிஸ்டல்லாயிடு — Chrystalloid
கிரிஸ்டே — Cristae
கிரெப் வட்டம் — Krebs cycle
கிரைஸாந்திமம் — Chrysanthemum
கிளாபுலீன் — Globulin
கிளாமிடோமோனஸ் — Chlamydomonas
கிளாஸ்ட்ரீடியம் — Clostridium
கிளிஸரால் — Glycerol
கிளிஸரால் டிஹைடு 3 பாஸ்பேட் — Glyceral dehyde 3 phosphate
கிளைகாலிஸிஸ் — Glycolysis
கிளைகோலேஸ் — Glycolase
கிளைஸீன் — Glycine
கினிடின் — Kinetin

கு

குரோமஸோம் — Chromosome
குரோமாடின் — Chromatin
குவானஸைன் டிரைபாஸ்பேட் — Gwanosine triphosphate
குவானிலிக் அமிலம் — Guanilic acid
குவானீன் — Guanine
குளுகோஸ் — Glucose
குளுகோஸ் 1 பாஸ்பேட் — Glucose 1 phosphate
குளுகோஸ் 6 பாஸ்பேட் — Glucose 6 phosphate
குளோரின் — Chlorine
குளோரோபாம் — Chloroform
குறிப்புச் சார்பு — Specificity
குறுநாள் செடிகள் — Short day plants
குறைத்தல் — Reduction
குறைப்பான் — Reducing agent

குறைப்பு அமைனீகரணம் — Reductive amination
குறையூட்ட நோய்கள் — Deficiency diseases

கூ

கூட்டிணைவு — Cohesion
கூட்டுயிர்கள் — Symbionts
கூட்டுயிர் வாழ்க்கை — Symbiosis
கூம்பு கூஜா — Conical flask

கொ

கொத்து இலை நோய் — Rosette disease
கொப்புளங்கள் — Pustules
கொலாய்டு — Colloid
கொலைநோய் — Blight
கொழுப்பு — Fat
கொழுப்பு அமிலங்கள் — Fatty acids
கொனீடியா — Conidia

கோ

கோ-என்ஸைம் ஏ — Co-Ensyme A
கோத்லெவ்ஸ்கி — Godlewski
கோபால்ட் — Cobalt
கோரினி பாக்டீரியம் — Coryne bacterium
கோளப் புரதங்கள் — Globular proteins

க்

க்யூடிகிள் — Cuticle
க்யூடிகிள் நீராவிப் போக்கு — Cuticular transpiration
க்யூடின் — Cutin
க்ளுடாமிக் அமிலம் — Glutamic acid

ச

சங்கேதம் — Code
சம அழுத்தக் கரைசல் — Isotonic solution
சமநிலை — Equilibrium
சல்லடைக் கண் கோட்பாடு — Sieve theory

சல்லடைக் குழல் — Sieve tube
சல்லடைத் தட்டு — Sieve plate
சாம்பல் புள்ளி நோய் — Grey speck
சாராயம் — Alcohol
சாறேற்றம் — Ascent of sap
சான்டெர் — Sander

சி

சிறப்பினம் — Species
சிறு ஊட்டப் பொருள்கள் — Micro nutrients
சிற்றிலை நோய் — Little leaf disease

சு

சுயேச்சை ஆற்றல் — Free energy
சுவர் அழுத்தம் — Wall pressure
சுவாச ஈவு — Respiratory quotient
சுவாச தளப்பொருள் — Respiratory substrate
சுவாச நொதி — Respiratory enzyme
சுழற்சி — Cyclosis

சூ

சூல்பை — Ovary

செ

செந்துரு நோய் — Red rust
செமித்தல் — Digestion
செமித்தல் நொதிகள் — Digestive enzymes
செயல்முறை — Mechanism
செலுத்தாச் சவ்வு — Impermeable membrane
செலுத்துச் சவ்வு — Permeable membrane
செலுத்துத்திறன் — Permeability
செறிவு — Concentration

சை

சைலக்கியான் — Chailakhian
சோடியம் — Sodium
சோடியம் குளோரைடு — Sodium chloride
சோடியம் தையோஸயனேட் — Sodium thiocyanate

ட

டயாலிஸிஸ் — Dialysis
டயாஸ்டேஸ் — Diastase

டா

டார்வின் — Darwin

டி

டி ஆக்ஸி-ரைபோநியூக்ளியிக் அமிலம் — De-oxy-ribonucleic acid
டி ஆக்ஸிரைபோஸ் — De-oxyribose
டி பிளாஸ்மோலிஸிஸ் — De-plasmolysis
டிரிப்டோபேன் — Tryptophane
டிரிப்ஸினேஸ் — Trypsinase
டிரைபாஸ்போபைருடீன் நியூக்ளியோடைடு — Triphosphopyridine nucleotide
டிரையோஸ் பாஸ்பேட் டிஹைட்ரோஜினேஸ் — Triose phosphate dehydrogenase

டெ

டெட்ஸ்க்ரேஸ் — Dextrase
டெஸ்மோடியம் கைரென்ஸ் — Desmodium gyrens
டெஸ்மோலேஸஸ் — Desmolases

டை

2, 4-டைகுளோரோபீனாக்ஸி அஸிடிக் அமிலம் (2, 4-டி) — 2, 4— Dichlorophenoxy acetic acid (2, 4—D)
டைபாஸ்போகிளிஸரிக் அமிலம் — Diphosphoglyceric acid
டை பாஸ்போபைருடீன் நியூக்ளியோடைட் — Diphosphopyridine nucleotide
டைரோஸின் — Tyrosine
டைஹைட்ராக்ஸி அஸிடோன் பாஸ்பேட் — Dihydroxy acetone phosphate

டோ

டோனோப்ளாஸ்ட் — Tonoplast

த

தக்கை	—	Cork
தட்பப் பதனம்	—	Vernalization
தண்டுச் சோறு	—	Pith
தண்டுப் பகுதி	—	Shoot system
தண்டு வெடிப்பு நோய்	—	Stem crack
தம்பம்	—	Column
தரசச் சோதனை	—	Starch test
தளப்பொருள்	—	Substrate
தனிப் புரதங்கள்	—	Simple proteins
தனி வரித் தேர்வு	—	Pure line selection
தன்வயமாதல்	—	Assimilation
தன்னிச்சை இயக்கம்	—	Autonomic movement

தா

தாமிரம்	—	Copper
தாவர நோயியல்	—	Plant pathology
தாழ் அழுத்தக் கரைசல்	—	Hypotonic solution
தாற்காலிக வாடல்	—	Temporary wilting

தி

திசு	—	Tissue
திசு வளர்ப்பு	—	Tissue culture
திசைச்சார்பிலா இயக்கம்	—	Nastic movement
திசைச்சார்பு இயக்கம்	—	Tropic movement
திடநிலை	—	Tone
திட்டு நோய்	—	Canker

தீ

தீர்வுகட்ட	—	Critical

து

துணைசெல்	—	Companion cell
துத்தநாகம்	—	Zinc
துருவம்	—	Pole
துளைப்பரப்பு	—	Pore area

தூ

தூண்டப்பட்ட இயக்கம்	—	Paratonic movement
தூண்டல்	—	Stimulus
தூது ஆர். என். ஏ.	—	Messenger RNA

தே

தேர்வுசெலுத்து சவ்வு	—	Selectively permeable membrane

தை

தைமீன்	—	Thimine
தையாமீன்	—	Thiamine
தையாமீன் பைரோபாஸ்பேட்	—	Thiamine pyrophosphate
தையோ பாஸில்லஸ்	—	Thiobacillus
தையோபாஸில்லஸ் தையோ-ஆக்ஸிடென்ஸ்	—	Thiobacillus thiooxidans
தையோபாஸில்லஸ் தையோ பாரஸ்	—	Thiobacillus thiopharus
தையோஸயனேட்	—	Thiocyanate
தையோஸல்பேட்	—	Thiosulphate

தொ

தொடக்க பிளாஸ்மோலிஸிஸ்	—	Incipient plasmolysis
தொலைச்சிவப்பு	—	Far red

ந

நச்சுப் பொருள்	—	Toxin
நடு அடுக்கு	—	Middle lamella
நடுநிலைக் கொழுப்புகள்	—	Neutral fats

நா

நார்ப் புரதங்கள்	—	Fibrous proteins
நாள் நடுநிலைச் செடிகள்	—	Day neutrals

நி

நியூக்ளியஸ்	—	Nucleus
நியூக்ளியஸ் சவ்வு	—	Nuclear membrane

நியூக்ளியஸ் திரவம்	—	Karyolymph
நியூக்ளியோலஸ்	—	Nucleolus
நியூட்ரான்	—	Neutron
நிலக்கரைசல்	—	Soil solution
நிலநீர் மட்டம்	—	Water table
நிலையான வாடல்	—	Permanent wilting
நிறமி	—	Pigment

நீ

நீராவிப் போக்கு	—	Transpiration
நீரிகள்	—	Hydrases
நீர் இணைத்தல்	—	Hydrolysis
நீர் இலைத்துளை	—	Hydathode
நீர் உறிஞ்சல்	—	Absorption of water
நீர்க்கசிவு	—	Guttation
நீர் கொள்திறன்	—	Field capacity
நீர் தாங்குதிறன்	—	Water-holding capacity
நீர்த்திசைச் சார்பு இயக்கம்	—	Hydrotropic movement
நீர்ப்போக்கு	—	Bleeding
நீர்வடிதல்	—	Drainage
நீர் விரும்பா கொலாய்டுகள்	—	Hydrophobic colloids
நீர் விரும்பு கொலாய்டுகள்	—	Hydrophilic colloids
நீளும் பகுதி	—	Region of elongation
நீள் நாள் செடிகள்	—	Long day plants

நு

நுண் இழை	—	Microfibril
நுண்ணுயிர்கள்	—	Microbes
நுண்கண் சல்லடை	—	Ultra sieve
நுண்துளை நீர்	—	Capillary water
நுண்துளைப் பரப்பு	—	Pore area
நுண்துளை மண்கலம்	—	Porous pot
நுண் வடிகட்டி	—	Ultra filter
நுனி இறப்பு நோய்	—	Die back

நெ

நெகிழ்ச்சி நிலை	—	Flaccid condition

நே

நேரடிப் பரிமாற்றம் — Contact exchange
நேர்மின் அயனி — Kation
நேர் மின்னேற்றம் — Positive charge

நை

நைடெல்லா — Nitella
நைட்ரஸோ கோக்கஸ் — Nitroso coccus
நைட்ரஸோ மோனஸ் — Nitroso monas
நைட்ரஜன் — Nitrogen
நைட்ரஜன் நிலைப்பாடு — Nitrogen fixation
நைட்ரஜன் நீக்கும் பாக்டீரியா — Denitrifing bacteria
நைட்ரஜன் பாக்டீரியா — Nitrogen bacteria
நைட்ரஜன் வட்டம் — Nitrogen cycle
நைட்ரேட் — Nitrate
நைட்ரைட் — Nitrite
நைட்ரோபாக்டர் — Nitrobacter
நைட்ரோஜினேஸ் — Nitrogenase

நொ

நொதி — Enzyme
நொதித்தல் — Fermentation
நொதிமுன் பொருள் — Proenzyme

நோ

நோயூக்கி — Pathogen
நோய்க் கண்காணிப்பு — Qurantine

ப

பக்ஸீனியா — Puccinia
பசுங்கணிகம் — Chloroplast
பச்சயச் சோகை — Chlorosis
பச்சைய நிறமாலை — Chlorophyll spectrum
பச்சையம் — Chlorophyll
பஞ்சுத் திசு — Spongy parenchyma
படிவம் — Pattern
பட்டைத் துளை — Lenticel
பட்டைத் துளை நீராவிப் போக்கு — Lenticular transpiration

பதியங்கள் — Cuttings
பரப்பல் — Apposition
பரப்பு ஒட்டல் — Adsorption
பரவு அழுத்தம் — Diffusion pressure
பரவுதல் — Diffusion
பரவுதல் கோட்பாடு — Diffusion hypothesis
பரிதிச் சுழற்சி — Circumnutation
பல்துளைத் தடுக்கு — Multiperforate septum
பல்வண்ணம் — Mosaic
பல்வைனஸ் — Pulvinus
பழுப்பு நோய் — Browning
பழுப்பு மைய நோய் — Brown heart
பற்றுக்கம்பி — Tendril
பனிக்கால வகை — Winter variety

பா

பாசிகள் — Algæ
பாதரசம் — Mercury
பாமிடிக் அமிலம் — Palmitic acid
பாமிடீன் — Palmitin
பாரெங்கைமா — Parenchyma
பார்ச்மென்ட் — Parchment
பாலிபெப்டைடு — Polypeptide
பாலிமெர் — Polymer
பாலிஸேடு — Palisade
பால்ஸம் — Balsam
பால்ஸ்ரட் — Baalsrud
பாஸ்படைடு — Phosphatide
பாஸ்பரஸ் — Phosphorus
பாஸ்பரஸ் மாற்றிகள் — Transphosphorylases
பாஸ்போஇனோல் பைருவிக் அமிலம் — Phosphoenol pyruvic acid
பாஸ்போகிளிஸரிக் அமிலம் — Phosphoglyceric acid
2-பாஸ்போகிளிஸரிக் அமிலம் — 2-Phosphoglyceric acid
3-பாஸ்போகிளிஸரிக் அமிலம் — 3-Phosphoglyceric acid
பாஸ்போகிளிஸரோ ம்யூடேஸ் — Phosphoglycero mutase
பாஸ்போலிபிட் — Phospholipid

பி

பி-கரோடின் — B-Carotene

பிக்ரிக் அமிலம்	—	Picric acid
பிரமிடீன்	—	Pyrimidine
பிரவுன் இயக்கம்	—	Brownian movement
பிரிடாக்ஸின்	—	Pyridoxin
பிளாக்மன்	—	Blackman
பிளாஸ்மா சவ்வு	—	Plasma membrane
பிளாஸ்மோலிஸிஸ்	—	Plasmolysis
பிளாஸ்மோலெம்மா	—	Plasmolemma

பீனில்-அஸிடிக் அமிலம்	—	Phenylacetic acid

பு

புகையிலைப் பல்வண்ண நோய்	—	Tobacco mosaic
புடைபெயர்வு	—	Locomotion
புரதங்கள்	—	Proteins
புரதச் சேர்க்கை	—	Protein synthesis
புரோடியோலிடிக் நொதிகள்	—	Proteolytic enzymes
புரோடோப்ளாச ஓட்டக் கோட்பாடு	—	Streaming of Protoplasm hypothesis
புரோடோப்ளாசம்	—	Protoplasm
புல்லி இதழ்	—	Petal
புறத்தோல்	—	Epidermis
புறணி	—	Cortex

பூச்சிநாசினி	—	Insecticide
பூஞ்சை	—	Fungi
பூஞ்சைக் கம்பி	—	Fungal hyphae
பூஞ்சைநாசினி	—	Fungicide
பூட்டு-சாவிக் கோட்பாடு	—	Lock and key hypothesis
பூ மூலத்திசு	—	Flower primordia
பூரிதக் கரைசல்	—	Saturated solution

பெ

பெக்கியடோ-ஆ	—	Beggiatoa
பெக்டின்	—	Pectin

பெப்டிடேஸ்	—	Peptidase
பெப்டைடு இணைப்பு	—	Peptide bond
பெப்ஸினோஜென்	—	Pepsinogen
பெப்ஸின்	—	Pepsin
பெரிசைகிள்	—	Pericycle
பெரும் ஊட்டப் பொருள்கள்	—	Macro nutrients
பெருமணல்	—	Coarse sand
பென்ஸோக்யூனோன்	—	Benzoquinone

பை

பைகார்பனேட்	—	Bicarbonate
பைடோக்ரோம்	—	Phytochrome
ஃபைடோப்தோரா	—	Phytophthora
ஃபைடோப்தோரா இன்ஃபெஸ்டன்ஸ்	—	Phytophthora infestans
ஃபைடோஸ்டீரால்	—	Phytosterol
பைரூவிக் அமிலம்	—	Pyruvic acid

பொ

பொடிமணல்	—	Fine sand
பொட்டாஷியம் டைகுரோமேட்	—	Potassium dichromate
பொட்டாஷியம் நைட்ரேட்	—	Potassium nitrate
பொட்டாஷியம் பெர்மாங்கனேட்	—	Potassium permanganate
பொருக்கு நோய்	—	Scale

போ

போட்டி அடக்கல்	—	Competitive inhibition
போட்டியிலா அடக்கல்	—	Noncompetitive inhibition
போரான்	—	Boron
போஸ்ட்லெத் வெயிட்	—	Postleth wait

பௌ

பௌதீகக் கோட்பாடு	—	Physical theory

ப்

ஃப்யூமரிக் அமிலம்	—	Fumaric acid
ஃப்யூமரேஸ்	—	Fumarase

ப்யூரின்	—	Purine
ஃப்யூஸேரியம் வாஸ் இன்ஃபெக்டம்	—	Fusarium vas infectum
ஃப்ரக்டோஸ் பாஸ்பேட்	—	Fructose phosphate
ஃப்ரக்டோஸ் 1, 6 டைபாஸ்பேட்	—	Fructose 1, 6 diphosphate
ஃப்ரக்டோஸ் 6 பாஸ்பேட்	—	Fructose 6 phosphate
ப்ரோடான்	—	Proton
ஃப்ளேவின் அடினீன் டைநியூக்ளியோடைடு	—	Flavine adenine dinucleotide
ஃப்ளோயம்	—	Phloem
ஃப்ளோரிஜென்	—	Florigen

ம

மகரந்தக் குழல்	—	Pollen tube
மகரந்தச் சேர்க்கை	—	Pollination
மக்னீஷியம்	—	Magnesium
மஞ்சள் நுனி நோய்	—	Yellow tip disease
மஞ்சள் புள்ளி நோய்	—	Speckled yellow disease
மண் அரிப்பு	—	Erosion
மயிர்த் துடுப்புகள்	—	Cilia
மயிர்த் துடுப்பு இயக்கம்	—	Ciliary movement
மறுவினை	—	Reaction
மறுவினைக் காலம்	—	Reaction time
மன்ச்	—	Munch

மா

மாங்கனீஸ்	—	Manganese
மாலிக் அமிலம்	—	Malic acid
மாலிப்டீனியம்	—	Molybdenium
மால்டேஸ்	—	Maltase
மால்டோஸ்	—	Maltose
மாற்று அமைனீகரணம்	—	Transamination
மாற்று ஆர். என். ஏ.	—	Transfer RNA
மானோஃப்ளுரோ அஸிடேட்	—	Monobluoro acetate
மானோஸாக்கரைடு	—	Monosaccharide

மி

மிகை ஆற்றல் இணைப்பு	—	Energy rich bond
மிகை ஆற்றல் பாஸ்பேட்	—	Energy rich phosphate

மிடோகாண்ட்ரியா — Mitochondria
மில்லெர் — Miller
மின் ஏற்றம் — Electrical charge
மின் நடுநிலை — Electrical neutrality
மின் பிரிதல் — Electrophoresis

மீ

மீளாக் கொலாய்டுகள் — Irreversible colloids
மீளுங் கொலாயிடுகள் — Reversible colloids

மு

முடிச்சுகள் — Hypertrophies
முயென்ஷர் — Muensher
மும்மெழுத்துச் சங்கேதம் — Triplet code
முளை உறை — Coleoptile
முளைத்தல் — Germination
முனை ஆதிக்கம் — Apical dominance
முனைமொட்டு — Apical bud

மூ

மூலக்கூறு — Molecule
மூலக்கூறு உயிரியல் — Molecular biology

மெ

மெடிகாகோ ஸடைவா — Medicago sativa
மெதியோனின் — Methionine
மெரிஸ்டம் — Meristem

மே

மேரிலாண்ட் மாமத் — Maryland mammoth
மேற்பரப்பு வினைகள் — Surface reactions
மேஸன் — Mason

மை

மைக்ரோஸ்கோப் — Microscope
மைய அழுகல் நோய் — Heart rot disease

மொ

மொத்த ஓட்டக் கோட்பாடு	—	Mass flow hypothesis

ய

யந்திரீக விரவல்	—	Mechanical suspension

யீ

யீஸ்டு	—	Yeast

யு

யுரீடிலிக் அமிலம்	—	Uridylic acid

யூ

யூரிடீன் ட்ரைபாஸ்பேட்	—	Uridine triphosphate
யூரியா	—	Urea
யூரோஸில்	—	Urocil

ரா

ராபர்ட் பிரவுன்	—	Robert Brown
ராபர்ட் ஹுக்	—	Robert Hooke

ரை

ரைபுலோஸ் டைபாஸ்பேட்	—	Ribulose diphosphate
ரைபுலோஸ் மானோபாஸ்பேட்	—	Ribulose monophosphate
ரைபோநியூக்ளியிக் அமிலம்	—	Ribonucleic acid
ரைபோஃப்ளேவின்	—	Riboflavin
ரைபோஃப்ளேவின் மானோ நியூக்ளியோடைடு	—	Riboflavin mononucleotide
ரைபோஸோம்	—	Ribosome

ரோ

ரோஜெர்ஸ்	—	Rogers

லா

லாக்டிக் அமிலம்	—	Lactic acid
லாட்ஷா	—	Latshaw

லாயிடு	—	Lloyd
லாரிக் அமிலம்	—	Lauric acid

லி

லிபிட்	—	Lipid
லிபேஸஸ்	—	Lipases
லிபோ புரதங்கள்	—	Lipo proteins
லிவிங்ஸ்டன்	—	Livingston
லினோலியிக் அமிலம்	—	Linoleic acid

லெ

லெட்யூஸ்	—	Lettuce
லெபச்கின்	—	Lepechkin

லொ

லொராந்தஸ்	—	Loranthus

வ

வசந்தகால வகை	—	Spring variety
வண்டல்	—	Silt
வண்ணக் கணிகங்கள்	—	Chromoplasts
வரம்பிடு அம்சக் கோட்பாடு	—	Theory of limiting factors
வளர்சிதை மாற்றம்	—	Metabolism
வளர்ச்சி	—	Growth
வளர்ச்சி இயக்கங்கள்	—	Growth movements
வளர்ச்சிப் பெருங்காலம்	—	Grand period of growth
வளர் நுனி	—	Growing point
வளர்வடக்கம்	—	Dormancy
வளையச் சோதனை	—	Ringing experiment
வளைவு இயக்கம்	—	Movement of curvature

வா

வாக்குவோல்	—	Vacuole
வாடல்	—	Wilting
வாடல் சம எண்	—	Wilting coefficient
வாடல் நோய்	—	Wilt disease
வாட்ஸன்	—	Watson
வாலைன்	—	Valine

வி

விதை இலை — Cotyledon
விதைக்கரு — Embryo
விந்து — Sperm
விரவிய பொருள் — Dispersed phase
விரவு ஊடகம் — Dispersion medium
விறைப்பு அழுத்தம் — Turgor pressure
விறைப்பு நிலை — Turgid state
வினையூக்கி — Catalyst
விஸ்கம் — Viscum

வெ

வெப்ப இயக்கம் — Thermal activity
வெப்பக் காலத்துவம் — Thermo periodism
வெப்பத் தூண்டல் — Thermotaxis
வெளியீட்டு இயக்கங்கள் — Excretory movements
வெளிரிடல் — Etiolate
வெளிர் கணிகங்கள் — Leucoplasts
வென்ட் — Went

வே

வேதி இணைப்புகள் — Chemical bonds
வேதிச்சேர்க்கை — Chemosynthesis
வேதித் திசைச்சார்பு இயக்கம் — Chemotropic movement
வேதித்தூண்டல் — Chemotaxis
வேர் அழுத்தம் — Root pressure
வேர்-தண்டு விகிதம் — Root-shoot ratio
வேர்த்தூவி — Root hair
வேர்த்தொப்பி — Root cap
வேர்முடிச்சுகள் — Root nodules
வேறுபாடடைதல் — Differentiation
வேறுபாட்டு இயக்கங்கள் — Movements of variation

வை

வைடமின் பி, 12 — Vitamin B 12

வோக்லெர் — Vogler

ஹி

ஹில் — Hill
ஹில் கிரியை — Hill reaction

ஹெ

ஹெமிசெல்லுலோஸ் — Hemicellulose

ஹை

ஹைட்ரஜன் — Hydrogen
ஹைட்ரஜன் நீக்கம் — Dehydrogenation
ஹைட்ரஜன் நீக்கிகள் — Dehydrogenases
ஹைட்ரஜன் பெர் ஆக்ஸைடு — Hydrogen peroxide
ஹைட்ரஜன் ஸல்பைடு — Hydrogen sulphide
ஹைட்ராக்ஸில்அமைன் — Hydroxyl amine

ஹோ

ஹோக்லண்ட் — Hoagland

ஸ

ஸக்கீனிக் அமிலம் — Succinic acid
ஸல்பர் டை ஆக்ஸைட் — Sulphur dioxide
ஸல்பேட் — Sulphate

ஸா

ஸாந்தியம் — Xanthium
ஸாந்தோஃபில் — Xanthophyll
ஸாந்தோமோனஸ் — Xanthomonas
ஸாந்தோமோனஸ் ஸிட்ரை — Xanthomonas citri
ஸால் — Sol

ஸி

ஸிக்மா வளர்ச்சி வரைகோடு — Sgmoid curve of growth
ஸிடிடீன் டிரைபாஸ்பேட் — Cytidine triphosphate
ஸிடோஸீன் — Cytosine
ஸிட்ரிக் அமிலம் — Citric acid
ஸிலிகான் — Silicon
ஸிஸ் அகோனிடிக் அமிலம் — Cis aconitic acid
ஸிஸ்டீன் — Cystine

ஸூ

ஸூக்ரேஸ்	—	Sucrase
ஸூக்ரோஸ்	—	Sucrose
ஸூபெரின்	—	Suberin

ஸெ

ஸெஃபலூரஸ் வைரஸென்ஸ்	—	Cephaeleuros virescens
ஸெலீனியம்	—	Selenium
ஸைல் சுவர்	—	Cell wall
ஸெல் துடிப்பு	—	Pulsation
ஸெல் நீட்சி	—	Cell elongation
ஸெல் பகுப்பு	—	Cell division
ஸெல்லுலோஸ்	—	Cellulose

ஸை

ஸைகோட்	—	Zygote
ஸைடோகுரோம்-ஏ	—	Cytochrome-a
ஸைடோகுரோம்-ஏ$_3$	—	Cytochrome-a$_3$
ஸைடோகுரோம்-பி	—	Cytochrome-b
ஸைடோகுரோம்-ஸி	—	Cytochrome-c
ஸைடோப்ளாசம்	—	Cytoplasm
ஸைமேஸ்	—	Zymase
ஸைலம்	—	Xylem

ஸோ

ஸோயாபீன்ஸ்	...	Soyabeans

ஸ்

ஸ்கூக்	—	Skoog
ஸ்ட்ராஸ்பர்கெர்	—	Strasburgher
ஸ்டுவர்ட்	—	Stewart
ஸ்ட்ரோமா	—	Stroma
ஸ்பரிச திசைச்சார்பு இயக்கம்	—	Thigmotropic movement
ஸ்பொராஞ்சியா காம்புகள்	—	Sporangio phores
ஸ்யூடோமோனஸ்	—	Pseudomonas
ஸ்லைம் மோல்டு	—	Slime mould

ஷ்வான் — Schwann
ஷ்லெகெல் — Schlegel

ஜி

ஜிப்ரெல்லின் — Gibberellin

ஜீ

ஜீவித ஆற்றல் — Vital force
ஜீவிதக் கோட்பாடு — Vital theory

ஜெ

ஜெல் — Gel

கலைச்சொற்கள்
(ஆங்கிலம்—தமிழ்)

A

Absorption	—	நீர் உறிஞ்சுதல்
Absorption bands	—	ஈர்ப்புப் பட்டைகள்
Absorption spectrum	—	ஈர்ப்பு நிறமாலை
Acceptor	—	ஏற்பான்
Acetaldehyde	—	அஸிடால்டிஹைடு
Acetic acid	—	அஸிடிக் அமிலம்
Aconitase	—	அகோனிடேஸ்
Activator	—	ஊக்கி
Activated diffusion	—	ஊக்குவிக்கப்பட்ட பரவுதல்
Active absorption	—	உயிர்ப்பு உறிஞ்சுதல்
Acytyl, Co. A	—	அஸிடில், கோ. ஏ
Adenine	—	அடினீன்
Adenosine triphosphate	—	அடினோஸைன் டிரைபாஸ்பேட்
Adhesion	—	ஒட்டிணைவு
Adsorption	—	பரப்பு ஒட்டல்
Aeration	—	காற்றோட்டம்
Agar agar	—	அகார் அகார்
Agrobacterium	—	அக்ரோபாக்டீரியம்
Alanine	—	அலனீன்
Alcohol	—	சாராயம்
Alcohol-de-hydrogenase	—	ஆல்கஹால்-டி-ஹைட்ரோஜினேஸ்
Aldolase	—	ஆல்டோலேஸ்
Algæ	—	பாசிகள்
Alkaloid	—	அல்கலாயிடு
Allard	—	அல்லார்டு

Alpha helix — ஆல்ஃபா சுருள்
Alphanapthalene acetic acid — ஆல்ஃபா நாப்தலீன் அஸிடிக் அமிலம்
Alphanapthyl acetamide — ஆல்ஃபா நாப்தில் அஸிடமைடு
Aluminium — அலுமினியம்
Amino group — அமைனோ தொகுதி
Ammonia — அமோனியா
Ammonium thiocyanate — அமோனியம் தையோஸய னேட்
Amoeboid movement — அமீபாவகை இயக்கம்
Amylase — அமிலேஸ்
Anaerobic Respiration — காற்றிலாச் சுவாசம்
Anderson — ஆண்டெர்ஸன்
Anhydryde — நீரற்ற
Anion — எதிர்மின் அயனி
Annuals — ஓராண்டுச் செடிகள்
Anthesin — ஆந்தீஸின்
Apical bud — முனை மொட்டு
Apical dominance — முனை ஆதிக்கம்
Apposition — பரப்பல்
Arginase — ஆர்கினேஸ்
Arsenic — ஆர்ஸீனிக்
Ascent of sap — சாறேற்றம்
Ascorbic acid oxidase — ஆஸ்கார்பிக் ஆஸிட் ஆக்ஸி டேஸ்
Askenasy — ஆஸ்கெனஸி
Aspartic acid — ஆஸ்பார்டிக் அமிலம்
Assimilation — தன்வயமாதல்
Autonomic movement — தன்னிச்சை இயக்கம்
Auxin — ஆக்ஸின்
Auxin precursor — ஆக்ஸின் முன்பொருள்
Awn — ஆன்
Axillary bud — இலைக்கக்க மொட்டு
Azide — அஸைடு

B

Baalsrud — பால்ஸ்ரட்
Balsam — பால்ஸம்

B. Corotene — பி. கரோட்டீன்
Beggiatoa — பெக்கியடோஆ
Benzoquinone — பென்ஸோக்யுனோன்
Bicarbonate — பைகார்பனேட்
Biennials — ஈராண்டுச் செடிகள்
Biosphere — உயிர்மண்டலம்
Blackman — பிளாக்மன்
Bleeding — நீர்ப்போக்கு
Blight — கொலைநோய்
Boron — போரான்
Brown heart — பழுப்பு மைய நோய்
Brownian movement — பிரவுன் இயக்கம்
Browning — பழுப்பு நோய்

C

Calcium — கால்ஸியம்
Calcium chloride — கால்ஸியம் குளோரைடு
Calcium phosphate — கால்ஸியம் பாஸ்பேட்
Calcium sulphate — கால்ஸியம் சல்பேட்
Canker — திட்டுநோய்
Capillarity — ஏற்றுதிறன் (நிலம்)
Capillary water — நுண்துளை நீர்
Carbonate — கார்பனேட்
Carbohydrase — கார்பொஹைட்ரேஸ்
Carbon — கார்பன்
Carbon-bi-sulphide — கார்பன்-பை-ஸல்ஃபைடு
Carbon-di-oxide — கார்பன்-டை-ஆக்ஸைடு
Carbonic acid — கார்பானிக் அமிலம்
Carbon monoxide — கார்பன் மானாக்ஸைடு
Carbon-Nitrogen (C/N) Ratio — கார்பன்-நைட்ரஜன் (கா/நை) விகிதம்
Carboxylase — கார்பாக்ஸிலேஸ்
Carotine — கரோடின்
Carrier — கடத்தி
Catalyst — வினை ஊக்கி
Cation — நேர்மின் அயனி
Causal organism — காரணி
Cell division — செல் பகுப்பு
Cell elongation — செல் நீட்சி

Cellulose	—	செல்லுலோஸ்
Cell sap	—	செல் ரசம்
Cell wall	—	செல் சுவர்
Cephaeleuros virescens	—	செஃபலூரயரஸ் வைரஸென்ஸ்
Chailakian	—	சைலக்கியான்
Chemosynthesis	—	வேதிச்சேர்க்கை
Chemotaxis	—	வேதித்தூண்டல்
Chemotropism	—	வேதித் திசைச்சார்பு இயக்கம்
Chlamydomonas	—	கிளாமிடோமோனஸ்
Chlorine	—	குளோரின்
Chloroform	—	குளாரோஃபாம்
Chlorophyll	—	பச்சையம்
Chlorophyll spectrum	—	பச்சைய நிறமாலை
Chloroplast	—	பசுங்கணிகம்
Chlorosis	—	பச்சையச் சோகை
Chromatin	—	குரோமாடின்
Chromoplastids	—	வண்ணக் கணிகங்கள்
Chromosome	—	குரோமஸோம்
Chrystalloid	—	கிரிஸ்டல்லாயிடு
Cilia	—	மயிர்த்துடுப்புகள்
Ciliary movement	—	மயிர்த் துடுப்பு இயக்கம்
Circumnutation	—	பரிதிச் சுழற்சி
Cisaconitic acid	—	ஸிஸ்அகோனிடிக் அமிலம்
Citric acid	—	ஸிட்ரிக் அமிலம்
Clostridium	—	கிளாஸ்ட்ரீடியம்
Coarse sand	—	பெருமணல்
Cobalt	—	கோபால்ட்
Code	—	சங்கேதம்
Co-enzymes	—	இணைநொதிகள்
Co-enzyme-A	—	கோ-என்ஸைம்-ஏ
Colloid	—	கொலாய்டு
Column	—	தம்பம்
Companion cell	—	துணைசெல்
Competitive inhibition	—	போட்டி அடக்கல்
Concentration	—	செறிவு
Conduction	—	கடத்தல்
Conduction time	—	கடத்தல் காலம்
Conical flask	—	கூம்பு கூஜா
Conidia	—	கொனீடியா

Conifers — ஊசி இலை மரங்கள்
Conjugated proteins — இணைந்த புரதங்கள்
Contact exchange — நேரடிப் பரிமாற்றம்
Cork — தக்கை
Cortex — புறணி
Corynebacterium — கோரினிபாக்டீரியம்
Cotyledons — விதை இலைகள்
Crick — கிரிக்
Cristæ — கிரிஸ்டே
Critical — தீர்வுகட்ட
Cuticle — க்யூடிகிள்
Cuticulartranspiration — க்யூடிகிள் நீராவிப் போக்கு
Cutin — க்யூடின்
Cutings — பதியங்கள்
Cyanide — ஸயனைடு
Cyclosis — சுழற்சி
Cysteine — ஸிஸ்டீன்
Cytidine triphosphate — ஸிடிடீன் டிரைஃபாஸ்பேட்
Cytochrome-a — சைடோகுரோம்-ஏ
Cytochrome-a $_3$ — சைடோகுரோம்-ஏ $_3$
Cytochrome-b — சைடோகுரோம்-பி
Cytochrome-c — சைடோகுரோம்-ஸி
Cytoplasm — சைடோப்ளாசம்

D

Dark reaction — இருள் கிரியை
Darwin — டார்வின்
Day neutral — நாள் நடுநிலைச் செடிகள்
Deamination — அமைன் நீக்கம்
Deficiency disease — குறையூட்ட நோய்கள்
Dehydrogenases — ஹைடிரஜன் நீக்கிகள்
Dehydrogenation — ஹைடிரஜன் நீக்கம்
Denitrifying bacteria — நைட்ரஜன் நீக்கும் பாக்டீரியா
Deoxyribo nucleic acid — டி-ஆக்ஸிரைபோ நியூக்ளியிக் அமிலம்
Deoxyribose — டி-ஆக்ஸிரைபோஸ்
Deplasmolysis — டிபிளாஸ்மோலிஸிஸ்
Desmolases — டெஸ்மோலேஸஸ்
Dextrase — டெக்ஸ்ட்ரேஸ்

Dialysis — டயாலிஸிஸ்
Diastase — டயாஸ்டேஸ்
2, 4, Dichlorophenoxy aceti acid (2, 4, D) 2, 4. — 2, 4, டைகுளோரே-பீனுக்ஸி அஸிடிக் அமிலம் (2,4, டி)
Dicot — இருவிதை இலைச்செடி
Differentiation — வேறுபாடடைதல்
Diffusion — பரவுதல்
Diffusion hypothesis — பரவுதல் கோட்பாடு
Diffusion pressure — பரவு அழுத்தம்
Digestion — செமித்தல்
Digestive enzymes — செமித்தல் நொதிகள்
Dihydroxy acetone phosphate — டைஹைட்ராக்ஸி அஸிடோன் ஃபாஸ்பேட்
Diphosphoglyceric acid — டைஃபாஸ்போ கிளிஸரிக் அமிலம்
Diphosphopyridine nucleotide — டைஃபாஸ்போ பைருடீன் நியூக்ளியோடைடு
Dispersed phase — விரவிய பொருள்
Dispersion medium — விரவு ஊடகம்
Dormancy — வளர்வடக்கம்
Double membrane — இரட்டைச் சவ்வு

E

Egg — அண்டம்
Electrical charge — மின் ஏற்றம்
Electrical neutrality — மின் நடுநிலை
Electron — எலெக்ட்ரான்
Electron transport — எலெக்ட்ரான் மாற்றம்
Electrophoresis — மின் பிரிதல்
Elodea — இலோடியா
Embryo — விதைக்கரு
Emulsion — எமல்ஷன்
Endodermis — எண்டோடெர்மிஸ்
Endoplasmic reticulum — எண்டோப்ளாஸ்மிக் வலை
Endosperm — எண்டோஸ்பெர்ம்
Energy of activation — ஊக்குவிப்பு ஆற்றல்
Energy rich bonds — மிகை ஆற்றல் இணைப்புகள்
Energy rich phosphates — மிகை ஆற்றல் பாஸ்பேட்டுகள்
Energy transference — ஆற்றல் மாற்றம்

Enolase — இனோலேஸ்
Enol pyruvic acid — இனோல் பைருவிக் அமிலம்
Enzyme — நொதி
Eosine — இயோஸின்
Epidermis — புறத்தோல்
Epithem — எபிதெம்
Equilibrium — சமநிலை
Erosion — மண் அரிப்பு
Erwinia trachyphila — எர்வீனியா டிராகிஃபைலா
Erysiphe — எரிஸைஃபி
Escombe — எஸ்கோம்பி
Ethyl alcohol — எதில் சாராயம்
Ethylenechlorhydrin — எதிலின் குளோர்ஹைட்ரீன்
Etiolation — வெளிறிடல்
Excretory movement — வெளியீட்டு இயக்கங்கள்
Exosmosis — எக்ஸ்-ஆஸ்மாஸிஸ்

F

Factors — அம்சங்கள்
Far red — தொலைச் சிவப்பு
Fats — கொழுப்புகள்
Fatty acids — கொழுப்பு அமிலங்கள்
Fermentation — நொதித்தல்
Fern — பிரணி
Fertilization — கருவுறுதல்
Fibrous proteins — நார்ப் புரதங்கள்
Field capacity — நீர்கொள்திறன்
Fine sand — பொடிமணல்
Flaccid state — நெகிழ்ச்சி நிலை
Flavine adenine dinucleotide — ஃப்ளேவின் அடினீன் டைநியூக்ளியோடைடு
Florigen — ஃப்ளோரிஜென்
Free energy — சுயேச்சை ஆற்றல்
Fructose phosphate — ஃப்ரக்டோஸ் ஃபாஸ்பேட்
Fructose, 1, phosphate — ஃப்ரக்டோஸ், 1, ஃபாஸ்பேட்
Fructose 1, 6, diphosphate — ஃப்ரக்டோஸ், 1, 6, டைஃபாஸ்பேட்
Fumarase — ஃப்யூமரேஸ்
Fumaric acid — ஃப்யூமரிக் அமிலம்

Functional unit — செயல் அலகு
Fungi — பூஞ்சை
Fungicide — பூஞ்சை நாசினி
Fusarium vas infectum — ஃப்யூஸேரியம் வாஸ் இன்ஃபெக்டம்

G

Garner — கார்னெர்
Gaurd cell — காப்பு செல்
Gel — ஜெல்
Geotropism — ஈர்ப்பு திசைச்சார்பு இயக்கம்
Germination — முளைத்தல்
Gibberellin — ஜிப்ரெல்லின்
Globular proteins — கோளப்புரதங்கள்
Globulin — கிளாபுலின்
Glucose — குளுகோஸ்
Glucose, 1, Phosphate — குளுகோஸ், 1, ஃபாஸ்பேட்
Glucose, 6, Phosphate — குளுகோஸ், 6, ஃபாஸ்பேட்
Glutamic acid — க்ளுடாமிக் அமிலம்
Glyceraldehyde, 3, Phosphate — கிளிஸ்ரால்டிஹைடு, 3, ஃபாஸ்பேட்
Glyceral — கிளிஸரால்
α · Glycerophosphate — ஆல்ஃபா கிளிஸரோபாஸ்பேட்
Glycine — கிளைஸீன்
Glycolase — கிளைகோலேஸ்
Glycolysis — கிளைகாலிஸிஸ்
Godlewski — கோத்லெவ்ஸ்கி
Gradient of suction pressure — உறிஞ்சு அழுத்த ஏற்றம்
Grana — கிராளு
Grand period of growth — வளர்ச்சிப் பெருங்காலம்
Gravitational water — ஈர்ப்பு நீர்
Grey-speck — சாம்பல் புள்ளி நோய்
Growing point — வளர் நுனி
Growth — வளர்ச்சி
Growth movements — வளர்ச்சி இயக்கங்கள்
Guanilic acid — குவானிலிக் அமிலம்
Guanine — குவானீன்
Guanosine triphosphate — குவானஸைன் டிரைஃபாஸ்பேட்
Guttation — நீர்க்கசிவு

H

Haustoria — உறிஞ்சு வேர்கள்
Heart rot — மைய அழுகல் நோய்
Hemicellulose — ஹெமிசெல்லுலோஸ்
Hill — ஹில்
Hill reaction — ஹில் கிரியை
Hoagland — ஹோக்லண்ட்
Humus — அங்கக மட்கு
Hyberidization — கலப்பினப் பெருக்கம்
Hydrathode — நீர் இலைத்துளை
Hydrases — ஹைட்ரேஸஸ்
Hydrogen — ஹைட்ரஜன்
Hydrogen peroxide — ஹைட்ரஜன் பெர்-ஆக்ஸைடு
Hydrogen sulphide — ஹைட்ரஜன் ஸல்ஃபைடு
Hydrolysis — நீர் இணைத்தல்
Hydrophilic colloid — நீர்விரும்பு கொலாய்டு
Hydropholic colloid — நீர்விரும்பாக் கொலாய்டு
Hydrotropism — நீர்த் திசைச்சார்பு இயக்கம்
Hygroscopic movements — ஈரப்பசை இயக்கங்கள்
Hygroscopic water — ஈரப்பசை நீர்
Hypertonic solution — உயர் அழுத்தக் கரைசல்

I

Iljin — இல்ஜின்
Imbibition — உள்ளீர்த்தல்
Imbibitional pressure — உள்ளீர்ப்பு அழுத்தம்
Impermeable membrane — செலுத்தாச் சவ்வு
Incipient plasmolysis — தொடக்கப்பிளாஸ்மோலிஸிஸ்
Indol acetic acid — இண்டோல் அஸிடிக் அமிலம்
Indolpropionic acid — இண்டோல்-ப்ரோபியோனிக் அமிலம்
Inhibitor — அடக்கி
Inner cortex — உட்புறணி
Insecticide — பூச்சிநாசினி
Intussusception — இடைச்செருகல்
Ion — அயனி
Ion accumulation — அயனிச் சேகரம்

Ion antagonism — அயனிகளின் பகைமை
Ion exchange — அயனிப் பரிமாற்றம்
Ion uptake — அயனி உள்ளெடுப்பு
Iron — இரும்பு
Irreversible colloids — மீளாக் கொலாய்டுகள்
Isocitric acid — ஐஸோஸிட்ரிக் அமிலம்
Isotonic solution — சம அழுத்தக் கரைசல்

K

Karyolymph — நியூக்ளியஸ் திரவம்
Keratin — கெரர்டின்
α-Ketoglutaric acid — ஆல்ஃபா கீடோக்ளுடாரிக் அமிலம்
Kinetic energy — இயக்க ஆற்றல்
Kinetin — கினிடின்
Kreb's cycle — கிரெப் வட்டம்

L

Lactic acid — லாக்டிக் அமிலம்
Lamella — அடுக்கு
Latshaw — லாட்ஷா
Lauric acid — லாரிக் அமிலம்
Lentical — பட்டைத்துளை
Lenticular transpiration — பட்டைத்துளை நீராவிப்போக்கு
Leucoplasts — வெளிர்கணிகங்கள்
Light reaction — ஒளிக்கிரியை
Linoleic acid — லினோலியிக் அமிலம்
Lipase — லிபேஸ்
Lipid — லிபிடு
Lipo proteins — லிபோ புரதங்கள்
Little leaf disease — சிற்றிலை நோய்
Livingston — லிவிங்ஸ்டன்
Lloyd — லாயிடு
Lock & Key theory — பூட்டு-சாவிக் கோட்பாடு
Locomotion — புடைபெயர்வு
Long day plants — நீள்நாள் செடிகள்
Loranthus — லொராந்தஸ்

M

Macronutrients — பெருவூட்டப் பொருள்கள்
Maltase — மால்டேஸ்
Maltose — மால்டோஸ்
Mass flow hypothesis — மொத்த ஓட்டக் கோட்பாடு
Matrix — இடைப்பொருள்
Mechanical suspension — யாந்திரீக விரவல்
Mechanism — செயல்முறை
Medicago sativa — மெடிகாகோ ஸைடைவா
Mercury — பாதரசம்
Meristem — மெரிஸ்டம்
Mesophyll — இலை இடைத்திசு
Messenger RNA — தூது ஆர் என். ஏ.
Metabolism — வளர்சிதை மாற்றம்
Methionine — மெதியோனீன்
Meyer — மேயர்
Microbes — நுண்ணுயிர்கள்
Microfibril — நுண் இழை
Micronutrients — சிறு ஊட்டப் பொருள்கள்
Middle lamella — நடு அடுக்கு
Miller — மில்லெர்
Minerals — கனிமப் பொருள்கள்
Mineral nutrition — கனிமப் பொருள் ஊட்டம்
Mitochondiria — மிடோகாண்ட்ரியா
Molecular Biology — மூலக்கூறு உயிரியல்
Molecules — மூலக்கூறு
Monocot — ஒருவிதை இலைச் செடி
Mosaic — பல்வண்ண நோய்
Movement — இயக்கம்
Movement of curvature — வளைவு இயக்கம்
Movement of variation — வேறுபாட்டு இயக்கம்
Muensher — முயென்ஷர்
Multiperforate sepetum — பல்துளைத் தடுக்கு

N

Nastic movement — திசைச்சார்பிலா இயக்கம்
Negative charge — எதிர்மின்னேற்றம்

Negative root pressure — எதிர்மறை வேர் அழுத்தம்
Neutral fats — நடுநிலைக் கொழுப்புகள்
Neutron — நியூட்ரான்
Nitrifying bacteria — நைட்ரஜன் பாக்டீரியா
Nitrogenase — நைட்ரோஜினேஸ்
Nitrogen fixation — நைட்ரஜன் நிலைப்பாடு
Noncompetitive inhibition — போட்டியிலா அடக்கல்
Nuclear membrane — நியூக்ளியஸ் சவ்வு
Nucleic acids — நியூக்ளீளிக் அமிலங்கள்
utrient solution — ஊட்டக் கரைசல்

O

Oleic acid — ஒலீயிக் அமிலம்
Orchid — ஆர்கிட்
Organic acid — அங்கக அமிலம்
Oscillation — அலைவு
Osmosis — ஆஸ்மாஸிஸ்
Osmotic pressure — ஆஸ்மாடிக் அழுத்தம்
Ovary — சூல்பை
Oxidases — ஆக்ஸிடேஸஸ்
Oxidation — ஆக்ஸீகரணம்
Oxidative decarboxylation — ஆக்ஸீகரண கார்பன் நீக்கம்
Oxidizing agent — ஆக்ஸீகரணி
Oxygen — ஆக்ஸிஜன்

P

Palisade — பாலிஸேடு
Paratonic movement — தூண்டப்பட்ட இயக்கம்
Parchment — பார்ச்மென்ட்
Parenchyma — பாரெங்கைமா
Passive absorption — உயிர்ப்பற்ற உறிஞ்சுதல்
Pathogen — நோயூக்கி
Pattern — படிவம்
Pepsin — பெப்ஸின்
Pepsinogen — பெப்ஸினோஜென்
Peptidase — பெப்டிடேஸ்
Peptide bond — பெப்டைடு இணைப்பு
Permanent wilting — நிலையான வாடல்

Permeability — செலுத்துதிறன்
Permeable membrane — செலுத்து சவ்வு
Photo oxidation — ஒளி ஆக்ஸீகரணம்
Photoperiodic after effect — ஒளிக்காலப் பின்விளைவு
Photoperiodic induction — ஒளிக்காலத் தூண்டல்
Photoperiodism — ஒளிக்காலத்துவம்
Photophosphorylation — ஒளிப் பாஸ்பரீகரணம்
Photosynthesis — ஒளிச்சேர்க்கை
Phototaxis — ஒளித்தூண்டல்
Phototropism — ஒளித் திசைச்சார்பு இயக்கம்
Physical theory — பௌதீகக் கோட்பாடு
Phytochrome — பைடோக்ரோம்
Pigment — நிறமி
Piths — தண்டுச் சோறு
Plant ash — செடிச்சாம்பல்
Plant pathology — தாவர நோயியல்
Plasma membrane — பிளாஸ்மா சவ்வு
Plasmolemma — பிளாஸ்மோலெம்மா
Plasmolysis — பிளாஸ்மோலிஸிஸ்
Plastids — கணிகங்கள்
Pollen tube — மகரந்தக் குழல்
Pollination — மகரந்தச் சேர்க்கை
Polymer — பாலிமெர்
Poly peptide — பாலி பெப்டைடு
Pore area — நுண்துளைப் பரப்பு
Porus pot — நுண்துளை மண்கலம்
Positive charge — நேர் மின்னேற்றம்
Preceptive region — உணர் பகுதி
Presentation time — அளிப்புக் காலம்
Primordia — மூலத்திசு
Proenzyme — நொதி முன்பொருள்
Prosthetic group — புரோஸ்தெடிக் தொகுதி
Protein — புரதம்
Protein synthesis — புரதச் சேர்க்கை
Proton — புரோடான்
Protoplasm — புரோடோப்ளாசம்
Pulsation — துடிப்பு
Pulvinus — பல்வைனஸ்
Pureline selection — தனிவரித் தேர்வு

Pustules — கொப்புளங்கள்
Pyrimidine — பிரமிடீன்

R

RNA — ஆர். என். ஏ.
Radio-active substances — கதிரியக்கப் பொருள்கள்
Reaction time — மறுவினைக் காலம்
Red rust — செந்துரு நோய்
Reducing agent — குறைப்பான்
Reduction — குறைத்தல்
Reductive amination — குறைப்பு அமைனீகரணம்
Region of elongation — நீட்சிப் பகுதி
Reproduction — இனப்பெருக்கம்
Respiratory enzyme — சுவாசநொதி
Respiratory quotient — சுவாச ஈவு
Respiratory substrat — சுவாச தளப்பொருள்
Response — மறுவினை
Reversible colloid — மீளுங் கொலாயிடு
Ribonucleic acid — ரைபோநியூக்ளியிக் அமிலம்
Ribosome — ரைபோஸோம்
Ringing experiment — வளையச் சோதனை
Root cap — வேர்த்தொப்பி
Root hair — வேர்த்தூவி
Root nodule — வேர்முடிச்சுகள்
Root pressure — வேர் அழுத்தம்
Root/shoot ratio — வேர்/தண்டு விகிதம்
Rosette — கொத்து இலை நோய்

S

Saturated solution — பூரிதக் கரைசல்
Scarification — உறைநீக்கம்
Scismonasty — அதிர்ச்சி இயக்கம்
Selectively permeable membrane — தேர்வுச் செலுத்து சவ்வு
Selenium — ஸெலீனியம்
Semipermeable membrane — அரைச்செலுத்தி சவ்வு
Sensitivity — உணர்திறன்

Sepal	—	அல்லி இதழ்
Septum	—	தடுக்கு
Shoot system	—	தண்டுப் பகுதி
Short day plants	—	குறுநாள் செடிகள்
Sieve plate	—	சல்லடைத் தட்டு
Sieve theory	—	சல்லடைக் கண் கோட்பாடு
Sieve tube	—	சல்லடைக் குழல்
Sigmoid curve of growth	—	ஸிக்மா வளர்ச்சி வரைகோடு
Silt	—	வண்டல்
Simple proteins	—	தனிப்புரதங்கள்
Slime mould	—	ஸ்லைம் மோல்டு
Soil solution	—	நிலக் கரைசல்
Sol	—	ஸால்
Solute	—	கரைபொருள்
Solution	—	கரைசல்
Solvent	—	கரைப்பான்
Species	—	சிறப்பினம்
Specificity	—	குறிப்புச் சார்பு
Speckled yellow	—	மஞ்சள் புள்ளி நோய்
Sperm	—	விந்து
Spongy tissue	—	பஞ்சுத் திசு
Sporangio phore	—	ஸ்பொராஞ்சியா காம்பு
Spot	—	புள்ளி
Spring variety	—	வசந்தகால வகை
Starch phosphorylase	—	ஸ்டார்ச் பாஸ்பாரிலேஸ்
Starch test	—	தரசச் சோதனை
Stem crack	—	தண்டு வெடிப்பு நோய்
Stimulus	—	தூண்டல்
Stomata	—	இலைத்துளை
Stomatal transpiration	—	இலைத்துளை நீராவிப் போக்கு
Streaming of protoplasm hypothesis	—	புரோடோப்ளாச ஓட்டக் கோட்பாடு
Structural unit	—	அமைப்பு அலகு
Suberin	—	ஸுபெரின்
Substrate	—	தளப்பொருள்
Suction pressure	—	உறிஞ்சு அழுத்தம்
Surface reactions	—	மேற்பரப்பு வினைகள்
Symbionts	—	கூட்டுயிர்கள்
Symbiosis	—	கூட்டுயிர் வாழ்க்கை

T

Temporary wilting — தாற்காலிக வாடல்
Tendril — பற்றுக்கம்பி
Theory of limiting factors — வரம்பிடு அம்சக் கோட்பாடு
Thermal activity — வெப்ப இயக்கம்
Thermoperiodism — வெப்பக் காலத்துவம்
Thermotaxis — வெப்பத் தூண்டல்
Thiamine — தையாமீன்
Thigmotropism — ஸ்பரிச திசைச்சார்பு இயக்கம்
Thiobacillus — தையோபாஸில்லஸ்
Tissue — திசு
Tissue culture — திசு வளர்ப்பு
Tobacco mosaic — புகையிலைப் பல்வண்ண நோய்
Tone — திடநிலை
Tonoplast — டோனோப்ளாஸ்ட்
Toxim — நச்சுப் பொருள்
Transamination — மாற்று அமைனீகரணம்
Transfer RNA — மாற்று ஆர்.என்.ஏ.
Translocation — இடப்பெயற்சி
Transphosphorylases — பாஸ்பரஸ் மாற்றிகள்
Transpiration — நீராவிப் போக்கு
Transpiration coefficient — நீராவிப் போக்குச் சம எண்
Triplet code — மூவ்வெழுத்துச் சங்கேதம்
Tropic movements — திசைச்சார்பு இயக்கங்கள்
Turgid — விறைப்பு (நிலை)
Turgor pressure — விறைப்பு அழுத்தம்

U

Ultra filter — நுண் வடிகட்டி
Ultra sieve — நுண்கண் சல்லடை
Unicellular organism — ஒருசெல் உயிரினம்
Ustilago — யுஸ்டிலாகோ

V

Vacuole — வாக்குவோல்
Vernalization — தட்பப் பதனம்
Vital force — ஜீவித ஆற்றல்
Vital movements — உயிர்ப்பு இயக்கங்கள்
Vital theory — ஜீவிதக் கோட்பாடு

W

Wall pressure — சுவர் அழுத்தம்
Water culture experiments — ஊட்ட நீர்ச் சோதனைகள்
Water holding capacity — நீர் தாங்கு திறன்
Water table — நிலநீர் மட்டம்
Wilt disease — வாடல் நோய்
Wilting — வாடல்
Winter variety — பனிக்கால வகை

X

Xanthium — ஸாந்தியம்
Xylem — சைலம்

Y

Yeast — யீஸ்ட்
Yellow tip — மஞ்சள் நுனி நோய்

Z

Zygote — சைகோட்
Zymase — சைமேஸ்

பொருட்குறிப்பு அகராதி

அ

அகார்-அகார், 15
அகோனிடேஸ், 173
அக்ரோபாக்டீரியம், 240
அங்கக மட்கு, 33, 36
அடக்கி, 138, 234
அடினீன், 115
அடினேசைன் டிரைபாஸ்பேட் (ATP) 87, 154-157, 162, 164, 166, 169, 170, 177-182, 185, 188
அடினேசைன் டை பாஸ்பேட் (ADP) 155-157, 164, 169, 170, 178, 179, 185
அடுக்கு, 93
அதிர்ச்சி இயக்கம், 222
அமிலேஸ், 139
அமினோ அமிலங்கள், 11, 36, 112-115, 118, 120-122, 182-184
அமீபாவகை இயக்கம், 214
அமைப்பு அலகு, 5
அமைனீகரணம், 183
அமைனோ தொகுதி, 113
அமைன் நீக்கம், 182
அமோனியம் தையோ சயனேட், 206
அயனி உள் எடுப்பு, 86
அயனிசேகரம், 86
அயனிகளின் பகைமை, 81
அயனிப் பரிமாற்றம், 80, 89,
அரைச் செலுத்தி சவ்வு, 24, 26
அலகுச் சவ்வு, 85
அலனீன், 120
அலைவு, 89
அல்ட்ரா மைக்ரோஸ்கோப், 13, 14
அல்லார்டு, 224
அழுகல் நோய், 238
அளிப்புக் காலம், 212
அஸிடில் கோ. ஏ., 128, 173, 175, 183
அஸோடோபாக்டர், 125

ஆ

ஆக்ஸாலிக் அமிலம், 156
ஆக்ஸாலோ ஸக்கீனிக் அமிலம், 174
ஆக்ஸால் அஸிடிக் அமிலம், 115, 173
ஆக்ஸிடேஸஸ், 163
ஆக்ஸின், 197-207, 217-219, 230
ஆக்ஸின் முன்பொருள், 201
ஆக்ஸீகரண கார்பன் நீக்கம், 175

ஆக்ஸிகரண பாஸ்பரீகரணம், 179
ஆக்ஸீகரணம், 99
ஆக்ஸிகரணி, 104
ஆண்டெர்ஸன், 52
ஆர்கினேஸ், 137
ஆல்கஹால் டி ஹைட்ரோஜினேஸ், 135
ஆல்டோலேஸ், 167
ஆல்பா கிளிஸரோ பாஸ்பேட், 128
ஆல்பா கீடோ க்ளுடாரிக் அமிலம், 114, 115, 174
ஆல்பா சுருள், 112, 113
ஆல்பா நாப்தலீன் அஸிடிக் அமிலம், 206
ஆல்பா நாப்தில் அஸிடமைடு, 206
ஆற்றல் மாற்றம், 108
ஆன், 222
ஆஸ்கார்பிக் ஆஸிட் ஆக்ஸிடேஸ், 137
ஆஸ்மாடிக் அழுத்தம், 25
ஆஸ்மாஸிஸ், 20

இ

இடப்பெயர்ச்சி, 75, 129
இடைச்செருகல், 196
இடைப்பொருள், 9
இணைநொதிகள், 1[illegible]8, 163
இணைந்த புரதங்கள், 112
இணைப்பு ஆற்றல், 154
இண்டோல் அஸிடிக் அமிலம், 205
இண்டோல் ப்யூடிரிக் அமிலம், 205
இண்டோல் ப்ரோபியோனிக் அமிலம், 206
இயக்கம், 1, 211–222
இயக்க ஆற்றல், 21
இரட்டைச் சவ்வு, 7
இருட்கிரியை, 106
இலை இடைத்திசு, 44
இலைக்கக்க மொட்டு, 204
இலைத்துளை, 44-52
இலைத்துளை நீராவிப்போக்கு, 44
இல்ஜின், 51
இனப்பொருக்கம், 1, 223
இன்வேர்டேஸ், 163, 170
இனோஸ் பைரூவிக் அமிலம், 170

ஈ

ஈரப்பசை இயக்கங்கள், 213, 214, 222
ஈரப்பசை நீர், 35
ஈராண்டுச் செடி, 231
ஈர்ப்பு திசைச்சார்பு இயக்கம், 216
ஈர்ப்பு நிறமாலை, 95
ஈர்ப்பு நீர், 34
ஈர்ப்புப் பட்டைகள், 95

உ

உணர்திறன், 1, 211
உணர் பகுதி, 211, 226
உம்ப்ரீட், 109
உயர் அழுத்தக் கரைசல், 30
உயிர்ப்பற்ற உறிஞ்சுதல், 42, 65
உயிர்ப்பு உறிஞ்சுதல், 41
உயிர்ப்பு எடுப்பு, 86
உயிர் மண்டலம், 91, 107
உள்ளீர்த்தல், 16
உள்ளீர்ப்பு அழுத்தம், 16
உறிஞ்சு அழுத்தம், 28
உறிஞ்சு அழுத்த ஏற்றம், 39
உறிஞ்சு வேர், 242
உறை நீக்கம், 234

ஊ

ஊக்கப்பட்ட பரவுதல் கோட்பாடு, 146
ஊக்கி, 77, 137
ஊக்குவிப்பு ஆற்றல், 134
ஊசிஇலை மரங்கள், 96
ஊட்டக் கரைசல், 73
ஊட்ட நீர்ச் சோதனைகள், 72

எ

எக்ஸ் ஆஸ்மாஸிஸ், 30
எண்டோடெர்மிஸ், 37
எண்டோ ப்ளாஸ்மிக் வலை, 10
எண்டோஸ்பெர்ம், 202
எதிர்மறை வேர் அழுத்தம், 40
எதிர் மின் அயனி, 80, 81
எதிர் மின்னேற்றம், 17
எதிலின் குளோரா ஹைட்ரீன், 236
எபிதம், 59
எமல்ஷன், 15, 18
எரிஸைஃபி, 239
எர்வீனியாடிராகிஃபைலா, 239
எலெக்ட்ரான், 99
எலெக்ட்ரான் மாற்றம், 164, 176-180
எஸ்கோம்பி, 47

ஏ

ஏற்பான், 103
ஏற்றுதிறன், 34

ஐ

ஐஸோ-ஸிட்ரிக் அமிலம், 174

ஒ

ஒட்டிணைவு, 64, 67
ஒருசெல் உயிரினம், 5
ஒலீயிக் அமிலம், 128
ஒளி ஆக்ஸீகரணம், 96
ஒளிக்காலத்துவம், 225
ஒளிக்காலத் தூண்டல், 225
ஒளிக்காலப் பின்விளைவு, 225
ஒளிக்கிரியை, 105
ஒளிச்சேர்க்கை, 91, 92, 188-190
ஒளி திசைச்சார்பு இயக்கம், 218
ஒளித்தூண்டல், 214
ஒளிப்பாஸ்பரீகரணம், 104

ஓ

ஓராண்டுச் செடி, 231
ஓவர்டன், 83

க

கடத்தல், 212
கடத்தல் காலம், 212
கடத்தி, 88
கணிகங்கள், 10
கதிரியக்கப் பொருள்கள், 102, 130, 142
கந்தக பாக்டீரியா, 108
கருவுறுதல், 223
கரைசல், 12
கரைபொருள், 13
கரைப்பான், 13
கரைப்பான் கோட்பாடு, 83
கலப்பினப் பெருக்கம், 245
கனிமப் பொருள்கள், 12
கனிமப் பொருள் ஊட்டம், 70

கா

காப்பு செல், 45, 46, 48, 49
காரணி, 239
கார்பன்-நைட்ரஜன் (கா/நை) விகிதம், 209

கார்பன் டை ஸல்பைடு, 236
கார்பாக்ஸிலேஸ், 163, 173, 174
கார்போ ஹைட்ரேஸஸ், 139
காற்றிலா சுவாசம், 184

கி

கிராணு, 93
கிரிக், 116
கிரிஸ்டல்லாயிடு, 18
கிரிஸ்டே, 9
கிரெப் வட்டம், 164, 173, 181, 183, 184
கிளாபுலீன், 11
கிளாஸ்ட் ரீடியம், 125
கிளிஸரால், 127, 136, 141
கிளிஸரால் டிஹைடு, 3 பாஸ், பேட், 167, 168
கிளைகோலிஸிஸ் 164, 172, 185
கிளைகோலேஸ், 163
கிளைஸீன், 113
கினிடின், 202

கு

குரோமஸோம், 8
குரோமாடின், 7
குவானஸைன் டிரைபாஸ்பேட் (GTP), 154
குவானீலிக் அமிலம், 119
குவானீன், 115
குளுகோஸ், 164
குறிப்புச் சார்பு, 135
குறுநாள் செடிகள், 225
குறைத்தல், 100
குறைப்பான், 104
குறைப்பு அமைனீகரணம், 114
குறையூட்ட நோய்கள், 78

கூ

கூட்டிணைவு, 63
கூட்டுயிர்கள், 124
கூட்டுயிர் வாழ்க்கை, 124

கொ

கொத்து இலை நோய், 79
கொப்புளங்கள், 238
கொலாய்டு, 12-19
கொலைநோய், 239
கொழுப்பு, 127
கொழுப்பு அமிலங்கள், 127, 136, 141
கொனீடியா, 240

கோ

கோ-என்ஸைம்-ஏ. 138, 174
கோத்லெவ்ஸ்கி, 61
கோரினி பாக்டீரியம், 240
கோளப்புரதங்கள், 112

க்

க்யூடிகிள் நீராவிப் போக்கு, 44
க்ளூடாமிக் அமிலம், 114, 115

ச

சங்கேதம், 118-122
சம அழுத்தக் கரைசல், 31
சம நிலை, 25, 29
சல்லடைக் கண் கோட்பாடு, 83
சல்லடைக் குழல், 143
சல்லடைத் தட்டு, 143

சா

சாம்பல் புள்ளி நோய், 78
சாறேற்றம், 60-69

சி

சிறு ஊட்டப் பொருள்கள், 72
சிற்றிலை நோய், 79

சு

சுயேச்சை ஆற்றல், 152
சுவர் அழுத்தம், 27
சுவாச ஈவு, 158
சுவாச தளப்பொருள், 156
சுவாசநொதி, 77, 162
சுவாசித்தல், 152-191

செ

செடிச்சாம்பல், 70
செந்தெரு நோய், 241
செமித்தல், 134
செமித்தல் நொதிகள், 139
செயல் அலகு, 5-6,
செலுத்தாச் சவ்வு, 22
செலுத்து சவ்வு, 22
செலுத்துதிறன், 82

ட

டயாலிஸிஸ், 17
டயாஸ்டேஸ், 139

டி

டி ஆக்ஸிரைபோ நியூக்ளியிக் அமிலம் (டி. என். ஏ.), 8, 115-122
டி ஆக்ஸிரைபோஸ், 115
டி பிளாஸ்மோலிஸிஸ், 31
டி ரிப்டோபேன், 122
டி ரிப்ஸினேஸ், 141
டிரைபாஸ்போ பைரிடின் நியூக்ளியோடைடு (TPN), 104, 163, 174, 176
டிரையோஸ் பாஸ்பேட் டிஹைட்ரோஜினேஸ், 168

டெ

டெக்ஸ்ட்ரேஸ், 140
டெஸ்மோடியம் கைரென்ஸ், 215
டெஸ்மோலேஸஸ், 163

டை

2, 4 டை குளோரோ பினக்ஸி அஸிடிக் அமிலம் (24-டி), 205,
டை பாஸ்போ கிளஸரிக் அமிலம், 169
டை பாஸ்போ பைரிடின் நியூக்ளியோடைடு (DPN), 138, 163, 168, 174-176
டை ரோஸின், 121
டை ஹைட்ராக்ஸி அஸிடோன் பாஸ்பேட், 105, 128, 167

டோ

டோனேப்ளாஸ்ட், 9

த

தட்பப் பதனம், 232
தண்டு வெடிப்பு நோய், 78
தம்மிச்சை இயக்கங்கள், 212 213-215
தரசச் சோதனை, 92
தளப்பொருள், 135
தனிப்புரதங்கள், 112

தனிவரித் தேர்வு, 245
தன்வயமாதல், 192

தா

தாவர நோயியல், 237
தாழ் அழுத்தக் கரைசல், 30
தாற்காலிக வாடல், 54

தி

திசு வளர்ப்பு, 195
திசைச்சார்பிலா இயக்கங்கள், 212, 213, 221
திசைச்சார்பு இயக்கம், 212, 213, 216
திடநிலை, 212
திட்டுநோய், 238

து

துணைசெல், 143
துருவம், 194
துளைப்பரப்பு, 47

தூ

தூண்டப்பட்ட இயக்கம், 212, 213
தூண்டல், 202, 211
தூது ஆர். என். ஏ., 121

தே

தேர்வு செலுத்து சவ்வு, 82

தை

தைமீன், 115
தையாமீன் பைரோ பாஸ்பேட் (TPP), 173
தையோத்ரிக்ஸ், 108
தையோ பாஸில்லஸ் தையோ ஆக்ஸிடென்ஸ், 109
தையோ பாஸில்லஸ் தையோ பாரஸ், 110

தொ

தொடக்க பிளாஸ்மோலிஸிஸ், 31, 32
தொலைச்சிவப்பு, 208, 228, 229

ந

நச்சுப் பொருள், 243
நடு அடுக்கு, 76
நடுநிலைக் கொழுப்புகள், 12

நா

நார்ப் புரதங்கள், 112
நாள் நடுநிலைச் செடிகள், 225

நி

நியூக்ளியஸ், 4, 6
நியூக்ளியஸ் சவ்வு, 7
நியூக்ளியஸ் திரவம், 7
நியூக்ளியிக் அமிலம், 11, 112
நியூக்ளியோலஸ், 8
நியூட்ரான், 99
நிலக்கரைசல், 35
நிலநீர் மட்டம், 34
நிலையான வாடல், 54
நிறமி, 92

நீ

நீராவிப் போக்கு, 43-59
நீராவிப் போக்கு-நீர் உறிஞ்சுதல் சமநிலை, 53

நீரிகள், 163
நீர் இணைத்தல், 140
நீர் இலைத்துளை, 58
நீர் உறிஞ்சுதல், 33
நீர்க்கசிவு, 58
நீர் கொள்திறன், 35
நீர் தாங்கு திறன், 35
நீர்த் திசைச்சார்பு இயக்கம், 219, 220
நீர்ப்போக்கு, 58
நீர் வடிதல், 34
நீர் விரும்பாக் கொலாயிடுகள், 15
நீர் விரும்பு கொலாயிடுகள், 15
நீளும் பகுதி, 37
நீள்நாள் செடிகள், 225

நு

நுண் இழை, 196
நுண்கண் சல்லடை, 84
நுண்துளை நீர், 35
நுண்துளைப் பரப்பு, 35
நுண்துளை மண்கலம், 63, 64
நுண் வடிகட்டி, 13
நுனி இறப்பு நோய், 79

நெ

நெகிழ்ச்சி நிலை, 30

நே

நேரடிப் பரிமாற்றம், 89
நேர்மின் அயனி, 34, 79,
நேர் மின்னேற்றம், 17

நை

நைடெல்லா, 86
நைட்ரஸோ கோக்கஸ், 126
நைட்ரஸோ மோனஸ், 107, 126
நைட்ரஜன் நிலைப்பாடு, 123
நைட்ரஜன் நீக்கும் பாக்டீரியா, 126
நைட்ரஜன் பாக்டீரியா, 107
நைட்ரஜன் வட்டம், 125, 126
நைட்ரோபாக்டர், 108, 126
நைட்ரோஜினேஸ், 124

நொ

நொதி, 9, 134-141
நொதித்தல், 184, 185, 187 188
நொதிமுன் பொருள், 137

நோ

நோயூக்கி, 59, 239
நோய்க் கண்காணிப்பு, 244

ப

பக்ஸீனியா, 239
பசுங்கணிகம், 5, 10, 93
பஞ்சுத்திசு, 45, 97
பட்டைத்துளை, 44
பட்டைத்துளை நீராவிப் போக்கு 44
பதியங்கள், 206
பரப்பல், 196
பரப்பு ஒட்டல், 17
பரப்பு அழுத்தம், 52
பரவுதல், 20, 21
பரவுதல் கோட்பாடு, 145
பரிதிச் சுழற்சி, 215
பல்துளைத் தடுக்கு, 47, 48
பல்வண்ணம், 238
பழுப்புநோய், 78
பழுப்பு மைய நோய், 78
பற்றுக்கம்பி, 220
பனிக்கால வகை, 231

பா

பாசிகள், 36, 241
பாமிடிக் அமிலம், 127, 128, 141
பாமிடீன், 127, 141
பார்ச்மென்ட், 17
பாலிபெப்டைடு, 112, 141
பாலிஸேடு, 45, 97

பால்ஸ்ரட், 109
பாஸ்பரஸ் மாற்றிகள், 162
பாஸ்போ இனோல் பைருவிக் அமிலம், 163, 170
பாஸ்போ கிளிஸரிக் அமிலம், 105, 110, 162, 163
2-பாஸ்போ கிளிஸரிக் அமிலம் 169
3-பாஸ்போ கிளிஸரிக் அமிலம், 169
பாஸ்போ கிளிஸரோ ம்யூடேஸ், 162

பி

பி-கரோடின், 219
பிக்ரிக் அமிலம், 62
பிரமிடீன், 115
பிரவுன் இயக்கம், 17
பிரிடாக்ஸீன், 203
பிளாக்மன், 97
பிளாஸ்மா சவ்வு, 82-85
பிளாஸ்மோலிஸிஸ், 30
பிளாஸ்மோலெம்மா, 7

பீ

பீனில் அஸிடிக் அமிலம், 205

பு

புகையிலைப் பல்வண்ண நோய், 242
புடைபெயர்வு, 211, 214
புரதங்கள், 11, 111
புரதச் சேர்க்கை, 111-122
புரோடியோலிடிக் நொதிகள், 139
புரோடோப்ளாச ஓட்டக் கோட்பாடு, 146
புரோடோப்ளாசம், 6, 18
புள்ளி நோய், 238
புள்ளிப் பச்சையச் சோகை, 78
புறணி, 37
புறத்தோல், 37

பூ

பூச்சிநாசினி, 245
பூஞ்சை, 11, 36, 239
பூஞ்சைக் கம்பி, 239
பூஞ்சை நாசினி, 245
பூட்டு-சாவிக் கோட்பாடு, 136
பூ மூலத்திசு, 223
பூரிதக் கரைசல், 2

பெ

பெக்கியடோஆ, 108
பெக்டின், 6
பெப்டிடேஸ், 141
பெப்டைடு இணைப்பு, 112, 122
பெப்ஸினோஜென், 138
பெப்ஸின், 138
பெரிசைகிள், 37
பெருவூட்டப் பொருள்கள், 72
பென்ஸோக்யுனேன், 103

பை

பைடோக்ரோம், 229
ஃபைடோப்தோரா இன்பெஸ்டன்ஸ், 239
ஃபைடோஸ்டீரால், 12
பைருவிக் அமிலம், 124, 171

பொ

பொருக்கு நோய், 238

போ

போட்டி அடக்கல், 138
போட்டியிலா அடக்கல், 138
போஸ்ட்லெத் வெயிட், 67

ப்

ப்யூமரிக் அமிலம், 175
ப்யூமரேஸ், 175
ப்யூரின், 115

ப்யூஸேரியம் வாஸ் இன்பெக்டம், 239
ஃப்ரக்டோஸ், 1, 6, டை பாஸ்மேட், 166
ஃப்ரக்டோஸ், 6, பாஸ்பேட், 166
ப்ரோடான். 99
ப்ரோஸ்தெடிக் தொகுதி, 112
ப்ளேவின் அடினீன் டை நியூக்ளியோடைடு, (FAD,) 177
ஃப்ளோயம், 37
ப்ளோரிஜென், 231

ம

மகரந்தக் குழல், 204
மகரந்தச் சேர்க்கை, 204
மஞ்சள் நுனி நோய், 79
மஞ்சள் புள்ளி நோய், 78
மயிர்த் துடுப்புகள், 214
மயிர்த் துடுப்பு இயக்கம், 214
மறுவினே, 211
மறுவினைக் காலம், 212
மன்ச், 147

மா

மாலிக் அமிலம், 162, 175
மால்டேஸ், 139
மால்டோஸ், 139
மாற்று அமைனீகரணம், 115
மாற்று ஆர். என். ஏ. 122
மாஞேப்ளூரோ அஸிடேட், 138
மாஞேஸாக்கரைடு, 11

மி

மிகை ஆற்றல் இணைப்பு, 154
மிகை ஆற்றல் பாஸ்பேட், 154
மிடோ காண்ட்ரியா, 59, 181
மின் ஏற்றம், 17
மின் நடுநிலே, 100
மின் பிரிதல், 17

மீ

மீளாக் கொலாயிடுகள், 16
மீளுங் கொலாயிடுகள், 15

மு

முடிச்சுகள், 238
முவ்வெழுத்துச் சங்கேதம், 12!
முளை உறை, 198-202
முளை ஆதிக்கம், 204
முளை மொட்டு, 232

மூ

மூலக்கூறு உயிரியல், 246

மெ

மெதியோனின், 121
மெரிஸ்டம், 37, 195

மே

மேரிலாண்ட் மாமத், 224
மேற்பரப்பு வினைகள், 16
மேஸன், 145

மை

மைய அழுகல் நோய், 78

மொ

மொத்த ஓட்டக் கோட்பாடு, 147

யு

யுரீடிலிக் அமிலம், 120

யூ

யூரிடீன் டிரைபாஸ்பேட் (UTP), 154
யூரியா, 134
யூரோஸில், 120

ரை

ரைபுலோஸ் டை பாஸ்பேட், 105, 110

ரைபுலோஸ் மானோ பாஸ்பேட், 106
ரைபோ நியூக்ளியிக் அமிலம் (ஆர் என். ஏ.), 8, 118, 242
ரைபோப்ளேவின், 138, 219
ரைபோப்ளேவின் மானோ நியூக்ளியோடைடு, (FMN), 163
ரைபோஸோம், 10, 118, 121
ரைஸோபியம், 124

ரோ

ரோஜெர்ஸ், 67

லா

லாக்டிக் அமிலம், 186, 187
லாரிக் அமிலம், 128

லி

லிபேஸஸ், 139
லிபோ புரதங்கள், 11, 112
லினோலியிக் அமிலம், 128

லொ

லொராந்தஸ், 241

வ

வசந்தகால வகை, 231
வண்டல், 33
வண்ணக் கணிகங்கள், 10
வரம்பீட்டு அம்சக் கோட்பாடு, 97
வளர்சிதை மாற்றம், 1
வளர்ச்சி, 192-210
வளர்ச்சி இயக்கங்கள், 212, 213, 215, 216, 221
வளர்ச்சிப் பெருங்காலம், 193
வளர்நுனி, 77
வளர்வடக்கம், 233, 236
வளையச் சோதனை, 60, 129
வளைவு இயக்கம், 211, 212, 213, 215, 216, 221

வா

வாடல் சம எண், 55
வாடல் நோய், 79
வாட்ஸன், 116
வாலென், 121

வி

விரவிய பொருள், 14, 15
விரவு ஊடகம், 14, 15
விறைப்பு அழுத்தம், 27
விறைப்பு நிலை, 27
வினை ஊக்கி, 72, 72, 135
விஸ்கம், 241

வெ

வெப்ப இயக்கம், 85
வெப்பக் காலத்துவம், 208
வெப்பத் தூண்டல், 214
வெளியீட்டு இயக்கங்கள், 214
வெளிரிடல், 208
வெளிர் கணிகங்கள், 10
வென்ட், 197

வே

வேதி இணைப்புகள், 153
வேதிச்சேர்க்கை, 107
வேதித் திசைச்சார்பு இயக்கம், 220
வேதித்தூண்டல், 214
வேதிஜீவிகள், 107
வேர் அழுத்தம், 39
வேர் அழுத்தக் கோட்பாடு, 62
வேர்-தண்டு விகிதம், 209
வேர்த்தூவி, 37
வேர்த்தொப்பி, 37
வேர்முடிச்சுகள், 124
வேறுபாடடைதல், 194
வேறுபாட்டு இயக்கங்கள், 212, 213, 215, 221

வை

வைடமின்-பி, 12-138
வைரஸ்கள், 239, 242

வோ

வோக்லெர், 109

ஹி

ஹில் கிரியை, 105

ஹெ

ஹெக்ஸோகினேஸ், 162, 165
ஹெமி செல்லுலோஸ், 6

ஹை

ஹைட்ரஜன் நீக்கம், 99, 175
ஹைட்ரஜன் நீக்கிகள், 162
174
ஹைட்ராக்ஸில் அமைன், 107, 114

ஸா

ஸாந்தோமோனஸ் ஸிட்ரை, 241
ஸால், 15

ஸி

ஸிக்மா வளர்ச்சி வரைகோடு, 194
ஸிடிடீன் டிரைபாஸ்பேட் (CTP), 154
ஸிடோஸீன், 115
ஸிட்ரிக் அமிலம், 173
ஸிஸ்டீன், 121

ஸெ

ஸெஃபலூயரஸ் வைரஸென்ஸ், 241

செல் சுவர், 4, 6, 196
செல் துடிப்பு, 62
செல் நீட்சி, 194
செல் பகுப்பு, 194

ஸை

ஸைடோகுரோம்-ஏ, 177, 178, 179
ஸைடோகுரோம்-ஏ$_3$ 177, 179,
ஸைடோகுரோம்-பி, 177, 178,
ஸைடோகுரோம்-ஸி, 177, 178
ஸைடோப்ளாசம், 6, 7
ஸைமேஸ், 163

ஸ்

ஸ்டோரோமா, 93
ஸ்பரிச திசைச்சார்பு இயக்கம், 220
ஸ்பொராஞ்சியா காம்புகள், 240
ஸ்யூடோ மோனஸ், 240

ஜி

ஜிப்ரெல்லீன், 231

ஜீ

ஜீவித ஆற்றல், 2
ஜீவிதக் கோட்பாடு, 61

ஜெ

ஜெல், 15

பிழைதிருத்தம்

பக்கம்	வரி	பிழை	திருத்தம்
29	5, 8	10. வ. ம. அ.	20. வ. ம. அ.
47	8	ஓர் மரத்தின்	ஒக் மரத்தின்
56	2	வசதிகளுக்கு	விதிகளுக்கு
56	4	விதிகளில்	திசைகளில்
56	10	மிகுந்த நாளில்	வெப்பம் மிகுந்த நாளில்
63	17	ஒட்டிணைவு	கூட்டிணைவு
68	17	"சாரேற்றத்தால் தான் நீராவிப் போக்கு"	"நீராவிப் போக்கினுல்தான் சாறேற்றம்"
92	37	நிறமே	நிறமியே
135	35	சுக்ரோஸ்	சுக்ரேஸ்
164	5	கிரேப் வட்டம்	கிரெப் வட்டம்
170	2	இனுலேன்	இனுலேஸ்
175	10	ஃப்யூமரிக் அமிலம்	மாலிக் அமிலம்
179	11	"ஹைட்ரஜன் ஏற்படுகின்றன"	"ஹைட்ரஜனை ஏற்கின்றன"
185	9	ஈஸிடுகளிலும்	ஈஸ்டுகளிலும்
200	15	ஆக்ஸிஜனை	ஆக்ஸினை
205	5	செயற்கை ஆக்ஸிஜன்	செயற்கை ஆக்ஸின்
241	25	ஸ்டிரகா	ஸ்டிரைகா
243	24	தங்களது நோய் ஏவர் சிதை மாற்றத்தின் போது	தங்களது வளர்சிதை மாற்றத்தின் போது

தமிழ் வெளியீட்டுக் கழகம்

சென்னை—9

1966 வரை வெளியிட்டுள்ள நூல்கள்

பொருளாதாரம்

*1.	பொருளாதாரம்-II	சி. வேலாயுதம்	9	00
2.	புதுமைப் பொருளாதாரக் கூறுகள்	திருமதி ஆர். தாமரஜாட்சி	12	00
3.	பொருளாதாரம் ஓர் அறிமுகம்-I	தி. சி. மோகன்	12	00
4.	,, II	எம். ஏ. அபூர்வசாமி, பி. வி. ஸ்ரீநிவாசன்	10	75
5.	பொருளாதாரக் கோட்பாடு வளர்ந்த வரலாறு	க. முத்தையன்	7	00
*6.	பணவியலும் பாங்கியலும்-II	சி. வேலாயுதம்	11	50
7.	நவீன பாங்கு இயல்	க. வெற்றிவேல்	7	50
*8.	இந்தியச் செலாவணியும் பாங்கு முறையும்	பி. வி. ஸ்ரீநிவாசன்	5	50
*9.	அரசாங்க நிதி இயல்	அர. சேஷாசலம்	4	75
10.	இந்தியப் பொருளியல்-I	எம். பாலசுப்பிரமணியன்	10	00
11.	,, II	எம். லூர்துநாதன்	4	25
12.	நமது பொருளாதாரப் பிரச்சினை-I	சி. சுந்தரராஜன்	10	75
13.	,, II	எஸ். குழந்தைநாதன்	10	50
14.	இங்கிலாந்தின் பொருளாதார வரலாறு-I	சீ. சீ. இராமசாமி	6	00
15.	,, II	,,	6	00
16.	அமெரிக்காவின் நவீன பொருளாதார வளர்ச்சி	தி. சி. மோகன்	5	00

17.	அமெரிக்கப் பொருளாதார வரலாறு-I	மு. க. சுப்பிரமணியம்	11	00
18.	,, II	பி. வி. சீனிவாசன்	6	00
19.	,, III	,,	6	50
20.	அரசாங்க நிதியியலின் பொருளாதாரம்-I	மா. குமாரசாமி	10	00
21.	,, II	அர. சேஷாசலம்	9	50
22.	இந்தியாவின் பொருளாதார வளர்ச்சி-I	தே. வேலப்பன்	10	00
23.	,, II	ஜி. சிதம்பரம்	8	00
24.	பணம்—சிறு விளக்கம்	கோ. இராதாகிருஷ்ணன்	10	00
*25.	வணிக இயலின் தத்துவங்கள்	கு. ஆளுடைய பிள்ளை	9	50
26.	பத்தொன்பதாம் நூற்றுண்டில் கிரேட் பிரிட்டனில் தொழில், வாணிபப் புரட்சி	சூ. ரா. கருப்பண்ணன்	11	00
27.	பென்ஹாம் பொருளாதாரம்-I	ஏ. குழந்தை	11	00
28.	,, II	எஸ். குழந்தைநாதன்	7	00
*29.	வரவுசெலவுத் திட்டம்	ஆர். ரங்காச்சாரி	6	00

வரலாறு

*30.	பிரிட்டன் வரலாறு-I	கி. ர. அனுமந்தன்	10	00
*31.	,, II	,,	9	75
*32.	ஐரோப்பிய வரலாறு–I	டி. வி. சொக்கப்பா	4	50
33.	ஐரோப்பா–கடந்த ஐந்து நூற்றுண்டு காலச் சரித்திரம்	வை. விருத்தகிரீசன்	15	00
34.	இங்கிலாந்து வரலாறு–I	இரா. அண்ணுமலை	13	00
35.	,, II	பா. மாணிக்கவேலு	13	00
36.	,, III	என். ஜே. ராஜகோபால்	8	00
37.	,, IV	,,	8	00

*மூலநூல் (Original Book)

வரலாறு—தொடர்ச்சி

38.	இங்கிலாந்தின் வரலாறு-I	க. த. திருநாவுக்கரசு	15	00
39.	,, II	எம். எக்ஸ். மிராண்டா	8	00
40.	,, III	,,	5	00
41.	இந்தியாவின் சிறப்பு வரலாறு-I	தி. வெ. குப்புசாமி	7	50
42.	,, II	ஏ. உஸ்மான் ஷெரீப்	9	00
43.	,, III	அ. பாண்டுரங்கன்	11	00
44.	கிரேக்க நாட்டு வரலாறு-I	சைமன் ஐ. எஸ். பாக்கியநாதன்	7	50
45.	,, II	,,	7	00
46.	,, III	பி. இராமானுஜம் தேவதாஸ்	7	75

அரசியல்

*47.	இந்திய அரசியலமைப்பு	வீ. கண்ணையா	4	75
48.	அரசியலுக்கு ஓர் அறிமுகம்	டி. செல்லப்பா	8	50
49.	தற்கால அரசியல் அமைப்புகள்	மோ. வள்ளுவன் கிளாரன்சு	8	50
50.	பன்னாட்டு அரசியல்-I	திருமதி நூர்ஜஹான் பாவா	16	00
51.	பொதுத்துறை ஆட்சி இயல்-I	வீ. கண்ணையா	9	00
52.	,, II	அ. ஜெகதீசன்	7	25
53.	பொதுத்துறை ஆட்சியியலுக்கு ஓர் அறிமுகம்-I	வீ. கண்ணையா	7	50
54.	,, II	டி. செல்லப்பா	7	50

உளவியல்

55.	குழந்தை உளவியல்-I	கி. ர. அப்புள்ளாச்சாரி	8	00
56.	,, II	,,	7	00

57.	உட்கவர் மனம்	சி. ந. வைத்தீஸ்வரன்	7	00
58.	இளையோர் உளவியல்-I	தி. இரா. அரங்கராசன்	12	00
59.	,, II	,,	9	00
60.	சமூக உளவியல்	என். வேதமணி மானுவேல்	9	25
61.	பிறழ்நிலை உளவியல்	அ. பெசன்ட் கிரீப்பர்ராஜ்	11	00
62.	பித்தரின் உள்ளம்	,,	3	00
*63.	குமர உள்ளம்	டாக்டர் மு. அறம்	6	25

தத்துவம்

64.	இந்து சமயத் தத்துவம்	ஞா. ராஜாபகதூர்	5	50
*65.	அறிவு ஆராய்ச்சி இயல்	ஆர். இராமானுஜாச்சாரி	3	50
*66.	மேலைநாட்டுத் தத்துவம்	ஆர். எஸ். தேசிகன்	3	50
67.	அத்துவித தத்துவம்	கோ. மோ. காந்தி	6	50
68.	ஆங்கிலேயப் பயன்வழிக் கொள்கையினர்	மோ. வள்ளுவன் கிளாரன்சு	5	50
69.	இந்தியத் தத்துவம்	வ. அ. தேவசேனபதி, பா. நா. சண்முகசுந்தரம்	3	50

அறவியல்

70.	அறவியல்—ஓர் அறிமுகம்	கோ. மோ. காந்தி	8	50

அளவையியல்

71.	அளவை இயல்—தொடக்க நூல்	கி. ர. அப்புள்ளாச்சாரி	2	50

*மூலநூல் (Original Book)

மானிடவியல்

*72.	மானிடவியல் ...	... ம. சு. கோபாலகிருஷ்ணன்	...	4	75
73.	பண்பாட்டுக் கோலங்கள் ...	... கி. பூ. சுப்பிரமணியன்	...	5	50
74.	இந்தியாவில் குடியானவர் வாழ்க்கை	... எஸ். இலட்சுமி	...	3	50

சமூகவியல்

75.	சமூகவியலின் அடிப்படைக் கோட்பாடுகள் ...	ஜே. நாராயணன்	...	10	00

புவியியல்

76.	ஆசியா-I ...	... கொ. சேஷ. நரசிம்மன்	...	9	50
77.	,, II ...	... ,,	...	8	75
78.	ஐரோப்பாக் கண்டத்தின் புவியியல்	... ஏ. எஸ். நாராயணன்	...	8	50
*79.	தென்கிழக்கு ஆசியா ...	... ஜி. கிருஷ்ணமூர்த்தி	...	8	50
*80.	வட அமெரிக்கா ...	... குமாரி இரா. அலமேலு	...	8	25
*81.	தென் அமெரிக்கா ...	... எம். என். பத்மநாபன்	...	9	00
*82.	தென் கண்டங்கள்—ஆஸ்திரேலியா	... திருமதி எச். நியூமன்	...	4	00
*83.	,, —ஆஃப்பிரிக்கா...	... எஸ். முத்துக்கிருஷ்ணக் கரையாளர்	...	3	25
*84.	புவிப்புறவியல்-II ...	... நா. அனந்தபத்மநாபன்	...	6	00
*85.	செய்முறைப் புவியியல் ...	... சு. ஜெயச்சந்திரன்	...	9	00
*86.	மக்கட் பரப்பியல் ...	... வி. எஸ். அனந்தபத்மநாபன்	...	6	25
*87.	சமுத்திரவியல் ...	... கோ. இராமசாமி	...	6	50
88.	காலநிலை இயல்-I ...	... கொ. சேஷ. நரசிம்மன்	...	10	00
89.	,, II ...	... ,,	...	5	00

90.	வளியியலுக்கு ஓர் அறிமுகம்	கோ. இராமசாமி	11	00
*91.	புவி அமைப்பு இயல்	சி. விசுவநாதன்	4	.75

புள்ளியியல்

*92.	புள்ளியியல்—அறிமுகம்	சு. வைத்தியநாதன்	10	00
93.	புள்ளியியல் முறைகள்–I	கோ. சண்முகசுந்தரம்	10	00
94.	,, II	கே. ஆர். இராஜகோபாலன்	14	00
95.	நம்மைச் சுற்றியுள்ள பேரண்டம்	தி. வி. லட்சுமிநரசிம்மன்	6	50

உயர்கணிதம்

*96.	ஆயத்தொலை வடிவகணிதம்	டி. கே. மாணிக்கவாசகம் பிள்ளை	12	50
*97.	வகை நுண்கணிதம்	,,	8	00
*98.	தொகை நுண்கணிதம்	தி. கோவிந்தராசன்	9	00

விலங்கியல்

*99.	விலங்கியல்	பெ. மா. அண்ணாமலை, இரா. முருகேசன்	12	00

பௌதிகவியல்

100.	ஒளி நூல்	ச. சம்பத்து	10	00

*மூலநூல் (Original Book)

விஞ்ஞானம்

*101.	வானவெளி வெற்றி	டாக்டர் எம். ஏ. தங்கராஜ்	6	00
*102.	ரேடியோ	,, பி. திருஞானசம்பந்தம்	4	75
*103.	எக்ஸ்-கதிர்கள்	பெ. நா. அப்புசாமி, ஜே. பி. மாணிக்கம்	4	50
*104.	பாம்புகள்	பெ. மா. அண்ணுமலை	3	50
*105.	தாவரம்—வாழ்வும் வரலாறும்	டாக்டர் கு. சீனிவாசன்	8	00
*106.	கரும்பு	கு. பெரியசாமி	4	00

மருத்துவம்

*107.	நீரிழிவு-க்ஷயரோகம்	டாக்டர் ஜி. வேங்கடசாமி, டாக்டர் ஏ. கதிரேசன்	2	50
108.	மகப்பேறும் மாதர் நோயும்	டாக்டர் (குமாரி) மணிமேகலை	8	25
*109.	பாக்டீரியா	சு. சுந்தரம்	2	50

பொறியியல்

110.	நீங்களே வீட்டைக் கட்டலாம்	கே. வி. கிருஷ்ணராஜ், சி. ஆர். சுப்பிரமணியம், ஆர். இராமசாமி, கே. வேணுகோபால்	8	50

சட்டம்

*111.	குற்றவியல் சட்டம்	எம். சண்முகசுப்பிரமணியம்	10	00

பொது நூல்கள்

112.	மகாத்மா காந்தி	சரஸ்வதி தங்கையன்	3	25
113.	விவசாயப் புரட்சி	வி. கார்த்திகேயன்	8	00
114.	சேமக் கை-நூல்	ஆ. சுப்பிரமணியம்	2	50
*115.	முற்காலச் சோழர் கலையும் சிற்பமும்	எஸ். ஆர். பாலசுப்பிரமணியம்	9	00
*116.	உணவும் ஊட்டமும்	தி. வேங்கிடகிருஷ்ணய்யங்கார்	4	50

*மூலநூல் (Original Book)

தமிழ் வெளியீட்டுக் கழகப் புதிய வெளியீடுகள், 1967

பொருளாதாரம்

பன்னாட்டுப் பொருளாதாரம்—I, II — பி.டி. எல்ஸ்வொர்த்

பொருளாதார ஆய்வு நூல்—I, II — எட்வர்ட் நெவின்

வளர்ச்சியுறாத நாடுகளின் அரசாங்க நிதியியல் — ஏ. ஆர். பிரெஸ்ட்

வளர்ச்சிகுறைந்த நாடுகளின் முதலாக்கம்பற்றிய சிக்கல்கள் — ராக்னர் நர்க்ஸ்

1939 முதல் இந்தியாவில் பண வீக்க விலைப் போக்குகள் — பிரைட் சிங்

பொருளாதார வளர்ச்சிக் கட்டுரைகள் — வி.கே.ஆர்.வி. ராவ்

வரலாறு

ஆக்ஸ்போர்டின் இந்திய வரலாறு—I, II, III — வின்சென்ட் ஏ. ஸ்மித்

முகலாயப் பேரரசு—I, II — ஏ.எல். ஸ்ரீவத்ஸவா

அரசியல்

இந்திய அரசியலமைப்புத் திட்டம் — எம். வி. பைலீ

இந்திய ஆட்சி அமைப்புமுறை வளர்ச்சி—I — எச். என். சின்ஹா

பன்னாட்டரசியல்—II — ஃபிரெடரிக் எல். ஷுமன்

மக்கள் ஆட்சி — கே. சந்தானம்

1919 முதல் சர்வதேச உறவுகளும் உலக அரசியலும் — எஸ் .என். தார்

சமூக, அரசியல் கொள்கையின் அடிப்படைகள் — எர்னஸ்ட் பார்க்கர்

தத்துவம்

மெய்ப்பொருளியல்—ஓர் அறிமுகம்—I — ஏ. ஜே. பாம்

புவியியல்

சிஷோமின் வாணிகப் புவியியல்—I, II — எல்.டட்லி ஸ்டாம்ப்

பௌதிகப் புவியியலும் புவியமைப்பியலும் — எல்.டட்லி ஸ்டாம்ப்

தாவரவியல்

தாவரங்களின் வாழ்வியல் — எஸ். சுந்தரம்

மருத்துவம்

புற்றுநோய் — ஆர்.ஜே.ஸி. ஹாரிஸ்