**इकाई–2. प्रकाश संश्लेषण–** महत्व, ऐतिहासिक पृष्ठभूमि, क्लोरोप्लास्ट, प्रकाश–संश्लेषक वर्णक, दो वर्णक प्रणालियों की अवधारणा, प्रकाश प्रतिक्रिया, केल्विन चक्र, हैच और स्लैक मार्ग, सीएएम पौधे, प्रकाश श्वसन।

**नाइट्रोजन उपापचय–** नाइट्रोजन स्थिरीकरण का जीव विज्ञान–सहजीवी और असहजीवी, नाइट्रेट रिडक्टेस का महत्व और इसका नियमन, अमोनियम स्वांगीकरण, नाइट्रोजन चक्र।

**इकाई–3. श्वसन और बायोएनेरगेटिक्स–** माइटोकॉन्ड्रिया, एरोबिक और एनारोबिक श्वसनकिण्वन, ग्लाइकोलाइसिस, क्रेब्स चक्र, इलेक्ट्रॉन परिवहन तंत्र, ऑक्सीडेटिव फास्फोरिलीकरण और एटीपी संश्लेषण, पेंटोज फॉस्फेट मार्ग।

**लिपिड चयापचय–** लिपिड की संरचना और कार्य, फैटी एसिड जैवसंश्लेषण, बीटा-ऑक्सीकरण, संतृप्त और असंतृप्त फैटी एसिड, फैटी एसिड का भंडारण और गतिशीलता।

**इकाई–4. एंजाइमोलॉजी–** वर्गीकरण, नामकरण और एंजाइमों की विशेषताएँ, होमोएंजाइम की अवधारणाएँ, अपोएंजाइम, कोएंजाइम और कॉफेक्टर्स, एंजाइम गतिविधि का विनियमन, क्रिया का तंत्र, एंजाइम गतिविधि को प्रभावित करने वाले कारक।

**पादप हॉर्मोनऑक्सिन्स–** जिबरेलिन्स, साइटोकाइनिन, एब्सिसिक एसिड और एथिलीन की खोज, संरचना, क्रिया का तरीका और शारीरिक भूमिका।

**इकाई–5. वृद्धि और विकास–** वानस्पतिक और प्रजनन वृद्धि का सामान्य ज्ञान, वृद्धि और विकास के चरण, वृद्धि की गतिकी। बीज निष्क्रियता, बीज अंकुरण और उनके नियमों के कारक।

फोटोपेरियोडिज्म की अवधारणा और फूल की फिजियोलॉजी, फ्लोरिजेन अवधारणा। जैविक घड़ियाँ, जीर्णता का शरीर विज्ञान। फोटोमोर्फोजेनेसिस, फाइटोक्रोमेस और क्रिप्टोक्रोमेस उनकी खोज, शारीरिक भूमिका और क्रिया का तंत्र। ❑

| अनुशंसित मूल्यांकन विधियाँ | | |
|---|---|---|
| अनुशंसित सतत् मूल्यांकन विधियाँ (अधिकतम अंक : 100)<br>सतत् व्यापक मूल्यांकन (CCE) अंक : 30 विश्वविद्यालयीन परीक्षा (UE) अंक : 70 | | |
| आंतरिक मूल्यांकनः<br>सतत् व्यापक मूल्यांकन (CCE) | क्लास टेस्ट असाइनमेंट/प्रस्तुतिकरण (प्रजेंटेशन) | कुल अंकः 30 |
| आंकलनः<br>विश्वविद्यालयीन परीक्षा<br>समयः 03.00 घंटे | अनुभाग (अ): अति लघुउत्तरीय प्रश्न<br>अनुभाग (ब): चार लघु उत्तरीय प्रश्न<br>अनुभाग (स): दो दीर्घ उत्तरीय प्रश्न | कुल अंक 70 |

❑ **कृपया ध्यान दें :** नई शिक्षा नीति इस वर्ष स्नातक तृतीय वर्ष में लागू की गई है। परीक्षा के नये पैटर्न में वस्तुनिष्ठ प्रश्न, लघुउत्तरीय प्रश्न तथा दीर्घउत्तरीय प्रश्न पूछे जायेंगे। कुछ लघुउत्तरीय प्रश्नोत्तर इस पुस्तक में दिये गये हैं। दीर्घउत्तरीय प्रश्नोत्तर में ही लघुउत्तरीय प्रश्नों के उत्तर निहित हैं। इस हेतु आप लघुउत्तरीय प्रश्न में जितना पूछा जावे, दीर्घउत्तरीय प्रश्न के उत्तर का उतना ही भाग लिखें।

# वनस्पति विज्ञान

## (प्रथम प्रश्न-पत्र)

## इकाई-1

**लघु एवं दीर्घउत्तरीय प्रश्नोत्तर-**

**प्रश्न–1. जल की संरचना, इसके गुण एवं जैविक महत्वों का वर्णन कीजिये।**

[ सागर 2005,06,13 जीवाजी 2008,14,18 जबलपुर 2017 ]

अथवा

**निम्न पर संक्षिप्त टिप्पणी लिखिये–**

**(i) पानी के गुण एवं जैविक महत्व** [ सागर 2007 ]

**(ii) जल का जैविक महत्व।** [ जबलपुर 2003 ]

**उत्तर– जल (water)–** जल प्रोटोप्लाज्म का सबसे महत्वपूर्ण एवं सर्वाधिक मात्रा में पाया जाने वाला अकार्बनिक संघटक (constituents) है, जो कि जीवन के लिये अति आवश्यक है, इसके बिना जीवन की कल्पना नहीं की जा सकती है। जीवित कोशिकाओं के सम्पूर्ण भार का लगभग 65-90% भाग जल का होता है। जल की उपस्थिति में ही कोशिका की समस्त जैविक क्रियायें सम्पन्न होती हैं। रासायनिक रूप से जल एक अकार्बनिक यौगिक हैं जिसमें हाइड्रोजन एवं ऑक्सीजन 2 : 1 ($H_2O$) के अनुपात में पाये जाते हैं। जल एक सार्वत्रिक विलायक (Universal solvent) के समान कार्य करता है तथा पदार्थों के आवागमन में मदद करता है।

### जल के गुण (Properties of water)

**भौतिक गुण (Physical Properties)–**

1. जल एक रंगहीन, गंधहीन, स्वादहीन स्वच्छ एवं पारदर्शी द्रव है जिसका क्वथनांक 100°C तथा हिमांक 0°C होता है।
2. जल का घनत्व तापक्रम के साथ बदलता रहता है। 4°C तापक्रम पर इसका घनत्व सबसे अधिक होता है।
3. जल का परावैद्युतीय स्थिरांक उच्च होता है। जल के इस गुण का प्रमुख कारण इसकी ध्रुवीय प्रकृति (Polar nature) है। इसीलिये इसे एक आदर्श परिक्षेपण माध्यम (Ideal dispersion medium) माना गया है।
4. जल के अणुओं में ससंजन (Cohesion) पाया जाता है। इसी कारण इसका पृष्ठ तनाव (Surface tension) उच्च होता है। संसजन के कारण ही जल में केशिकत्व (capillary action) का गुण होता है।
5. जल में ऊष्मा नियमन की अपूर्ण क्षमता होती है। यह कोशिका द्रव के तापक्रम पर नियन्त्रण रखता है।

**रासायनिक गुण (Chemical Properties)–**

1. जल की आयनीकरण शक्ति उच्च होती है। इसके आयनन में $H^+$ तथा $OH^-$ आयन्त बनते हैं–

$$H_2O \rightleftharpoons H^+ + OH^-$$

इसी आयनीकरण शक्ति के कारण जल अनेक रासायनिक क्रियाओं में उत्प्रेरक के समान कार्य करता है।

2. जल एक सार्वत्रिक विलायक है अतः यह अनेक पदार्थों को घोलकर एक कोलायडी विलयन बनाता है।
3. जल के दो अणु सम्मिलित नहीं होते हैं। दो हाइड्रोजन अणु ऑक्सीजन के एक अणु पर पूल (Pool) के समान हाइड्रोजन बन्ध द्वारा जुड़े रहते हैं। ये बन्ध जल के अणु को ससंजन बल प्रदान करते हैं। जो कि रसारोहण क्रिया में महत्वपूर्ण योगदान देता है।

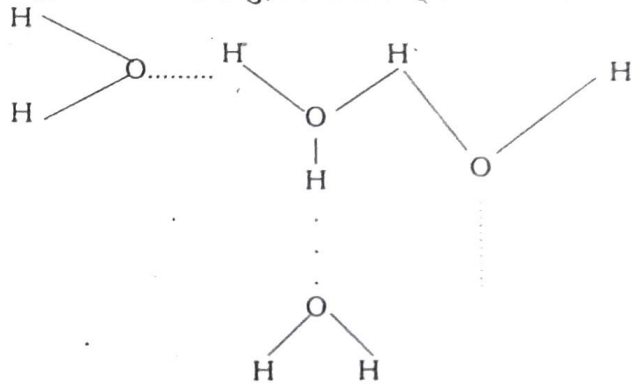
**जल की संरचना (Structure of water)–** संरचना दृष्टिकोण से पानी का एक अणु हाइड्रोजन के दो अणुओं व ऑक्सीजन के एक अणु ($H_2O$) सहसंयोजक बंध (Covalent bond) के द्वारा जुड़कर बना होता है।

$$H + O + H \rightarrow H : O : H$$

या

$$H - O - H$$

पानी के बहुत से अणु हाइड्रोजन बन्ध द्वारा अस्थायी रूप से जुड़कर अस्थायी एवं अल्पकालिक वृहद अणु (Macromolecule) बनाते हैं। इस प्रकार से पानी के अणु आपस में अस्थायी रूप से हाइड्रोजन बन्धों के द्वारा जुड़कर जालिकावत् रचना बनाते हैं।



चित्र– जल अणुओं में हाइड्रोजन बंधन

**जल का जैविक महत्व (Biological significance of water)–**

1. जल जीवों के अन्दर भोज्य पदार्थों का संवहन करता है। यह उत्सर्जी पदार्थों को शरीर से बाहर करता है।
2. यह जीवद्रव्य एवं अन्य पदार्थों की आण्विक संरचना को स्थिर रखता है।
3. जल पादप कोशिकाओं की स्फति दशा (Turgid condition) को बनाये रखता है। इस प्रकार यह कोशिका को एक निश्चत आकार प्रदान करता है।
4. जल जीवों के शरीर के ताप को नियंत्रित करता है।
5. जल प्रकाश संश्लेषण क्रिया में विच्छेदित होकर क्लोरोप्लास्ट को इलेक्ट्रॉन देता है।
6. जीवद्रव्य के संगठन एवं उसमें उपस्थित समस्त कोशिकांगों के ठीक प्रकार से कार्य करने के लिये जीवद्रव्य का जलयोजन होना अति आवश्यक है।
7. जल कोशिकाओं में होने वाली जैवरासायनिक क्रियाओं में माध्यम का कार्य करता है।
8. परासरण, विसरण एवं अन्तः चूषण प्रक्रियाओं द्वारा जल विभिन्न प्रकार्यात्मक क्रियाओं का नियमन करता है।



9. सम्पूर्ण पादप शरीर में कार्बनिक तथा अकार्बनिक पदार्थों का अभिगमन जल की सहायता से ही होता है।
10. जल स्टोमेटा के खुलने व बन्द होने की क्रिया को नियंत्रित करता है।
11. कोशिका की बहुत सी उपापचयी अभिक्रियाओ में जल भाग लेता है, जैसे– प्रकाश संश्लेषण में जल का प्रकाश रासायनिक अपघटन।

**प्रश्न–2. विसरण अथवा प्रसरण (Diffusion) से आप क्या समझते हैं? प्रसरण दर को प्रभावित करने वाले कारक लिखिये।** [ सागर 2013 जबलपुर 2014 ]

अथवा

**पादपों में प्रसरण का क्या महत्व है? समझाइये।** [ जीवाजी 2017 ]

**उत्तर– विसरण या प्रसरण (Diffusion)–** प्रसरण एक क्रिया है जिसमें गैस, द्रव तथा ठोस पदार्थों के अणुओं अथवा आयन्स अधिक सान्द्रता वाले भाग से कम सान्द्रता वाले भागों की ओर जाते हैं। प्रसरण क्रिया उस समय तक चलती रहती है जब तक किसी पदार्थ के अणु या आयन्स प्राप्त स्थान में समान रूप से फैल नहीं जाते हैं। एक पदार्थ का प्रसरण दूसरे पदार्थ के प्रसरण से पूरी तरह स्वतन्त्र होता है।

**उदाहरण–** वायुमण्डलीय गैसों (atmospheric gases) एवं पौधों की पत्ती की कोशिकाओं (leaf cells) में प्रसरण क्रिया होती है। प्रकाश–संश्लेषण के समय पत्ती की मीजोफिल कोशिकाओं से ऑक्सीजन ($O_2$) के अणु प्रसरण द्वारा बाहर निकलते हैं। प्रसरण के फलस्वरूप स्टोमेटा द्वारा $O_2$ के अणु बाहर निकलते हैं तथा कार्बन डाइऑक्साइड ($CO_2$) के अणु स्टोमेटा से होकर प्रसरण द्वारा पत्ती की मीजोफिल कोशिकाओं में पहुँचते हैं। पदार्थों के कणों के प्रसरण के कारण प्रसरण दाब (diffusion pressure) उत्पन्न होता है।

**प्रसरण दाब की परिभाषा–** प्रसरण करने वाले अणु या आयन्स द्वारा उत्पन्न दाब, प्रसरण दाब (DP) कहलाता है। प्रसरण दाब (DP), प्रसरित कणों की संख्या के समानुपाती होता है अर्थात् किसी तन्त्र में प्रसरण करने वाले कणों की सान्द्रता अधिक होती है तो उनका प्रसरण दाब भी अधिक होगा तथा सान्द्रता कम होने पर यह दाब भी कम हो जायेगा।

**प्रसरण दर को प्रभावित करने वाले कारक–**

**(1) तापमान–** तापमान के बढ़ने पर प्रसरण दर में वृद्धि होती है, क्योंकि तापमान के बढ़ने से प्रसरण करने वाले कणों की गति ऊर्जा बढ़ जाती है।

**(2) प्रसरण करने वाले पदार्थ का घनत्व–** प्रसरण की दर प्रसरण करने वाले पदार्थ के घनत्व के वर्गमूल के व्युत्क्रमानुपाती होती है। यह ग्राह्य का प्रसरण नियम कहलाता है जिसके अनुसार यदि प्रसरण कणों का घनत्व अधिक होता है तो उनकी प्रसरण दर कम होती है।

$$D \propto \frac{1}{\sqrt{d}}$$ D = प्रसरण, d = घनत्व।

**(3) माध्यम –** अधिक सान्द्र माध्यम में विसरण गति कम होती है।

**(4) प्रसरण दाव ग्रेडिएन्ट–** यह किसी विशिष्ट दूरी का सान्द्रता अन्तर होता है। अतः इसके अधिक होने पर प्रसरण अधिक गति से होता है।

**पादपों में प्रसरण का महत्व–**

(1) पादपों में प्रकाश–संश्लेषण के समय $CO_2$ तथा $O_2$ श्वसन के समय $O_2$ तथा $CO_2$ गैसों का आदान–प्रदान स्वतन्त्र प्रसरण के अनुसार होता है।
(2) वाष्पोत्सर्जन में जल–वाष्प हानि प्रसरण द्वारा होती है।
(3) निष्क्रिय लवण अन्तर्ग्रहण के समय आयन्स प्रसरण द्वारा अवशोषित होते हैं।

(4) भोज्य–पदार्थों का स्थानान्तरण प्रसरण द्वारा होता है।

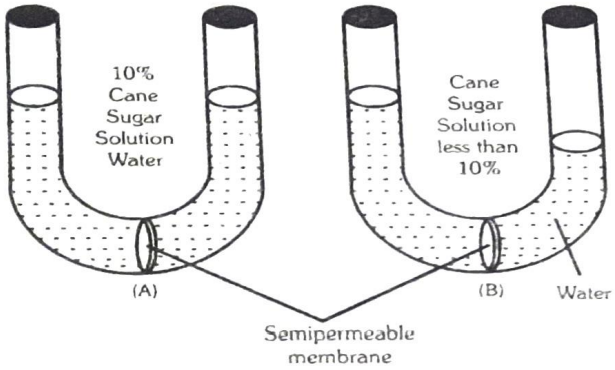
**प्रश्न–3. परासरण किसे कहते हैं? संक्षिप्त में समझाइये।** [ सागर 2008,14 ]

अथवा

**परासरण क्रिया को प्रयोग द्वारा प्रदर्शित कीजिये।** [ भोपाल 2006,13 सागर 2007 ]

**उत्तर–** किसी अर्धपारगम्य झिल्ली (Semipermeable) में से होकर एक विलयन से दूसरे विलयन में जल के अणुओं के विसरण की क्रिया को परासरण (osmosis) कहते हैं। विसरण की क्रिया कम सान्द्रता वाले विलयन से अधिक सान्द्रता वाले विलयन की ओर होती है।

विसरण की क्रिया में अर्धपारगम्य झिल्ली का विशेष महत्व होता है। इसमें केवल विलायक के अणु ही अर्धपारगम्य झिल्ली में परासरित होते हैं। परासरण की क्रिया को प्रदर्शित करने के लिये एक U टयूब लेते हैं। इसके आधार के बीच में पार्चमेन्ट कागज (Parchment paper) लगा देते हैं। यह अर्धपारगम्य झिल्ली का कार्य करता है।




**चित्र–परासरण (A) प्रारम्भिक दशा (B) बाद की दशा**

इस ट्यूब की दायीं ओर की भुजा में जल तथा बाँयी ओर की भुजा में शर्करा का 10% सान्द्रता वाला घोल भर देते हैं। कुछ समय पश्चात् इस U नली के अवलोकन करने के पश्चात पता चलता है कि जल के अणु दांयी ओर की भुजा से बाँयी ओर की भुजा की ओर विसरित होने लगते हैं। इसका कारण यह है कि शर्करा विलयन की सान्द्रता अधिक होती है। इससे जल के अणुओं का विसरण शर्करा विलयन की ओर होने लगता है। इसी प्रकार दो अलग–अलग सान्द्रता वाले विलयनों में अर्धपारगम्य झिल्ली से पृथक करने पर विलायक या जल के अणु अर्धपारगम्य झिल्ली से आर–पार जा सकते हैं, लेकिन विलेय के कण यह कार्य नहीं कर पाते तथा इनमें अर्धपारगम्य झिल्ली में से परासरण की क्रिया नहीं होती है।

यद्यपि, पादपों में पूर्ण अर्धपारगम्य झिल्ली का अभाव होता है लेकिन, कोशिका द्रव्य की प्लाज्मालेमा विभेदी पारगम्य (differentially permeable) व टोनोप्लास्ट वरणात्मक पारगम्य (selectively permeable) होती है। इस प्रकार इन झिल्लियों से विशेष विलेयों का विसरण होता है।

**अन्तः परासरण व बाह्य परासरण में अन्तर**

| अन्तः परासरण | बाह्य परासरण |
|---|---|
| 1. इस क्रिया में कोशिकाओं में जल के अणुओं का विसरण बाहर से अन्दर की तरफ होता है। | 1. इस क्रिया में कोशिकाओं में जल के अणुओं का विसरण अन्दर से बाहर की ओर होता है। |
| 2. यह क्रिया उस समय ही होती है जबकि जल का घोल बाहरी घोल से अधिक सान्द्रता वाला होता है। | 2. यह क्रिया तभी होती है जब अन्दर का घोल बाहर वाले घोल से कम सान्द्रता वाला होता है। |
| 3. इस क्रिया में कोशिकायें जल अवशोषित कर आशून (turgid) हो जाती हैं। | 3. इस क्रिया में जल का निष्कासन होने से कोशिकायें पिचक जाती हैं। |



**परासरण का महत्व–**

(1) इस क्रिया के द्वारा मूलरोम (Root hairs) भूमि से जल का अवशोषण करते हैं।

(2) इस क्रिया के कारण पौधों की कोशिकायें आशून (turgid) हो जाती हैं। इससे पौधे की पत्तियाँ व तने सीधे खड़े रहते हैं।

(3) रन्ध्रों (stomata) की रम्भक कोशिकाओं में आशूनता के परिवर्तन होने से रन्ध्र खुलते व बंद होते हैं।

(4) फलों व बीजाणुधानियाँ परासरण की क्रिया के द्वारा फटती हैं।

(5) इस क्रिया के द्वारा पादप शरीर की एक कोशिका से पानी निकटवर्ती कोशिका में पहुँचता है।

(6) पौधों में सूखा (drought) एवं पाला (frost) अवरोधकता कोशिकाओं में परासरण दाब के कारण विकसित होती है।

(7) पौधों में अंगों में जैसे छुई–मुई (Mimosa pudica) की पत्तियों में गति परासरण की क्रिया के कारण होती है।

(8) जड़ों के वृद्धि प्रदेश (Growing region) परासरण के कारण आशून होते हैं। इस कारण ये भूमि में गहराई में प्रवेश कर जाते हैं।

**प्रश्न–4. जल के सक्रिय अवशोषण को समझाते हुये सक्रिय व निष्क्रिय अवशोषण में अन्तर समझाइये।** [ रीवा 2006, भोपाल 2008 जबलपुर 18 ]

अथवा

**सक्रिय व निष्क्रिय अवशोषण पर टिप्पणी लिखिये।** [ भोपाल 2005,13 सागर 2005 ]

**उत्तर– जल का सक्रिय अवशोषण (Active absorption of water)–** जल का सक्रिय अवशोषण प्रायः उन पेड़–पौधो में होता है, जिनकी मिट्टी में पानी की मात्रा अधिक होती है या पौधे वाष्पोत्सर्जन कम मात्रा में करते हैं। सक्रिय अवशोषण दो विधियों के द्वारा होता है–

**(1) सक्रिय अवशोषण के परासरणीय या रसाकर्षणीय सिद्धान्त (Osmotic theories of active absorption)–** मूल रोम मिट्टी से अन्तः परासरण की क्रिया से जल का अवशोषण कर लेते हैं। इसमें मूल दाब में बढ़ोत्तरी हो जाती है। परासरण सिद्धान्त के अनुसार जल का अवशोषण, विसरण दाब की प्रवणता के फलस्वरूप होता है।

यदि जाइलम रस का परासरण विभव (Osmotic potential) मिट्टी के विलयन से अधिक होता है तब जल अवशोषण मूल के जाइलम से होने लगता है। इस सिद्धान्त का प्रतिपादन सबसे पहले **अटकिन्स (Atkins 1916)** एवं **प्रीस्टले (Priestley, 1922)** ने किया। इन्होंने बताया कि जल का अवशोषण मृदा जल तथा कोशिका रस के परासरणीय या रसाकर्षणीय अन्तर के कारण होता है। प्रायः मृदा जल का परासरण दाब एक वायुमण्डलीय दाब तथा कोशिका रस का परासरण दाब दो वायुमण्डलीय दाब के तुल्य होता है। इस कारण पानी का स्वतः अवशोषण होता रहता है। इस क्रिया में किसी भी उपापचय ऊर्जा की

आवश्यकता नहीं पड़ती है। कोशिका–रस का विसरण दाब (diffusion pressure) अधिक होने से अर्धपारगम्य झिल्ली के द्वारा अंतः परासरण की क्रिया होती रहती है तथा मृदा जल कोशिका में आता रहता है।

इस मत को वैज्ञानिकों ने अधिक मान्यता प्रदान नहीं की है, क्योंकि इस मत के अनुसार पानी के अवशोषण में ऊर्जा की आवश्यकता नहीं होती है। अनेक वैज्ञानिकों का विचार है कि जल अवशोषण परासरण क्रियाविधि के द्वारा होता है। इसका कारण यह है कि मूलदाब एवं जाइलम में घनिष्ठ सम्बन्ध होता है। **अटकिन्स 1916** के अनुसार निकटस्थ पेरनकायमेट्स कोशिकायें जाइलम वाहिकाओं (Vessels) में शर्करा का स्त्राव करती है। प्रीस्टले के अनुसार कोशिका के अवयव जो जाइलम अवयव को पृथक करते हैं आवश्यक विलेय उपलब्ध कराते हैं।

**2. सक्रिय अवशोषण का नॉन आस्मेटिक सिद्धान्त (Non-osmotic theory of active absorption)**– प्रसिद्ध वैज्ञानिक, बेनट क्लार्क एवं उनके सहयोगियों, थीमेन, बागेन, प्रेल के अनुसार पौधों में सक्रिय अवशोषण नॉन आस्मेटिक विधि के द्वारा होता है। इन्होंने बताया कि जल का अवशोषण सान्द्रता लवणता (Concentration gradient) के विपरीत होता है। इस प्रकार के अवशोषण के लिये ऊर्जा की आवश्यकता होती है। जड़ों को यह ऊर्जा, जड़ कोशिकाओं से सक्रिय उपापचय क्रियाओं जैसे श्वसन से प्राप्त होती है।

**सक्रिय अवशोषण के प्रमाण (Evidences of active absorption)**

**(1) परासरण दाब का मापन**– वेनेट एवं उनके सहयोगियों ने सन् 1936 में प्रयोग द्वारा यह बताया कि जीवद्रव्यकुंचन की विधि के द्वारा परासरण विभव का माप क्रायोस्कोपीकली विधि के द्वारा नापे गये मान से अधिक होता है। इसी प्रकार के परिणाम **लायन (Lyon 1942) एवं कुरीर (Currier, 1944)** के द्वारा प्राप्त किये गये। इससे यह पता चलता है कि जल के अवशोषण की क्रिया में नॉन–ऑस्मेटिक घटक पाये जाते हैं तथा इस क्रिया में स्त्रावण बल (secretion force) उत्पन्न होता है। यह बल उपापवयी ऊर्जा की सहायता से सक्रियता के साथ जल को रिक्तिका (Vacuole) में पम्प कर देता है।

**वॉन ओवरबीक** (Van overbeek, 1942) ने यह अवलोकित किया कि टमाटर के मूलतन्त्र से निष्कासित मूल स्त्राव या रिसाव का परासरण दाब अवशोषण करने वाले जल से कम होता है। इन्होंने यह बताया कि यह अन्तर जाइलम में पानी के नॉन–ऑस्मेटिक स्त्राव के कारण होता है। **हाउस एवं फिण्डले** (House and Findley 1966) ने यह देखा कि जाइलम रस का परासरण विभव एवं बाहरी विलयन का परासरण विभव समान होता है। इस कारण नॉन–ऑस्मेटिक विधि के द्वारा जल का अवशोषण नहीं होता है।

**सक्रिय तथा निष्क्रिय जल अवशोषण में अन्तर**

| सक्रिय अवशोषण (Active absorption) | निष्क्रिय अवशोषण (Passive absorption) |
|---|---|
| 1. यह जड़ तथा मूल रोम की सक्रियता के कारण होता है। | 1. यह पौधे के ऊपरी भाग जैसे तना और पत्ती की सक्रियता के कारण होता है। |
| 2. यह परासरण व नॉन ऑस्मेटिक क्रिया के फलस्वरूप होता है। | 2. यह वायवीय भागों मे तीव्रता से वाष्पोत्सर्जन के कारण होता है। |
| 3. यह मृदा जल की अपेक्षा मूल रोमों का DPD अधिक होने से होता है। | 3. यह वाष्पोत्सर्जन खिचाव के कारण जायलम में तनाव उत्पन्न होने के कारण होता है। |
| 4. इस क्रिया में जीवद्रव्य भाग लेता है। | 4. इस क्रिया में कोशिका भित्ति व अन्तः कोशिकीय अवकाश भाग लेते हैं। |
| 5. यह क्रिया अवशोषण दर DPD पर निर्भर करती है। | 5. यह क्रिया वाष्पोत्सर्जन पर निर्भर करती है। |



**प्रश्न–5. विसरण तथा परासरण में अन्तर स्पष्ट कीजिये।**

**उत्तर– विसरण एवं परासरण में अन्तर–**

| क्र. | विसरण (Diffusion) | परासरण (Osmosis) |
|---|---|---|
| (1) | इस क्रिया में अर्द्धपारगम्य झिल्ली की आवश्यकता नहीं होती। | यह क्रिया अर्द्धपारगम्य झिल्ली द्वारा होती है। |
| (2) | यह क्रिया ठोस, द्रव तथा गैसों में हो सकती है। | यह क्रिया केवल द्रवों में होती है। |
| (3) | इस क्रिया में पदार्थ के कण माध्यम से विसरित होते हैं। | इस क्रिया में पानी के अणु एक घोल से दूसरे घोल में जाते हैं। |
| (4) | प्रसरित होने वाले कण जिस पदार्थ में विसरित होते हैं उस पर दबाव डालते हैं, जिसे प्रसरण दाब (Diffusion pressure) कहा जाता है। | अधिक सान्द्रता वाले घोल में पानी के जाने से परासरण दाब (Osmotic pressure) पैदा होता है। |

**प्रश्न–6. पौधों द्वारा जल अवशोषित करने के अंग कौन–कौन से हैं? समझाइये।**

**उत्तर–** मृदा में निम्नलिखित प्रकार के जल पाये जाते हैं। पौधों द्वारा केशिकत्व जल का अवशोषण होता है।

**मृदा जल के प्रकार (Types of Soil Water)**– भूमि को जल, वर्षा से प्राप्त होता है। भूमि में निम्न प्रकार का जल पाया जाता है। इनमें से केशिकत्व जल पौधों के लिये बहुत उपयोगी होता है।

**(1) रासायनिक संयोजित बल (Chemically Combined Water)**– भूमि में कुछ जल रासायनिक पदार्थों से संयोजन कर उपस्थित रहता है जो पौधों के लिये अप्राप्य होता है।

**(2) आर्द्रताग्राही जल (Hygroscopic Water)**– यह जल भूमि में उपस्थित सड़–गले कार्बनिक पदार्थों के चारों ओर उपस्थित होता है जो अनुपयोगी होता है।

**(3) केशिकत्व जल (Capillary Water)**– यह जल सर्फेश टेन्शन (Surface tension) के कारण मिट्टी के कणों के चारों ओर पानी की फिल्म के रूप में उपस्थित रहता है जो कणों के बीच बनी नलियों (capillaries) में एकत्रित हो जाता है। अतः इस जल को केशिकत्व जल कहते हैं। मूल रोमों (Root hairs) द्वारा यह जल अवशोषित होता है जो पौधों के लिये बहुत उपयोगी होता है।

**(4) गुरुत्वीय जल (Gravitational Water)**– वर्षा के बाद अधिकतर जल भूमि में गुरुत्वाकर्षण बल के कारण भूमि में रिसता हुआ जल सतह तक पहुँच जाता है जहाँ पर पौधों की जड़ें नहीं पहुँच पातीं। अतः यह जल पौधों के लिये उपयोगी नहीं होता।

## पौधों द्वारा जल अवशोषण
## (Absorption of Water by Plants)

**पौधों के जल अवशोषक अंग (Water Absorbing Organs of Plants)**– प्राय: पादपों में जल अवशोषण मूल द्वारा होता है, किन्तु कुछ पौधों का जल अवशोषक पत्तियों तथा तनों द्वारा भी होता है। जलोद्भिद् (Hydrophyte) पादपों में जल अवशोषण प्राय: सामान्य सतह द्वारा होता है। वुड (Wood, 1925) के अनुसार कुछ पौधे जैसे कोचिका बेओसिया *(Kochia baosia)* तथा रेगोडिया *(Rhagodia)* आदि जल का अवशोषण वायुमण्डल से करते हैं। इसी प्रकार का जल अवशोषण अंगूर *(Vitis)*, चुकंदर *(Beta)*, मूँग *(Phaseolus)*, ब्रैंगन *(Solanum)* तथा मिर्च *(Lycopersicum)* में भी पाया जाता है। इस प्रकार पत्तियों द्वारा जल का अन्तर्ग्रहण (uptake) निम्न बिन्दुओं द्वारा प्रभावित होता है–

(i) एपिडर्मिस तथा क्यूटिकिल की संरचना एवं पारगम्यता (permeability)
(ii) पत्ती की सतह पर रन्ध्रों की उपस्थिति।
(iii) एपिडर्मिस के समीप स्थित मृदूतक (parenchyma) कोशिकाओं में जल की कमी।

**जल अवशोषित करने वाले अंग (Water Absorbing Organs)**– पौधे में पानी का अवशोषण जड़ की सम्पूर्ण सतह से नहीं होता है, अपितु मूल के सिरे (root tip) के समीप मूल रोमों (rot hairs) से होता है। मूल के सिरे को चार प्रदशों में बाँटा जा सकता है–

**(1) मूल टोपी प्रदेश (Root Cap Zone)**– यह मूल के सिरे पर एक आवरण के रूप में उपस्थित होता है जो मूल की मिट्टी के कणों से रक्षा करता है।

**(2) प्रविभाजी प्रदेश (Meristematic Zone)**– इस प्रदेश की कोशिकायें लगातार विभाजित होती रहती हैं तथा नई कोशिकायें बनती हैं। इस प्रदेश की कोशिकाओं द्वारा श्वसन तथा खनिज लवणों का अवशोषण तीव्र गति से होता है।

**(3) दीर्घी प्रदेश (Zone of Elongation)**– इस प्रदेश को कोशिकायें जड़ की लम्बाई बढ़ाती हैं।

**(4) मूल रोम प्रदेश (Root Hair Zone)**– यह प्रदेश दीर्घी प्रदेश के ठीक पीछे होता है, जिस पर अनेक एककोशिकीय (unicellular) मूल रोम पाये जाते हैं। इसी प्रदेश में मूल रोमों द्वारा सबसे अधिक जल का अवशोषण होता है। इस प्रदेश के ऊपर परिपक्व प्रदेश स्थित होता है।

**प्रश्न–7. वाष्पोत्सर्जन क्या है? स्टोमेटा के खुलने व बन्द होने की क्रियाविधि की विवेचना कीजिये। इसका क्या महत्व है?** [ जीवाजी 2005,13,18 भोपाल 07,14,17 उज्जैन 18 ]

अथवा

**रन्ध्रों के खुलने व बंद होने की जैव रासायनिक क्रिया विधियों का संक्षेप में वर्णन कीजिये।**

अथवा [ सागर 2008,18 ]

**वाष्पोत्सर्जन क्या है? स्टोमेटा के खुलने व बंद होने की क्रियाविधि की विवेचना कीजिये।** [ जीवाजी 2007,14 ]

अथवा

**पर्णरन्ध्रों की पोटेशियम ($K^+$) क्रियाविधि को समझाइये।** [ जबलपुर 2003,14 ]

अथवा

**वातरन्ध्रों के खुलने एवं बन्द होने के विभिन्न सिद्धान्तों को समझाइये।** [ भोपाल 2006 ]

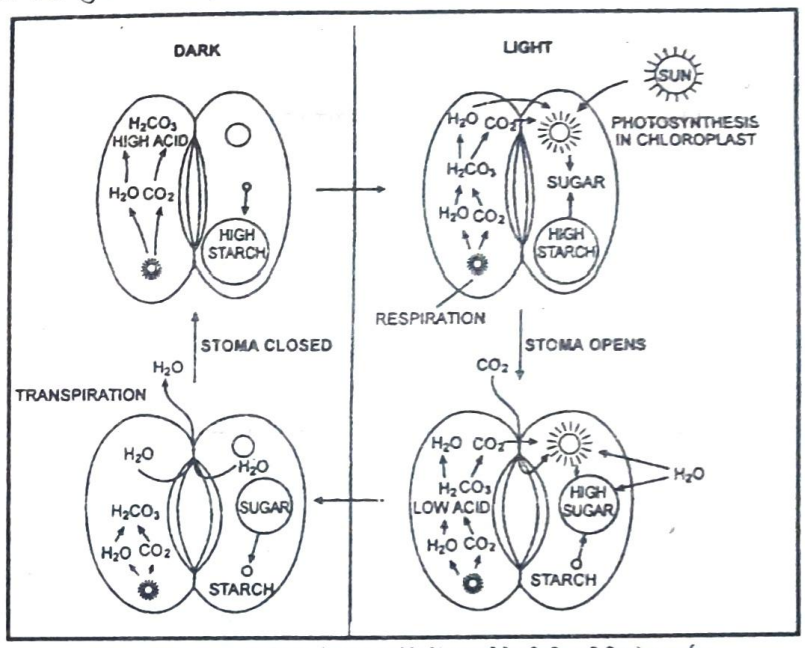
**उत्तर– वाष्पोत्सर्जन (Transpiration)**– पौधों की जड़ों के द्वारा मिट्टी से अत्यधिक मात्रा में पानी का अवशोषण किया जाता है, लेकिन इसका कुछ भाग ही पौधों के द्वारा उपयोग किया जाता है, पानी की अतरिक्त मात्रा पौधों के वायवीय भागों के द्वारा जलवाष्प



के रूप में वातावरण में छोड़ दी जाती है। इस प्रकार पौधों के वायवीय भागों के द्वारा पानी का जलवाष्प के रूप में हानि होना वाष्पोत्सर्जन कहलाता है।

**वाष्पोत्सर्जन की क्रियाविधि या रन्ध्रों के खुलने व बन्द होने की क्रियाविधि**– रन्ध्र के खुलने व बंद होने के बारे मे निम्न सिद्धान्त प्रतिपादित किये गये हैं–

**1. स्टार्च–ग्लूकोज परिवर्तन सिद्धान्त (Theory of Starch Glucose inter-conversion)**– रन्ध्रों के खुलने व बन्द होने की क्रिया रक्षक कोशिकाओं के द्वारा होती है। रक्षक कोशिकाओं (Guard cell) में फोस्फोराइलेज (Phosphorylase) एन्जाइम पाया जाता है जो प्रकाश की अनुपस्थिति में या अंधेरे में शर्करा जैसे ग्लूकोज को मण्ड या स्टार्च में बदल देता है। इससे रक्षक कोशिकाओं का आशूनता दाब कम हो जाता है और रन्ध्र बन्द हो जाते हैं। प्रकाश की उपस्थिति में प्रकाश संश्लेषण की क्रिया के द्वारा रक्षक कोशिकाओं के परासरण दाब में वृद्धि होती है जिस कारण ये पानी को अवशोषित कर आशून हो जाती है व इस प्रकार रन्ध्र खुल जाते हैं। इस क्रिया में अकार्बनिक फास्फेट की आवश्यकता पड़ती है।




चित्र–स्टोमेटा : प्रकाश में खुलने तथा अन्धेरे में बन्द होने की क्रियाविधि का प्रदर्शन

रात के समय, रक्षक कोशिकाओं में श्वसन के द्वारा निकली $CO_2$ पानी में घुलकर कार्बोनिक अम्ल को बनाती है। जिससे रक्षक कोशिकाओं का माध्यम (pH 5.0) अम्लीय हो जाता है। अतः फोस्फोराइलेज एन्जाइम के प्रभाव से शर्करा (ग्लूकोज) स्टार्च में बदल जाता है तथा रन्ध्र बंद हो जाता है।

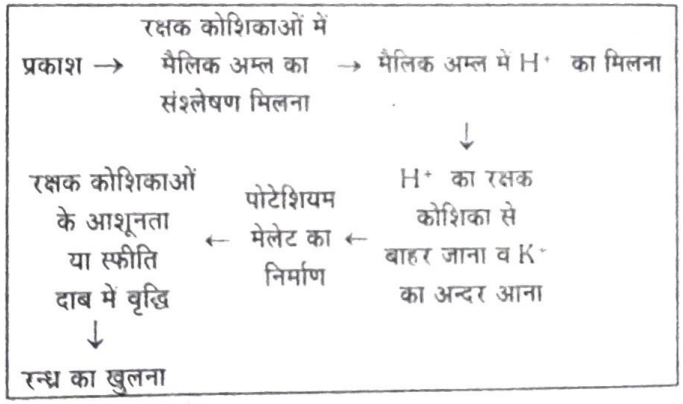
$$\text{Starch} + \text{Inorganic phosphate} \underset{\text{Dark pH - 5.0}}{\overset{\text{Light pH - 7.0}}{\rightleftharpoons}} \text{Glucose 1, Phosphate}$$

स्टीवर्ड ने इस सिद्धान्त में थोड़ा सा परिवर्तन कर अपने मत को प्रस्तुत किया।

इन्होंने बताया कि ग्लूकोज–1, फॉस्फेट तक के परिवर्तन में फास्फेट ($PO_4$) पर्याप्त नहीं होता है। इस कारण इस क्रिया में ATP की आवश्यकता पड़ती है, जो श्वसन से प्राप्त होती है। प्रकाश की उपस्थिति में रक्षक कोशिकाओं में बना कार्बनिक अम्ल पानी व कार्बन डायऑक्साइड में टूट जाता है। कार्बन डायऑक्साइड का उपयोग प्रकाश $H_2CO_3 \rightarrow H_2O + CO_2$ प्रकाश संश्लेषण में हो जाता है और इस प्रकार रक्षक कोशिका का माध्यम अम्लीय न रहकर क्षारीय हो जाता है। जिससे फोस्फोराइलेज एन्जाइम विकर स्टार्च को ग्लूकोज में परिणित कर देता है। ग्लूकोज पानी को अवशोषित कर लेता है। इससे रक्षक कोशिकायें फूल जाती है व रन्ध्र खुल जाते हैं।

**2. प्रोटॉन स्थानान्तरण सिद्धान्त या सक्रिय पोटेशियम क्रियाविधि (Theory of Proton Transport Concept or Active $K^+$ Transport mechanism)–** रन्ध्रों के खुलने व बन्द होने की क्रियाविधि को समझाने के उद्देश्य से **लेविट (Levit, 1974)** ने प्रोटोन स्थानान्तरण सिद्धान्त प्रस्तुत किया रन्ध्रों की रक्षक कोशिकाओं (guard cell) में पोटेशियम ($K^+$) के सक्रिय स्थानान्तरण के कारण रन्ध्र क्रमशः खुलते व बन्द होते रहते है। इन $K^+$ का संग्रह रक्षक कोशिकाओं के निकट स्थित एपीडर्मल कोशिकाओं में होता है। $K^+$ को सन्तुलित करने के लिये आयन्स कार्बनिक अम्ल जैसे मैलिक अम्ल (Malic acid) से प्राप्त एनायन्स (Anions) होते हैं। इस प्रकार $H^+$, $K^+$ के द्वारा बदल जाते है और $K^+$ अन्दर की ओर चले जाते हैं। प्रकाश की उपस्थिति में रक्षक कोशिकाओं के अन्दर $K^+$ द्वारा मैलिक अम्ल का संश्लेषण होता है, जो पोटेशियम मेलेट को बनाता है। एपीडर्मल कोशिकाओं से पानी परासरण की क्रिया के द्वारा रक्षक कोशिकाओं से आने लगता है जिस कारण ये आशून (turgid) हो जाती हैं व रन्ध्र खुल जाते हैं।

इस क्रिया को नोगल और फ्रिट्ज (Noggal and Fritz) ने निम्न प्रकार से बताया है–




रन्ध्रों के बन्द होने पर यह क्रिया विपरीत दिशा मे होने लगती है और $K^+$ रक्षक कोशिका से बाहर की ओर निकल आते हैं।

**3. ग्लाइकोलेट सिद्धान्त (Glycolate theory)– जीलिच (Zelitch 1963)** के अनुसार दिन के समय कार्बन डाय ऑक्साइड की कम सान्द्रता रक्षक कोशिकाओं में ग्लाइकोलेट (Glycolate) का संश्लेषण करती है। यह ऑक्सीकृत होकर ग्लाइऑक्सीलेट (Glyoxylate) का निर्माण करता है, जो अन्त में कार्बोहाइड्रेट में परिणित हो जाता है। घुलनशील शर्करा के द्वारा कोशिकाओं के परासरण दाब में अभिवृद्धि होती है।



ग्लाइऑक्सीलेट का अपचयन NADPH के द्वारा होता है, इससे ग्लाइकोलेट का निर्माण होता है। जीलिच के अनुसार–ग्लाइकोलेट, ग्लाइ ऑक्सीलेट के निर्माण द्वारा रक्षक कोशिकाओं में सक्रिय जल पम्प कर देता है। ग्लाइकोलेट सिद्धान्त को अधिकतर वैज्ञानिकों ने मान्यता प्रदान नहीं की है।

**प्रश्न–8. जल विभव की अवधारणा पर टिप्पणी लिखिये।**

[ उज्जैन 1996, ग्वालियर 2013 भोपाल 2000, इन्दौर 2000 ]

**उत्तर– जल विभव अवधारणा (Concept of Water Potential)–** परासरण (Osmosis) में पानी का गमन होता है जिसको विभिन्न सान्द्रताओं के अन्तर द्वारा स्पष्ट नहीं किया जा सकता है। अतः इसे दोनों क्षेत्रों में जल की स्वतंत्र ऊर्जा के बीच अन्तरों द्वारा व्यक्त किया जा सकता है। शुद्ध जल अणुओं की स्वतंत्र ऊर्जा तथा अन्य तंत्र, जैसे पादप कोशिका में जल ऊर्जा का अन्तर जल विभव (water potential) कहलाता है। जिसे ग्रीक शब्द साई ( psi ) द्वारा करते हैं तथा इसका मापन बार्स (bars) में किया जाता है अर्थात् (a pressure unit = 14.5 1b/in², 750 mm, Hg or 0.987 atm.)

जीवद्रव्य का जल विभव (water potential), प्रसरण दाब न्यूनता (DPD) अथवा चूषण दाब (SP) के समतुल्य किन्तु विपरीत होता है। चूंकि शुद्ध जल जल विभव ($\psi$) शून्य (0) होता है अतः विलेय कणों की उपस्थित के कारण जल की स्वतंत्र ऊर्जा कम हो जाती है जिससे मान कम हो जाता है। अतः किसी विलयन का जल विभव ( $\psi$ ) सदैव शून्य (zero) से कम इसका अधिकतम मान शून्य (zero) होता है।

$$\psi = - DPD$$

विलयनों में जल विभव ($\psi$) तीन अन्तःकारकों जैसे, $\psi = \psi m + \psi s + \psi p$ द्वारा ज्ञात किया जाता है, यहाँ पर $\psi m$ = मेट्रिक विभव ( potential) है जिसका उपयोग सतह (surface) जैसे मृदा कण अथवा कोशिका भित्ति के लिये होता है जिससे जल के अणु अधिशोषित रहते हैं। $\psi s$, विलेय विभव होता है जो परासरण विभव भी कहलाता है जिसके द्वारा जल विभव कम होता है तथा $\psi p$, दाब विभव होता है जैसे आशून दाब (TP) अथवा भित्ति दाब (WP)।

चूंकि पादप तंत्र में $\psi m$ की प्रायः गणना नहीं की जाती है अतः $\psi = \psi s + \psi p$ होता है। इसी प्रकार से परासरण दाब (OP) परासरण विभव ($\pi$) के बराबर लेकिन विपरीत चिह्न (opposite sign) वाला है इसलिये $\pi = - OP$ होता है (जल में $\pi = 0$ होता है अतः यहाँ विपरीत चिह्न द्वारा प्रदर्शित किया गया है)।

पूर्ण आशूनता (Full turgidity) के समय DPD = 0 होता है अतः WP = OP हो जाता है। इसलिये बिना आशून कोशिका (cell) में–

DPD = OP WP अथवा $\psi = \pi + WP$ होता है।

पूर्णरूपेण आशून कोशिका परासरण विभव ($\psi s$) तथा दाब विभव ($\psi p$) बराबर किन्तु विपरीत चिह्न वाले होते हैं जिससे जल विभव ($\psi$) शून्य के द्वारा प्रदर्शित किया जाता है। मान लीजिये किसी कोशिका में परासरण विभव ($\psi s$) = 10 bars तथा दाब विभव ($\psi p$) = 10 bars है, तो जल विभव ($\psi$) शून्य होगा, जैसे–

$\psi = \psi s + \psi p$

$\psi = -10$ bars + 10 bars

$\psi = 0$ (zero) bars

श्लथ कोसिका में दाब विभव ($\psi p$) = शून्य (zero) होता है, जैसे–

$\psi = \psi s + \psi p$ (ऊपर दिया गया है)

मान रखने पर,

$\psi = -10$ bars $+ 0$ bars

$\psi = -10$ bars, या शून्य (0)

जीवद्रव्य कुंचित कोशिका में, मान लीजिये कि–

विलेय विभव ($\psi s$) = $-10$ bars

तथा दाब विभव ($\psi p$) = $-2$ bars

जल विभव ($\psi$) = $\psi s + \psi p$

$= -10 + -2 = -12$ bars

**प्रश्न–9. पौधों में रसारोहण के विभिन्न सिद्धान्तों का नामकरण कीजिये तथा इनमें से जो सिद्धान्त मान्य हो उसका वर्णन कीजिये।** [ जीवाजी 2005,07 भोपाल 05,14,18 उज्जैन 13,17 ]

अथवा

**पौधों में रसारोहण को समझाने हेतु विभिन्न मतों की विवेचना कीजिये।** [ सागर 2006 ]

अथवा

**पौधों में रसारोहण को समझाने हेतु विभिन्न मतों की विवेचना कीजिये।** [ भोपाल 2008 ]

अथवा

**रसारोहण के सम्बन्ध में डिक्सन एवं जॉली के मत पर टिप्पणी लिखिये।**

अथवा

**रसारोहण के डिक्सन एवं जॉलीवाद पर टिप्पणी लिखिये।** [ भोपाल 2007 ]

**उत्तर– रसारोहण (Ascent of sap)–** जड़ से शिखाग्र तक जल, रस (sap) के रूप में स्थानान्तरित होता है। रस जल तथा उसमें घुले हुये पदार्थों का तनु विलयन (weak solution) होता है। इस रस के जाइलम की बाहरी क्षेत्र के द्वारा पौधों के ऊपर के भाग की ओर स्थानान्तरित होने की क्रिया को रसारोहण (Ascent of sap) कहते हैं। वलयकरण (Ringing) द्वारा रसारोहण का प्रदर्शन किया जाता है, जिससे यह सिद्ध होता है कि पौधों में रसारोहण केवल जाइलम द्वारा ही होता है।

**रसारोहण की क्रियाविधि (Mechanism of Ascent of Sap)**– इस सम्बन्ध में तीन मत प्रस्तुत किये गये हैं–

**(a) जैव वाद (Vital theory)–** इस वाद के अनुसार रसारोहण जीवित कोशिकाओं के द्वारा होता है। इस वाद के समर्थन में विभिन्न वैज्ञानिकों ने अपने-अपने सिद्धान्त प्रस्तुत किये–

1. **गोडलेवस्की (Godlewiski, 1884)** ने रसारोहण को समझाने के लिये 'रिले पम्प' (Relay Pump) सिद्धान्त प्रस्तुत किया। इस सिद्धान्त के अनुसार जाइलम पैरेनकाइमा व मेडुलरी रे की जीवित कोशिकाओं के परासरण दाब (O.P.) में लयबद्ध परिवर्तन (Rhythmic changes) होते हैं। जिसके कारण पानी पम्पिंग क्रिया द्वारा ऊपरी भागों में ढकेल दिया जाता है। इनके अनुसार जब कोशिकाओं का परासरण दाब (O.P.) बढ़ता है तब पास वाली जाइलम वाहिनी का पानी उनके अन्दर विसरित हो जाता है। इसके परिणामस्वरूप कोशिकाओं का परासरण दाब कम हो जाता है व अन्त में पानी वापस ऊपरी कोशिकाओं के जाइलम में ढकेल दिया जाता है।

2. **सर जे.सी. बोस का वाद–** इस वाद को स्पन्दन वाद (Pulsation Theory) कहा जाता है। इसके अनुसार रसारोहण की क्रिया वल्कुट की सबसे अन्दर की जीवित कोशिकाओं की परत अथवा अन्तस्त्वचा की बाहरी परत नियमित लयबद्ध स्पंदन करती है। इस कारण



जल नीचे की कोशिका से ऊपर की कोशिका में पम्प किया जाता है। सर बोस का उपकरण एक सुई, गैल्वेनोमीटर विद्युत परिपथ और एक पौधे का मिलकर बना हुआ था।

**(b) मूलदाब वाद (Root Pressure Theory)–** यदि एक तने को मृदा स्तर के पास से काट दिया जाता है, तब कटे हुये भाग से जाइलम सेप रिसकर बाहर निकलने लगता है। इस क्रिया को रस स्त्रावण (Exuation or bleeding) कहते हैं। प्रीस्टले ने सर्वप्रथम यह प्रयोग करके बताया कि पौधे के इस भाग में रस स्त्रावण के मुख्य कारण जड़तन्त्र में एक द्रव स्थैतिक दाब (Hydrostatic pressure) का उत्पन्न होना है। जड़ों के द्वारा अवशोषित पानी के एक्युमुलेशन के कारण उत्पन्न हुये द्रव स्थैतिक दाब को जड़ दाब (Root pressure) कहते हैं। **स्टीफेन हेल्स** ने सर्वप्रथम जड़ दाब (Root pressure) शब्द का उपयोग सन् 1727 में किया था। सिद्धान्त के मानने वाले वैज्ञानिकों के अनुसार पौधों में रसारोहण इसी जड़ दाब के प्रभाव के कारण होता है।

यह सत्य है कि जड़ दाब एक सक्रिय क्रिया है लेकिन यह जड़ दाब ऊँचे पौधों (400 Ft) में रसारोहण के लिये पर्याप्त नहीं है। क्योंकि –

(1) पौधों में जड़ दाब 2 वायुमण्डल तक ही रिकार्ड किया गया है। जबकि ऊँचे पौधों में पानी को शीर्ष तक पहुँचाने के लिये लगभग 20 वायुमण्डल दाब की आवश्यकता होती है।

(2) पौधों की कुछ प्रजातियों में जड़ दाब नहीं पाया गया है।

(3) पौधों में रस स्त्रावण की दर वाष्पोत्सर्जन के द्वारा ह्रास हुये पानी की आपूर्ति करने में सक्षम नहीं है।

(4) गर्मियों में जब तापक्रम अधिक होता है, तब जड़ दाब का मान अत्यन्त कम पाया गया है, जबकि वाष्पोत्सर्जन काफी तीव्र होता है।

(5) पौधों में पानी की जड़ दाब की अनुपस्थिति में भी सतत रूप से प्रवाहित रहता है।

अतः उपरोक्त निरीक्षणों से यह निष्कर्ष निकलता है कि जड़ दाब रसारोहण का मुख्य कारण नहीं हो सकता।

**(c) भौतिकवाद (Physical Theories)–** इसके अन्तर्गत जो स्पष्टीकरण दिये गये हैं। इसके अनुसार जीवित कोशिकायें रसारोहण में कार्यरत नहीं होती। पौधों की मृत कोशिकाओं, मुख्यतः वाहिकीय (Trachea elements specially vessels) तत्वों द्वारा रसारोहण होना, इन स्पष्टीकरणों का मुख्य आधार है।

(1) **बोहम का केशिकत्व वाद (Capillary Theory of Boehm)–** बोहम के मत के अनुसार जाइलम वाहिकायें (Vessels), कैपीलरी नलिका के समान कार्य करती हैं। जिनमें कैपीलरी बल के कारण जल ऊपर चढ़ता है। इस मत को भी मान्यता प्राप्त नहीं हुई क्योंकि वाहिकाओं का व्यास अनुकूल नहीं होता और न इतना पानी ऊपर चढ़ सकता है। वायुमण्डलीय दाब पानी के स्तम्भ को केवल 34 फीट ऊँचाई तक चढ़ा सकता है। इससे अधिक ऊँचे पौधों के केशिकत्व तथा वायुमण्डलीय दाब के कारण रसारोहण होना सम्भव नहीं है।

(2) अन्तः चूषण दाब **(Imbibition Theory)–** सैक्स ने मत दिया कि वाहिकीय तत्वों की कोशिका भित्तियाँ अन्तः चूषण द्वारा रसारोहण करती हैं, अर्थात् रस कोशिका भित्तियों के साथ-साथ ऊपर चढ़ता है। परन्तु अब यह सिद्ध हो चुका है कि रसारोहण भित्तियों के द्वारा नहीं अवकाशियों (Lumen) द्वारा होता है।

(3) **डिक्सन एवं जौलीवाद (Dixon & Jolly Theory)**– इस सिद्धान्त का प्रतिपादन डिक्सन एव जौली (Dixon and Jolly, 1894) ने किया था। इस सिद्धान्त के अनुसार पौधों में पानी निम्न कारणों से ऊपर की ओर चढ़ता है–

(i) **संसजन बल अथवा जल का तनन सामर्थ्य (Cohesive Force or Tensile Strength of water)**– पानी के अणुओं के मध्य एक सशक्त खिंचाव होता है, जिसे ससंजन (Cohesion) कहते है, जिसके प्रभाव से पानी के अणु सरलता से एक-दूसरे से अलग नहीं हो पाते हैं। इसी प्रकार पानी के अणुओं एवं पानी ग्रहण करने वाले बर्तनों अथवा पौधों के ऊतकों की भित्ति (Wall) के मध्य एक आकर्षण (Adhesion) होता है। जिसके कारण जाइलम की भित्ति से पानी का कॉलम टूटने नहीं पाता। चूँकि पौधों में जड़ से लेकर पत्ती तक जाइलम का सतत् कॉलम होता है अतः पानो की ससंजन शक्ति एवं पृष्ठ तनाव के कारण केपीलरी क्रिया के द्वारा पानी ऊपर चढ़ जाता है।

(ii) **जल के स्तम्भ का बना रहना (Continuity of water column)**– डिक्सन के अनुसार पौधे के समस्त जाइलम वाहिकाओं में उपस्थित पानी पृथक-पृथक न होकर ऊर्ध्व एवं पार्श्व दोनों ही दिशाओं में एक निरन्तर स्तम्भ के रूप में उपस्थित रहता है।

**जल के स्तम्भ पर वाष्पोत्सर्जन खिंचाव अथवा तनाव (transpiration pull or Tension on the unbroken water column)**– डिक्सन एवं जौली के अनुसार चूँकि जड़ से लेकर पत्ती तक पानी का एक सतत् स्तम्भ बना रहता है। अतः पत्ती की मीजोफिल कोशिकाओं (mesophyll cells) के द्वारा वाष्पोत्सर्जन के समय जल की जलवाष्प के रूप में हानि होती रहती है। अतः कोशिकाओं का D.P.D. बढ़ जाता है। इस प्रकार D.P.D. के मान में वृद्धि के कारण रक्षक कोशिकायें पास वाली मीजोफिल कोशिकाओं से पानी का अवशोषण कर लेती है। परिणामस्वरूप मीजोफिल कोशिकायें लीफ बण्डल (Leaf bundle) से पानी अवशोषित कर लेती हैं। इस प्रकार जाइलम तत्वों के D.P.D. के मान में वृद्धि हो जाती है। जब वाष्पोत्सर्जन तेजी से होता है तथा पानी के अवशोषण की दर धीमी होती है, तब ऐसी स्थिति में पत्ती के जाइलम तत्वों में एक तनाव या खिंचाव उत्पन्न हो जाता और यह तनाव या खिंचाव पत्ती से लेकर जड़ों तक पानी के ससंजन बल के कारण पहुँच जाता है। इस प्रकार पत्तियों में वाष्पोत्सर्जन के कारण उत्पन्न तनाव या खिंचाब (Pulling) के कारण पानी ऊपर की ओर चढ़ जाता है। इस तनाव या खिंचाव को ही वाष्पोत्सर्जन खिंचाव कहते हैं।

**प्रश्न–10. प्रतिवाष्पोत्सर्जक से आप क्या समझते हैं? विभिन्न प्रकार के प्रति–वाष्पोत्सर्जकों का वर्णन करते हुये उनका उपयोग लिखिये।** [जीवाजी 2007,13,18 भोपाल 18]

अथवा

**प्रति–वाष्पोत्सर्जक क्या है? शुष्क कृषि में प्रति–वाष्पोत्सर्जक पदार्थों के महत्व का वर्णन कीजिये।** [रीवा 2006,14]

**उत्तर– प्रति–वाष्पोत्सर्जक (Anti-transpirants)**– वे सभी पदार्थ जो वाष्पोत्सर्जन की दर को कम कर देते हैं तथा साथ ही साथ पौधों की दूसरी उपापचयी क्रियाओं पर खराब प्रभाव नहीं डालते, तो ये पदार्थ प्रतिवाष्पोत्सर्जक कहलाते हैं। ये निम्न प्रकार के होते हैं–

(1) **पर्ण–परावर्तक**– ये ऐसे पदार्थ होते हैं जिन्हें छिड़कने पर पत्ती की परावर्तक क्षमता बढ़ जाती है व इस प्रकार पत्तियों का तापमान बढ़ने नहीं पाता एवं वाष्पोत्सर्जन की दर कम हो जाती है।



(2) **वायु अवरोधक**– ये ऐसे पौधे हैं, जो वायु की तेज गति को कम कर देते हैं। इन्हें तेज बहने वाली हवाओं के लम्ब रूप में लगाया जाता है। ये अधिक लम्बाई वाली तथा इनकी पत्तियाँ घनी होनी चाहिये।

(3) **वायु नमी को अधिक करने वाले**– इसमें पौधों को ग्रीन हाउस में रखकर वहाँ नमी की मात्रा बढ़ा दी जाती है, जिससे वाष्पोत्सर्जन की दर कम हो जाती है।

(4) **फिल्म बनाने वाले प्रतिवाष्पोत्सर्जक**– ये निष्क्रिय पदार्थ होते हैं, जो पत्रों पर पतले फिल्म का निर्माण कर वाष्पोत्सर्जन की दर को कम कर देते हैं। जैसे– फोलिकेट, हेक्साडी– केनॉल, सिलिकन्स आदि।

(5) **रन्ध्रों को बन्द करने वाले**– ये रक्षक कोशिकाओं की आशूनता (Turgidity) को बढ़ा देते हैं या प्लाज्मा झिल्ली को पारगम्यता को प्रभावित कर रन्ध्रों को बन्द कर देते हैं। जैसे– ऐब्सिसिक अम्ल, ऐट्राजीन आदि।

**प्रति–वाष्पोत्सर्जकों का कृषि में महत्व (Importance of Anti-transpirants in Agriculture)**– आधुनिक कृषि में प्रति–वाष्पोत्सर्जक पदार्थों का उपयोग काफी बढ़ गया है। इसके महत्व को निम्न उदाहरणों के द्वारा समझ सकते हैं–

(1) **फलों का फटना**– कुछ फल जैसे–टमाटर, अंगूर, केला आदि के परिपक्व होने के समय यदि वर्षा हो जाये तो इनकी दीवार फट जाती हैं, जिससे आर्थिक हानि का सामना करना पड़ता है। यह क्रिया जल के अधिक अवशोषण के कारण होती है, किन्तु यदि इनके पौधों पर प्रतिवाष्पोत्सर्जक का छिड़काव कर दिया जाये तो वाष्पोत्सर्जन की दर कम हो जाती है और फिर जल का अवशोषण भी कम हो जाता है। फलस्वरूप फल चटकने से बच जाते हैं।

(2) **हॉर्टीकल्चर में**– प्रतिवाष्पोत्सर्जकों का उपयोग सजावट वाले पौधों पर किया जाता है, तो वे पत्रों पर फिल्म का निर्माण कर वाष्पोत्सर्जन की दर 30–40% तक कम कर देते हैं व इस प्रकार इन पौधों में सिंचाई 2–3 सप्ताह तक टाली जा सकती है। बगीचों की घासों को हरा भरा रखने में प्रतिवाष्पोत्सर्जक महत्वपूर्ण भूमिका अदा करते हैं।

(3) **वार्षिक खेती की फसलें**–

(i) ऐसा पाया गया है कि सेम पर फिल्म बनाने वाले प्रतिवाष्पोत्सर्जक के छिड़काव से पौधे के शुष्क भार में वृद्धि हो जाती है।

(ii) यदि प्रतिवाष्पोत्सर्जक की मात्रा व छिड़काव का समय सही हो तो कुछ परिस्थिति में इनकी वृद्धि तेज होती है।

(4) **फलदार पौधों का स्थानान्तरण (Transplantation)**– जब पौधों को एक स्थान से उखाड़कर दूसरे स्थान पर लगाया जाता है, तो इस दौरान कार्यिकी आघातित होती है, क्योंकि इनकी छोटी जड़ें नष्ट हो जाती हैं। जल अवशोषण क्षमता कम हो जाती है, मिट्टी का सम्बन्ध एकाएक समाप्त हो जाता है। चूँकि जल का ह्रास वाष्पोत्सर्जन द्वारा लगातार होता रहता है और इसकी भरपाई नहीं हो पाती है, अतः इस प्रकार, पौधों के मरने की सम्भावना अधिक होती है, किन्तु वाष्पोत्सर्जकों के प्रयोग से वाष्पोत्सर्जन द्वारा जल के ह्रास को रोका जा सकता है तथा पौधों को मरने से बचाया जा सकता है।

(5) जल संरक्षण– प्रतिवाष्पोत्सर्जकों के इस्तेमाल से वाष्पोत्सर्जन की दर कम हो जाती है। अतः पौधे का कम पानी से ही काम चल जाता है और इस प्रकार जल का संरक्षण होता है।

(6) जल गुणवत्ता– मैलकम (1967) के अनुसार सिट्रस में प्रतिवाष्पोत्सर्जक के इस्तेमाल से जल की गुणवत्ता कम हो जाती है, क्योंकि स्प्रे में पाये जाने वाले तत्व, जल से क्लोराइड को हटा देते हैं। जल से भरे हुये क्षेत्र में यदि वाष्पोत्सर्जन कम हो जाये तो वहां पौधों की संख्या में वृद्धि हो जाती है और शुद्ध जल की मात्रा बढ़ जाती है क्योंकि वहां लवण धीरे–धीरे घुल जाते हैं।

(7) फ्यूरिंग (1973) के अनुसार ज्वार में यदि प्रति–वाष्पोत्सर्जक का छिड़काव किया जाये तो उनकी उत्पादकता 5-11% बढ़ जाती है।

(8) इनसे पत्तियों की सतह पर फिल्म का निर्माण हो जाने से पौधों की रक्षा, फफूंदी आदि अपने आप हो जाती है।

(9) कुछ प्रतिवाष्पोत्सर्जक में पौधे के लिये पोषक तत्व Fe, Zn आदि रहते हैं, जो पत्तों द्वारा अवशोषित कर लिये जाते हैं।

(10) ऐसा पाया गया है कि 20–25पोण्ड प्रति एकड़ हैक्सा डेकेनॉल के छिड़काव से मक्का की उपज दो गुनी हो जाती है।

(11) मोकिलीफ Cs-6432 आदि प्रतिवाष्पोत्सर्जकों का उपयोग, यदि फसल कटाई से 20–22 दिन पहले किया जाता है, तो फल न तो सिकुड़ते हैं और न ही भूरे होते हैं।

अतः स्पष्ट है कि प्रतिवाष्पोत्सर्जक जल का संरक्षण तो करते ही हैं, साथ ही फसलों की उत्पादकता भी कुछ हद तक बढ़ा देते हैं।

**प्रश्न–11. बिन्दु स्त्राव पर संक्षिप्त टिप्पणी लिखिये।**

[ भोपाल 2007 सागर 2008 भोपाल 2001, उज्जैन 17, जबलपुर 01,03 ]

अथवा

**वाष्पोत्सर्जन एवं बिन्दु स्त्राव में अन्तर बताइये।**

[ भोपाल 2014, इन्दौर 2014 ग्वालियर 2001 ]

**उत्तर– बिन्दुस्त्राव (Guttation)–** पत्तियों के किनारों पर उपस्थित छिद्रों के द्वारा बूंदों के रूप में पानी का स्त्रावित होना ही बिन्दुस्त्राव कहलाता है। यह क्रिया जिन छिद्र के द्वारा पूर्ण होती है उन्हें हाइडेथोड कहते हैं।

बिन्दुस्त्राव मूल दाब के कारण होता है। इस क्रिया में भाग लेने वाले हाइडेथोड पत्तियों के किनारों पर एक ग्रंथि के रूप में पाये जाते हैं। ये छिद्र पत्ती की एपीडर्मल कोशिकाओं में पाये जाते हैं तथा अत्यन्त पतली भित्ति वाली कोशिकाओं के द्वारा घिरे रहते हैं। प्रत्येक छिद्र के नीचे ढीले रूप से व्यवस्थित कोशिकाओं का एक समूह होता है जिसे एपीथेम कहते हैं। एपीथेम में बहुत से अन्तकोशिकीय अवकाश पाये जाते हैं। एपीथेम के नीचे जाइलम तत्व पाये जाते हैं जिन्हें ट्रेकीड कहते हैं। इस प्रकार प्रत्येक हाइडेथोड एक अपूर्ण स्टोमेटा के समान संरचना होती है, लेकिन इसमें खुलने व बन्द होने की क्षमता नहीं पायी जाती है। उदाहरण– नास्टरशियम एवं जौ की तरुण पत्तियों में।

बिन्दुस्त्रावित जल में कार्बनिक एवं अकार्बनिक पदार्थ अत्यधिक मात्रा में पाये जाते हैं एवं इस जल में विभिन्न प्रकार के एन्जाइम अमीनोअम्ल, शर्करा, कार्बनिक अम्ल, विटामिन एवं खनिज पदार्थ पाये जाते हैं।



वाष्पोत्सर्जन तथा बिन्दुस्त्राव में अन्तर

| वाष्पोत्सर्जन (Transpiration) | बिन्दुस्त्राव (Guttation) |
|---|---|
| 1. इस क्रिया में जल वाष्प के रूप में निकलता है। | 1. इस क्रिया में पानी की बूंदों के रूप में बाहर निकलता है। |
| 2. यह क्रिया प्रायः दिन के समय होती है। | 2. यह क्रिया प्रायः रात के समय होती है। |
| 3. यह क्रिया स्टोमेटा द्वारा होती है। | 3. यह क्रिया जलरन्ध्र द्वारा होती है। |
| 4. इसका नियंत्रण रक्षक कोशिकाओं (Guard cells) द्वारा होता है। | 4. इसमें रक्षक कोशिकायें नहीं पाया जातीं। |
| 5. इस क्रिया में मूल दाब आवश्यक नहीं होता है। | 5. मूल दाब अधिक होने पर भी यह क्रिया होती है। |

**प्रश्न–12. स्टोमेटा या रन्ध्र की संरचना समझाते हुये इसकी कार्यिकी का वर्णन कीजिये।**

अथवा

**स्टोमेटा कितने प्रकार के होते हैं? लिखिये।** [ उज्जैन 2013 जबलपुर 18 ]

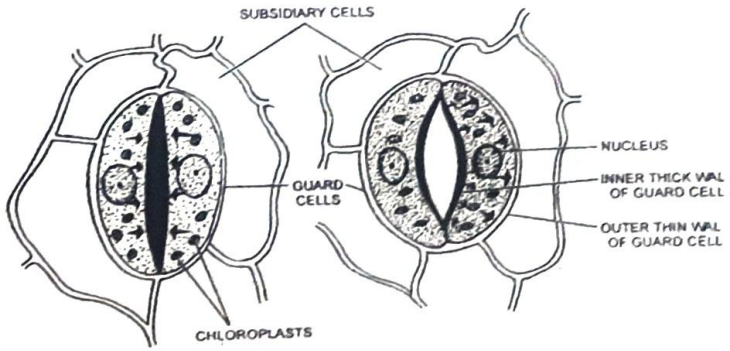
अथवा

**स्टोमेटा के खुलने तथा बंद होने की कार्यविधि समझाइये।**

**उत्तर– स्टोमेटा की संरचना–** स्टोमेटा प्रायः पत्तियों की एपिडर्मल कोशिकाओं के बीच में पाये जाते हैं। पानी में रहने वाले पौधों या उनके अंगों तथा जड़ों में इनका प्रभाव होता है। प्रत्येक स्टोमेटा में छिद्र होता है जिसे स्टोमा कहते हैं, जो दो अर्द्ध–चन्द्राकार रक्षक कोशिकाओं द्वारा घिरा रहता है। प्रत्येक रक्षक कोशिका में एक केन्द्रक, कुछ कोशिकाद्रव्य तथा अनेक क्लोरोप्लास्ट होते हैं।

रक्षक कोशिका की भीतरी भित्ति मोटा तथा बाहरी भित्ति पतली होती है। प्रायः पौधों के स्टोमेटा की रक्षक कोशिकाओं के चारों ओर सहायक कोशिकायें होती हैं तथा जो एपिडर्मल कोशिकाओं से भिन्न होती हैं। प्रायः रक्षक कोशिकायें वृक्काकार होती हैं किन्तु घास में ये लम्बी होती हैं।

**स्टोमेटा के खुलने एवं बन्द होने की क्रियाविधि–** स्टोमेटा का खुलना तथा बन्द होना रक्षक कोशिकाओं पर निर्भर होता है। स्टोमेटा दिन में या प्रकाश की उपस्थिति में खुले तथा रात्रि या अँधेरे में बन्द रहते हैं।




**चित्र– स्टोमेटा के खुलने एवं बन्द होने की क्रियाविधि**

खुले तथा बन्द स्टोमेटा को सूक्ष्मदर्शी द्वारा देखने से ज्ञात होता है कि खुले हुये स्टोमेटा की रक्षक कोशिकायें आशून होती हैं जबकि बन्द स्टोमेटा की रक्षक कोशिकायें श्लथ होती हैं, अतः स्पष्ट हो जाता है कि रक्षक कोशिकाओं की आशूनता के घटने या बढ़ने से स्टोमेटा बन्द या खुलते हैं। जब रक्षक कोशिकाओं की आशूनता में वृद्धि होती है तब रक्षक कोशिकाओं की बाहरी पतली भित्ति में खिंचाव उत्पन्न होने लगता है जिसके फलस्वरूप भीतरी मोटी भित्ति अवतल हो जाती है, अतः रन्ध्र खुल जाते हैं और जब इसके विपरीत क्रिया होती है तो स्टोमेटा बन्द हो जाते हैं।

**रन्ध्रों की भूमिका–**

(1) वाष्पोत्सर्जन (Transpiration) में रन्ध्रों की महत्वपूर्ण भूमिका होती है। इनके द्वारा लगभग 90% वाष्पोत्सर्जन होता है। पानी की अधिक कमी के कारण पत्तियों के रन्ध्र बन्द हो जाते हैं, अतः जल–हानि को रोकते हैं।

(2) श्वसन एवं प्रकाश–संश्लेषण के लिये रन्ध्रों के द्वारा गैसों का आदान–प्रदान होता है।

(3) रन्ध्रों का उपयोग निष्क्रिय जल अवशोषण, खनिजों का रसारोहण तथा वाष्पोत्सर्जन को नियमित करने में होता है।

**प्रश्न–13. पौधों के परिवर्धन के लिये कौन–कौन से तत्व आवश्यक हैं? पोटेशियम, मैग्नीशियम तथा फॉस्फोरस का पादप कार्यिकी में क्या महत्व है?** [ जीवाजी 2018 ]

अथवा

**पौधों के लिये आवश्यक तत्व क्या हैं? पौधे की जीवन क्रियाओं में इनकी भूमिका का वर्णन कीजिये।** [ जीवाजी 2005,07, सागर 2005,17 ]

अथवा

**पौधों में लघु पोषक तत्वों पर टिप्पणी लिखिये।** [ उज्जैन 2001,13 इन्दौर 2005,14,18 ]

अथवा [ जीवाजी 2008 ]

**पौधों में पाये जाने वाले 5 दीर्घ तत्वों की उपलब्धता, कार्यकीय भूमिका एवं कमी तथा विषाक्तता के लक्षण बताइये।** [ भोपाल 2006 ]

**उत्तर– आवश्यक तत्व (Essential elements)**– ये तत्व पौधों की सामान्य वृद्धि एवं उनके स्वास्थ्य के लिये अत्यन्त आवश्यक होते हैं। इनमें से कुछ तत्वों की आवश्यकता अधिक होती है। इन्हें महापोषक तत्व (Macro elements) कहते हैं। इन महातत्वों में नाइट्रोजन (N), फॉस्फोरस (P), कैल्शियम (Ca), मैग्नीशियम (Mg), आयरन (Fe), कार्बन (C), हाइड्रोजन (H), ऑक्सीजन (O), सल्फर (S), पोटेशियम (K) दस तत्व शामिल हैं।

इसके अलावा पाँच अन्य तत्व जिनकी पौधों को अल्प मात्रा में आवश्यकता होती है, वे सूक्ष्म पोषक तत्व (Micro elements) कहलाते हैं। ये तत्व मैंगनीज (Mn), जिंक (Zn), कॉपर (Cu), मोलिब्डेनम (Mo) एवं बोरॉन (B) हैं।

इस प्रकार से पौधों की वृद्धि एवं स्वास्थ्य के लिये 15 तत्व आवश्यक होते हैं।

**पोषण में पोषक तत्वों का योगदान**

**(A) महापोषक तत्व (Macro-elements)–**

**(a) नाइट्रोजन (Nitrogen)**– पौधों के द्वारा यह तत्व नाइट्रोजन के रूप में अवशोषित किया जाता है यह तत्व प्रोटीन संश्लेषण के कार्य में प्रयुक्त होता है। इसके द्वारा विभिन्न एमीनो अम्ल, एन्जाइम्स, RNA एवं DNA का संश्लेषण होता है।



**कमी तथा विषाक्तता के लक्षण–**

1. **नाइट्रोजन (Nitrogen)**– इसकी कमी होने से प्रोटीन संश्लेषण की क्रिया पर प्रभाव पड़ता है। इसके कारण कोशिका विभाजन रुक जाता है।
2. नाइट्रोजन की कमी होने से क्लोरोफिल के सश्लेषण में कमी आ जाती है। जिससे पत्तियाँ पीली पड़ जाती हैं। इससे प्रकाश संश्लेषण की क्रिया मन्द हो जाती है।
3. नाइट्रोजन की कमी के कारण एन्थोसायनिन (Anthocyanin) वर्णक बनता है। इससे पत्तियों की शिरायें लाल रंग की हो जाती है।

**(b) पोटेशियम (Potassium)**– यह पौधों की वृद्धि के लिये आवश्यक तत्व है। प्रकाश संश्लेषण, श्वसन तथा अन्य जैविक क्रियाओं के लिये इस तत्व की आवश्यकता होती है। यह फोस्फोरीकरण एवं श्वसन एन्जाइम्स को क्रियाशील बनाये रखता है।

**कमी तथा विषाक्तता के लक्षण–**

(1) पौधे में पोटेशियम की कमी से उनकी वृद्धि रुक जाती है तथा पत्तियों का रंग हल्का पीला हो जाता है।

(2) पत्तियों के सिरे विशेष प्रकार से मुड़ जाते हैं।

(3) पत्तियाँ असमय मुरझा जाती हैं।

**(c) फोस्फोरस (Phosphorus)**– यह तत्व पौधे के संचयी भागों में जैसे बीजों तथा फलों में प्रचुर मात्रा में पाया जाता है। यह प्लाज्मा झिल्ली तथा नाभिकीय अम्ल, को–एन्जाइम ATP में आवश्यक रूप से पाया जाता है।

**कमी तथा विषाक्तता के लक्षण–**

1. इस तत्व की कमी से केम्बियम की क्रियाशीलता कम हो जाती है। इससे परिवर्ती वृद्धि (secondary growth) मंद गति से होती है।
2. पत्तियों का रंग गहरा नीला हो जाता है।
3. पत्तियाँ पकने से पहले ही झड़कर गिर जाती है।

**(d) लोहा (Iron)**– यह क्लोरोफिल के संश्लेषण के लिये आवश्यक होता है। यह श्वसन क्रियाओं में उत्प्रेरक के समान कार्य करता है।

**कमी तथा विषाक्तता के लक्षण–**

(1) लोहे की कमी से पत्तियों में हरितहीनता (Chlorosis) हो जाती है। इससे पत्तियाँ पीली पड़ जाती हैं।

(2) प्लास्टिड्स का विघटन होने लगता है।

(3) धान्य फसलों की पत्तियों में पीली धारियां स्पष्ट रूप से देखी जा सकती हैं।

**(e) कैल्शियम (Calcium)**– यह तत्व पौधों की जड़ों के द्वारा मिट्टी में से अवशोषित किया जाता है। यह कैल्शियम पेक्टेट के रूप में कोशिका भित्ति की मिडिल लेमेला का निर्माण करता है।

यह नयी कोशिकाओं के निर्माण एवं प्रविभाजी ऊतकों की वृद्धि में महत्वपूर्ण योगदान देता है। यह अनेक एन्जाइमी क्रियाओं को उत्प्रेरित करता है। वसा के उपापचय, कला के निर्माण, कार्बोहाइड्रेट के उपापचय में कैल्शियम आवश्यक होता है।

**कमी तथा विषाक्तता के लक्षण–**

(1) पत्तियो के किनारे अनियमित आकार के हो जाते हैं।

(2) पत्तियों के किनारे पीले रंग के हो जाते हैं। इनके अग्रक हुक के समान हो जाते हैं।

(3) पत्तियों के डण्ठल मुरझा जाते हैं।

(4) पौधे की वृद्धि रुक जाती है।

**सूक्ष्म पोषक तत्व (Micro nutrients)**– पौधे के जीवन–चक्र में कुछ तत्व अत्यन्त अल्प मात्रा में आवश्यक होते हैं। इन तत्वों को सूक्ष्म पोषक तत्व कहते हैं। ये तत्व निम्न हैं–

**(a) जिंक (Zinc)**– यह तत्व पौधे की सामान्य वृद्धि के लिये आवश्यक होता है। यह प्रकाश संश्लेषण एवं क्लोरोफिल के संश्लेषण में उत्प्रेरक के समान व्यवहार करता है। इसकी उपस्थिति में पादप हॉर्मोन्स का संश्लेषण होता है।

**जिंक की कमी तथा विषाक्तता के लक्षण–**

(1) इसकी कमी से पत्तियाँ पीले रंग की हो जाती हैं।

(2) इसकी कमी से श्वेत कलिका (white bud) रोजेट (Rosette) नामक रोग हो जाते हैं। जिंक की अधिकता पौधे पर विषैला प्रभाव छोड़ती है।

**(b) मैंग्नीज (Mangnese)**– यह तत्व पौधे की वृद्धि के लिये आवश्यक होता है। यह पौधे में होने वाली ऑक्सीकरण एवं अवकरण की क्रियाओं में भाग लेता है। इसकी उपस्थिति में क्लोरोफिल का संश्लेषण होता है। इस तत्व की अधिकता में पत्तियाँ पीली पड़ जाती हैं एवं कमी के दौरान पत्तियाँ हरितहीनता (Chlorosis) के प्रभाव को दिखाती हैं।

**(c) कॉपर (Copper)**– इस तत्व की अल्प मात्रा पौधे की वृद्धि के लिये आवश्यक होती है। अधिक मात्रा में उपस्थित होने पर इस तत्व का विषैला प्रभाव पड़ता है। यह एन्जाइम्स के संश्लेषण में भाग लेता है। इस तत्व की कमी से कार्यकी से सम्बन्धित अनेक रोग जैसे–हरितहीनता (chlorosis) व डाइबेक (dieback) हो जाते हैं।

**(d) मोलिब्डेनम (Molybdenum)**– यह तत्व पौधे की वृद्धि के लिये जरूरी होता है। इसके अलावा, यह तत्व पौधे के द्वारा नाइट्रोजन स्थिरीकरण में महत्वपूर्ण योगदान करता है। इस तत्व की कमी से पौधे की वृद्धि रुक जाती है एवं फल पकने से पूर्व ही झड़कर गिर जाते हैं तथा पुष्पों का बनना बंद हो जाता है।

**(e) बोरोन (Boron)**– यह तत्व मूल रूप से श्वसन क्रियाओं एवं खाद्य पदार्थ के स्थानान्तरण में सहायता करता है। यह तत्व कोशिका विभाजन, पुष्पन फल निर्माण की क्रिया को प्रभावित करता है। इस तत्व की कमी से स्तम्भ अग्रक (step apex) नष्ट हो जाते हैं एवं जड़ों की वृद्धि रुक जाती हैं।

**(f) क्लोरीन (Chlorine)**– यह क्लोराइड के रूप में पौधों की जड़ों के द्वारा अवशोषित किया जाता है। यह पौधों की उपापचयी क्रियाओं के लिये आवश्यक होता है।

**प्रश्न–14. पर्णिक या फोलियर पोषण (Foliar nutrition) पर टिप्पणी लिखिये।**

**[ सागर 2020, भोपाल 19, ग्वालियर 2001 ]**

**उत्तर**– अनेक पोषक तत्वों को मिट्टी में छिड़ककर या रासायनिक उर्वरकों के रूप में पौधों की जड़ों को प्रदान किया जाता है। इस तत्वों का अवशोषण जड़ों के द्वारा होता है। इस प्रकार पौधे को पोषण तत्वों की उपलब्धता में काफी समय लग जाता है। अनेक वनस्पति-वेत्ताओं का अनुमान है कि जब उर्वरकों को मृदा में मिलाया जाता है तब पोषक तत्वों का अवशोषण पौधों की जड़ के द्वारा होता है। इस क्रिया में तेजी से वृद्धि करने वाले पौधों में काफी समय लग जाता है। इस समस्या का हल पत्तियों पर इन पदार्थों के छिड़काव के द्वारा किया जा सकता है। पत्रक पोषण के माध्यम से सूक्ष्म पोषक तत्वों की आपूर्ति सुनिश्चित की जा सकती है।

उर्वरकों के स्थान पर कुछ फसलों की पत्तियों पर पोषक पदार्थों को छिड़ककर उन्हें उपलब्ध कराया जा सकता है। पोषक पदार्थों का छिड़काव करते समय इस तथ्य को ध्यान में



रखा जाता है कि इनके छिड़काव से पत्तियों को किसी भी प्रकार की हानि नहीं होनी चाहिये। उद्योन में लगे वृक्षों में प्रायः इसकी सहनशक्ति होती है। यहाँ के वृक्षों की पत्तियों पर क्यूटिकिल की मोटी परत पायी जाती है। अतएव, अनेक प्रकार की समस्यायें जिनका निदान रासायनिक उर्वरकों के छिड़काव के द्वारा संभव नहीं हो सकता है उन्हें, पत्रीय पोषण के द्वारा सुलझाया जा सकता है।

पत्रक–पोषण के माध्यम से अनेक महापोषक तत्वों को पोधों की विशिष्ट वृद्धि के दौरान पौधों को उपलब्ध कराया जा सकता है, जबकि मृदा के द्वारा रासायनिक उर्वरकों की आपूर्ति मृदा के द्वारा की जानी कठिन होती है। अनेक वैज्ञानिकों का ऐसा विचार है कि जब उर्वरकों को मृदा में मिलाया जाता है तब पोषक तत्वों का अवशोषण जड़ों के द्वारा होता है और इसका प्रभाव काफी देर में पौधे के अंगों को होता है। जड़ों के द्वारा पोषक-तत्वों के अवशोषण एवं उनका सभी अंगों में वितरण में काफी समय व्यतीत हो जाता है। पत्रक–पोषण के द्वारा इस विलम्ब से बचा जा सकता है। पत्रक–पोषण के द्वारा अनेक सूक्ष्म तत्वों को फसली पौधों को उपलब्ध कराया जा सकता है। यह देखा गया है कि मृदा में सूक्ष्म तत्वों अवशोषण के लिये चीलेटेड लवणों *(chelated salts)* का होना नितान्त आवश्यक है, अन्यथा सूक्ष्म पोषक तत्वों का लाभ पौधों को प्राप्त नहीं हो पाता है।

पत्रक–पोषण की प्रभाविता तथा पोषक पदार्थों की विशेषता उनके अवशोषण पर निर्भर करती है ताकि ये क्यूटिकिल के द्वारा आसानी से प्रवेश कर सकें एवं इसके उपरान्त, एपीडर्मल कोशिकाओं से होकर पोषक तत्वों को अन्य स्थान पर ले जाया जा सके। इन पोषक तत्वों का प्रवेश रंध्रों *(stomata)* के द्वारा हो सकता है। लेकिन रंध्रों के द्वारा पोषक पदार्थों के प्रवेश को अनेक वैज्ञानिकों ने महत्वपूर्ण नहीं माना है। अनेक पादपशास्त्रियों का विचार है कि पोषक तत्वों का प्रवेश क्यूटिकिल के द्वारा अनेक प्रकार की गतियों के कारण होता है। अतः इन तत्वों का प्रवेश क्यूटिकिल के ऊपर मोम के समान पदार्थ का आवरण पाया जाता है। यह पदार्थ क्यूटिकिल एवं पोषक पदार्थों के सम्पर्क को बाधित करता है।

लेकिन इस प्रकार की असुविधा से बचाने के लिये कुछ विशेष रसायनों को मोमयुक्त पत्तियों पर छिड़क कर सुलझाया जा सकता है। इस प्रकार के रसायन पत्तियों के सतह तनाव *(surface tension)* को कम कर देते हैं।

पोषक तत्वों का एक भाग क्यूटिकिल में प्रविष्ट होने के बाद ये एपीडर्मल कोशिकाओं में सम्भवतः धागे के समान उपसूक्ष्मदर्शी संरचनाओं *(submicroscopic structures)* के द्वारा होता है। इन संरचनाओं को जो कि एपीडर्मल कोशिकाओं में पायी जाती हैं **एक्टोडेस्मेटा *(Ectodesemata)*** कहलाती हैं। ये एपीडर्मल कोशिकाओं के इण्टर फाइब्रिलर स्थान *(inter fibrillar)* स्थान होते हैं जो जीवद्रव्य के तरल स्रावी पदार्थों से भरे रहते हैं। पानी में घुले हुये खनिज आयन्स उसी प्रकार अवशोषित कर लिये जाते हैं। जैसे कि मूल कोशिकाओं के द्वारा खनिज लवणों का अवशोषण होता है।

निक्षालण *(Leaching)* के द्वारा पौधों के विभिन्न भागों से खनिज पदार्थ घुलकर अलग हो जाते हैं। खेत में उग रहे पौधों में वर्षा, पाला, ओस एवं कोहरा के द्वारा पोषक पदार्थों की हानि होती है। प्रयोगों के आधार पर यह सिद्ध किया जा चुका है कि विशेष परिस्थितियों में पत्तियों की सतह से 25% खनिज लवणों की हानि होती है।

यह भी देखा गया है कि वर्षा के पानी के द्वारा पौधों से कार्बनिक पदार्थों का निक्षालन हो जाता है। निक्षालन के कारण शर्कराओं, अमीनो अम्ल, पादप वृद्धि नियामकों एवं कार्बनिक अम्लों की हानि होती है। प्रयोगों के आधार पर यह सिद्ध किया जा चुका है कि पुरानी पत्तियों

में शिशु पत्तियों की अपेक्षा पोषक पदार्थों का निक्षालन अधिक होता है। भूमि से ऊपर पादप के वायवीय अंगों के द्वारा अनेक प्रकार के पोषक तत्वों का निक्षालन होता है। इनका अवशोषण फिर से जड़ों के द्वारा कर लिया जाता है।

**पत्रीय–पोषण से लाभ**

(1) महंगे खनिज लवणों का उपयोग करने के लिये आर्थिक दृष्टि से पत्रीय–पोषण बहुत उपयोगी है।
(2) इस विधि के द्वारा पादपों द्वारा आवश्यक उर्वरकों की पूर्ति सुनिश्चित होती है।
(3) इस विधि के द्वारा वांछित खनिज लवण पौधों के विभिन्न अंगों तक पहुँचाये जा सकते हैं।
(4) पौधों की वृद्धि के क्रान्ति प्रकाश अवधि *(Critical photoperiod)* के दौरान खनिज लवणों को पत्रीय–पोषण द्वारा पहुँचाया जा सकता है।
(5) इस विधि के द्वारा धन, समय व रासायनिक पदार्थों के अपव्यय को रोका जा सकता है।
(6) यह विधि पुष्प एवं फलों के पोषण के लिये अधिक उपयोगी है।
(7) इस विधि के द्वारा मुख्य फसलों के पौधों पर नाइट्रोजन व फॉस्फोरस के लवणों में पत्रीय–पोषण के द्वारा प्रोटीन की प्रतिशत मात्रा में अभिवृद्धि की जा सकती है।

**प्रश्न–15. खनिज लवणों के अवशोषण को प्रभावित करने वाले कारक लिखिये।**

**उत्तर–** खनिज लवणों के अवशोषण को प्रभावित करने वाले कारक बाह्य तथा आन्तरिक होते हैं जिन्हें निम्नानुसार वर्णित किया गया है–

**(A) बाह्य कारक–**

**(1) तापमान (Temperature)–** तापमान में वृद्धि के कारण अणुओं की गतिज क्रिया बढ़ जाती है, जिसके फलस्वरूप अधिक प्रसरण होता है। अधिक तापमान या बहुत कम तापमान पर एन्जाइमेटिक क्रियायें प्रभावित होने लगती हैं जिसके कारण लवण अवशोषण कम हो जाता है।

**(2) ऑक्सीजन (Oxygen)–** प्रायः ऑक्सीजन की उपस्थिति में सक्रिय लवण अवशोषण (active mineral absorption) अधिक तेजी से होता है, किन्तु ऑक्सीजन की कमी होने पर यह अवशोषण कम हो जाता है।

**(3) प्रकाश (Light)–** प्रकाश का प्रभाव पौधे की महत्वपूर्ण क्रियाओं, जैसे– वाष्पोत्सर्जन, प्रकाश–संश्लेषण तथा श्वसन पर पड़ता है। इन क्रियाओं का प्रभाव लवण अवशोषण पर पड़ता है। अर्थात् प्रकाश की उपस्थिति में सभी क्रियायें तेजी से होने लगती हैं।

**(4) मिट्टी के घोल का pH मान–** प्रायः मिट्टी के घोल (solution) के पी–एच (pH) के बढ़ने से एनायन अवशोषण घट जाता है और इसके विपरीत केटायन अवशोषण बढ़ जाता है। उदाहरण के लिये क्षारीय (alkaline) पी–एच (pH) में फॉस्फोरस का अवशोषण कम हो जाता है।

**(5) इण्टरएक्शन ऑफ साल्ट्स (Interaction of Salts)–** कुछ तत्वों के आयन्स (ions) जो मिट्टी में उपस्थित होते हैं, उनके कारण दूसरे तत्वों के आयनों का अवशोषण अधिक होने लगता है। उदाहरण के लिये मिट्टी में उपस्थित कैल्सियम ($Ca^{+}$) के आयन्स के कारण पोटैशियम ($K^{+}$) के आयन्स का अवशोषण अधिक होता है। इसके अतिरिक्त बेरियम ($Ba^{++}$), स्ट्रॉन्शियम ($Sr^{++}$) तथा कैल्सियम



($Ca^{++}$) के आयनों में आपस में अवशोषण के लिये प्रतिस्पर्धा (competition) होती है जिससे खनिज लवण अवशोषण प्रभावित होता है।

**(B) आन्तरिक कारक–**

**(1) वृद्धि–** प्रारम्भ में पौधों में सक्रिय कोशिका विभाजन के साथ–साथ खनिज लवण अवशोषण में भी वृद्धि होती है, जिससे पौधों में लम्बाई तथा परिवर्धन होता है किन्तु द्वितीयक (secondary) वृद्धि के पश्चात् खनिज लवण अवशोषण अधिक तेजी से नहीं होता है।

**(2) आयु–** मूल के परिपक्व होने पर उसका सतही क्षेत्र बढ़ जाता है जो लवणों के अवशोषण में सहायक होता है किन्तु सतह पर अधिक सुब्रिन (suberin) के जमाव के कारण यह अवशोषण कम हो जाता है।

**प्रश्न–16. पौधों में खनिज लवणों के महत्व को समझाइये।** [ जबलपुर 03,17 भोपाल 08 ]

**उत्तर– पौधों में खनिज लवणों का महत्व (Importance of Mineral salts in Plants)–** पौधों में खनिज लवणों के सामान्य कार्य निम्न हैं–

(1) **शरीर निर्माण (Body constitution)–** अनेकों खनिज तत्व अणुओं का स्थायी निर्माण करते हैं, जो कोशिकाद्रव्य तथा कोशिका भित्ति में पाये जाते हैं अर्थात् उनके अवयव होते हैं। जैसे प्रोटीन्स में सल्फर (S), न्यूक्लियोप्रोटीन्स तथा केन्द्रक अम्ल में फास्फोरस (P), कैल्शियम पेक्टेट में (Ca), हरित लवकों में मैग्नीशियम (Mg), साइटोक्रोम्स में आयरन (Fe) आदि। भली–भांति ज्ञात तत्वों, जैसे– C, H तथा O का उपयोग कार्बोहाइड्रेट के निर्माण में हो जाता है, जो प्रमुख रूप से जीवद्रव्य तथा कोशिका भित्ति का निर्माण करते हैं।

(2) **कोशिकाओं के परासरण दाब पर प्रभाव (Influence on the osmotic pressure of cells)–** पादप कोशिकाओं के कोशिका रस (Cell sap) में घुलित खनिज लवण पाये जाते हैं जो उनके परासरण दाब (OP) को प्रभावित करते हैं।

(3) **अम्लीय एवं बफर प्रभाव (Acidity and buffer action)–** मिट्टी द्वारा अवशोषित, खनिज तत्व H आयन की सान्द्रता को प्रभावित करते हैं अतः कोशिका रस की pH भी प्रभावित होती है। यह तत्व पादपों का प्रमुख बफर तन्त्र का निर्माण करते हैं, जैसे– फॉस्फेट बफर तन्त्र।

(4) **कोशिका द्रव्यी कला की पारगम्यता (Permeability of the cytoplasmic membrane)–** कोशिका द्रव्यी कलाओं की पारगम्यता केटायन्स (cations) तथा एनायन्स (anions) द्वारा प्रभावित होती है। पारगम्यता पर द्वि एवं त्रिसंयोजी केटायन्स (di and trivalent cations) का बुरा प्रभाव पड़ता है जिससे पारगम्यता कम हो जाती है। इसके विपरीत एक संयोजी केटायन्स (Monovalent cations) की उपस्थिति में पारगम्यता में वृद्धि होती है।

(5) **विषैला प्रभाव (Toxic effects)–** कुछ खनिज तत्व, जैसे आर्सेनिक (As), कॉपर (Cu) तथा मरकरी (Hg) के आयन्स जीवद्रव्य पर विषैला प्रभाव डालते हैं।

(6) **उत्प्रेरक प्रभाव (Catalytic effects)–** अनेक खनिज तत्व पौधों की उत्प्रेरक क्रियाओं में भाग लेते हैं। जैसे आयरन (Fe), कॉपर (Cu) तथा जिंक (Zn) कुछ विकरों (Enzymes) के प्रोस्थेटिक समूह का कार्य करते हैं। इसके विपरीत

मैग्नीज (Mn), मैग्नीशियम तथा कोबाल्ट के आयन्स अनेक एन्जाइम क्रियाओं के लिये सक्रिय कारक (activators) अथवा रोधक (Inhibitors) का कार्य करते है।

(7) **विरोधी प्रभाव (Antagonistic effects)**– कुछ खनिज तत्व दूसरे खनिज तत्व के प्रभाव को नष्ट कर देता है। जौ (Barley) के पौधों में यह अध्ययन किया गया कि मैग्नीज (300-400ppm) खनिज विलयन में सिलीकन (Si) की अनुपस्थिति में विषैला प्रभाव डालता है।

**प्रश्न–17. खनिज लवणों के स्थानान्तरण की क्रियाविधि का वर्णन कीजिये।**

[ भोपाल 2007,13 जीवाजी 17 जबलपुर 18 ]

अथवा

**खनिज लवणों के स्थानान्तरण की क्रियाविधि को विस्तारपूर्वक समझाइये।**

[ उज्जैन 2001,14 इन्दौर 2005 ]

**उत्तर– खनिज लवणों के स्थानान्तरण की क्रियाविधि (Mechanism of Mineral salts translocations)**– जड़ों द्वारा अवशोषित आयन्स स्वतन्त्र रूप से विसरित होते हैं, जो मूल की एपीब्लेमा एवं कॉर्टेक्स से होते हुये एण्डोडर्मिस तक पहुंच जाते हैं। आयन्स को आगे प्रवेश करने के लिये एण्डोडर्मिस में उपस्थित केस्पेरियन स्ट्रिप्स रुकावट पैदा करते हैं। बटलर ने बताया कि कार्टेक्स की कोशिकायें जीवित होती हैं तथा इनमें लवणों के अभिगमन के लिये उपापचयी ऊर्जा की आवश्यकता नहीं होती है। ऐसा माना जाता है कि कोशिकाद्रव्य का एक भाग प्रत्यक्ष स्वतन्त्र सतह के द्वारा घिरा होता है। यह आयन्स का स्थानान्तरण कोशिका भित्ति तथा प्लाजमोडेस्मेटा द्वारा एण्डोडर्मिस तक होता है। अतः आयन्स जाइलम में छोड़ दिये जाते हैं। ये आयन्स अन्तर्ग्रहण का सरलतम सिद्धान्त है।

एण्डोडर्मिश से जाइलम की अजीवित कोशिकाओं (non-living cells) तक आयन्स का सक्रिय (active) स्थानान्तरण होता है। इसके लिये श्वसन द्वारा प्राप्त उपापचयी ऊर्जा (metabolic energy) की आवश्यकता होती है। जाइलम रस की सान्द्रता आसपास की कोशिकाओं से ज्यादा होती है तथा आयन्स का अभिगमन एण्डोडर्मिस से जाइलम तक सान्द्रता शक्ति (concentration gradient) के विपरीत होता है। अतः अधिक ऊर्जा की आवश्यकता होती है। किन्तु एण्डोडर्मिस की कोशिकाओं में उपापचयी क्रियायें बहुत धीमी गति से होती है जिसके लिये उपापचयी ऊर्जा प्रयोग में लायी जाती है। क्राफ्ट्स (Crafts, 1961) के अनुसार एण्डोडर्मिस की कोशिकायें आयन्स विशेष केस्पेरियन स्ट्रिप्स की सहायता से जाइलम में विसरित (diffuse) हो जाते हैं।

एक बार लवणों का जाइलम में प्रवेश हो जाने के बाद यह वाष्पोत्सर्जन धारा के साथ ऊपर की और स्थानान्तरित हो जाते हैं जो पार्श्व की ओर फ्लोएम में कैम्बियम कोशिकाओं द्वारा पहुँच जाते हैं। कुछ लवणों में स्थानान्तरण कार्बनिक पदार्थों के साथ–साथ होता है तथा कुछ लवण मृदूतक की जीवित कोशिकाओं में संचित रहते हैं।

**प्रश्न–18. कार्बनिक पदार्थों के स्थानान्तरण को प्रभावित करने वाले कारक लिखिये।**

**उत्तर– कार्बनिक पदार्थों के स्थानान्तरण पर प्रभाव डालने वाले कारक निम्नलिखित हैं–**

(1) **तापमान (Temperature)**– 4° से 30°C तक तापमान बढ़ने पर स्थानान्तरण गति बढ़ती है, किन्तु 40°C से अधिक तापमान होने पर यह गति घट जाती है।

(2) **कार्बनिक पदार्थों की सान्द्रता (Concentration of organic substances)**– पत्ती की मीजोफिल कोशिकाओं का अधिक कार्बनिक पदार्थों के उपस्थित हो जाने पर स्थानान्तरण कम होने लगता है अर्थात् कम कार्बनिक पदार्थों के उपस्थित रहने पर यह क्रिया तेजी से होती-रहती है।



(3) **ऑक्सीजन (Oxygen)**– मिट्टी में ऑक्सीजन ($O_2$) की कमी होने से जड़ों में श्वसन दर कम हो जाती है जिससे स्थानान्तरण भी कम होता है। ऑक्सीजन की अधिक मात्रा में यह क्रिया तेजी के साथ होती है।

(4) **जल (Water)**– बने हुये कार्बनिक पदार्थ जल में घुलनशील होते हैं। अतः जल की अधिक मात्रा होने पर स्थानान्तरण तेजी से होता है।

(5) **पौधे की आयु (Age of the plant)**– तरुण पौधों (young plants) में प्रौढ़ पौधों (old plants) की अपेक्षा अधिक तीव्र गति से स्थानान्तरण होता है।

(6) **हॉर्मोन्स (Hormones)**– प्रायः वृद्धि वाले भाग में हॉर्मोन्स पाये जाते हैं, अतः इन भागों में स्थानान्तरण अधिक तेजी से होता है।

**प्रश्न–19. खनिजों के निष्क्रिय अवशोषण से क्या समझते हो? किन्हीं दो सिद्धान्तों का संक्षेप में वर्णन कीजिये।** [ सागर 2008 ]

अथवा

**पौधों में खनिज लवणों के अवशोषण की क्रियाविधि एवं उससे सम्बन्धित विभिन्न मतों का संक्षिप्त वर्णन कीजिये।** [ भोपाल 2005,14 ]

अथवा

**पौधों द्वारा खनिज लवणों के अवशोषण सम्बन्धी विभिन्न सिद्धान्तों का वर्णन कीजिये।**

अथवा

**निम्न पर संक्षिप्त टिप्पणी लिखिये–**

**(i) पौधों में खनिज लवणों का सक्रिय अवशोषण**

**(ii) सायटोक्रोम पम्प परिकल्पना।** [ रीवा 2006 ]

अथवा

**सक्रिय अवशोषण पर एक टिप्पणी लिखिये।** [ भोपाल 2006 ]

**उत्तर– पौधों में खनिज लवणों का अवशोषण (Absorption of mineral salts Plants)**– पौधों की वृद्धि एवं विकास के खनिज तत्व अति आवश्यक होते हैं, लेकिन ये पौधों के द्वारा उसी रूप में अवशोषित नहीं किये जाते हैं, बल्कि पौधे इन्हें विभिन्न प्रकार के लवणों के रूप में अवशोषित करते हैं। इस प्रकार ऐसे तत्व जो पौधों के लिये आवश्यक होते हैं, उन्हें आवश्यक तत्व (Essential elements) कहते हैं। उदाहरण– C, H, O, N, P, S, K, Mg, Ca, Mn, Fe, Zn, Cu, Mo, Cl आदि। इसमें से जो तत्व पौधों के द्वारा अत्यधिक मात्रा में उपयोग किये जाते हैं। उन्हें महापोषक तत्व (Macro nutrients) कहते हैं। उदाहरण– C, H, O, N, S, P, K, Mg, Ca आदि। इसी प्रकार जो तत्व पौधो के लिये अल्प मात्रा में आवश्यक होते हैं उन्हें सूक्ष्म मात्रिक तत्व (Micro-nutrients) कहते हैं। उदाहरण– B, Mn, Zn, Cu, Mo, Cl आदि।

पौधे इसमें से अधिकांश तत्वों को मृदा से प्राप्त करते हैं। इन तत्वों का अवशोषण पानी के साथ किया जाता है। खनिज लवणों के अवशोषण सम्बन्धी मतों को दो मुख्य भागों में बाँटा जा सकता है– (अ) निष्क्रिय अवशोषण (Passive absorption) (ब) सक्रिय अवशोषण (Active absorption)

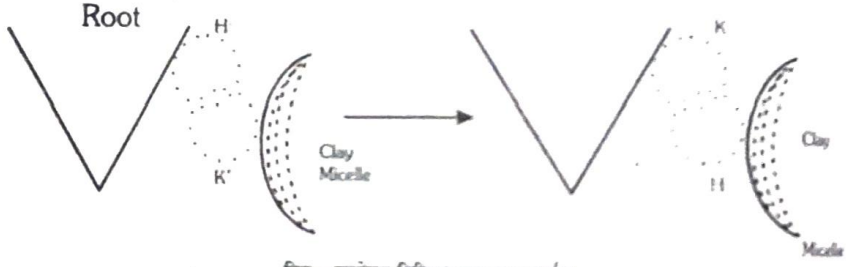
**(अ) निष्क्रिय अवशोषण (Passive absorption)**– इसमें खनिज लवण अवशोषित करने वाली कोशिकाओं को ऊर्जा का व्यय नहीं करना पड़ता। इस प्रकार के अवशोषण को निम्न प्रकार से समझाया जा सकता है–

**(i) विसरण विधि (Diffusion mechanism)**– यह इस बात पर आधारित है कि जड़ की कोशिकाओं की भित्ति पूर्ण रूप से पारगम्य (Permeable) होती है। मिट्टी में घुले

हुये लवणों के आयन्स सन्द्रता प्रवणता के आधार पर मिट्टी से से जड़ की कोशिाओं में विसरित (Diffuse) होते रहते हैं। यह अवशोषण लगातार होता ही रहता है। प्राय: यह देखा गया है कि जब जड़ो को कम सान्द्रता के घोल में रखा जाता है, तो खनिज लवणों का अवशोषण अधिक तीव्रता से होने लगता है।

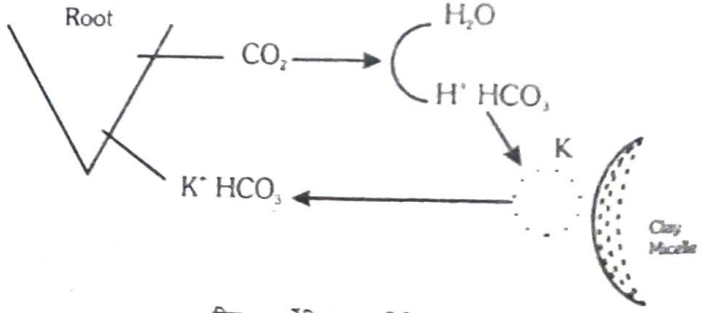
**(ii) आयन विनिमय विधि ( Ionic exchange mechanism)**– यह क्रिया इस बात पर आधारित है कि जो आयन्स जड़ कोशिकाओं की कलाओं या भित्ति की सतह पर अधिशोषित (absorbed) हते हैं उनकी अदला–बदली (exchange) मिट्टी के घोल से उन आयन्स से हो सकती है जिन पर उसी प्रकार का चिन्ह विद्यमान हो। उदाहरण–बाहर मिट्टी के घोल (soil solution) में उपस्थित कैटायन $K^+$ उस $H^+$ आयन से विनिमय कर सकता है जो जड़ कोशिकाओं की सतह पर अधिशोषित हों। इसी तरह ऐनायन (anion) का विनिमय $OH^-$ आयन से हो सकता है। इस सम्बन्ध के दो मत हैं–

**(अ) कान्टेक्ट विनिमय मत (The contact exchange theory)**– जड़ की कोशिकाओं की सतह पर अधिशोषित आयन्स का विनिमय बिना मिट्टी के घोल में घुले हुये तत्वों द्वारा हो सकता है कोशिकाओं की सतह पर उपस्थित आयन्स अधिक दृढ़तापूर्वक बँधे नहीं होते और थोड़ी–सी जगह में दोलन (Oscillation) करते रहते हैं। मिट्टी के कणों (soil or clay particles) में दोलन करते हुये आयन्स एक–दूसरे के ऊपर आ जाते हैं तभी उनमें विनिमय हो जाता है।




चित्र– कान्टेक्ट विनिमय मत का प्रदर्शन

**(ब) कार्बोनिक अम्ल विनियम मत (The carbonic exchange theory)**– इस सिद्धान्त के अनुसार, जो $CO_2$ श्वसन के दौरान जड़ की कोशिकाओं से निष्कासित होती है वह जल से संयोजन कर कार्बोनिक अम्ल ($H_2CO_3$) निर्मित करती है। कार्बोनिक अम्ल मिट्टी के घोल में $H^+$ तथा $HCO_3^-$

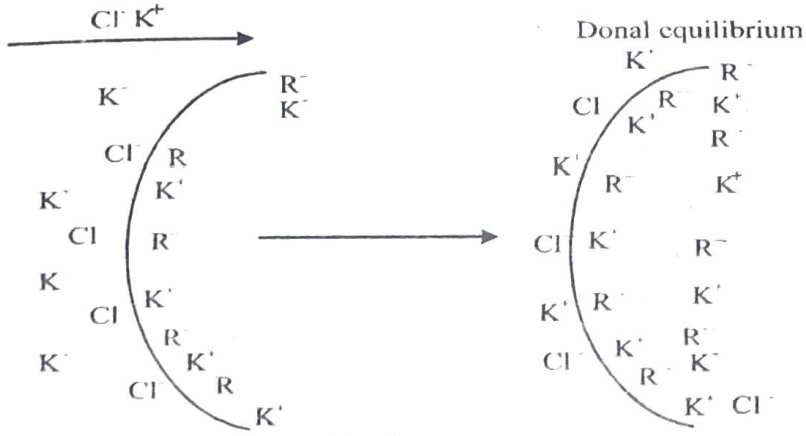



चित्र– कार्बोनिक अम्ल विनिमय मत



एनायन में वियोजित हो जाता है। ये हाइड्रोजन आयन्स ($H^+$ ions) मिट्टी के घोल में उपस्थित अन्य कैटायन्स से विनिमय करते हैं।

**(iii) डोनन सन्तुलन सिद्धान्त (Donan equilibrium Theory)**– अगर किसी कोशिका कला के अन्दर स्थित एनायन्स ($R^-$) की सान्द्रता इतनी अधिक हो जो पारगम्य कला द्वारा बाहर निष्कासित हो सकते हैं। अगर इस कोशिका कला को ऐसे घोल में, जिसमें केटायन्स ($K^+$) व एनायन्स ($Cl^-$) उपस्थित हों, में रख दिया जाये जिनके प्रति उपरोक्त कला पारगम्य हो तो हम प्रेक्षित करेंगे कि इस कला के द्वारा दोनों प्रकार के आयन्स भीतर की ओर विसरित होने प्रारम्भ हो जाते हैं। यह प्रक्रिया तब तक होती रहती है जब तक कि सन्तुलन स्थापित नहीं हो जाता। इस सन्तुलन को बनाये रखने के लिये अधिक से अधिक केटायन्स ($K^+$) भीतर की ओर जाते हैं और भीतर स्थित स्थिर एनायन्स ($R^-$) को सन्तुलित करते हैं। इसे डोनन सन्तुलन सिद्धान्त कहते हैं। इस क्रिया में आयन्स सान्द्रता प्रवणता (concentration gradient) के विपरीत इकट्ठे होने लगते हैं, अगर कला स्थिर केटायन्स (fixed cations) के लिये अपारगम्य (impermeable) हो तब ऐसी स्थिति में बाहर स्थित एनायन (Cl⁻) कोशिका के अन्दर प्रवेश करके वहाँ पर आयनिक सन्तुलन स्थापित कर लेते हैं।




चित्र– डोनन सन्तुलन

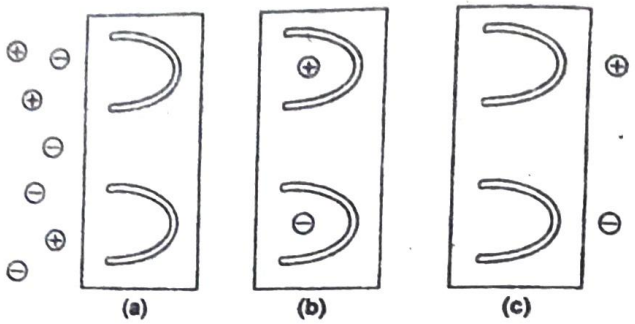
**(iv) मास फ्लो सिद्धान्त (Mass Flow Theory)**– इस मत को क्रैमर (Kramer, 1956) , कायलिन (Kylin, 1907) ने प्रस्तुत किया और बताया कि जड़ों में जल के मास फ्लो के साथ आयन्स प्रवेश करते हैं।

### (ब) सक्रिय अवशोषण (Active absorption)

उपापचयी क्रियाओं के फलस्वरूप ही खनिज लवणों के आयन्स का अवशोषण सक्रिय अवशोषण कहलाता है। सक्रिय अवशोषण को समझाने के लिये निम्न मत दिये गये हैं–

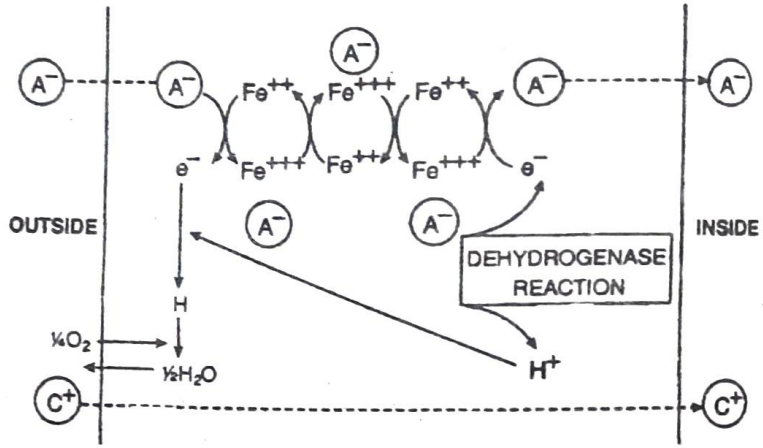
**(i) कैरियर मत (Carrier concept)**– इस सिद्धान्त के अनुसार प्लाज्मा कला स्वतन्त्र आयन्स के प्रति अपारगम्य होती है। परन्तु कुछ यौगिक जो उसमें उपस्थित होते हैं वह एक वाहक (carrier) के समान कार्य करते हैं और आयन्स के साथ संयोजन कर कैरियर आयन कॉम्प्लेक्स (Carrier ion complex) बना लेता है जो कला के दूसरी ओर जा सकता है। कला की अन्दरूनी सतह पर यह कॉम्प्लेक्स वियोजित होकर आयन्स को कोशिका के अन्दर

छोड़ देता है। जबकि कैरियर फिर से कला के बाहरी सतह पर पहुँच जाता है ताकि फिर से स्वतन्त्र आयन्स को वाहक बना कर ला सके।




चित्र– सक्रिय अवशोषण का कैरियर मत का प्रदर्शन

**(ii) साइटोक्रोम पम्प परिकल्पना (Cytochrome pump hypothesis)**– इस लवण अवशोषण विधि का प्रतिपादन प्रसिद्ध वैज्ञानिकों लुण्डी गार्ड (Lundegard, 1933) एवं ब्रुशटोम (Brushstorm) ने किया।

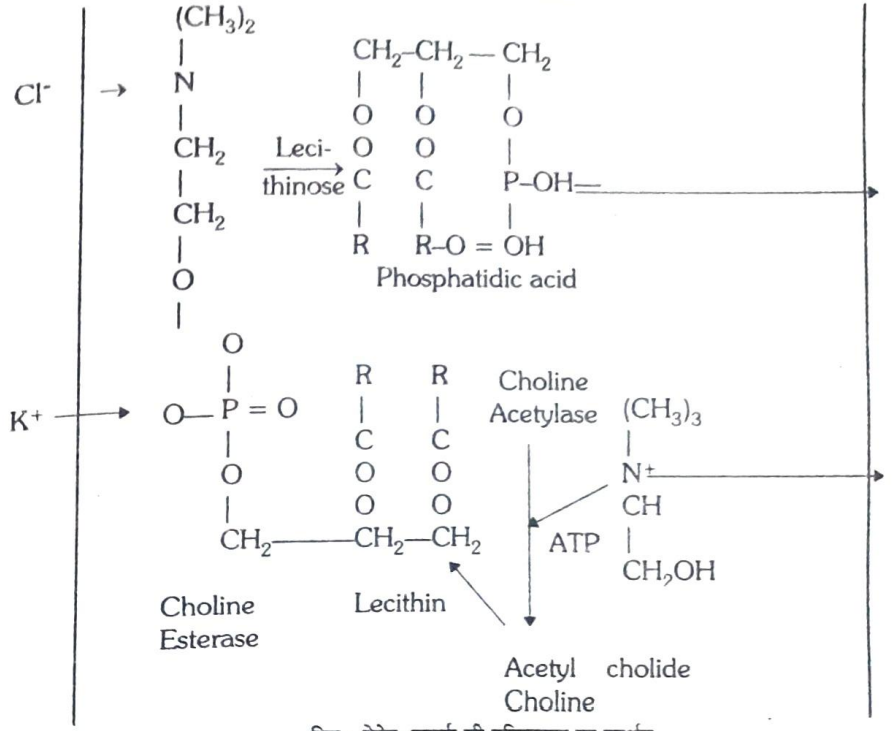



चित्र– लुण्डीगार्ड के साइटोक्रोम पम्प के सिद्धान्त द्वारा खनिज लवणों में अवशोषण प्रदर्शित साइटोक्रोम पम्प द्वारा एनायन्स का सक्रिय अवशोषण केटायन्स का निष्क्रिय अवशोषण

इन दोनों ने बताया कि एनायन्स के अवशोषण का सम्बन्ध श्वसन से होता है जिसमें साइटोक्रोम तन्त्र भाग लेता है। ऐसा प्रेक्षित किया गया है कि जब किसी पौधे की जड़ों को पानी से निकालकर खनिज लवणों के घोल में रख दिया जाता है तो उस पौधे में श्वसन दर बढ़ने लगती है और चूंकि सामान्य श्वसन की अपेक्षा श्वसन दर अधिक होती है। तब इसे लवण श्वसन (Salt respiration) कहते हैं। साइटोक्रोम पम्प विधि की रूपरेखा निम्नलिखित रूप से प्रस्तुत की जा सकती है। उनके अनुसार एनायन तथा कैटायन की अवशोषण विधि में अन्तर होता है। एनायन, साइटोक्रोम श्रृंखला द्वारा सक्रिय रूप से अवशोषित होते हैं। इसके विपरीत एनायन को संतुलित करने के लिये कैटायन निष्क्रिय रूप से अन्दर आ जाता है।

**(iii) बेनेट क्लार्क परिकल्पना (Bennet Clark's hypothesis)**– इस मत के अनुसार खनिज लवण अवशोषण फॉस्फोलिपिड के द्वारा होता है।






चित्र– बेनेट–क्लार्क की परिकल्पना का प्रदर्शन

इसमें लेसीथिन (Lecithin) एवं ATP भाग लेते हैं। बेनेट एवं क्लार्क ने प्रतिपादित किया कि लेसीथिन में फॉस्फेट ग्रुप उपस्थित होता है जिससे केटायन्स संयोजित हो जाते हैं तथा दूसरा ग्रुप कोलीन (choline group) होता है जिससे एनायन्स संयोजित होते है। फॉस्फोलिपिड, लैसीथिनेज (lecithinase) एन्जाइम द्वारा हाइड्रोलिस करके पुनः आयन्स निकालता है।

अंतिम उत्पाद फास्फेटाइडडिक अम्ल (Phosphatidic acid) एवं कोलीन फिर लेसीथीन को निर्मित करते हैं उपरोक्त प्रक्रिया में पहले कोलीन एसीटाइलेज नामक एन्जाइम व फिर दूसरी क्रिया में एस्टेरेज नामक एन्जाइस भाग लेता है। लेसीथिन आयन्स के लिये कैरियर का कार्य करता है और ऐसी कला जो आयन्स के लिये अपारगम्य होती है, उसमें आयन्स को प्रवेश कराने में सहायता करती है।

प्रश्न–20. निम्न पर संक्षिप्त टिप्पणी लिखिये–

(A) मुंच की मास प्रवाह परिकल्पना [ सागर 2006,13 भोपाल 2007 ]

(B) हाइड्रोपोनिक्स [ सागर 2008 ]

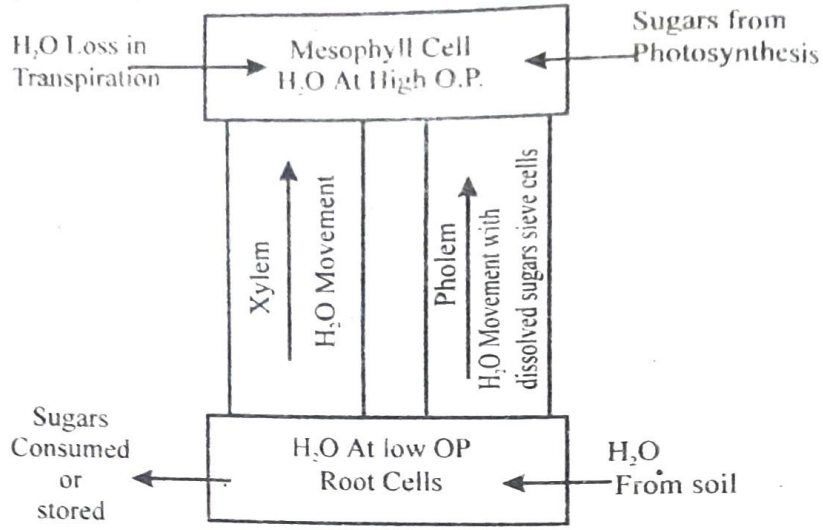
अथवा

मुंच मास फ्लो परिकल्पना पर संक्षिप्त टिप्पणी लिखिये।

[ भोपाल 2022 ग्वालियर 18 इन्दौर 18 उज्जैन 19,21, जबलपुर 01,14 ]

उत्तर– (A) मुंच की मास प्रवाह परिकल्पना **(Munch's Mass flow hypothesis)**– इस परिकल्पना को मुन्च नामक वैज्ञानिक ने सन् 1927–30 में

प्रतिपादित किया था। मुंच के अनुसार पौधों में विलेयों का स्थानान्तरण पानी के द्रव्यमान प्रवाह (Mass flow) या दाब प्रवाह (Pressure flow) के कारण होता है।




चित्र–मुन्च मास प्रवाह परिकल्पना का ग्राफीय प्रदर्शन

इस सिद्धान्त के अनुसार–पत्तियाँ प्रकाश संश्लेषण के द्वारा भोज्य पदार्थों (शर्करा) का निर्माण करती हैं। जिसके कारण पत्तियों की मीजोफिल कोशिकाओं में इनकी सान्द्रता बढ़ जाती हैं। अतः इनका परासरण दाब (Osmotic pressure) बढ़ जाता है। इस बढ़े हुये OP के कारण मीजोफिल कोशिकायें पत्तियों की जाइलम कोशिकाओं से पानी का अवशोषण करती हैं। अतः इनका स्फीति दाब (Turgor pressure) बढ़ जाता है। इस स्फीति दाब के प्रभाव से कुछ कोशिकीय विलयन फ्लोयम की चालिनी नलिकाओं (Sieve tubes) में प्रवेश करके नीचे की ओर प्रवाहित हो जाता है। यह स्थानान्तरित भोजन जड़ में संग्रहित हो जाता है अथवा उपभोगी सिरे (consumption end) के द्वारा उपयोग कर लिया जाता है अथवा यह अविलेय रूप (Insoluble form) में बदल जाता है। अतः यहाँ का OP एवं TP कम हो जाता है। ऐसी अवस्था में आपूर्ति सिरे (supply end) एवं उपभोगी सिरे (Consumption end) के मध्य स्फीतिदाब प्रवणता (T.P. gradient) उत्पन्न हो जाता है। अतः यहाँ पर उपस्थित पानी के द्रव्यमान प्रवाह, जिसमें विभिन्न प्रकार के विलेय होते हैं फ्लोयम के ऊपरी भाग से नीचे तक चला जाता है।

उपभोगी सिरे में इन कार्बनिक पदार्थों का उपयोग हो जाता है। अतः फ्लोएम कोशिकाओं का पानी जाइलम कोशिकाओं में प्रवेश कर जाता है। अतः जाइलम का OP कम हो जाता है। यह पानी जाइलम कोशिकाओं की वाहिनियों के द्वारा पुनः पत्ती की मीजोफिल कोशिकाओं में पहुंच जाता है। चूँकि पत्तियों की मीजोफिल कोशिकायें प्रकाश संश्लेषण के द्वारा निरन्तर भोजन बनाती रहती हैं। अतः इनका OP अधिक हो जाता है और जाइलम से पानी इन मीजोफिल कोशिकाओं को पहुँच जाता है। मीजोफिल कोशिका में यह पानी कार्बनिक विलेयों को घोलकर पुनःआपूर्ति सिरे से उपभोगी सिरे की ओर प्रवाहित होता रहता है।

**मुंच परिकल्पना के प्रति आपत्तियाँ–** अनेक वैज्ञानिकों ने मुंच परिकल्पना में अनेक प्रकार की आपत्तियाँ प्रकट की हैं। इनमें मुख्य आपत्तियाँ निम्नलिखित हैं–



(1) इस पकिल्पना के अनुसार पौधों में केवल एक दिशा में खाद्य–पदार्थों का स्थानान्तरण संभव हो सकता है लेकिन अधिकतर पौधों में खाद्य–पदार्थों का स्थानान्तरण दोनों ही दिशाओं में होता रहता है जो कि इस परिकल्पना के द्वारा स्पष्ट नहीं हो पाता है।

(2) मुंच के अनुसार खाद्य–पदार्थों का स्थानान्तरण एक भौतिक क्रिया है लेकिन, वैज्ञानिकों ने यह सिद्ध कर दिया है कि स्थानान्तरण की कार्यिकी में परिवर्तन कर दिये जाने पर स्थानान्तरण प्रभावित हो जाता है।
**श्वान्सन** 1959 के अनुसार ATP के द्वारा पत्ती की मीजोफिल कोशिकाओं से फ्लोयम कोशिकाओं में स्थानान्तरण तेजी से होने लगता है। इस तथ्य को मुंज ने स्पष्ट नहीं किया था।

(3) ऐसे पौधों में माँस फ्लो का प्रक्रम सम्भव नहीं है जिनमें फ्लोयम के चालनी छिद्र *(Sieve pore)* गाढ़े जीवद्रव्य के कारण बंद हो गये हैं। लेकिन उनमें फिर भी स्थानान्तरण होता रहता है, अनेक वैज्ञानिकों का ऐसा मानना है।

(4) मुंच की परिकल्पना के विपरीत चालनी नलिकाओं से शर्करा की सान्द्रता मीजोफिल कोशिकाओं की शर्करा की सान्द्रता की 25 गुना तक होती है।

**मुंच के मॉस फ्लो परिकल्पना के रूपान्तरण**

**(Modification of Munch mass flow hypothesis)**

**मुंच परिकल्पना** के मुख्य तीन रूपान्तरण प्रस्तुत किये गये हैं। ये रूपान्तरण निम्न प्रकार हैं–

**(i) आयतन फ्लो (Volume flow)–** इस रूपान्तर को प्रसिद्ध वैज्ञानिक **हस्चिरिच** *(Eschirich)* **एवर्ट** *(Evart)* **तथा यंग** *(Young)* **ने** सन् 1972 में **प्रस्तुत किया।** आपने यह बताया कि दाब *(pressure)* के अन्तर के कारण कार्बनिक पदार्थों का स्थानान्तरण चालनी नाल *(sieve tubes)* में होता है। आपने अपने प्रयोगों में बंद *(closed)* एवं खुली *(Open)* चालनी नलिकाओं में माँस फ्लो का अध्ययन किया। इसी अध्ययन के आधार पर आपने यह बताया कि दाब का वहाव हाइड्रोस्टेटिक दाब *(hydrostatic pressure)* एवं परासरण दाब *(osmotic pressure)* से प्रभावित होता है।

**(ii) विलयन फ्लो** *(solution flow)* **मार्शल एवं वार्डलो** *(Marshall and Wardlaw 1973)* के अनुसार पदार्थ विलयन के रूप में गति प्रदान करता है। आपके अनुसार विभिन्न प्रकार के विलेय समान रूप से चलते हैं क्योंकि उन पर विलयन में समान भौतिक प्रभाव पड़ता है।

**(iii) सक्रिय मास फ्लो** (Active mass flow) **मैसन एवं फिलिप्स** (Mason and Phillips, 1936) के अनुसार कोशिकाद्रव्य की विशिष्ट अवस्था को बनाये रखने के लिये कुछ ऑक्सीजन की आवश्यकता होती है एवं इस विशिष्ट अवस्था वाले कोशिका द्रव्य में स्थानान्तरण होता है। आपने प्रयोगों के आधार पर यह बताया कि शर्करा का विलयन जो काँच की नली में बहता है उसकी गति 40,000 गुनी अधिक जीवित कोशिकाओं में होती है। इसके आधार पर उन्होंने शर्करा की सक्रिय विसरण *(Active diffusion)* की परिकल्पना का प्रतिपादन किया।

**(B) हाइड्रोपोनिक्स (Hydroponics)–** पौधों को मृदा रहित संवर्धन माध्यम (soilless culture) में संवर्धन करना हाइड्रोपनिक्स कहलाता है। पौधों की वृद्धि के लिये आवश्यक

तत्वों का पता लगाने के लिये विलयन संवर्धन का प्रयोग किया जाता है। इस विधि में पौधों को भूमि में लगाने के बजाय लवणों के विलयन (salt solution) में उगाया जाता है। यह निम्न दो प्रकार का होता है–

**(a) बालू संवर्धन विधि (Sand culture)–**

1. इस विधि में पौधों के कृत्रिम संवर्धन हेतु एक बर्तन लिया जाता है तथा पौधे के सहारे हेतु तार का उपयोग किया जाता है।
2. इस बर्तन में ऐसी बालू ली जाती है जिसे अच्छी तरह धोने के पश्चात् अच्छी तरह से स्टेरिलाइज किया हो। इस बालू में किसी एक संवर्धन माध्यम का जलीय विलयन मिला दिया जाता है।

**(b) तरल संवर्धन विधि (Liquid culture method)–** इस विधि में पौधों की जड़ों को पानी के एक ऐसे विलयन में उगाया जाता है। जिसमें पौधे की वृद्धि एवं विकास के लिये आवश्यक सभी तत्व पाये जाते हैं।

इस विधि में काँच का बर्तन लेकर उसमें संवर्धन माध्यम भर दिया जाता है। पौधे को चित्रानुसार लगाकर बर्तन में एक पाइप के द्वारा वायु प्रवाहित करते रहते हैं। पौधे की जड़ों को सूर्य के प्रकाश से बचाने के लिये तथा संवर्धन माध्यम में शैवालों की वृद्धि को रोकने के लिये बर्तन को एक काले पेपर या कपड़े से ढक दिया जाता है। इस विधि में यह ध्यान रखा जाता है कि पौधे के द्वारा खनिज तत्वों के अवशोषण से संवर्धन माध्यम का pH बदलने नहीं पाये। यदि संवर्धन माध्यम का pH बदल जाता है तब इस विलयन के स्थान पर दूसरा विलयन ले लेना चाहिये।

**हाइड्रोपोनिक्स का महत्व (Advantage of hydroponics)–** इस विधि का उपयोग केवल ग्रीन हाउस में ही फसलों के विकास के लिये होता है। व्यावसायिक स्तर पर अभी तक इसका उपयोग नहीं हो पाया है। इस विधि के अन्य प्रमुख महत्व निम्न हैं–

(1) पौधों की वृद्धि के लिये आवश्यक पोषक पदार्थों की मात्रा एवं उनका प्रकार ज्ञात किया जा सकता है।

(2) किसी विशिष्ट फसल या पौधे की वृद्धि के लिये आवश्यक pH का नियंत्रण किया जा सकता है।

(3) विभिन्न प्रकार के रोगाणुओं (pathogens) का नियन्त्रण किया जा सकता है।

**प्रश्न–21. स्रोत–सिक सम्बन्ध को संक्षेप में समझाइये।** [ जीवाजी 2007 ]

अथवा

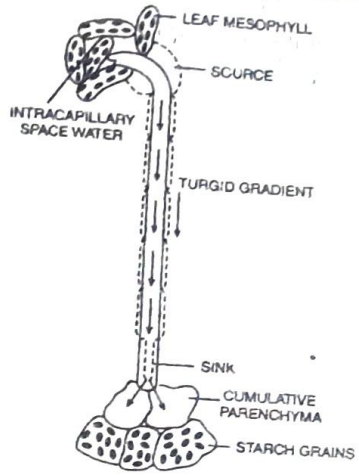
**स्रोत एवं सिंक के सम्बन्ध पर संक्षिप्त टिप्पणी लिखिये।** [ जबलपुर 2003 भोपाल 2018 ]

**उत्तर– स्रोत–सिंक सम्बन्ध (Source-Sink Relationships)–** फ्लोएम के द्वारा कार्बनिक पदार्थों के स्थानान्तरण से स्पष्ट है कि स्रोत–सिंक के बीच सम्बन्ध आवश्यक होते हैं। अतः ऐसे ऊतक जिनके द्वारा कार्बोहाइड्रेट का संश्लेषण किया जाता है, स्रोत कहलाते हैं। तथा जो अंग कार्बनिक पदार्थों को ग्रहण करते हैं, सिंक (sink) कहलाते हैं। फ्लोयम स्रोत व सिंक के बीच की कड़ी का कार्य करता है।

चित्र से स्रोत एवं सिंक के द्वारा स्पष्ट हो जाता है कि पौधों में वृद्धि एवं परिवर्धन किस प्रकार होता है तथा इसके लिये कितने स्थान एवं समय की आवश्यकता होती है। स्रोत व सिंक की उपापचयी क्रियाओं का आकार पादप वृद्धि एवं उत्पादकता पर महत्वपूर्ण प्रभाव पड़ता है। उच्चतम स्रोत एवं सिंक की अवस्था होने पर पौधों की उत्पादकता बहुत बढ़ जाती है। अतः अधिकतम प्रकाश संश्लेषण में स्वांगीकारक का कुशल स्थानान्तरण (आरोहन) तथा उपज (yield) तत्वों में वृद्धि होती है। अतः उपज के लिये स्रोत व सिंक को महत्वपूर्ण माना जाता है



जिससे यह भी स्पष्ट किया जा सकता है जिससे यह भी स्पष्ट किया जा सकता है कि शर्करा का संश्लेषण, मीजोफिल कोशिकाओं में होता है, जो स्वतन्त्र स्थान पर पहुँच कर सान्द्रता ग्रेडिएन्ट (Concentration gradient) के अनुसार फ्लोएम में स्थानान्तरित होती हैं। अतः स्वतन्त्र स्थान से शर्करा का एकत्रित होना एक ऊर्जा आश्रित विधि कहलाती है।




चित्र– स्रोत (पत्ती मीजोफिल) से कार्बोहाइड्रेट का सिंक की ओर स्थानान्तरण

बड़ी पत्तियाँ जो पौधे पर नीचे की ओर लगी होती हैं, कार्बनिक पदार्थों का स्थानान्तरण नीचे की ओर जड़ों में करती है, किन्तु जो पत्तियाँ ऊपर की ओर स्थित होती है, उनके द्वारा कार्बनिक पदार्थों का स्थानान्तरण पौधे के शीर्ष (Apex) की ओर होता है व जो पत्तियाँ पौधे के मध्य में स्थित होती हैं उनके द्वारा स्थानान्तरण ऊपर तथा नीचे दोनों तरफ होता है अर्थात् स्त्रोत–सिंक विन्यास का विन्यास कार्बनिक पदार्थों के स्थानान्तरण व वितरण को निश्चित करता है। यह बात सत्य है कि तीव्रता से वृद्धि करने वाले अंगों को सबसे अधिक कार्बनिक भोज्य पदार्थ प्राप्त होते हैं। जैसे लम्बाई में वृद्धि करते पर्व (internode) फैलती हुई पत्तियाँ (leaves) परिवर्धन करते हुये फल (Fruits) तथा बीज आदि। कार्बनिक पदार्थों का एक दिशा में रेडियोएक्टिव स्थानान्तरण अब दोनों दिशाओं में स्थानान्तरण प्रदर्शित करता है। अतः नवोदभिद् (Seedling) की पत्ती सिंक (sink) का कार्य करती है किन्तु परिपक्व हो जाने पर यह पत्ती स्रोत का कार्य करने लगती है। इसके अलावा वातावरणीय कारक, जैसे तापमान, जल, खनिज वितरण भी स्रोत–सिंक सम्बन्ध को प्रभावित करते हैं जिनके द्वारा वृद्धि तथा परिवर्धन प्रभावित होते हैं।

**प्रश्न–22. पौधों में कार्बनिक पदार्थों के अभिगमन (आरोहण) की परिकल्पना पर निबन्ध लिखिये।** [ जीवाजी 2006 भोपाल 2008 उज्जैन 2013 ]

अथवा

**कार्बनिक पदार्थों के स्थानान्तरण पर प्रभाव डालने वाले कारकों पर एक टिप्पणी लिखिये।** [ भोपाल 2006 ]

**उत्तर– फ्लोएम आरोहण की क्रियाविधि की परिकल्पना–** पौधों में कार्बनिक भोजन फ्लोएम द्वारा स्थानांतरित होता है, क्योंकि जाइलम में खनिज लवण एवं जल घुलित अवस्था में रहते हैं।

प्रमाण–
(1) छाल के काटने पर रस का निकलना।
(2) तलपन प्रयोग– जिसके द्वारा यह प्रमाणित किया गया कि भोज्य पदार्थों का स्थानान्तरण केवल फ्लोएम द्वारा होता है।

**कार्बनिक पदार्थों के स्थानान्तरण की क्रियाविधि के मत–**

(1) **विसरण परिकल्पना (Diffusion hypothesis)**– इसके अनुसार फ्लोएम में कार्बनिक पदार्थों का स्थानान्तरण विसरण के सिद्धान्तों पर आधारित है। यानि उच्च सान्द्रता से कम सान्द्रता की ओर स्थानान्तरण होता है।

(2) **सक्रिय विसरण परिकल्पना (Activated Diffusion hypothesis)**– इसके अनुसार फ्लोएम का जीवद्रव्य प्रतिरोध कम कर देता है। इससे सक्रिय विसरण के कारण स्थानान्तरण होता है।

(3) **जीवद्रव प्रवाही परिकल्पना**– इसके अनुसार जीवद्रव्य में प्रवाही गति होती रहती है जिसके कारण चालनी नलिकाओं में भोज्य-पदार्थ के सिरे दूसरे सिरे पर स्थानान्तरित होते रहते हैं।

(4) **मुन्च परिकल्पना (Munch hypothesis)**– पिछले प्रश्न में दिया गया है।

**कार्बनिक पदार्थों के स्थानान्तरण को प्रभावित करने वाले कारक**– इसे प्रभावित करने वाले कारक निम्नलिखित हैं–

(1) **कार्बनिक पदार्थों की सान्द्रता**– पत्ती की मीजोफिल कोशिकाओं का अधिक कार्बनिक पदार्थों के उपस्थिति के कारण स्थानान्तरण कम हो जाता है तथा जहाँ कम कार्बनिक पदार्थ उपस्थित होते है वहां स्थानान्तरण तेजी से होता है।
(2) **जल**– जल की मात्रा अधिक होने के कारण स्थानान्तरण क्रिया तेजी से होती है।
(3) **ऑक्सीजन**– मिट्टी में $O_2$ की कमी होने के कारण स्थानान्तरण धीमे हो जाते हैं तथा जहां $O_2$ भरपूर मात्रा में प्राप्त होती हैं वहां यह क्रिया तेजी से होती है।
(4) **तापमान**– 4° से 30°C तक स्थानान्तरण की गति तीव्र हो जाती है तथा 40°C से अधिक तापमान पर गति कम हो जाती है।
(5) **हार्मोन्स**– वृद्धि हार्मोन्स वाले भागों में स्थानान्तरण तेजी से होता है।
(6) **पौधों की आयु**– तरुण पौधों में स्थानान्तरण तेजी से तथा प्रौढ़ पौधों में धीमी गति से होता है।

**प्रश्न–23. कार्बोहाइड्रेट्स क्या है? इनका वर्गीकरण कीजिये तथा मोनोसेकेराइड्स के गुणों का उल्लेख कीजिये।** [ भोपाल 02,10,13,17 जीवाजी 14,18 ]

अथवा

**कार्बोहाइड्रेट्स को समझाते हुये इसकी रचना एवं वर्गीकरण दीजिये।** [ इन्दौर 02 ]

अथवा

**मोनोसेकेराइड्स के रासायनिक गुणों एवं लाभों का वर्णन कीजिये।**

अथवा

**कार्बोहाइड्रेट्स के जैविक महत्व को समझाइये।**

अथवा

**मोनोसेकेराइड्स के भौतिक व रासायनिक गुणों का वर्णन कीजिये।**

**उत्तर**– कार्बोहाइड्रेट्स कार्बन, हाइड्रोजन और ऑक्सीजन के 1:2:1 अनुपात में मिलने से बने महत्वपूर्ण कार्बनिक यौगिक हैं जो जीवों के शरीर में अनिवार्य रूप से पाये जाते हैं और कई महत्वपूर्ण क्रियाओं में सक्रिय रूप से भाग लेते हैं। रासायनिक रूप से इन्हें



$C_x(H_2O)_y$ के सामान्य सूत्र से व्यक्त करते है। जैसे– ग्लूकोज $C_6H_{12}O_6$ या $C_6(H_2O)_6$ गन्ने की शक्कर $C_{12}H_{22}O_{11}$ या $C_{12}(H_2O)_{11}$ आदि। लेकिन किसी-किसी कार्बोहाइड्रेट्स में इनके अवयवों के बीच में 1:2:1 का अनुपात नहीं पाया जाता है। इस कारण कार्बोहाइड्रेट्स को इस प्रकार से परिभाषित करते हैं– 'कार्बोहाइड्रेट्स वे यौगिक हैं जो पॉलीहाइड्रॉक्सी ऐल्डिहाइड्स या कीटोन्स होते हैं अथवा वे पदार्थ हैं जो जल अपघटन पर पॉलीहाइड्रॉक्सी ऐल्डिहाइड्स या कीटोन्स देते हैं।'

रासायनिक दृष्टि से अधिकांश कार्बोहाइड्रेट्स में हाइड्रोजन और ऑक्सीजन का वही अनुपात होता है जो पानी में। इसी कारण इन्हें कार्बन के हाइड्रेट्स या कार्बोहाइड्रेट्स के नाम से सम्बोधित किया जाता है। जल अपघटन कराने पर ये पॉलीहाइड्रॉक्सी ऐल्डिहाइड्स या कीटोन्स देते हैं अर्थात् रासायनिक रूप से ये पॉलीहाइड्रिक एल्कोहॉल के ऐल्डिहाइड व कीटोन के व्युत्पन्न हैं। कार्बोहाइड्रेटों को सैकेराइड्स भी कहते हैं। क्योंकि इनमें शर्करा सम्मिलित होती है। कार्बोहाइड्रेट्स हरे पौधों द्वारा प्रकाश संश्लेषण की क्रिया में बनते हैं और हरे पौधों से ही दूसरे जीव इन्हें प्राप्त करते हैं।

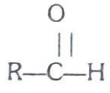
कार्बोहाइड्रेट्स में या तो एक एल्डिहाइड समूह अथवा एक कीटोन समूह होता है तथा अन्य कार्बन पर –OH समूह स्थित होता है। यद्यपि अनेक सामान्य कार्बोहाइड्रेट्स $(CH_2O)n$ द्वारा निरूपित किये जाते हैं।

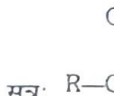
**कार्बोहाइड्रेट्स का वर्गीकरण**– आणविक संरचना तथा रासायनिक गुणों के आधार पर कार्बोहाइड्रेट्स को तीन समूहों में बांटा गया है–

(i) मोनोसेकेराइड्स (ii) औलिगौसैकेराइड्स (iii) पॉलीसैकेराइड्स। ये सूक्ष्मजीव अणु होते हैं। पॉली सैकेराइड्स बड़े जीव अणु हैं।

(1) **मौनोसेकेराइड्स (Monosaccharides)**– ये 3 से 7 कार्बनों के बने वे कार्बोहाइड्रेट्स हैं जिनका सरलतम कार्बोहाइड्रेट्स में जलीय अपघटन नहीं किया जा सकता। ये जल में विलेय तथा स्वाद में मीठे होते हैं। इनके अणु आपस में मिलकर ऑलिगो तथा पॉलीसेकेराइड्स बनाते हैं। प्रत्येक मोनोसेकेराइड्स में एक ऐल्डिहाइडिक या कीटोन समूह अवश्य पाया जाता है। प्रथम प्रकार के मोनोसैकेराइड ऐल्डोलेज तथा द्वितीय प्रकार के कीटोन कहलाते हैं।

ऐल्डिहाइड का सामान्य सूत्र : RCHO

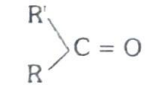




सरल कीटोन का सामान्य सूत्र:



मिश्रित कीटोन का सामान्य सूत्र:

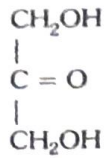


मौनोसेकेराइड्स को उनमें स्थित कार्बन परमाणुओं के आधार पर पुनः वर्गीकृत किया जाता है–

**(i) ट्राइओज (Triose)**– ये कार्बोहाइड्रेट्स सबसे छोटे होते हैं और इनमें केवल तीन कार्बन परमाणु होते हैं, जैसे–ग्लिसरेल्डिहाइड, डाइहाइड्रॉक्सीएसीटोन। इनका सामान्य सूत्र $C_3H_6O_3$ होता है।

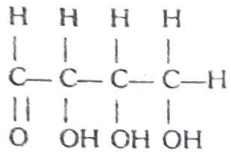


ग्लिसरल्डिहाइड



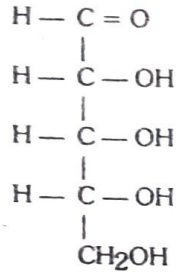
डाइ–हाइड्रॉक्सी एसीटोन

**(ii) टेट्रोज (Tetrose)**– इसमें कार्बन के चार परमाणु होते हैं और इनका सामान्य सूत्र $C_4H_8O_4$ होता है। जैसे– इरिथ्रोज

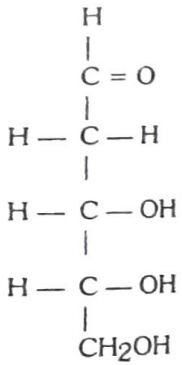


इरिथ्रोज

**(iii) पेण्टोज (Pentose)**– इसमें कार्बन के पांच परमाणु होते हैं और इनका सामान्य सूत्र, $C_5H_{10}O_4$ होता है। जैसे– राइबोज, डीऑक्सी राइबोज।



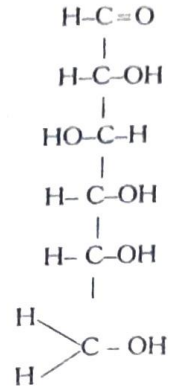
राइबोज



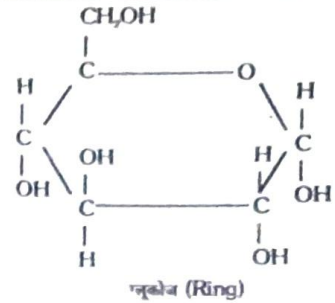
डीऑक्सी राइबोज

**(iv) हेक्सोस (Hexose)**– इसमें कार्बन के छह परमाणु होते हैं और इसका सूत्र $C_6H_{12}O_6$ है। यह एक सामान्य कार्बोहाइड्रेट हैं जो प्रकाश संश्लेषण में उत्पादित होता है और सामान्यतः श्वसन में प्रयोग किया जाता है। जैसे–ग्लूकोज, फ्रक्टोज, गैलेक्टोज आदि।





ग्लूकोज (Chain)



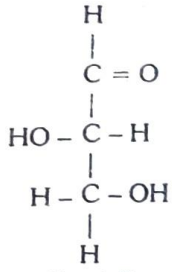
ग्लूकोज (Ring)

**(v) हेप्टोज (Heptose)**– इसमें कार्बन के सात परमाणु पाये जाते हैं। इसका सूत्र $C_7H_{14}O_7$ होता है। जैसे– मेनोहेप्टुलोज।

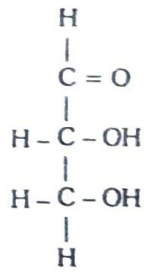
### मोनोसेकेराइड्स के गुण

**भौतिक गुण**– ये ठोस, रंगहीन तथा मीठे स्वाद वाले होते हैं। ये जल में घुलनशील एल्कोहॉल में कम घुलनशील तथा ईथर में अघुलनशील होते हैं। इनका कार्बन परमाणु अचक्रीय होता है, अतः ये विभिन्न आइसोमैरिक रूपों में पाये जाते हैं। इनके घोल में यदि ध्रुवित प्रकाश प्रवेश किया जाता है तो प्रकाश दायीं या बायीं ओर घूम जाता है। जैसे–

L- ग्लिसरल्डिहाइड तथा D- ग्लिसरल्डिहाइड



L- ग्लिसरल्डिहाइड



D- ग्लिसरल्डिहाइड

**रासायनिक गुण– मोनोसैकेराइड्स हाइड्रॉक्सिल एवं कार्बोक्सिल दोनों समूहों के गुण दर्शाते हैं।**

**हाइड्रॉक्सिल समूह के गुण–**

**1. एस्टर का निर्माण या एस्टरीकरण**– एल्कोहॉलिक समूह की उपस्थिति के कारण मोनोसैकेराइड्स अकार्बनिक अम्लों के साथ क्रिया करक एस्टर का निर्माण करते हैं। एसीटेट्स, बैनजॉएट्स तथा फॉस्फेट्स मोनो सैकेराइड्स के सामान्य एस्टर हैं।

**2. एसीटिलीकरण**– जिंक क्लोराइड की उपस्थिति में मोनोसेकेराइड्स को एसीटिक एनहाइड्राइड या एसीटायल क्लोराइड के साथ गर्म करने पर इनका–OH समूह एसीटिलेटेड हो जाता है। ग्लूकोज या फ्रक्टोज के एक अणु में जितने–OH समूह होते हैं, उसमें उतने ही एसीटिल समूहों का समावेश हो जाता है।

$$\underset{\text{ग्लूकोज}}{CH_2OH-(CHOH)_4-CHO} \xrightarrow[ZnCl_2]{CH_3CO\ CH_3CO\ O} \underset{\text{ग्लूकोज–पेन्टा एसीटेट}}{CH_2O.COCH_3-(CHO.CO.CH_3)_4-CHO}$$

**3. ग्लूकोसेट या फ्रक्टोसेट का निर्माण–** मोनोसेकेराइड्स मैटेलिक हाइड्रॉक्साइड्स के साथ संयोग करके हैक्सोसेट का निर्माण करती है।

$$\underset{\text{ग्लूकोज या फ्रक्टोज}}{C_6H_{12}O_6} + Ca(OH)_2 \rightarrow \underset{\text{कैल्सियम ग्लूकोसेट}}{C_6H_{12}CaO} + H_2O$$

**4. हैक्सोस एमीन का निर्माण–** ग्लूकोज व फ्रक्टोस अमोनिया से क्रिया करके क्रमशः ग्लूकोस एमीन तथा फ्रक्टोस एमीन बनाते हैं।

$$\underset{\text{CHO}}{CH_2OH-(CHOH)_3} + NH_3 \rightarrow \underset{\text{CHO}}{CH_2OH-(CHOH)_3-CH\,NH_2} + H_2O$$

**5. मिथाइलेशन–** मोनोसेकेराइड्स मिथाइल एल्कोहॉल एवं HCl गैस के साथ क्रिया करके ईथर बनाते हैं, जिन्हें ग्लाइकोसाइड्स कहते हैं।

$$\underset{\text{ग्लूकोज}}{CH_2OH-(CHOH)_3-CHOH-CHO} + \underset{\text{मिथाइल एल्कोहॉल}}{CH_3OH} \xrightarrow{HCl} \underset{\text{मिथाइल ग्लूकोसाइड}}{CH_2OH-(CHOH)_3-CH.OCH_3-CHO}$$

$$\rightarrow \underset{\text{टेट्रा मिथाइल ईथर}}{CH_2O.CH_3-(CHO.CH_3)_3-CHO.CH_4}$$

**कार्बोक्सिल समूह के गुण (Properties of Carboxyl group)–** मोनोसेकेराइड्स में कार्बोक्सिल समूह के कारण निम्न क्रियायें होती हैं–

**ऑक्सीकरण–** मोनोसेकेराइड्स का ऑक्सीकरण हल्के ऑक्सीकारकों से हो जाता है। जैसे– टोलिन्स घोल (Tollen's reagent = Ammonical $Ag_2O$) या फेहलिंग घोल (Fehling solution = alkaline $CuSO_4$) को ग्लूकोस के साथ अभिक्रिया कराने पर ग्लूकोनिक अम्ल प्राप्त होता है।



$$\underset{\text{ग्लूकोज}}{CHO-(CHOH)_4-CH_2OH} + Ag_2O \rightarrow \underset{\text{टोलेन्स घोल ग्लूकोनिक अम्ल}}{COOH-(CHOH)_4-CH_2OH} + 2Ag$$

$$\underset{\text{ग्लूकोज}}{CHO-(CHOH)_4-CH_2OH} + 2Cu(OH)_2 \xrightarrow[\text{solution}]{\text{Fehling}} \underset{\text{ग्लूकोनिक अम्ल}}{COOH-(CHOH)_4-CH_2OH} + H_2O + Cu_2O$$

जन्तुओं के शरीर में ग्लूकोज का ऑक्सीकरण धीरे–धीरे होता है और ग्लूकोरोनिक अम्ल बनता है।

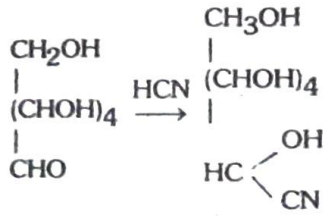
$$\underset{\text{ग्लूकोज}}{CHO-(CHOH)_4-CH_2OH} \xrightarrow{[O]} \underset{\text{ग्लूकोरोनिक अम्ल}}{CHO-(CHOH)_4-COOH}$$

शरीर के अन्दर यह ग्लूकोरोनिक अम्ल, हार्मोन्स तथा अन्य विषैले पदार्थों से संयोग करके उत्सर्जी पदार्थों का निर्माण करता है।

**2. अपचयन (Reduction)**– सोडियम मरकरी अमलगम के साथ मोनो सैकेराइड के एल्डिहाइड तथा कीटोन समूहों का अपचयन होता है जिसके फलस्वरूप सारबिटोल तथा मेनीटॉल प्राप्त होते हैं। जैसे–

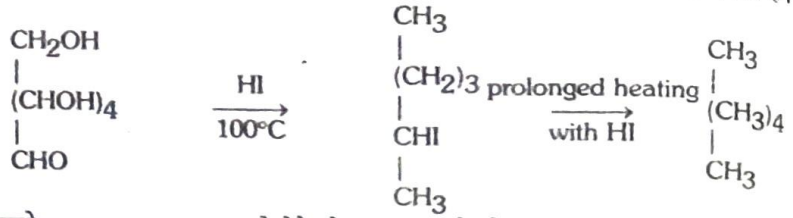
$$\underset{\text{ग्लूकोज}}{CHO-(CHOH)_4-CH_2OH} \xrightarrow{2H} \underset{\text{सॉर्बिटॉल}}{CH_2OH-(CHOH)_4-CH_2OH} + \underset{\text{मैनिटॉल}}{CH_2OH-(CHOH)_4-CH_2OH}$$

**3. हाइड्रोजन साइनाइड के साथ अभिक्रिया–** मोनोसैकेराइड्स HCN के साथ अभिक्रिया करके साइनो हाइड्रिन का निर्माण करते हैं।



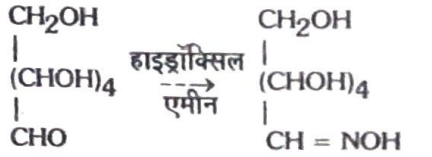

ग्लूकोज ग्लूकोज सायनोहाइड्रिन

**4. आयोडो यौगिक का निर्माण–** एल्डोज मोनो सैकेराइड (ग्लूकोज) को सान्द्र हाइड्रोडिक अम्ल (HI) तथा लाल फॉस्फोरस के साथ 100°C तक गर्म करने पर आयोडो यौगिक बनता है।




ग्लूकोज 2–आयोडोहैक्सेन n- हैक्सेन

**5. हाइड्रॉक्सिल एमीन के साथ क्रिया–** मोनोसैकेराइड हाइड्रॉक्सिल एमीन के साथ अभिक्रिया करके ऑक्सीम का निर्माण करते हैं।




ग्लूकोज ग्लूकोस ऑक्जिम

**अन्य क्रियायें (Other reactions)–**

1. मोनो सेकेराइड सान्द्र कास्टिक क्षार की क्रिया से पीले अथवा भूरे रंग का रेजिनीय पदार्थ बनाते हैं।
2. मोनोसेकेराइड्स तनु कास्टिक क्षार के साथ तथा अकार्बनिक क्षारकों जैसे पिरीडीन और क्विनोलीन के साथ हल्का गर्म करने पर समावयवी ऐल्डोस और कीटोस शर्करा का मिश्रण बनता है।

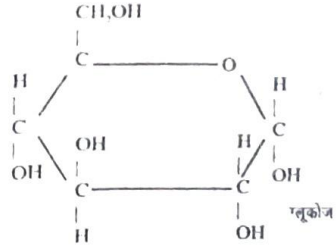
**(2) ओलिगोसैकेराइड्स (Oligosaccharides)–** ये वे कार्बोहाइड्रेट्स है जो 2 से 10 मोनो सैकेराइड अणुओं के संघनन से बनते हैं। अतः जल अपघटन के द्वारा ये 2 से 10 अणु मोनोसैकेराइड्स के देते हैं। मोनोसैकेराइड्स के ही समान ये भी जल में विलेय तथा स्वाद में मीठे होते हैं, इसी कारण मोनो तथा ओलिगोसैकेराइड्स को सामान्य शर्करा कहते हैं, क्योंकि ये स्वाद में मीठे होते हैं। ओलिगो शब्द का उद्गम ग्रीक भाषा के ओलिगोस शब्द से हुआ, जिसका अर्थ कुछ (Few) से होता है। ओलिगोसैकेराइड्स ठोस रवेदार होते हैं।

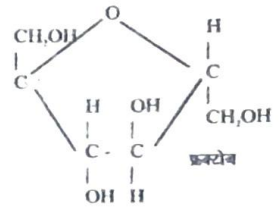


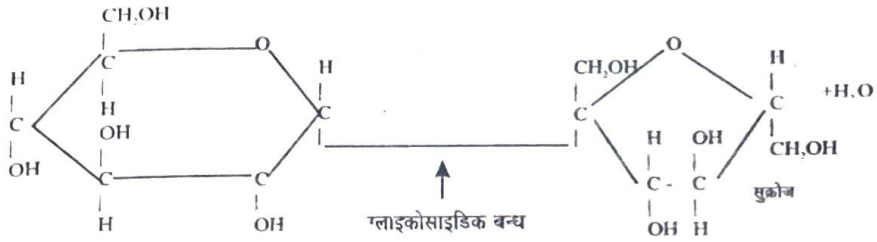

एक मोनोसैकेराइड का एल्डिहाइड समूह कीटोन समूह



दूसरे यौगिक के ऐल्कोहॉलिक समूह R—OH से क्रिया कर सकता है और रासायनिक बन्ध बना सकता है। इस प्रकार बने बन्ध को ग्लाइकोसाइडिक बन्ध कहते हैं।




इस बन्ध के द्वारा दो या दो से अधिक मोनोसैकेराइड्स मिलकर ओलिगो तथा पॉलीसैकेराइड्स बनाते हैं। इस प्रकार ग्लाइकोसाइडिक बन्ध के द्वारा बने यौगिकों का जलीय अपघटन करके मूल यौगिकों को फिर से प्राप्त किया जा सकता है। मोनोसैकेराइड्स की उपस्थित संख्या के आधार पर औलिगोसैकेराइड्स को निम्नलिखित प्रकार से वर्गीकृत करते हैं–

**(i) डाइसैकेराइड्स (Disaccharides)–** यह मोनोसैकेराइड्स के दो अणुओं के संघनन से बनता है। इसका अणुसूत्र $C_{12}H_{22}O_{11}$ होता है। उदाहरण– सुक्रोज, माल्टोज, लैक्टोज आदि। ये जल–अपघटन कराने पर मोनोसैकेराइड्स के दो अणु देते हैं।

$$\underset{\text{सुक्रोज}}{C_{12}H_{22}O_{11}} + H_2O \longrightarrow \underset{\substack{\text{ग्लूकोज}\\ C_6H_{12}O_6\\ \text{फ्रक्टोज}}}{C_6H_{12}O_6}+$$

**(ii) ट्राइसैकेराइड्स (Trisaccharides)–** ये मोनोसैकेराइड्स के तीन अणुओं के संघनन से बनते हैं। इनका सामान्य सूत्र $C_{18}H_{32}O_{16}$ होता है। जल अपघटन कराने पर ये मौनोसैकेराइड्स के तीन अणु देते हैं–

$$C_{18}H_{32}O_{16} + 2H_2O \longrightarrow \underset{\text{ग्लूकोज}}{C_6H_{12}O_6} + \underset{\text{फ्रक्टोज}}{C_6H_{12}O_6} + \underset{\text{गैलेक्टोज}}{C_6H_{12}O_6}$$

**(iii) टेट्रासैकेराइड्स (Tetrasaccharides)– ये मोनोसैकेराइड्स के चार अणुओं के** मिलने से बनते हैं। इनका सामान्य सूत्र $C_{24}H_{42}O_{21}$ होता है। ये जल अपघटन कराने पर मोनोसैकेराइड्स के चार अणु देते हैं। अब तक सिर्फ दो टेट्रासैकेराइड्स स्कोरोडोस तथा स्टैकियोस ज्ञात हैं। स्कोरोडोस लहसुन व प्याज तथा स्टैकियोस, स्टैकिस ट्यूबीफेरा में पाया जाता है।

**(iv) पेण्टासैकेराइड्स (Pentasaccharides)**– ये मोनोसैकेराइड्स के पाँच अणुओं के मिलने से बनते हैं। इनका सामान्य सूत्र $C_{30}H_{52}O_{26}$ होता है। जल अपघटन कराने पर ये मोनोसैकेराइड्स के पाँच अणु देते हैं। अब तक सिर्फ एक पेण्टासैकेराइड्स वर्बेसकोस (Verbascose) ज्ञात है जो बर्बेरकम थैपस की जड़ों में पाया जाता है।

(3) **पॉलीसैकेराइड्स (Polysaccharides)**– ये सबसे जटिल कार्बोहाइड्रेट्स हैं जो मोनोसैकेराइडों के कई अणुओं (300 से 1000) के संघनन से बनते हैं। जलीय अपघटन कराने पर ये मोनोसैकेराइड्स देते हैं। इनका सामान्य सूत्र $(C_6H_{10}O_5)_n$ होता है। ये पानी में अविलेय होते हैं।

लेकिन इसके साथ कललीय विलयन बनाते हैं। इनका अणुभार बहुत अधिक होता है, इनका सही अणुभार की गणना कठिन है, बल्कि हम इसका अनुमान लगाते हैं। इनका स्वाद मीठा नहीं होता। ये आसानी से हाइड्रोलिसिस द्वारा अपने मोनोसैकेराइड्स में टूट जाते हैं। इनमें उपस्थित अवयवों के आधार पर ये दो प्रकार के हो सकते हैं–

**(i) होमो–पॉलीसैकेराइड्स (Homopolysaccharides)**– ये केवल एक ही प्रकार के मोनोसैकेराइड्स के बने होते हैं, इसी कारण जलीय अपघटन कराने पर ये केवल एक ही प्रकार के मोनो सैकेराइड्स देते हैं जेसे–स्टार्च, सेल्यूलोज और इनुलीन।

**(ii) हेटेरो–पॉलीसैकेराइड्स (Hetero-polysaccharides)**– ये दो या दो से अधिक प्रकार के मोनोसैकेराइड्स के बने होते हैं, इसीकारण जलीय अपघटन कराने पर ये एक से अधिक प्रकार के मोनोसेकेराइड्स देते है, जैसे काण्ड्रोइटीन सल्फेट, काइटीन, पेक्टिन्स।

जल अपघटन के बाद प्राप्त मोनोसैकेराइड्स में उपस्थित कार्बन के आधार पर पॉलीसैकेराइडों को पेण्टोजन्स और हेक्सोजन्स कहते हैं। जाइलेन्स, पेण्टोजन्स तथा स्टार्च, सेल्यूलोज, ग्लाइकोजन इत्यादि हेक्सोजन्स के प्रमुख उदाहरण है।

### कार्बोहाइड्रेट्स का बायोलोजिकल महत्व

**1. ऊर्जा के मुख्य स्रोत (Main source of energy)**– जीवधारियों की कोशिकाओं में ऊर्जा के प्रमुख स्रोत कार्बोहाइड्रेट्स होते है। इनमें संचित जटिल पॉलिसैकेराइड्स तथा ओलिगो सैकेराइड्स, हाइड्रोलिसिस के द्वारा सरल मोनेसैकेराइड्स में बदल जाते हैं जो ऑक्सीकृत होकर कार्बन डाइऑक्साइड, जल तथा ऊर्जा उत्पन्न करते हैं। ऑक्सीकरण के फलस्वरूप अनेक इण्टरमीडिएट प्रोडक्ट्स भी प्राप्त होते है, जिनमें प्रोटीन्स, अमीनो अम्ल तथा लिपिड्स आदि बनते हैं। कार्बोहाइड्रेट्स का ऑक्सीकरण निम्न दो चरणों में पूर्ण होता है।

**(क) ग्लाइकोलिसिस (Glycolysis)**– इस क्रिया में ग्लूकोज पायरूविक अम्ल मे बदल जाता है जिसमें ऑक्सीजन की आवश्यकता नहीं होती। जन्तुओं में यह क्रिया ग्लाइकोलिसिस तथा पौधों एवं सूक्ष्म जीवों में फरमेण्टेशन कहलाती हैं। ग्लूकोज से पायरूविक अम्ल बनाने की अभिक्रियाओं का क्रम एम्बडेन मेयर हाफ पथ कहलाता है। ग्लाइकोलिसिस क्रिया में 2 ATP का निर्माण या प्राप्ति होती है।

**(ख) ट्राइकार्बोक्सिलिक अम्ल चक्र या क्रेब्स चक्र**– इस चक्र में अनेक जैव–रासायनिक (Bio- chemical) क्रियायें भाग लेती हैं जिनमें पायरूविक अम्ल या पायरूवेट से ऐसीटिल को–एन्जाइम–ए बनता हैं और यह अन्त में $CO_2$ तथा $H_2O$ में टूट जाता है। इस चक्र में अनेक हाइड्रोजन परमाणु (H) मुक्त होते हैं जो ETS द्वारा ATP या ऊर्जा का निर्माण करते हैं। पायरूवेट के ऑक्सीकरण के फलस्वरूप Acetyle CoA का निर्माण पायरूवेट डिहाइड्रोजिनेज नामक एन्जाइम के द्वारा होता है।



पायरूवेट + NAD + CoA → एसीटिल CoA +NADH + $H^+$ + $CO_2$

एसीटिल CoA के ऑक्सीकरण द्वारा अनेक इण्टरमीडिएट यौगिक बनते हैं। सर्वप्रथम साइट्रिक अम्ल बनता हैं और अंतिम यौगिक आक्जेलो ऐसीटिक अम्ल बनता है। इस अम्ल का पुनः चक्र चलता है और एसिटिल CoA बन जाता है।

क्रेब्स चक्र की सम्पूर्ण क्रियायें कोशिका में माइटोकॉण्ड्रिया के अन्दर सम्पन्न होती हैं जिसमें उत्पन्न इलेक्ट्रॉन आणुविक ऑक्सीजन पर इलेक्ट्रॉन केरियर द्वारा दिये जाते हैं। अतः इसे इलेक्ट्रॉन ट्रान्सपोर्ट सिस्टम (ETS) कहते हैं। इसमें 36 ATP प्राप्त होते हैं।

2. कार्बोहाइड्रेट्स ईंधन के शीघ्र एवं सरलता से उपलब्ध स्रोत हैं।

3. ये शरीर में संचयित रहते हैं।

4. ये जीवद्रव्य के मूल घटकों व अन्य कार्बनिक यौगिकों का कार्बन ढांचा बनाते हैं।

**प्रश्न–24. अमीनो अम्ल के वर्गीकरण पर टिप्पणी लिखिये।** [ भोपाल 14 उज्जैन 14,18 ]

अथवा

**अमीनो अम्ल क्या है? इनका वर्गीकरण तथा रासायनिक संरचना का उल्लेख कीजिये।**

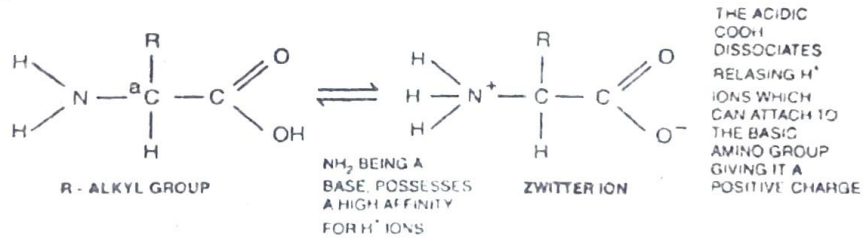
अथवा

**अमीनो अम्ल के जैविक महत्व को समझाइये।** [ जीवाजी 2017 ]

अथवा

**जैविक दृष्टि से अमीनो अम्ल का वर्गीकरण एवं महत्व का वर्णन कीजिये।**

उत्तर– **अमीनो अम्ल**– प्रोटीन की मूलभूत संरचात्मक इकाई अमीनो अम्ल हैं। इन अमीनो अम्लों में दो क्रियात्मक समूह, अमीनो समूह (—$NH_2$) तथा कार्बोक्सिल समूह (—$COOH_2$) होते हैं। अमीनो अम्ल एक उभयधर्मी यौगिक है क्योंकि इसमें अम्लीय (—COOH) तथा क्षारीय (—$NH_2$) दोनों गुण पाये जाते हैं। इसीलिए इसको उभयधर्मी आयन अथवा ज्विटर आयन कहते हैं।




चित्र– एक अमीनो अम्ल के ज्विटर आयन का रूप

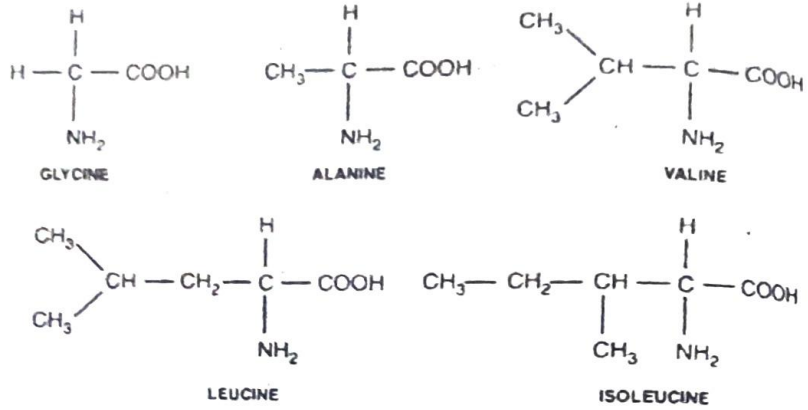
**अमीनो अम्लों का वर्गीकरण तथा रासायनिक संरचना–**

(अ) प्राकृतिक दृष्टि से– प्राकृतिक रूप से पाये जाने वाले अमीनो अम्लों को निम्नलिखित तीन वर्गों में विभाजित किया जा सकता है–

(A) एलीफैटिक अमीनो अम्ल (B) एरोमैटिक अमीनो अम्ल (C) हेटेरोसाइक्लिक अमीनो अम्ल।

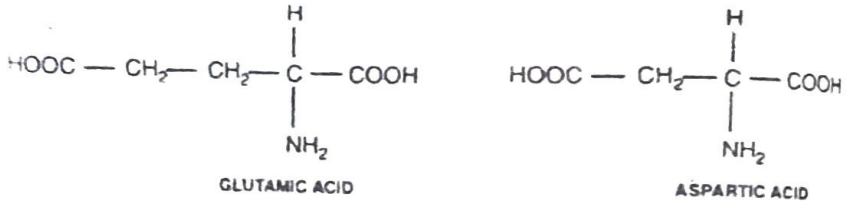
**(A) एलीफैटिक अमीनो अम्ल**– इन अमीनो अम्लों में एल्काइल R-समूह पाया जाता है। ये अम्ल चार प्रकार के पाए जाते हैं–

**(1) उदासीन अमीनो अम्ल**– इन अमीनो अम्लों मे केवल एक —COOH समूह व एक —$NH_2$ समूह पाया जाता है। उदाहरण– ग्लाइसीन, एलेनीन, वैलीन, ल्यूसीन, आइसोल्यूसीन इत्यादि।



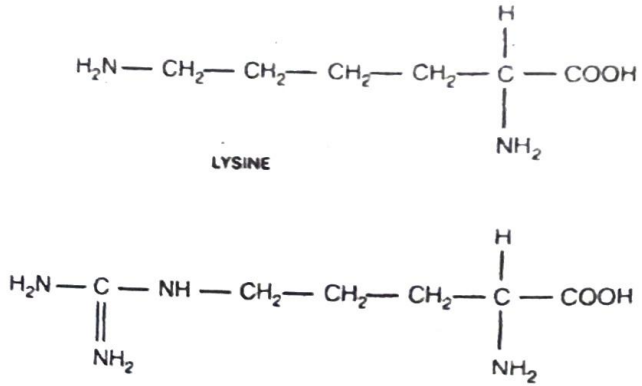

चित्र– उदासीन अमीनो अम्ल

**(2) अम्लीय अमीनो अम्ल–** इन अमीनो अम्लों में एक अतिरिक्त —COOH समूह पाया जाता है। उदाहरण– ग्लूटेमिक अम्ल व एस्पार्टिक अम्ल।




चित्र– अम्लीय अमीनो अम्ल

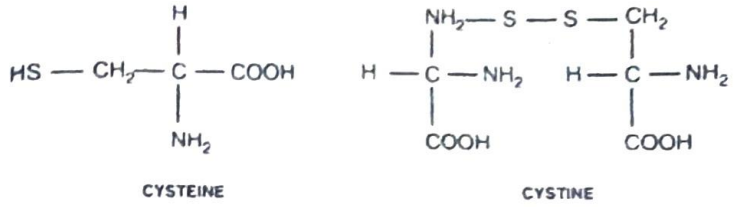
**(3) क्षारीय अमीनो अम्ल–** इन अमीनो अम्लों में एक अतिरिक्त —$NH_2$ समूह पाया जाता है। उदाहरण– लाइसीन व आर्जीनिन।




चित्र– क्षारीय अमीनो अम्ल

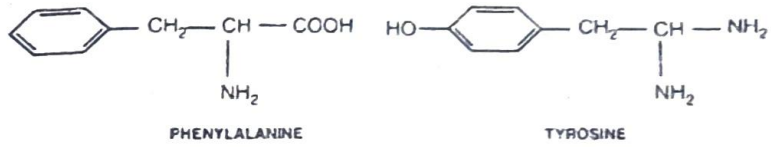
**(4) सल्फरयुक्त अमीनो अम्ल–** इन अमीनो अम्लों में एक सल्फाइड्रिल समूह पाया जाता है। उदाहरण– सिस्टाइन, सिस्टीन।





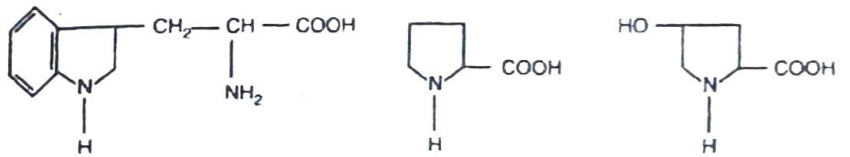

चित्र– सल्फरयुक्त अमीनो अम्ल

**(B) ऐरोमैटिक अमीनो अम्ल–** इन अमीनो अम्लों में एक बेन्जीन वलय पाया जाता है। उदाहरण– फिनाइलएलेनीन, टायरोसीन।




चित्र– ऐरोमैटिक अमीनो अम्ल

**(C) हेटेरोसाइक्लिक अमीनो अम्ल–** इन अमीनो अम्लों में एक विषमचक्रीय वलय पाया जाता है। इन अमीनो अम्लों की पार्श्व शृंखला वलय में कार्बन के अतिरिक्त एक अन्य तत्व परमाणु पाया जाता है। उदाहरण– ट्रिप्टोफैन, प्रोलीन।




चित्र– हेटेरोसाइक्लिक अमीनो अम्ल

**(ब) जैविक दृष्टि से–** जैविक दृष्टि से अमीनो अम्लों को तीन श्रेणियों में विभाजित किया जा सकता है– (A) आवश्यक अमीनो अम्ल (B) अनावश्यक अमीनो अम्ल (C) अर्ध–आवश्यक अमीनो अम्ल।

**(A) आवश्यक अमीनो अम्ल–** इन अमीनो अम्लों का संश्लेषण जन्तु कोशिकाओं में नहीं होता है तथा उनको भोजन से प्राप्त करना आवश्यक है, इन्हें आवश्यक अमीनो अम्ल कहा जाता है। उदाहरण– LMKIVFW-ल्यूसीन, मिथियोनीन, लाइसीन, आइसोल्यूसीन, वेलीन, फिनाइल एलेनीन एवं ट्रिप्टोफैन।

**(B) अनावश्यक अमीनो अम्ल–** इन अमीनो अम्लों का संश्लेषण जन्तु कोशिकाओं में हो जाता है, उन्हें अनावश्यक अमीनो अम्ल कहते हैं। उदाहरण– एलेनीन, एस्पार्टिक अम्ल, सीरीन, ग्लाइसीन, ग्लूटेमिक अम्ल एवं सिस्टीन।

**(C) अर्ध–आवश्यक अमीनो अम्ल–** हिस्टीडीन एवं आर्जीनीन अर्ध रूप से आवश्यक अमीनो अम्ल है क्योंकि इनका निर्माण जन्तु कोशिकाओं में बहुत धीरे–धीरे होता है।

**अमीनो अम्ल का महत्व–** अमीनो अम्लों की पॉलीपेप्टाइड शृंखला को प्रोटीन कहा जाता है। करीब–करीब 20 प्रकार के अमीनो अम्ल अलग–अलग क्रमों में जुड़कर अनेक प्रकार की प्रोटीन का निर्माण करते हैं। प्रत्येक प्रोटीन में लगने वाले अमीनो अम्लों की संख्या तथा उनका

क्रम निश्चित होता है। जैसे– इन्सुलिन हॉर्मोन α तथा β दो पॉलीपेप्टाइड शृंखलाओं का बना होता है। प्रोटीन के महत्व निम्नांकित हैं–

(i) रुधिर में श्वसन गैसों का परिवहन करने वाला हीमोग्लोबिन रंजक एक संयुक्त प्रोटीन होता है।
(ii) अमीनो अम्ल प्रतिरक्षी का निर्माण करके शरीर को प्रतिरक्षा उपलब्ध कराते हैं।
(iii) संरचनात्मक प्रोटीन शरीर की वृद्धि एवं मरम्मत में मदद करती है।
(iv) अनेक हॉर्मोन, जैसे– थायरॉक्सिन, इन्सुलिन अमीनो अम्लों की पॉलीपेप्टाइड शृंखला के बने होते हैं।
(v) पेशियाँ एक्टिन तथा मायोसिन पेशी प्रोटीन से निर्मित होती है।
(vi) एन्जाइम प्रोटीन उपापचयी क्रियाओं का नियमन करती है।

**प्रश्न–25. प्रोटीन की प्राथमिक, द्वितीयक तथा तृतीयक संरचना को समझाते हुये इसका जीव रासायनिक महत्व बताइये।** [जीवाजी 2005,07]

**उत्तर– प्रोटीन की संरचना–** प्रोटीनों का अपूर्ण जल–अपचयन होने पर पेप्टाइड बनते है और पेप्टाइड का और अधिक जलअपघटन होने पर ऐमीनो अम्ल बनते हैं। अतः इससे यह निष्कर्ष निकलता है कि प्रोटीन के अणु का निर्माण ऐमीनो अम्लों से होता है। ये ऐमीनो अम्ल परस्पर पेप्टाइड बन्धों से जुड़े रहते हैं। X– किरण अध्ययन से प्रोटीनों में पेप्टाइड बन्धों की उपस्थिति प्रकट होती है। प्रोटीन अनेक गुणों में पॉली–पेप्टाइडों से समानता रखते हैं। अतः प्रोटीन एक प्रकार से पॉली–पेप्टाइड होते हैं जो कार्बोहाइड्रेट, फ्यूराइन और न्यूक्लिक अम्ल आदि से संयोजित रहते हैं। पॉलीपेप्टाइड का निर्माण ऐमीनो अम्लों से होता है। पॉलीपेप्टाइड की अनेक श्रृंखलायें विभिन्न प्रकार से जुड़कर प्रोटीन के जटिल अणु का निर्माण करती हैं। हम जानते हैं कि–

(i) $HNO_2$ की क्रिया से प्रोटीन बहुत ही कम $N_2$ उत्पन्न करते हैं। इससे प्रकट होता है कि मुक्त अवस्था में कम ही ऐमीनो मूलक उपस्थित हैं।
(ii) $NaHCO_3$ से कोई क्रिया नहीं होती है अतः मुक्त अवस्था में –COOH मूलक नहीं है।
(ii) प्रोटीन बाइयूरेट परीक्षण देते हैं जो कि – CO – NH – मूलकयुक्त यौगिकों का गुण है। अतः यह मूलक प्रोटीन में भी है।

उपरोक्त तथ्यों से निष्कर्ष निकलता है कि ऐमीनो अम्ल के अणुओं के संयोग से प्रोटीन बनते हैं जहाँ – $NH_2$ – COOH मूलकों के मध्य – CONH – बन्ध से बनते हैं जिसे पेप्टाइड कहते हैं।

$$H_2NCH_2COOH + HNHCH_2COOH \rightarrow H_2NCH_2CONHCH_2COOH + H_2O$$

ग्लाइसिल ग्लाइसीन (डाइपेप्टाइड)

प्रोटीन की सम्पूर्ण संरचना चार पदों में निर्धारित की जाती है–

1. **प्राथमिक संरचना–** इसमें प्रोटीन की पॉलिपेप्टाइड श्रृंखला में विभिन्न ऐमीनो अम्लों के परस्पर जुड़ने के क्रम का ज्ञान होता है।
2. **द्वितीयक संरचना–** यह प्रोटीन की पेप्टाइड श्रृंखलाओं के संरूपण का ज्ञान कराती है।
3. **तृतीयक संरचना–** इससे यह ज्ञात होता है कि प्रोटीन अणु किस प्रकार मुड़ कर एक विशिष्ट आकृति प्राप्त कर लेता है?



4. **चतुष्क संरचना–** इससे यह पता चलता है कि दो पॉलिपेप्टाइड श्रृंखलायें एक–दूसरे के सापेक्ष किस प्रकार व्यवस्थित हैं?

1. **प्राथमिक संरचना–** इससे निम्न दो बातें निर्धारित होती हैं–
(i) प्रोटीन (या पॉलिपेप्टाइड) में कितने एमीनो अम्ल उपस्थित हैं?
(ii) प्रोटीन (या पॉलिपेप्टाइड) में ऐमीनो अम्ल किस क्रम में जुड़े हैं?

प्रोटीन में विभिन्न अम्लों का ज्ञान एवं द्रव्यमान, निर्धारित करने के बाद ऐमीनो अम्लों का क्रम ज्ञात करने के लिये सेंगर अभिकर्मक या FDNB (1– फ्लुओरो– 2, 4–डाइ नाइट्रो बैंजीन) से क्रिया कराते हैं।

प्रोटीनों की प्राथमिक संरचना में ऐमीनो अम्लों के क्रम का बहुत महत्व है। किसी प्रोटीन के अवयवी अम्लों में से किसी एक का भी क्रम बदलने पर प्रोटीन की जैविक क्रिया में बहुत अन्तर आ जाता है। जैसे–हीमोग्लोबिन प्रोटीन रक्त में ऑक्सीजन वाहक का कार्य करती है यदि इसमें से एक विशिष्ट ऐमीनों अम्ल को विस्थापित कर दिया जाये, तो दोषपूर्ण हीमोग्लोबिन बनता है, जो कि एक रोग दात्र कोशिका अरक्तता (sickle cell anaemia) उत्पन्न करता है।

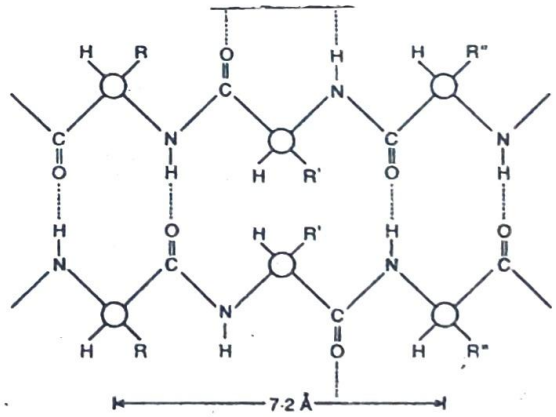
2. **द्वितीयक संरचना–** द्वितीयक संरचना दो प्रकार की होती है–

**(i) α– हेलिक्स संरचना (α – Helix Model)–** पॉलिंग एवं कोरे ने यह संरचना दी इस प्रकार की संरचना में पेप्टाइड श्रृंखलायें सर्पिलायें सर्पिल कुण्डलित (Helical) संरचना का निर्माण करती हैं जिसे कुण्डलिनी या हेलिक्स (Helix) कहते हैं। इसे इस प्रकार समझा जा सकता है, जैसे किसी काल्पनिक सिलेण्डर के चारों ओर स्प्रिंग लिपटी हो। लगभग हेलिक्स के एक घुमाव में तीन से चार तक α – ऐमीनो एसिड यूनिट का – NH समूह चौथे ऐमीनो ऐसिड यूनिट के > C = O समूह से हाइड्रोजन बन्ध द्वारा जुड़ा होता है।

$$> C = O \ldots H - N <$$

↑ हाइड्रोजन बन्ध

इस प्रकार पेप्टाइड श्रृंखला के विभिन्न ऐमीनो अम्ल यूनिटों में परस्पर हाइड्रोजन बन्ध स्थापित हो जाने से हेलिक्स अपनी स्थिति पर बनी रहती है।




चित्र– प्रोटीन की सपाट चादर संरचना

**(ii) β– सीट या लहरियादार चादर सीट संरचना (β – Sheet structure or Pleated sheet structure)–** इस प्रकार की संरचना भी पॉलिंग एवं सहयोगियों ने सुझायी। इसमें पॉलिपेप्टाइड श्रृंखलायें विवृत या विस्तृत होती हैं और ये परस्पर एक–दूसरे के

समान्तर स्थित होती हैं। ये श्रृंखलायें अन्तराअणुक हाइड्रोजन बन्ध द्वारा जुड़ी रहती हैं। इस प्रकार अनेक पेप्टाइड श्रृंखलायें अन्तर्बन्धित (inter–bonded) होकर एक चपटी चादर (Pleated sheet) जैसी संरचना बनाती है। पेप्टाइड श्रृंखला में उपस्थित पार्श्व श्रृंखलायें परस्पर निकट आकर एक–दूसरे को उनके मूल स्थान से परे धकेलती हैं। जिससे पेप्टाइड श्रृंखलायें थोड़ी सिकुड़ जाती हैं और चादर चपटी न रहकर लहरियादार (Pleated) हो जाती हैं। इस प्रकार की संरचना रेशम में पायी जाती है।

3. तृतीयक संरचना– कुछ प्रोटीनों में पेप्टाइड हेलिक्स अनेक बार मुड़कर एक गोलाकार आकृति बनाती है, इसे प्रोटीन की तृतीयक संरचना कहते हैं। इस प्रकार बनी प्रोटीन को ग्लोबुलिन या गोलाकार प्रोटीन कहा जाता है। पेप्टाइड श्रृंखलाओं के मुड़ जाने से बनी संघनित संरचना (Compact structure) का आकार लगभग गोल होता है। इस तृतीयक संरचना का स्थायित्व पेप्टाइड श्रृंखला में उपस्थित ऐमीनो अम्लों की पार्श्व श्रृंखलाओं की आपसी अन्योन्य क्रिया (Interaction) पर निर्भर करता है। तृतीयक संरचना के लिये उत्तरदायी बल निम्नलिखित प्रकार के हो सकते हैं–

(i) आयनिक या लवण सेतु (Ionic or salt bridge)
(ii) हाइड्रोजन बन्ध (Hydrogen bond)
(iii) वाण्डरवाल्स बल (Vanderr Wall's interaction)
(iv) डाइसल्फाइड बन्ध (Disulphide S–S bond)
(v) हाइड्रोफोबिक बल (Hydrophobic interaction)

तृतीयक संरचना युक्त कुछ प्रमुख प्रोटीन हैं– हीमोग्लोबिन (रक्त में), मायोग्लोबिन (माँस पेशियों में), ऐल्ब्यूमिन (अण्डे में) इत्यादि।

4. **चतुष्क संरचना–** कुछ प्रोटीनों में एक से अधिक पॉलिपेप्टाइड श्रृंखलायें होती हैं जिन्हें उप–एकक (Sub unit) कहते हैं। प्रत्येक पॉलिपेप्टाइड श्रृंखला एक–दूसरे के सापेक्ष जिस प्रकार व्यवस्थित होती हैं उसे चतुष्क संरचना कहते हैं। विभिन्न उप–एकको के मध्य आकर्षण बल बहुधा आयनिक प्रकृति का होता है। उदाहरणार्थ– हीमोग्लोबिन में चार पॉलिपेप्टाइड श्रृंखलायें होती हैं तथा ये एक–दूसरे से सहसंयोजी बन्ध द्वारा नहीं जुड़ी होती हैं।

**प्रोटीन का विकृतिकरण (Denaturation of Proteins)–** प्रोटीन ऊष्मा, खनिज अम्ल एवं क्षारों के प्रति अत्यधिक संवेदनशील होती हैं। जब प्रोटीन को गरम किया जाता है या अम्ल, उच्च सान्द्र लवणों आदि से अभिकृत किया जाता है तो प्रोटीन का स्कन्दन अवक्षेपण हो जाता है। इस क्रिया को प्रोटीन का विकृतिकरण कहते हैं। विकृतिकरण में रासायनिक रूप से प्रोटीन की प्राथमिक संरचना नहीं बदलती किन्तु द्वितीयक एवं तृतीयक संरचनायें परिवर्तित हो जाती हैं। विकृत प्रोटीन अपनी जैविक क्रियाशीलता खो देती हैं।

प्रोटीन विकृतिकरण का प्रमुख उदाहरण है। अण्डे में उपस्थित सफेद रंग की प्रोटीन ऐल्ब्यूमिन जो कि उबालने से स्कन्दित हो जाती है। इसमें उपस्थित विलेय गोलाकार प्रोटीन विकृत होकर अविलेय रेशेदार प्रोटीन में परिवर्तित हो जाती है।

**प्रोटीन का जैव–रासायनिक महत्व (Biological Importance of Protein)–**

(i) ऐमीनो अम्ल शरीर की वृद्धि के लिये आवश्यक यौगिक है। शरीर की वृद्धि के लिये आठ ऐमीनो अम्ल लाइसिन, बेलीन, ल्यूसिन, आइसो ल्यूसिन फेनिल ऐलानीन, थियोनीन, मेथिओनीन और ट्रिप्टोफेन आवश्यक हैं। ये ऐमीनो अम्ल प्रोटीन द्वारा प्राप्त होते हैं। जब प्रोटीन शरीर में जाता है तो वह जल–अपघटित होकर ऐमीनो अम्ल में बदल जाता है जो रक्त शोषित करके शरीर के विभिन्न भागों में पहुँचाता है। वनस्पति प्रोटीन की तुलना में जन्तु प्रोटीन अधिक उत्तम है क्योंकि इनमें आवश्यक ऐमीनो अम्ल अधिक पाये जाते हैं।

(ii) कुछ आवश्यक यौगिकों जैसे थायरॉक्सिन और एडरीनेलिन के संश्लेषण के लिये ऐमीनो अम्लों की आवश्यकता होती है।

(iii) कुछ जहरीले पदार्थ जो हमारे शरीर में आते हैं उनके निष्कर्षण के लिये भी ऐमीनो अम्लों की आवश्यकता पड़ती हैं। इन जहरीले पदार्थों के साथ ऐमीनो अम्ल संयुग्मित होकर ऑक्सीकरण द्वारा अथवा मूत्र के द्वारा शरीर से बाहर निकाल देते हैं। इस प्रकार ऐमीनो अम्ल शरीर को इन बाहरी जहरीले पदार्थों से बचाते हैं।



**प्रश्न–26. लिपिड्स क्या है? इनका जैविक महत्व एवं वर्गीकरण दीजिये।**

अथवा

**लिपिड्स का वर्गीकरण एवं जैवीय महत्व का वर्णन कीजिये।** [ इन्दौर 19, भोपाल 19,2022 ] [ जबलपुर 2000 ]

अथवा

**लिपिड्स के वर्गीकरण की रूपरेखा दीजिये।** [ उज्जैन 2011, ग्वालियर 2014 ]

अथवा

**सरल लिपिड्स पर टिप्पणी लिखिये।** [ जबलपुर 2001,14 भोपाल 1999 ]

अथवा

**पौधों में लिपिड्स के प्रकार एवं महत्व पर टिप्पणी लिखिये।** [ सागर 2000 ]

**उत्तर– लिपिड्स (Lipids) की परिभाषा–** लिपिड्स पौधों के शरीर में पाये जाने वाले विषमांगी समूह वाले यौगिक होते हैं। ये जन्तुओं एवं पौधों के शरीर में आवश्यक रूप से पाये जाते हैं। पौधों में लिपिड्स बीजों, फलों में पाये जाते हैं। जन्तुओं में लिपिड्स एडीपोज ऊतकों, अस्थि–मज्जा एवं तंत्रिका ऊतकों में पाये जाते हैं।

**ब्लूर** *(Bloor, 1943)* के अनुसार लिपिड्स जीवों में उत्पन्न प्राकृतिक यौगिक होते हैं जो कार्बनिक विलायकों में विलेय होते हैं और पानी में अविलेय होते हैं। इसके जल विच्छेदन या हाइड्रोलाइसिस *(Hydrolysis)* से वसीय अम्ल *(Fatty acids)* प्राप्त होते हैं। ये वसीय अम्ल जीवधारियों के द्वारा जैव रासायनिक क्रियाओं में प्रयुक्त किये जाते हैं।

लिपिड्स, कार्बन, हाइड्रोजन एवं ऑक्सीजन के द्वारा निर्मित होते हैं। ये पानी में अघुलनशील लेकिन कार्बनिक विलायकों में घुलनशील होते हैं। ये **जलविरागी** *(hydrophobic)* एवं चिकने होते हैं। इनका घनत्व एक से कम होता है। इस कारण, ये पानी से हल्के होते हैं। कुछ वसायें साधारण ताप पर ठोस होती हैं; जबकि, कुछ लिपिड्स साधारण ताप पर द्रव अवस्था में होते हैं। जैसे– कॉड लिवर, तेल, ह्वेल मछली का तेल आदि इनमें कार्बन, हाइड्रोजन के अलावा, सल्फर एवं फॉस्फोरस भी पाये जाते हैं।

**लिपिड्स की संरचना–**

**लिपिड्स का वर्गीकरण (Classification of lipids)**

**(1) वसीय अम्ल (Fatty acids)–** वसाओं में ग्लिसरॉल पाया जाता है। इनके गुण उनमें पाये जाने वाले वसीय अम्लों के गुणों पर निर्भर रहते हैं। कुछ वसीय अम्ल हाइड्रोजन के गैस के प्रवाहित कर संतृप्त वसीय अम्ल में परिणित हो जाते हैं। इस विधि में वनस्पति घी का निर्माण होता है। कुछ वसीय अम्ल असंतृप्त प्रकार के होते हैं। संतृप्त वसीय अम्ल का सूत्र- R-COOH होता है। इनमें $R = CH_3(CH_2)_n$ तथा n = O से एसिटिक समूह को प्रकट करता है। प्राकृतिक तौर पर अधिक मात्रा में **पामेटिक** (Palmatic $C_{15}$) तथा स्टियरिक (stearic $C_{15}$) वसीय अम्ल पाये जाते हैं।

पौधों एवं जन्तुओं में पाये जाने वाले कुछ संतृप्त वसीय अम्ल निम्नलिखित हैं-

| क्रमांक | नाम | स्त्रोत |
|---|---|---|
| 1. | ब्यूटायरिक अम्ल $CH_3(CH_2)_2COOH$ | मक्खन |
| 2. | केपारायलिक अम्ल $CH_3(CH_2)_6COOH$ | खजूर, नारियल के तेल में |
| 3. | पामेटिक अम्ल $CH_3(CH_2)_{14}COOH$ | खजूर का तेल, जन्तु वसा |
| 4. | स्टियरिक अम्ल $CH_3(CH_2)_{16}COOH$ | कोको मक्खन |
| 5. | एरीचीडिक अम्ल $CH_3(CH_2)_{18}COOH$ | मूंगफली का तेल |

**असंतृप्त वसीय अम्ल (Unsaturated fatty acids)–** जैसा कि नाम से प्रकट है इनमें हाइड्रोजन बंध कम मात्रा में होते हैं। इस कारण इनमें डबल बॉण्ड *(Double bond)* पाये जाते हैं। इनको निकिल उत्प्रेरक की उपस्थिति में हाइड्रोजन गैस को प्रवाहित कर संतृप्त किया जा सकता है। असंतृप्त वसीय अम्ल का सामान्य सूत्र $R\text{-}OH = CH(CH_2)_n COOH$ होता है। इनका गलनांक काफी कम होता है। अधिकांश पादप वसाओं में अलिक अम्ल *(Oleic acid)* एवं लाइनोनिक अम्ल *(Linonic acid)* के रूप में ये पाये जाते हैं। साधारण तापमान पर ये द्रव अवस्था में पाये जाते हैं। इस कारण, बोलचाल की भाषा में इन्हें तेल *(Oil)* कहते हैं।

**पादप एवं जन्तुओं में पाये जाने वाले कुछ असंतृप्त वसीय अम्ल**

| क्रमांक | नाम | स्त्रोत |
|---|---|---|
| 1. | पामीटोलिक अम्ल $CH_3(CH_2)_5 CH = CH + (CH_2)_7COOH$ | दूध की वसा |
| 2. | औलिक अम्ल $CH_3(CH_2)_7 CH = CH(CH_2)_7COOH$ | जैतून का तेल |
| 3. | लिनोनिक अम्ल $(CH_3(CH_2)_7 CH = CHCH_2 CH = CH(CH_2)_2COOH$ | अलसी का तेल, सोयाबीन का तेल |
| 4. | लिनोलेनिक अम्ल $CH_3CH_2CH = CHCH_2CH=CHCH_2CH=CH(CH_2)_7 COOH$ | अलसी का तेल, सन का तेल |
| 5. | यूसिक अम्ल $CH_3(CH_2)_7 CH = CH(CH_2)_{11} COOH$ | सरसों का तेल |

**(2) वाष्पशील ईस्टर्स (Volatile Esters)–** प्रकृति में वसीय अम्लों के ईस्टर्स पाये जाते हैं। ये खुशबूदार होते हैं। इनके कारण फलों एवं फूलों में खुशबू आती है।

**(3) मोम (Waxes)–** उच्च एल्कोहॉल तथा एलीफेटिक अम्लों के ईस्टर्स को मोम *(Wax)* कहा जाता है। ये पाम की पत्तियों के ऊपर सतह के रूप में पाये जाते हैं।

**(4) वसायें (Fats)–** प्रायः वसायें सभी जीवित कोशिकाओं में उपस्थित होती हैं। इनका निर्माण C, H, O से मिलकर होता है लेकिन इनमें कार्बोहाइड्रेट की अपेक्षा ऑक्सीजन की मात्रा कम पायी जाती है। लिपिड्स कार्बनिक विलायकों जैसे क्लोरोफॉर्म, ईथर, बेंजीन में घुलनशील लेकिन, जल में अघुलनशील होते हैं। जल में अघुलनशील होने के कारण ये कोशिकाओं में एक स्थान से दूसरे स्थान को नहीं जाते हैं। इस कारण प्रत्येक कोशिका में



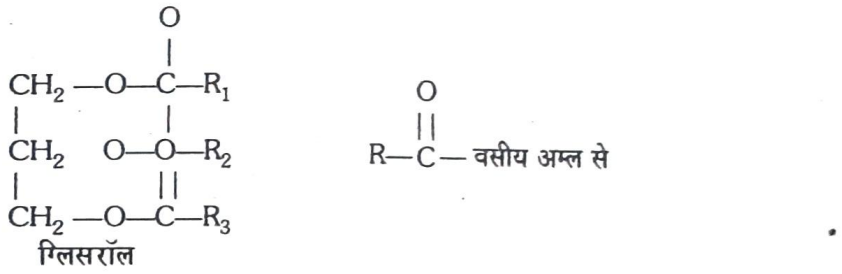
जितनी लिपिड की जरुरत होती है उन्हें प्राप्त हो जाती है। वसायें सामान्य तापक्रम पर तरल होती हैं जिन्हें तेल कहते हैं। वसाओं का अणुभार काफी अधिक होता हैं। ये वसीय अम्ल एवं ग्लिसराल की ईस्टर्स होती हैं ग्लिसरॉल ट्राइहाइड्रिक एल्कोहॉल होते हैं जिनके एक, दो अथवा तीनों हाइड्रोक्सिल समूह वसीय अम्लों से क्रिया कर क्रमशः मोनो, डाई एवं ट्राई ग्लिसरॉइड में वसीय अम्लों के तीन अणु ग्लिसरॉल के समान या असमान रूप से जुड़े रहते हैं।

$$\begin{array}{l} CH_2OH \\ | \\ CHOH \\ | \\ CH_2OH \end{array} \quad \begin{array}{l} HOOC.C_{15}H_{31} \\ + HOOC.C_{15}H_{31} \\ HOOCC_{15}H_{31} \end{array} \rightleftharpoons \begin{array}{l} CH_2OOC.C_{15}H_{31} \\ | \\ CH_2OOC.C_{15}H_{31} \\ | \\ CH_2OOC.C_{15}H_{31} \end{array}$$

ग्लिसरॉल वसीय अम्ल ट्राइग्लिसरल्डीहाइड या ट्राइपेल्मेटिन

सभी वसाओं में ग्लिसरॉल अपरिहार्य रूप में पाया जाता है। लेकिन वसीय अम्लों का संगठन अलग प्रकार का होता है। वसीय अम्ल संतृप्त हो सकते हैं जैसे–पामीटिक अम्ल स्टीयरिक अम्ल। इसके विपरीत वसीय अम्ल असंतृप्त हो सकते हैं जैसे ऑलिक अम्ल, लाइनोलीनिक अम्ल अथवा लाइनोलिक अम्ल आदि।

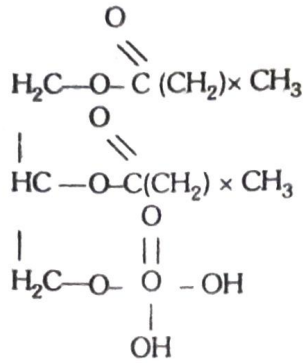
वानस्पतिक वसाओं जैसे पॉम आइल में प्रायः पामीटिक अम्ल पाया जाता है। अलसी के तेल में लाइनोलीनिक अम्ल पाया जाता है। वसा के वसीय अम्ल में कार्बनिक अम्लों की सम संख्या होती है। वसा का सूत्र निम्नानुसार होता है–




प्रत्येक जीवित कोशिकाओं में वसायें एवं उनके व्युत्पन्न पाये जाते हैं। ये जीवद्रव्य के प्रमुख अवयव होते हैं। ये ईंधन एवं संरचनात्मक अवयव के रूप में कार्य करते हैं। शरीर के संचयी अंगों में वसायें 50% तक पायी जाती हैं। इनमें ऑक्सीजन की मात्रा कम होती है। इस कारण इनके ऑक्सीकरण के परिणामस्वरूप काफी मात्रा में ऊर्जा प्राप्त होती हैं। मण्ड *(starch)* के ऑक्सीकरण की अपेक्षा वसा के ऑक्सीकरण से दुगनी मात्रा में ऊर्जा प्राप्त होती है। यही कारण है कि बीजों के पकते समय अधिकतर कार्बोहाइड्रेट वसाओं में परिणित हो जाते हैं। अंकुरण के दौरान पुनः बीज कार्बोहाइड्रेट का संश्लेषण करते हैं। इससे अंकुरणशील बीजों को अधिक ऊर्जा प्राप्त होती है।

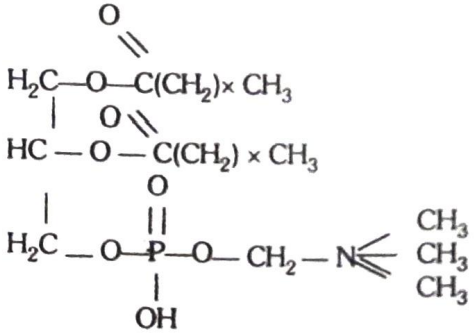
**(5) फॉस्फोलिपिड्स (Phospholipids)–** यह लिपिड्स का दूसरा महत्वपूर्ण वर्ग है।

इसके फॉस्फोटिडिक अम्ल का रासायनिक सूत्र निम्न प्रकार होता है–



फॉस्फोटिडिक अम्ल

इस फॉस्फोटिडिक अम्ल के फॉस्फेट समूह में प्रतिस्थापन के फलस्वरूप फॉस्फोलिपिड का संश्लेषण होता है। यहाँ पर एक कोलीन अणु द्वारा एक फॉस्फेट समूह संलग्न होकर लेसीथिन नामक फॉस्फोलिपिड का निर्माण करता है। इसे निम्न समीकरण के द्वारा बताया जा सकता है–



फॉस्फोलिपिड (लेसिथिन)

यह फॉस्फोलिपिड प्रत्येक कलाओं या झिल्लियों के निर्माण में सहायक होता है। इसके फॉस्फेट एवं कॉलीन पानी में घुलनशील होते हैं। इसके विपरीत वसीय अम्ल पानी में अघुलनशील होते हैं।

**पादप उपापचय में लिपिड्स का महत्व**

**(1) जैविक झिल्लियों का निर्माण (Formation of biological membranes)–** जीवों की अर्ध पारगम्य झिल्लियों का संश्लेषण प्रोटीन व लिपिड्स के द्वारा होता है।

**(2) झिल्ली या कला का महत्व (Importance of membranes)–**

**(i) आयन पारगम्यता (Ion permeability)–** फॉस्फोलिपिड कुछ आयन्स का आवागमन कला या झिल्ली के द्वारा करने में सहायता करते हैं। कला या झिल्ली की लाइपो–प्रोटीन केटायन्स (Cations) को विशेष रूप से बाँधे रखती है।



**(ii) शर्करा एवं अन्य पदार्थ–** बॉन डोनन एवं गीयर के अनुसार किसी कला या झिल्ली की पारगम्यता जल में घुलनशील नॉन इलेक्ट्रोलाइट में पाये जाने वाले असंतृप्त हाइड्रोकार्बन्स की श्रृंखला की लम्बाई पर निर्भर करती है।

(3) **एन्जाइमी क्रिया में महत्व–** जैविक झिल्लियों पर पाये जाने एन्जाइम्स की क्रिया की सक्रियता पर लिपिड्स का उल्लेखनीय प्रभाव होता है जिसमें यह स्वयं प्रयुक्त नहीं होता है लेकिन, यह पदार्थ को एन्जाइम के निकट लाने का प्रयास करता है।

(4) **ऊर्जा संग्रह संचय–** कार्बोहाइड्रेट एवं प्रोटीन की तरह लिपिड्स भी ATP के रूप में भोजन संग्रह करती हैं।

(5) **कोशिकीय मरम्मत–** हेबरलेण्ड के अनुसार पौधों में घावों को भरने के लिये अनेक हॉर्मोन्स का संश्लेषण होता है। ये हॉर्मोन्स कोशिका वृद्धि के लिये सहायक होते हैं। हॉल एवं मोरिस के अनुसार इन हार्मोन्स में असंतृप्त वसीय अम्ल जैसे **लिनोलिनिक अम्ल** *(Linolinic acid)* पाये जाते हैं।

(6) **क्यूटिन का संश्लेषण–** मरुद्भिद् पौधों की पत्तियों में एपीडर्मिस के ऊपर क्यूटिन की परत पायी जाती है जो मोम की सहायता से बनी होती है। इसमें लिपिड्स भी पाये जाते हैं।

(7) **इथीलीन का संश्लेषण–** पौधों में इथीलीन गैस का निर्माण होता है। यह गैस फलों को पकाने में हॉर्मोन के रूप में कार्य करती है। इसके संश्लेषण में **लिनोलेनिक अम्ल *(Linolenic acid)*** का उपयोग होता है।

**प्रश्न–27. नाइट्रोजन स्थिरीकरण की प्रक्रिया का वर्णन कीजिये।**

अथवा [ भोपाल 2005, सागर 05, 06 ]

**निम्न पर संक्षिप्त टिप्पणी लिखिये।**

**(i) प्रकृति में $N_2$ स्थिरीकरण** [ भोपाल 2007 ]

**(ii) जैविक नाइट्रोजन स्थिरीकरण**

**(iii) सहजीवी नाइट्रोजन स्थिरीकरण।** [ भोपाल 2007 ]

अथवा

**नाइट्रोजन स्थिरीकरण की विभिन्न विधियों का वर्णन कीजिये।** [ भोपाल 2006 ]

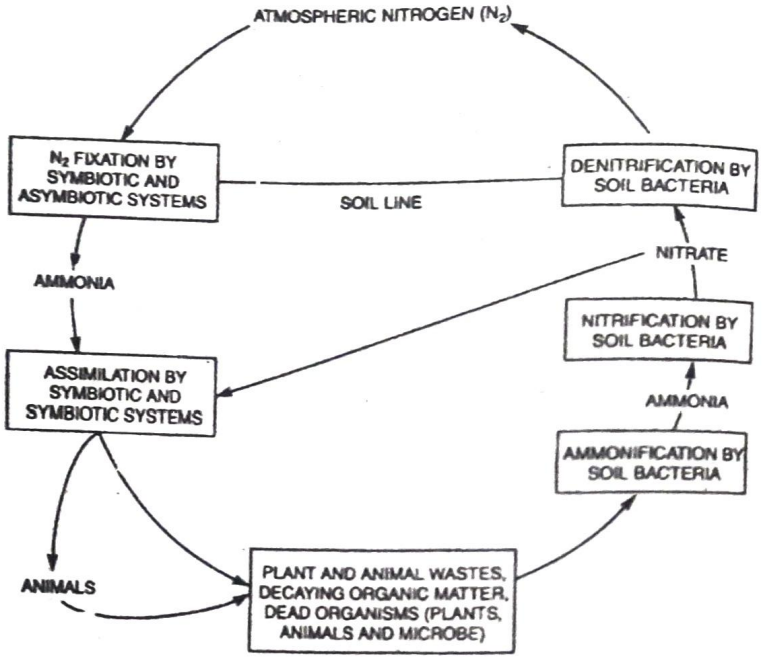
**उत्तर– $N_2$ स्थिरीकरण ($N_2$ Fixation)–** प्रकृति में नाइट्रोजन विभिन्न रूपों में पायी जाती है। मृदा में कार्बनिक नाइट्रोजन जीवों के मृत शरीर के अपघटन से प्राप्त की जाती है। मृत शरीर में मिलने वाली जटिल प्रोटीन अपघटित होकर अमीनो अम्ल में परिवर्तित हो जाती है। इसी प्रकार यूरिया भी मृदा में मिल जाती है। पौधे जड़ों के द्वारा इनका अवशोषण करते हैं अथवा सूक्ष्म जीवों के द्वारा यह अमोनिया में बदल जाती है। यह क्रिया अमोनीकरण (Ammonification) कहलाती है। इसी प्रकार मृदा में अकार्बनिक नाइट्रोजन भी $NO_3$ तथा $NO_2$ के रूप में पाये जाते हैं जिनका उपयोग जड़ों के द्वारा किया जाता है।

वायुमण्डल में 4/5भाग $N_2$ होती है। जीवधारी इस स्वतन्त्र नाइट्रोजन का उपयोग नहीं कर पाता है। पौधे $N_2$ को $NH_3$ या $NO_3$ के रूप में ही उपयोग करते हैं। ये यौगिक नाइट्रोजन स्थिरीकरण जीवाणुओं के द्वारा ग्रहण किये जाते हैं। ये नाइट्रेट पौधों के शरीर के अन्दर नाइट्रोजनी यौगिक बनाते हैं। इन पेड़ पौधों का उपयोग जीव जन्तु करते हैं। पौधों एवं जन्तुओं की मृत्यु के पश्चात् जीवाणुओं अथवा अन्य सूक्ष्म जीवों की अपघटन की क्रिया के पश्चात् $N_2$ स्वतन्त्र रूप में अथवा $NH_3$ के रूप में वातावरण तक पुनः पहुँच जाती है।

**नाइट्रोजन स्थिरीकरण की क्रियाविधि (Mechanism of $N_2$ Fixation)**– नाइट्रोजन स्थिरीकरण की क्रिया निम्न चरणों में पूर्ण होती है–

(1) नाइट्रोजन स्थिरीकरण (2) अमोनीफिकेशन
(3) नाइट्रीफिकेशन (4) डिनाइट्रीफिकेशन

**(1) नाइट्रोजन स्थिरीकरण (Nitrogen Fixation)**– वायुमण्डल में नाइट्रोजन स्वतन्त्र रूप से पायी जाती है। यह नाइट्रोजन पौधों के द्वारा सीधे ही उपयोग नहीं की जाती है। वायुमण्डल में आण्विक नाइट्रोजन एक अक्रिय गैस के रूप में रहती है केवल उच्चवर्गीय पौधों द्वारा ही इनका उपयोग $NO_3^-$ एवं $NH_4^+$ के रूप में किया जाता है।




चित्र– जैव नाइट्रोजन चक्र

वायुमण्डल की स्वतन्त्र $N_2$ का स्थिरीकरण दो प्रकार से होता है–

**(i) नाइट्रोजन का अजैविक स्थिरीकरण (Abiotic or physical $N_2$ Fixation)**– वायुमण्डल की स्वतन्त्र नाइट्रोजन बादलों की तड़ित बिजली के प्रभाव से ऑक्सीजन से संयोग करके नाइट्रिक ऑक्साइड (NO) बनाती हैं। बाद में $O_2$ के द्वारा $NO_2$ का निर्माण होता है–

$$N_2 + O_2 \xrightarrow{\text{Lighting}} 2NO$$
$$2NO + O_2 \longrightarrow 2NO_2$$

यह नाइट्रोजन परॉक्साइड ($NO_2$) वर्षा के जल से क्रिया करके $HNO_2$ वर्षा के जल से क्रिया करके $HNO_2$ और $HNO_3$ बनाती है और भूमि में गिरने के पश्चात $NO_2^-$ व $NO_3^-$ आयनों का निर्माण करती है। ये आयन पौधों की जड़ों के द्वारा सीधे ही अवशोषित कर लिये जाते हैं। इस प्रकार अवशोषित $N_2$ प्रोटीन निर्माण में काम आती है। अनेक प्रोटियोलिटिक क्रियाओं के द्वारा $N_2$ के जटिल यौगिक अमीनों अम्लों मे विघटित हो जाते हैं। पौधों की मृत्यु



के पश्चात ये जटिल नाइट्रोजन यौगिक स्वतन्त्र $N_2$ एवं $NH_3$ के रूप में जीवाणुओं की क्रिया द्वारा मिल जाते हैं।

**(ii) नाइट्रोजन का जैविक स्थिरीकरण (Biological $N_2$ Fixation)**– वायुमण्डल में $N_2$ की मात्रा लगभग 71% तक होती है लेकिन वायुमण्डल में यह आण्विक नाइट्रोजन अक्रिय गैस के रूप में उपस्थित रहती हैं। यह आण्विक नाइट्रोजन सूक्ष्म जीवों के द्वारा मृदा में स्थिर की जाती है और पौधों को उपलब्ध रहती हैं। जब यह नाइट्रोजन जैविक कोशिकाओं के द्वारा स्थिरीकृत की जाती है तब इसे जैविक नाइट्रोजन स्थिरीकरण कहते हैं।

नाइट्रोजन स्थिरीकरण प्रक्रिया दो प्रकार के सूक्ष्म जीवों द्वारा सम्पन्न होती हैं–

(i) असहजीवी (ii) सहजीवी

**(i) असहजीवी $N_2$ स्थिरीकरण (Non-Symbiotic $N_2$ Fixation)**– कुछ सूक्ष्म जीव मृदा में स्वतन्त्र रूप से रहकर नाइट्रोजन यौगिकीकरण करते हैं, इसे असहजीवी नाइट्रोजन स्थिरीकरण कहते हैं। असहजीवी नाइट्रोजन स्थिरीकरण करने वाले सूक्ष्मजीव निम्न प्रकार के होते हैं–

(a) मुक्त जीवी वायवीय नाइट्रोजन स्थिरीकारक जीवाणु (Free living aerobic nitrogen fixing bacteria)– उदाहरण– एजोटोबेक्टर (Azotobacter)
(b) मुक्त जीवी अवायवीय नाइट्रोजन स्थिरीकारक जीवाणु (Free living anaerobic nitrogen fixing bacteria)– उदाहरण– क्लॉस्टेरीडियम (Closteridium)
(c) मुक्त जीवी प्रकाश संश्लेषी जीवाणु (Free living photosynthetic bacteria)– उदाहरण– क्लोरोवियम (Chlorobium)
(d) मुक्त जीवी रसायन संश्लेषी जीवाणु (Free living chemosynthetic bacteria) उदाहरण– डिसल्फोवाइब्रियो (Desulphovibrio)
(e) मुक्त जीवी कवक (Free living fungi) उदाहरण– प्युलुलेरिया (Pullularia) एवं यीस्ट (yeast)
(f) हेटरोसिस्ट युक्त शैवाल (Hetero-cyst bearing algae) उदाहरण– नॉस्टोक ( Nostoc) एनाबीना (Anabaena)

**(ii) सहजीवी $N_2$ स्थिरीकरण (Symbiotic $N_2$ Fixation)**– इस प्रकार का स्थिरीकरण राइजोवियम लेग्यूमिनोसेरम जीवाणु और लेग्यूमिनोसी कुल के पौधों के सहजीवन (symbiosis) द्वारा होता है। राइजोबियम के इस कुल के पौधों की जड़ों में प्रवेश के कारण ग्रंथिकायें (Nodulas) उत्पन्न हो जाती हैं।

(2) **अमोनीकरण (Ammonification)**– पौधों एवं जन्तुओं की मृत्यु के पश्चात् सूक्ष्म जीवों की अपघटनी क्रियाओं के द्वारा अमोनियम यौगिक प्राप्त होते हैं। ये अमोनियम यौगिक मिट्टी में मिलकर पुनः पौधों को उपलब्ध हो जाते हैं। यह क्रिया अमोनिकरण जीवाणुओं के द्वारा होती है जैसे– बेसीलस रेमोसस (Bacillus ramosus), बे. वल्गेरिस (B. Vulgaris) एवं बे. माइकोइडिस (B. Mycoides) आदि।

(3) **नाइट्रीकरण (Nitrification)**– मृदा में उपस्थित अमोनियम यौगिक नाइट्रीफाइंग जीवाणुओं के द्वारा $NO_2$ एवं $NO_3$ में निम्न क्रियाओं के द्वारा बदल जाते हैं–

(i) नाइट्रोसोमोनास (Nitrosomonas) जीवाणु $NH_3$ यौगिकों को नाइट्राइट यौगिकों ($NO_2$) में बदल देते हैं।

$$2NH_3 + 3O_2 \xrightarrow{\text{Nitrosomonas}} 2HNO_2 + 2H_2O + \text{ऊर्जा}$$

(ii) नाइट्रोबेक्टर (Nitrobactor) जीवाणु नाइट्राइट यौगिकों को नाइट्रेट यौगिक में बदल देते हैं।

$$2HNO_2 + O_2 \xrightarrow{\text{Nitrobactor}} 2HNO_3 + \text{ऊर्जा}$$

**(4) विनाइट्रीकरण (Denitrification)**– इस क्रिया में मिट्टी में उपस्थित नाइट्रेट एवं अमोनियम यौगिक सूक्ष्म जीवों की क्रिया द्वारा विघटित हो जाते हैं। जिसके फलस्वरूप स्वतन्त्र नाइट्रोजन मृदा में मिलकर वहाँ से पुनः वायुमण्डल में चली जाती है। यह क्रिया डिनाइट्रीफाइंग जीवाणुओं की उपस्थिति में होती है। उदाहरण– थायोबेसीलस डिनाइट्रीफिकेन्स (Thiobacillus denitrificance) बेसीलस डिनाइट्रीफिकेन्स (Bacillus denitrificance)

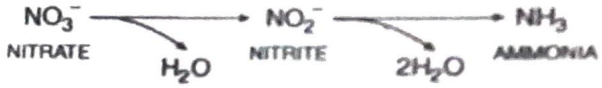
**प्रश्न–28. नाइट्रेट अवकरण के महत्व तथा इसके नियमन पर प्रकाश डालिये।**

अथवा

**नाइट्रोजन के अवकरण से क्या आशय है? स्पष्ट कीजिये।**

**उत्तर– नाइट्रेट अवकरण का महत्व तथा इसका नियमन–** उच्च श्रेणी के पादपों की जड़ों को मृदा से नाइट्रोजन प्रायः नाइट्रेट आयन्स ($NO_3^-$) एवं अमोनियम आयन्स ($NH_4^+$) के रूप में प्राप्त होती है। नाइट्रेट (nitrate) का अमोनिया (ammonia) में अवकरण (reduction) दो अनुक्रमक क्रियाओं (sequential reactions) द्वारा सम्पन्न होता है जो कि निम्नांकित हैं–

**प्रथम चरण–** इस चरण में नाइट्रेट ($NO_3$) का अवकरण नाइट्राइट ($NO_2$) में होता है और इस क्रिया में ऑक्सीजन ($O_2$) का एक परमाणु जल के रूप में मुक्त होता है। इसके पश्चात् नाइट्राइट ($NO_2$) का अमोनिया ($NH_3$) में अवकरण होता है तथा ऑक्सीजन के दो अतिरिक्त परमाणु जल के रूप में मुक्त होते हैं। नाइट्रेट से अमोनिया की क्रिया प्रक्रम निम्न समीकरण द्वारा दर्शाया जा सकता है–




प्रत्येक इलेक्ट्रॉन वाहक (electron carrier) का कार्य उस क्रिया में करते हैं जो नाइट्रेट रिडक्टेज के लिये NADH का स्त्रोत NAD⁺ द्वारा ग्लिसरेल्डीहाइड-3-फॉस्फेट के ऑक्सीकरण पर आश्रित होता है ग्लिसरेल्डीहाइड-3-फॉस्फेट को दोनों का अर्थात् ग्लाइकोलाइटिक पथ तथा ऑक्सीडेटिव पेण्टोज फॉस्फेट पथ का सदस्य कहा जाता है। इलेक्ट्रॉन स्थानान्तरण का पथ NADH से FAD तथा मोलीब्डेनम द्वारा निम्न प्रकार आगे बढ़ता है–




यह समीकरण इलेक्ट्रॉन फ्लो (electron flow) की दिशा को प्रदर्शित करता है। कुछ ऐसे भी प्रमाण हैं जिनसे यह सिद्ध होता है कि नाइट्रेट रिडक्टेज अणु में अतिरिक्त इलेक्ट्रॉन वाहक होता है जो FAD तथा मोलीब्डेनम के मध्य स्थित होता है

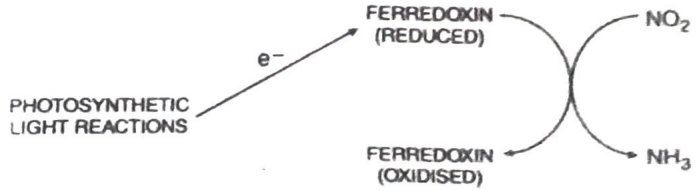
अतः नाइट्रेट रिक्टेज की उत्प्रेरित क्रिया को निम्न प्रकार दर्शाया जा सकता है–

$$NO_3^- + NADH + H^+ \longrightarrow NO_2^- + NAD^+ + H_2O$$



**द्वितीय चरण–** इस चरण में नाइट्राइट ($NO_2$) का अमोनिया ($NH_3$) में अवकरण होता है। यह क्रिया हरी पत्तियों के क्लोरोप्लास्ट्स में होती है। पत्तियों में नाइट्रोजन अवकरण की शक्ति प्रकाश–संश्लेषण की प्रकाश प्रक्रिया से प्राप्त होती है।

क्लोरोप्लास्ट्स की प्रकाश क्रिया में फेरीडॉक्सिन का अवकरण (reduction) होता है और फिर यह $NADP^+$ को NADPH में प्रकाश–संश्लेषण के समय अवकृत करता है। अवकृत फेरीडॉक्सिन (reduced ferredoxin), नाइट्राइट ($NO_2$) को अमोनिया ($NH_3$) में अवकृत करने में काम आ जाता है। प्रकाश संश्लेषणी प्रकाश (light) की नाइट्राइट क्रियाओं में इलेक्ट्रॉन फ्लो का पथ निम्न प्रकार दर्शाया जा सकता है–




नाइट्राइट ($NO_2$) को अमोनिया ($NH_3$) में अवकृत करने वाला उत्प्रेरक एन्जाइम, नाइट्रेट रिडक्टेज (nitrate reductase) कहलाता है।

क्लोरोप्लास्ट के इस एन्जाइम द्वारा उत्प्रेरित क्रिया को निम्न प्रकार प्रस्तुत करते हैं–

$$NO_2^- + 6e^- + 7H^+ \longrightarrow NH_3 + 2H_2O$$

वैज्ञानिकों के अनुसार नाइट्रेट ($NO_3$) का प्रयोग $C_3$ पौधों की अपेक्षा $C_4$ पौधों द्वारा अधिक कुशलता के साथ किया जाता है।

**प्रश्न–29. फैटी एसिड्स के बीटा ऑक्सीडेशन (β- oxidation) की प्रक्रिया का वर्णन कीजिये। इनमें कौन से स्टैप्स ऑक्सीडेटिव होते हैं?** [ इन्दौर 2019 ]

अथवा

**वसा अम्लों के ऑक्सीकरण को समझाइये।** [ इन्दौर 2001 ]

अथवा

**वसीय अम्लों के β–ऑक्सीकरण को समझाइये।** [ पलिवर 2019 ]

अथवा

**β–ऑक्सीडेशन का वर्णन कीजिये। यह कहाँ होता है?** [ उज्जैन 2021 ]

अथवा

**बीटा ऑक्सीडेशन पर संक्षिप्त टिप्पणी लिखिये।**

[ इन्दौर 2009, पलिवर 15, जबलपुर 18,19,22 ]

**वसीय अम्लों के बीटा ऑक्सीकरण पर संक्षिप्त टिप्पणी लिखिये।**

अथवा [ भोपाल 2005,07, सागर 2005 ]

**जन्तुओं में वसा के उपापचय की क्रिया का वर्णन कीजिये।** [ भोपाल 2006 ]

अथवा

**वसा उपापचय पर एक निबन्ध लिखिये।**

**उत्तर– फैटी एसिड का ऑक्सीडेशन (Oxidation of fatty acids)–** शरीर के पेशी ऊतक अपनी ऊर्जा का उत्पादन ग्लाइकोजन के ऑक्सीकरण से करते हैं। लेकिन जब रुधिर में ग्लूकोज की मात्रा अपनी सामान्य मात्रा से भी कम हो जाती है तो पेशी ऊतक फैटी एसिड्स को ऊर्जा स्त्रोत की तरह उपयोग करते हैं। फैटी एसिड का ऑक्सीडेशन पूर्णतः कार्बन डाइऑक्साइड तथा जल में होता है, जिसके अन्तर्गत ऊर्जा विमुक्त होती है।

**वसा उपापचय या कैटाबॉलिज्म–** सर्वप्रथम वसायें लाइपेज एन्जाइम से आहारनाल में वसा अम्लों तथा ग्लिसरॉल में टूटती हैं। ग्लिसरॉल ATP की मदद से ग्लिसरैल्डिहाइड 3–फॉस्फेट में बदलता है। यहाँ एक जोड़ी हाइड्रोजन भी प्राप्त होती है। जो NAD ग्रहण करता है, ये ग्लिसरैल्डिहाइड 3–फॉस्फेट ग्लाइकोलिसिस पथ के मध्य प्रविष्ट होकर उपापचयी क्रियाओं में भाग लेता है तथा इसमें कुल 19ATP उत्पन्न करने की क्षमता होती है।

**बीटा ऑक्सीडेशन (β- Oxidation)– नूप** (Knoop, 1904) ने अपने प्रयोगों के आधार पर स्पष्ट किया कि फैटी एसिड्स सामान्यतः बीटा ऑक्सीडेशन की प्रक्रिया के द्वारा अर्थात् बीटा कार्बन पर ऑक्सीकृत होते हैं। इस मत के अनुसार लम्बी श्रृंखला के फैटी एसिड्स के अणु एक स्टैपवाइज क्रिया के अन्तर्गत धीरे–धीरे टूटते हैं तथा प्रत्येक स्टेप में 2–कार्बन परमाणु जो कार्बोक्सिल समूह या β–पोजीशन पर स्थित होते हैं, ऑक्सीकृत होते हैं तथा β–कीटो एसिड का निर्माण होता है। यह β– कीटो एसिड, एसीटिक एसिड तथा एक अन्य फैटी एसिड में विघटित हो जाता है। इस प्रकार कीटो समूह (= CO) की साइट पर एक नये कार्बोक्सिल समूह (-COOH) का निर्माण होता है जिसमें मूल फैटी एसिड में स्थित कार्बन परमाणुओं से दो कार्बन परमाणु कम होते हैं। इस प्रकार बना एसीटिक एसिड पुनः ऑक्सीडेशन के फलस्वरूप $CO_2$ तथा $H_2O$ में विघटित हो जाता है।

β–ऑक्सीडेशन की प्रक्रिया तब तक चलती रहती है जब तक 4– कार्बन वाला ऐसीटो–ऐसेटिक एसिड या β–कीटो ब्यूटिरिक एसिड अन्त में शेष रह जाता है तथा प्रत्येक स्टैप्स पर एसीटिक एसिड का एक अणु अलग होकर $CO_2$ एवं $H_2O$ में ऑक्सीकृत हो जाता है। 4–कार्बन परमाणु वाला यह β–कीटो ब्यूटिरिक एसिड अन्त में ऐसिटिल कोएन्जाइम– A के दो अणु में ऑक्सीकृत हो जाता है। अतः ऐसेटिल कोएन्जाइम– A बीटा ऑक्सीडेशन का अंतिम उत्पाद है। यह क्रिया पाँच चरणों में सम्पन्न होती है–

**(1) वसा अम्ल को सक्रिय करना–** इस प्रथम चरण में वसा अम्ल के अंतिम–COOH समूह को–एन्जाइम A से युग्मित कराकर सक्रिय बनाया जाता है। यहाँ एक ATP खर्च होता है–

$$R\text{-}\overset{\beta}{C}H_2 - \overset{\alpha}{C}H_2 - CH_2 - COOH + ATP + COASH \xrightarrow[Mg^{++}]{\text{thiokinase}}$$

$$R - \overset{\beta}{C}H_2\text{-}\overset{\alpha}{C}H_2\text{-}COS\ COA + A\,M\,P + PP + H_2O$$

**(2) सक्रिय वसा अम्ल का डिहाइड्रोजिनेशन–** अब α तथा β कार्बन से एक हाइड्रोजन निकाला जाता है। अतः एक असंतृप्त बन्ध– CH = CH – का निर्माण होता है। यहा हाइड्रोजन FAD द्वारा ग्रहण किया जाता है।

$$R - CH2 - \overset{\beta}{C}H_2 - \overset{\alpha}{C}H_2 - \overset{O}{\overset{||}{C}} - S - COA + FAD.$$

$$\xrightarrow[\text{dehydrogenase}]{\text{acyl}} R - CH_2 - \overset{\beta}{C}H = \overset{\alpha}{C}H - C - S - COA + F\,AD\,H_2$$

**(3) हाइड्रेशन–** इस चरण में β कार्बन के असंतृप्त बंध के स्थान पर एक ऐल्कोहॉली ग्रुप बन जाता है–

$$R - CH_2 - \overset{\beta}{C}H = \overset{\alpha}{C}H - \overset{O}{\overset{||}{C}} - S - COA + H_2O$$



$$\xrightarrow[\text{hydrase}]{\text{enoyl}} R - CH_2 - CHO\,H\,CH_2 - C - S - COA$$

(β – Hydroxy acyl COA)

**(4) β– हाइड्रॉक्सिल एसिल व्युत्पन्न का β– कीटो व्युत्पन्न में बदलना–** यह क्रिया β–हाइड्रॉक्सि एसिल डिहाइड्रोजिनेज के द्वारा उत्पन्न कराई जाती है तथा यहाँ उत्पन्न हाइड्रोजन NAD द्वारा ग्रहण किये जाते हैं, यही β ऑक्सीडेशन होता है जिसके लिये इसका यह नाम पड़ा है–

$$R - CH_2 - CH\,OH - CH_2 - \overset{O}{\overset{||}{C}} - S - COA + NAD$$

$$\rightleftharpoons R - CH_2\,CO - CH_2 - \overset{O}{\overset{||}{C}} - S\text{-}COA + NADH + H^+$$

(β Keto acyl. COA)

**(5) β– कीटो एसिल CoA की को– एन्जाइम से प्रतिक्रिया–** यह क्रिया β– कीटो एसिल थायोलेज एन्जाइम की मदद से सम्पन्न होती है। यहाँ ऐसीटिल CoA तथा एक सक्रिय वसा अम्ल उत्पन्न होता है (क्योंकि CoA का दूसरा अणु β कार्बन पर जुड़ता है। जो कि पूर्ववत् श्रृंखला से एसीटिल CoA निकल जाने के कारण दो कार्बन छोटा होता है। अब यह शेष बची श्रृंखला में पुनः β– ऑक्सीडेशन तब तक हो सकता है, जब तक यह श्रृंखला समाप्त न हो जाये। इस प्रकार बने ऐसीटिल CoA अणु क्रेब्स चक्र के माध्यम से ऊर्जा उत्पन्न करते हैं। साथ ही यहाँ होने वाली डिहाइड्रोजिनेशन क्रियाओं से उत्पन्न इलेक्ट्रॉन ट्रांसपोर्ट श्रृंखला के माध्यम से कई ATP का निर्माण करते हैं–

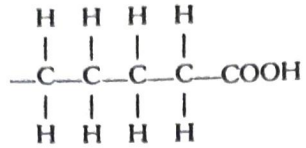
**[B] वसाओं का संश्लेषण या निर्माण एनाबॉलिज्म–** अधिकतर जीवित प्राणी वसा अम्लों का निर्माण गैर वसा स्रोत जैसे ऐसीटिल CoA से आसानी से कर लेते हैं। जबकि ऐसीटिल CoA का निर्माण कार्बोहाइड्रेट तथा प्रोटीन से भी हो सकता है।

यह संश्लेषण एण्डोप्लाज्मिक रेटीकुलम में सम्पन्न होता है, इसमें कई ऐसीटिल CoA के अणु परस्पर जुड़कर लम्बी–$CH_2$ की श्रृंखलाओं का निर्माण करते हैं। क्रिया में हर बार को–एन्जाइम–A मुक्त होता है। वसा अम्लों के बनने में विटामिन Biotin तथा $B_{12}$ की उपस्थिति जरूरी होती है। अन्ततः वसा अम्ल ग्लिसरॉल–फॉस्फेट से क्रिया करते हैं जो डाइहाइड्रॉक्सी ऐसीटोन फॉस्फेट के अपघटन से बनाया जाता है। इस तरह Triglyceride या वसाओं का निर्माण होता है।

वसा अम्लों को दो वर्गों में बाँटा जा सकता है, एक असंतृप्त वसायें तथा दूसरी संतृप्त वसायें। यदि सारे कार्बन परमाणु पूरी तरह संतृप्त नहीं होते, तब इन अम्लों को असंतृप्त वसायें कहते हैं। उदाहरण– ओलिक अम्ल।

$$\begin{array}{llllll} H & H & H & H & & \\ | & | & | & | & & \\ -C- & C = & C & - & C & - COOH \\ | & & & & | & \\ H & & & & H & \end{array}$$

यदि सारे कार्बन परमाणु पूरी तरह संतृप्त हैं तो वसा अम्ल को संतृप्त कहते हैं। उदाहरण– पामिटिक अम्ल।



**प्रश्न–30. फॉस्फोलिपिड्स मेटाबॉलिज्म को समझाइये।**

**उत्तर– फॉस्फोलिपिड्स मेटाबॉलिज्म (Metabolism of Phospholipids)–** फॉस्फोलिपिड्स शरीर की सभी कोशिकाओं में पाये जाते हैं तथा इनका संश्लेषण या तो फॉस्फेटिडिक एसिड या फॉस्फेटिडाइकॉलिन से होता है। शरीर कोशिकाओं में लैसिथिन अत्यन्त महत्वपूर्ण फॉस्फोलिपिड होता है जिसका संश्लेषण यकृत कोशायें करती हैं, जबकि सिफेलिन्स (Cephalins) फॉस्फोलिपिड का संश्लेषण यकृत–कोशाओं की बजाय मस्तिष्क कोशाओं में तीव्र गति की दर से होता है। वसाओं से फॉस्फोलिपिड्स का संश्लेषण होना, एक ऐसी प्रक्रिया है जिसके कारण वसायें कोशाओं के अन्दर तथा बाहर गतिशील अवस्था में रहती हैं। फॉस्फोलिपिड्स का संश्लेषण मुख्यतः यकृत, आँत तथा किडनी की कोशाओं में होता है। ये अधिकांशतः प्रोटीन्स के साथ संधि रूप में पाये जाते हैं तथा रुधिर में इनका संवहन प्रोटीन कॉम्प्लेक्स (Protein Complexes) के रूप में होता है। फॉस्फोलिपिड्स की संश्लेषण एवं विखण्डन की प्रतिक्रियायें पैनक्रिएटिक (Pancreatic) कोशाओं में उत्पन्न फॉस्फेटैजेज (Phosphatases) तथा इण्टेस्टाइनल कोशाओं में उत्पन्न एस्टररेज (esterase) एन्जाइम के द्वारा उत्प्रेरित होती है।

**प्रश्न–31. लिपिड्स के बायो संश्लेषण पर संक्षिप्त टिप्पणी लिखिये।**

[ जीवाजी 2005, सागर 2005,06 ]

अथवा

**लिपिड्स के कार्यों की विवेचना कीजिये।** [ भोपाल 2006, सागर 2007 ]

**उत्तर– लिपिड्स का बायो संश्लेषण (Biosynthesis of lipids)–** प्राकृतिक अवस्था में उत्पन्न वसीय अम्ल संतृप्त होते हैं। इन्हें साइक्लिक वसीय अम्ल के नाम से भी जाना जाता है। प्राकृतिक अवस्था में पाये जाने वाले वसीय अम्ल पानी में अघुलनशील होते हैं लेकिन पोटेशियम एवं सोडियम के लवणीय घोल में ये घुलनशील होते हैं। वसीय अम्ल लम्बी श्रृंखला वाले कार्बनिक अणु होते हैं। इनमें कार्बनिक परमाणुओं की संख्या सम होती हैं। वसीय अम्लों में कार्बन अणु की संख्या 16–18 तक होती है। प्रसिद्ध जीव वैज्ञानिक ग्रीन 1960 के अनुसार दो एन्जाइम कॉम्प्लेक्सेस एवं पाँच को–फेक्टर जैसे ATP, $Mn^{++}$, बायोटीन, NADPH एवं $CO_2$ वसीय अम्लों के संश्लेषण के लिये अति आवश्यक होते हैं। वसीय अम्लों की लम्बी श्रृंखला वाले यौगिकों का संश्लेषण दो कार्बन वाले यौगिक एसीटाइल को एन्जाइम A के द्वारा होता है। यह को–एन्जाइम A अधिक क्रियाशील होता है। जो श्वसन क्रिया के दौरान एक माध्यमिक उत्पाद के रूप में उत्पन्न होता है जिसमें बार–बार क्रियायें भाग लेती हैं। प्रत्येक पद में दो कार्बन परमाणु वाला एसीटाइल को–एन्जाइम A एक श्रृंखला के साथ जुड़ जाता है। प्रत्येक पद की क्रियाओं में से एक एन्जाइम कॉम्पलेक्स का निर्माण करती है। जिसमें बायोटीन एक प्रोस्थेटिक समूह होता है। इन क्रियाओं में ऊर्जाकी आपूर्ति ATP के द्वारा की जाती है तथा मैंगनीज व कार्बन डाय ऑक्साइड एन्जाइम के लिये कोफेक्टर का काम करते हैं। दूसरे एन्जाइम कॉम्पलेक्स को NADPH ऊर्जा प्रदान करता है एवं अपचयन होता है। प्रथम क्रिया में एसीटाइल को एन्जाइम A से कार्बन डायऑक्साइड से संयोग करके मेलोनाइल को एन्जाइम A बनाता है। दूसरी क्रिया में विशिष्ट एन्जाइम एवं कोएन्जाइम NADPH की उपस्थिति में मेलेनॉइल को एन्जाइम A दूसरे एसीटाइल को–



एन्जाइम A से क्रिया करता है। इसमें कार्बन डायऑक्साइड निष्कासित हो जाती है। इसके फलस्वरूप कार्बन अणु वाला यौगिक बन जाता है। यह क्रिया निम्न प्रकार से समाप्त होती है–

ब्यूटेराइल को–एन्जाइम– A निर्माण अंतिम चरण में होता है। ब्यूटेराइल को–एन्जाइम A मेलोनाइल को–एन्जाइम A के दूसरे अणु के साथ क्रिया करता है और यही चक्र फिर से दोहराया जाता है। इससे 6 कार्बन अणु वाला मेलोनाइल को–एन्जाइम A के अन्य अणुओं से क्रिया करके 8 कार्बन अणु वाला यौगिक का निर्माण करता है। यह श्रृंखला इसी प्रकार आगे चलती रहती है।

## इकाई-2

### लघु एवं दीर्घउत्तरीय प्रश्नोत्तर-

**प्रश्न–1. प्रकाश संश्लेषण किसे कहते हैं? प्रकाश संश्लेषण की ऐतिहासिक पृष्ठभूमि का वर्णन कीजिये।** [ उज्जैन 2014,18 जबलपुर 2017 ]

**उत्तर– प्रकाश संश्लेषण–** यह एक महत्वपूर्ण जैवरासायनिक क्रिया है जो हरे पौधों के क्लोरोफिल युक्त कोशिकाओं में होती है, जिसके परिणामस्वरूप कार्बनिक पदार्थों का निर्माण होता रहता है इसलिये हरे पौधे स्वयंपोषी होते हैं। जीवधारियों को अपने जीवन की विभिन्न क्रियाओं को सम्पन्न करने के लिये ऊर्जा की जरूरत होती है जो उन्हें पादपों द्वारा निर्मित कार्बनिक भोज्य पदार्थों, जैसे कार्बोहाइड्रेट्स, वसा तथा प्रोटीन्स से मिलती है। प्रकाश–संश्लेषण में इन कार्बनिक भोज्य पदार्थों के निर्माण के समय प्रकाश ऊर्जा, रासायनिक ऊर्जा में बन्धित रहती है। अतः प्रकाश–संश्लेषण को प्रकाश रासायनिक क्रिया कहा जाता है। इस क्रिया में पौधों का हरा भाग सूर्य के प्रकाश की ऊर्जा को अवशोषित अथवा ग्रहण कर वायुमण्डल से ली गयी कार्बन डाइ–ऑक्साइड ($CO_2$) तथा जड़ों द्वारा अवशोषित जल ($H_2O$) से क्रिया करके कार्बनिक पदार्थों (कार्बोहाइड्रेट्स) का निर्माण कर ऑक्सीजन ($O_2$) गैस मुक्त करते हैं। प्रकाश संश्लेषण को निम्नलिखित समीकरण द्वारा प्रदर्शित कर सकते हैं–

$$6CO_2 + 12H_2O \xrightarrow[\text{Chlorophyll}]{\text{Ligh}} C_6H_{12}O_6 + 6O_2 + 6H_2O$$

**प्रकाश संश्लेषण की ऐतिहासिक पृष्ठभूमि–**

(1) सर्वप्रथम अरस्तू ने बताया कि पौधे अपना पोषण जड़ों द्वारा अवशोषित करते हैं।

(2) वॉन हेल्मोण्ट ने अपने प्रयोगों द्वारा स्पष्ट किया कि पौधों के शुष्क भार में वृद्धि उनके द्वारा अवशोषित जल द्वारा होती है न कि मृदा के कारण होती है।

(3) वुडवर्ड ने अपने प्रयोगों के आधार पर बताया कि पौधों के शुष्क भार में वृद्धि उनके द्वारा अवशोषित जल तथा मृदा के कारण होती है।

(4) सन् 1772 में जोसफ प्रीस्टले ने अपने प्रयोग में एक जीवित चूहे को लेकर उसे बेलजार से ढक दिया। दूसरे बेलजार के नीचे गमले में लगा पौधा तथा जीवित चूहे को लिया। उन्होंने देखा कि 1–2 दिन बाद पहले जार के नीचे रखा, चूहा मर जाता है। किन्तु दूसरे जार के नीचे रखे गमले में लगा पौधा तथा चूहा दोनों ही जीवित बने रहते हैं।

उन्होंने निष्कर्ष निकाला कि प्रथम जार के चूहे को शुद्ध वायु न मिलने के कारण उसकी मृत्यु हो जाती है, परन्तु दूसरे जार की दूषित वायु को पौधा शुद्ध करता रहता है, जिससे चूहे को शुद्ध वायु मिलती है और वह जीवित बना रहता है।

(5) जॉन इनजेन हाउस ने स्पष्ट कर दिया कि दूषित वायु पौधों द्वारा शुद्ध की जाती है और यह क्रिया पौधे के हरे भागों में सूर्य के प्रकाश की उपस्थिति में होती है।

(6) जीन सेनेबियर ने अपने प्रयोगों के आधार पर बताया कि हरे पौधे सूर्य के प्रकाश की उपस्थिति में कार्बन डाइ–ऑक्साइड ($CO_2$) गैस लेते हैं तथा ऑक्सीजन ($O_2$) गैस छोड़ते हैं।

(7) निकोलस डि सौस्यूर ने प्रकाश संश्लेषण पर प्रयोग किये और सिद्ध कर दिया कि पौधे जितनी $CO_2$ लेते हैं, उतनी ही $O_2$ छोड़ते हैं। $CO_2$ पौधे के अन्दर $H_2O$ गैस से क्रिया करके कार्बनिक पदार्थ बनाती है जिससे पौधे के भार में वृद्धि होती है।

(8) सन् 1845 में जूलियस रॉबर्ट मेयर ने प्रकाश संश्लेषण की क्रिया को समझने के लिये अनेक प्रयोग किये।




चित्र– प्रीस्टले द्वारा पौधे एवं चूहे पर किये गये प्रयोग

(9) सन् 1864 में स्टोक्स नामक वैज्ञानिक ने अपने प्रयोगों के आधार पर बताया कि प्रकाश–संश्लेषण करने वाली पत्तियों की कोशिकाओं में क्लोरोप्लास्ट पाये जाते हैं जिनसे उसने क्लोरोफिल 'ए' तथा क्लोरोफिल 'बी' को अलग किया।

(10) एग्लिमैन ने बताया कि कोशिका में प्रकाश संश्लेषण के स्थान क्लोरोप्लास्ट होते हैं।

(11) ब्लैकमैन ने प्रकाश संश्लेषण के दो पद प्रकाश तथा अन्धकार क्रियायें बताये तथा प्रकाश संश्लेषण के सीमाकारी सिद्धान्त पर भी प्रकाश डाला।

(12) विलिसटेटर तथा स्टॉल ने क्लोरोप्लास्ट की संरचना की खोज की।

(13) रॉबर्ट हिल ने बताया कि प्रकाश संश्लेषण में जल का फोटो–ऑक्सीडेशन होता है जो क्लोरोफ्लास्ट द्वारा सम्पन्न होता है।



(14) रूबिन, रेण्डाल, कामिन तथा हायडे ने आइसोटोपिक ऑक्सीजन $^{18}O$ का प्रयोग करके स्पष्ट कर दिया कि प्रकाश संश्लेषण में मुक्त $O_2$ जल से बाहर निकलती है न कि $CO_2$ से।

(15) केल्विन तथा बेन्सन ने $^{14}C$ का प्रयोग करके बताया कि (1) प्रकाश संश्लेषण का प्रथम स्थायी उत्पाद 3-PGA होता है। (2) इसमें केल्विन चक्र पाया जाता है।

(16) ओकोआ एवं विशनियाक के अनुसार हिल क्रिया में प्रकाशित क्लोरोप्लास्ट द्वारा $NADP^+$ का अवसरण $NADPH + H^+$ में किया जा सकता है।

(17) इमरसन आदि ने इमरसन प्रभाव की खोज की तथा हिल एव बेण्डल ने 'Z' स्कीम के बारे में बताया तथा सुझाव दिया कि फोटो तंत्र में दो श्रेणियाँ होती हैं।

(18) आरनन ने फोटोफॉस्फोराइलेशन की खोज की तथा पीटर मिचैल ने केमो–ऑस्मेटिक कपलिंग परिकल्पना पर प्रकाश डाला।

(19) कोर्सचाक ने गन्ने की पत्तियों में $C_4$ डाइ–कार्बोक्साइकिल अम्ल की खोज की।

(20) हैच एवं स्लेक ने $C_4$ पौधों का अनुमोदन किया।

**प्रश्न–2. प्रकाश संश्लेषणीय वर्णकों का वर्णन कीजिये।**

**उत्तर– प्रकाश–संश्लेषणी वर्णक (प्रकाश–संश्लेषण में प्रयुक्त वर्णक)–** प्रकाश–संश्लेषण में प्रकाश रासायनिक क्रिया के पूर्व कुछ वर्णकों द्वारा प्रकाश ऊर्जा का अवशोषण आवश्यक होता है। हरित लवक या क्रोमेटोफोर्स में वृहद परिसर के वर्णक पाये जाते हैं जो हरित लवक के शुष्क भार का 5 प्रतिशत से अधिक निर्माण करते हैं। इन वर्णकों की संरचना में संयुग्मित द्विबन्धों के उपस्थित होने के कारण वे दृश्य प्रकाश का अवशोषण कर सकते हैं। इसीलिये ये रंगीन होते हैं। पादपों में निम्नलिखित तीन श्रेणियों वाले वर्णक पाये जाते हैं–

(1) **पर्णहरिम–** यह पानी में अघुलनशील होते हैं।

(2) **केरोटिनॉयड्स–** यह पानी में अघुलनशील होते हैं।

(3) **फाइकोबिलिन्स–** यह पानी में घुलनशील होते हैं।

**प्रश्न–3. क्लोरोप्लास्ट की संरचना, रासायनिक संगठन तथा कार्यिकी का सचित्र वर्णन कीजिये।** [ भोपाल 2014 ]

अथवा

**हरित लवक पर टिप्पणी लिखिये।**

**उत्तर– रासायनिक संघटन–**क्लोरोप्लास्ट में क्लोरोफिल तथा कैरोटिनॉयड्स पाये जाते हैं, परन्तु आधुनिक रासायनिक अनुसंधान के अनुसार इसमें लिपिड्स, प्रोटीन्स, एन्जाइम्स और RNA व DNA भी पाये जाते हैं। प्रत्येक क्लोरोप्लास्ट में निम्नलिखित रासायनिक पदार्थ पाये जाते हैं–

| | |
|---|---|
| प्रोटीन्स | 30-35% |
| फॉस्फोलिपिड्स | 20-30% |
| क्लोरोपिल | 5-10% (75% क्लोरोफिल 'a' तथा 25% क्लोरोफिल 'B') |
| कैरोटिनॉयड्स | 4-5% (75% जैन्थोफिल, 35% कैरोटिन) |
| RNA | 3-7% |
| DNA | 0-5% |

सायटोक्रोम 'f', विटामिन K व E तथा Mg, Fe, Cu, Mn, Zn तथा P सूक्ष्म मात्रा में उपस्थित होते हैं।

**क्लोरोप्लास्ट की कार्यिकी–**

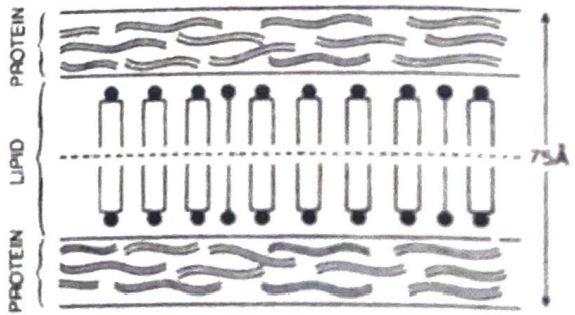
(i) क्लोरोप्लास्ट के ग्रेना में प्रकाश प्रक्रिया होती है, जिसके परिणामस्वरूप ATP तथा $NADPH_2$ का निर्माण होता है।

(ii) प्रकाश प्रक्रिया में ऑक्सीजन ($O_2$) पैदा होती है जो स्टोमेटा द्वारा बाहर निकलती है।

(iii) क्लोरोप्लास्ट के स्ट्रोमा में ATP तथा $NADPH_2$ प्रवेश करके प्रकाश संश्लेषण के अन्धकार प्रक्रिया में भाग लेते हैं।

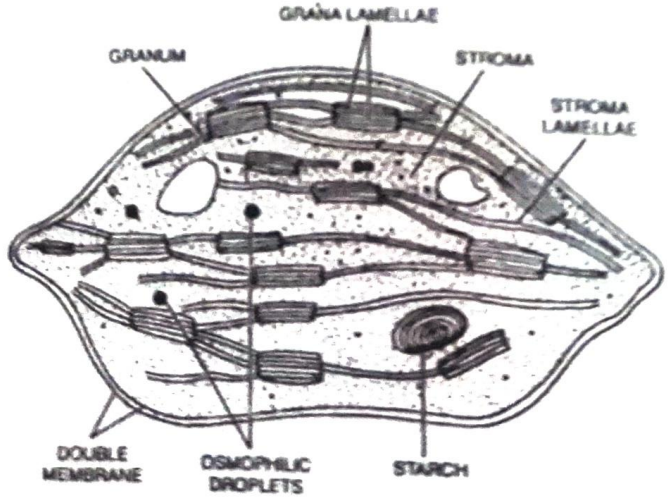
**हरित लवक की परासंरचना–** हरित लवक का अध्ययन इलेक्ट्रॉन सूक्ष्मदर्शी द्वारा करने से निम्नलिखित भागों की जानकारी मिलती है–

(1) **हरित लवक आवरण–** प्रत्येक हरित लवक दो इकाई कलाओं द्वारा घिरा होता है जिन्हें क्रमशः बाह्य एवं भीतरी कलायें कहते हैं जो लिपोप्रोटीन्स की बनी होती हैं। प्रत्येक कला की मोटाई लगभग 50-60Å होती है। यह कलायें पारगम्य होती हैं।




चित्र–क्लोरोप्लास्ट की इकाई कला की संरचना

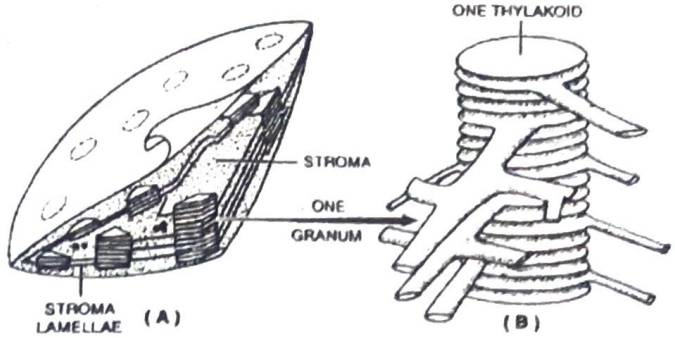
(2) **हरित लवक मैट्रिक्स अथवा स्ट्रोमा–** इकाई कला के अन्दर दानेदार एवं पारदर्शी पदार्थ पाया जाता है जिसे मैट्रिक्स अथवा स्ट्रोमा कहा जाता है। इसी मैट्रिक्स में ग्रेना तंत्र पाया जाता है। मैट्रिक्स में वसा कण, मण्ड कण, राइबोसोम तथा घुलित प्रोटीन्स आदि मिलते हैं।




चित्र– क्लोरोप्लास्ट की अल्ट्रा आन्तरिक संरचना

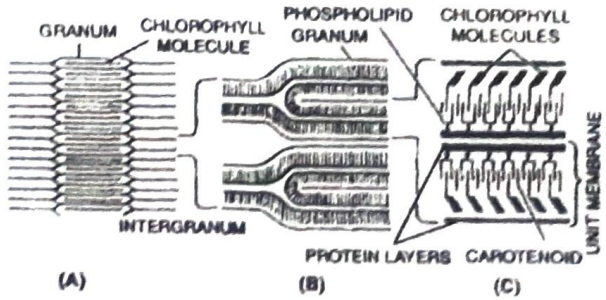


(3) **हरित लवक लेमिली अथवा ग्रेना तन्त्र–** यह तंत्र, स्ट्रोमा के अन्दर स्थित होता है तथा अनेक कलाओं का बना होता है। यह कलायें एक–दूसरे के समान्तर हरित लवक की सम्पूर्ण लम्बाई तक फैली रहती हैं। इन्हें पटलिकायें कहा जाता है। प्रत्येक पटलिका दो कलाओं की बनी होती हैं। किन्हीं–किन्हीं स्थानों पर यह पटलिकायें फूल जाती हैं तथा सिक्कों के ढेर के समान दिखायी देती हैं, जो ग्रेनम कहलाता है। एक हरित लवक में ग्रेनम की संख्या 40 से 60 तक होती है। प्रत्येक ग्रेनम की मोटाई लगभग 0.3μ से 1.7μ तक हो सकती है।




चित्र– (A) क्लोरोप्लास्ट का विविम दृश्य, (B) एक ग्रेनम का बड़ा हुआ दृश्य

प्रत्येक ग्रेनम में अनेक कक्ष होते हैं जो एक–दूसरे के ऊपर स्थित होते हैं और एक–दूसरे से इकाई कलाओं द्वारा अलग रहते हैं। इन कक्षों को थाइलेकॉइड कहते हैं।




चित्र–ग्रेनम का आवर्धित दृश्य (A) थाइलेकॉइड्स समूह (ग्रेनम) (B) ग्रेनम थाइलेकॉइड की संरचना, (C) एक पटलिका की आणविक संरचना

इनकी चौड़ाई लगभग 100 से 300Å होती है। इनकी संख्या 50 प्रति ग्रेना हो सकती है। प्रत्येक थाइलेकॉइड, हरित लवक के स्ट्रोमा से इकाई कला द्वारा अलग होते हैं। समीपस्थ दो ग्रेना एक–दूसरे से लम्बाई में शाखित अथवा अशाखित कलाओं द्वारा जुड़े रहते हैं, इन्हें स्ट्रोमा पटलिकायें या इण्टरग्रेना पटलिकायें या फ्रेट्स कहा जाता है।

**प्रश्न–4. इमरसन प्रभाव पर टिप्पणी लिखिये।**

**अथवा**

**रेड ड्रॉप से आप क्या समझते हैं? व्याख्या कीजिये।**

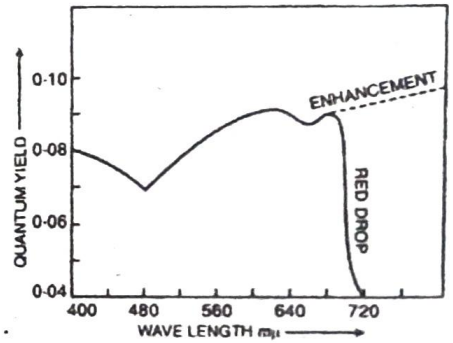
**उत्तर– इमरसन प्रभाव एवं दो वर्ण तन्त्र–** रॉबर्ट इमरसन एवं अन्य वैज्ञानिकों ने महत्वपूर्ण कार्य किये हैं, जिनके अनुसार, 'प्रति क्वाण्टम अवशोषित प्रकाश ऊर्जा द्वारा निष्कासित

ऑक्सीजन अणुओं की संख्या, क्वाण्टम उपलब्धि कहलाता है।' अतः प्रकाश-संश्लेषण की दर क्वाण्टम उपलब्धि के अनुसार ज्ञात की जाती है।

इसी प्रकार ऑक्सीजन ($O_2$) के एक अणु निष्कासन हेतु आवश्यक प्रकाश क्वाण्टा की संख्या क्वाण्टम आवश्यकता कहलाती है। रॉबर्ट इमसरन के अनुसार $CO_2$ के एक अणु के अपचयन में तथा ऑक्सीजन ($O_2$) के एक अणु के निष्कासन में प्रकाश के न्यूनतम 8 क्वाण्टा लगते हैं। अतः क्वाण्टम उपलब्धि 1/8 अथवा 0.125 होती है।

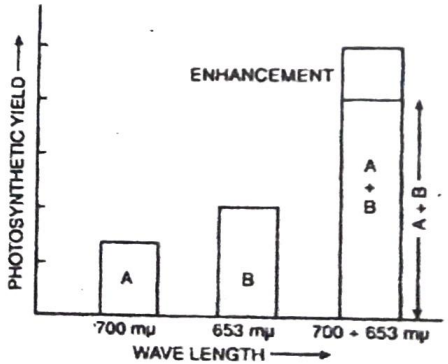
**इमरसन का प्रथम प्रयोग अथवा रेड ड्रॉप–** एक प्रयोग में एक हरे शैवाल क्लोरेला को इमरसन एवं लीविस ने मोनोक्रोमेटिक प्रकाश में रखा। इस प्रकार के प्रकाश में एक समय में प्रकाश की एक तरंगदैर्ध्य का होना आवश्यक होता है। इन वैज्ञानिकों ने क्वाण्टम उपलब्धि तथा दृश्य प्रकाश की विभिन्न प्रकाश तरंगदैर्ध्यों (400-800mμ) के बीच एक ग्राफ बनाया। यह देखा गया कि अधिकांश तरंग दैर्ध्यों पर क्वाण्टम उपलब्धि वक्र स्थिर रहता है।

इस प्रयोग में देखा गया कि 400-520 mμ केवल केरोटिनॉयड्स द्वारा अवशोषण होता है। 600-680 mμ वाले क्षेत्र में वक्र स्थिर रहता है किन्तु 680mμ (लाल क्षेत्र) में इसमें अचानक गिरावट दिखायी देती है। स्पेक्ट्रम में लाल क्षेत्र के बाद प्रकाश संश्लेषणी उपलब्धि में गिरावट आने को रेड ड्रॉप कहा जाता है जिसे इमरसन का प्रथम प्रभाव कहते हैं।




चित्र– क्लोरेला शैवला में रेड ड्रॉप एवं इमरसन प्रभाव की वृद्धि प्रदर्शित

**इमरसन का वृद्धि प्रभाव–** सन् 1957 में इमरसन एवं उनके सहयोगियों ने शैवाल क्लोरेला पर प्रयोग किये जिसमें "far red light" (680 mμ से अधिक) के साथ-साथ छोटी तरंगदैध्यों वाला प्रकाश भी दिया गया।




चित्र– चित्रों द्वारा इमरसन प्रभाव प्रदर्शित

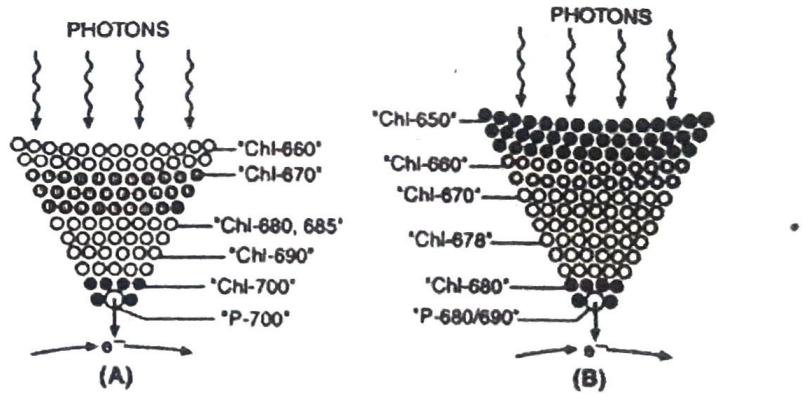


मोनोक्रोमेटिक फार रेड प्रकाश जो अभी तक अप्रभावी था, छोटी तरंगदैर्ध्य के प्रकाश से संयुक्त हो जाता है। जिससे प्रकाश-संश्लेषणी उपलब्धि में वृद्धि हो जाती है तथा रेड ड्रॉप में हुई क्षति की पूर्ति हो जाती है। प्रकाश संश्लेषणी उपलब्धि में इस प्रकार से होने वाली वृद्धि को इमरसन का द्वितीय प्रभाव कहा जाता है।

इसके अतिरिक्त इन प्रयोगों के आधार पर यह ज्ञात किया गया है कि दो प्रकाश रासायनिक तंत्र दो वर्णक तन्त्रों जैसे वर्णक तन्त्र I तथा वर्णक तन्त्र II से सम्बन्धित होते हैं। पर्णहरिम दो रूपों में पाया जाता है। एक Chl. 'a' 673 छोटी लाल तरंगदैर्ध्य पर अधिकतम अवशोषण तथा दूसरा Chl.'a' 683 लम्बे लाल तरंगदैर्ध्य पर अधिकतम अवशोषण प्रदर्शित करता है। Chl. 'a' का दूसरा रूप जिसमें अधिकतम अवशोषण 700mμ पर होता है तथा जो Chl. 'a' 673 तथा Chl. 'a' 683 की अपेक्षा कम मात्रा में पाया जाता है, को पर्णहरिम p 700 कहते हैं। वर्णक तन्त्र I में लम्बा, लाल, तरंगदैर्ध्य पाया जाता है। इसका अवशोषण रूप 680mμ होता है तथा ऊर्जा संग्रह करने वाला वर्णक p700 होता है और इसके साथ केरोटिनॉयड भी पाये जाते हैं। जबकि वर्णक तन्त्र II में पर्णहरिम 'b' तथा छोटी तरंगदैर्ध्य वाले रूप (673mμ) उच्च श्रेणी के पादपों तथा हरे शैवालों में पाये जाते हैं। अर्थात् पर्णहरिम 'a' इलेक्ट्रॉन वाहक का कार्य करता है जबकि पर्णहरिम 'b' की भूमिका विवादास्पद है।

**प्रश्न–5. वर्णक तन्त्र प्रथम तथा वर्णक तंत्र द्वितीय का वर्णन कीजिये।**

**उत्तर–** प्रकाश रासायनिक प्रक्रिया में दो प्रकाश कर्म पाये जाते हैं जिन्हें क्रमशः प्रकाश कर्म I तथा प्रकाश कर्म II कहा जाता है। दोनों प्रकार के प्रकाश कर्म में अलग-अलग प्रकार के वर्णक तन्त्र अपना-अपना कार्य करते हैं। इस प्रकार प्रकाश कर्म I अपने वर्णक तन्त्र I द्वारा कार्य करता है तथा प्रकाश-कर्म II अपने वर्णक तन्त्र II द्वारा कार्य करता है।




चित्र–वर्णक तंत्रों की संरचना : (A) वर्णक तन्त्र I, (B) वर्णक तंत्र II

**वर्णक तंत्र–I :** प्रकाश कर्म I में पर्णहरिम-a के विभिन्न अणु प्रकाश के फोटॉन की ऊर्जा का अवशोषण करते हैं, अतः यह अणु प्रकाश की विभिन्न तरंगदैर्ध्य वाली किरणों के अवशोषण करने के आधार पर "chl-660", "chl-670", "chl-680", "chl-690", "chl-900" कहलाते हैं। इस वर्णक तन्त्र के अन्त में पर्णहरिम-a का एक विशेष अणु "P-700" होता है, जिसके द्वारा 700μ तरंगदैर्ध्य वाली किरणों का अवशोषण होता है। यह अणु प्रकाश कर्म के प्रक्रिया केन्द्र कार्य करता है जिसमें प्रकाश रासायनिक क्रिया सम्पन्न होती है इसके ऊपर स्थित विभिन्न पर्णहरिम ऊर्जा एकत्रित करते रहते हैं तथा प्रक्रिया केन्द्र में भेजते रहते हैं। कुछ वैज्ञानिकों के अनुसार इस वर्णक तन्त्र में कैरोटीन्स तथा पर्णहरिम-b को भी

सम्मिलित किया जा सकता है। यह प्रकाश कर्म I चक्रीय प्रकाश–फॉस्फोराइलेशन तथा अचक्रीय प्रकाश–फॉस्फोराइलेशन में भाग लेता है।

**वर्णक तंत्र–II :** वर्णक तन्त्र II में पर्णहरिम–a के विभिन्न रूप, जैसे– chl a- 660, chl. a-670, chl. a-678 तथा chl. b-650 तथा "पर्णहरिम-a (achlorophyll-a680-690) = ($P_{680-690}$)" विभिन्न तरंगदैर्ध्य वाली किरणों का अवशोषण करते हैं। पर्णहरिम b-650 इस वर्ण तन्त्र में एक स्पर्शक की भाँति कार्य करता है और P-680-690 इस तन्त्र में प्रक्रिया केन्द्र होता है। प्रकाश कर्म II में प्रकाश कर्म I की अपेक्षा कम तरंगदैर्ध्य वाली किरणों केक फोटॉन्स की ऊर्जा अवशोषित होती है तथा यह प्रकाश कर्म केवल अचक्रीय प्रकाश-फॉस्फोराइलेशन में कार्य करता है।

**प्रश्न–6. प्रकाश संश्लेषण की दर को प्रभावित करने वाले कारकों का वर्णन कीजिये।**

**उत्तर–** प्रकाश संश्लेषण की दर को प्रभावित करने वाले कारकों को निम्नलिखित दो भागों में बाँटा जा सकता है–

(अ) बाह्य कारक (ब) आन्तरिक कारक

**(अ) बाह्य कारक–** बाह्य कारक के अन्तर्गत निम्नलिखित कारक आते हैं–

(1) कार्बन डाइऑक्साइड ($CO_2$) (2) प्रकाश
(3) तापमान (4) जल
(5) ऑक्सीजन (6) रासायनिक पदार्थों का प्रभाव।

**(1) कार्बन डाइऑक्साइड ($CO_2$)–** वैज्ञानिकों के अनुसार यदि कार्बन डाइऑक्साइड की प्रतिशत मात्रा बढ़ा जाती है तो पौधे में प्रकाश संश्लेषण दर बढ़ने लगती है, किन्तु जब कार्बन डाइऑक्साइड की प्रतिशत मात्रा वायुमण्डल में अधिक होती जाती है, तब पौधों में प्रकाश–संश्लेषण दर घटने लगती है।

पौधों द्वारा ली गयी कार्बन डाइऑक्साइड की अधिकतम मात्रा एपिडर्मल कोशिकाओं अथवा स्टोमेटा द्वारा बाहर निकाल दी जाती है, क्योंकि इस गैस की मात्रा मीजोफिल कोशिकाओं को घायल कर देती है। पौधों द्वारा अवशोषित कार्बन डाइऑक्साइड ($CO_2$) कोशिकाओं में उपस्थित क्लोरोप्लास्ट्स में घुलित कार्बन डाइऑक्साइड ($CO_2$) अथवा कार्बोनिक अम्ल के रूप में पहुंचती है। वायुमण्डलीय कार्बन डाइऑक्साइड निरन्तर पौधों द्वारा प्रकाश संश्लेषण क्रिया में प्रयोग होती रहती है।

**(2) प्रकाश–** हरे पौधे प्रकाश की उपस्थिति में प्रकाश संश्लेषण करते हैं। प्रकाश-संश्लेषण पर प्रकाश के प्रकार तथा प्रकाश तीव्रता के प्रभाव महत्वपूर्ण होते हैं। वैज्ञानिकों ने प्रयोगों द्वारा यह ज्ञात किया है कि लाल तथा नीले प्रकाश में क्रिया ठीक प्रकार होती रहती है। इसके विपरीत पराबैंगनी, हरे, पीले, इन्फ्रारेड प्रकाश में यह क्रिया सम्पन्न नहीं होती है। प्रकाश तीव्रता का प्रकाश संश्लेषण पर महत्वपूर्ण प्रभाव पड़ता है। लगभग तीन प्रतिशत प्रकाश कोशिकाओं में उपस्थित क्लोरोप्लास्ट के क्लोरफिल वर्णकों द्वारा अवशोषित किया जाता है।

**(3) तापमान–** जीवद्रव्य की अन्य एन्जाइम उत्प्रेरित रासायनिक क्रियाओं की दर तापमान के परिवर्तनों से घटती और बढ़ती रहती है। जैसे– ट्रोपीकल जलवायु के पौधों के लिये मध्यतम तापमान लगभग 10 से 30° सेण्टीग्रेड होता है। टैम्परेट तथा शीत जलवायु वाले पौधों में फोटोसिन्थेसिस के लिये उचित तापमान 9–10° सेण्टीग्रेड होता है, परन्तु रेगिस्तानी पौधों में 55° सेण्टीग्रेड तथा गर्म स्रोतों के ऐल्गी 75° सेण्टीग्रेड पर भी फोटोसिन्थेसिस करते देखे गये हैं। ऐसा अनुमान लगाया जाता है कि अधिकांश पौधों में



प्रकाश संश्लेषण दर 10°C–30°C तक बढ़ती है। 30°C के ऊपर तापमान बढ़ाने पर प्रकाश संश्लेषण में वृद्धि होती है, किन्तु कुछ समय बाद यह दर कम हो जाती है।

(4) जल– प्रकाश संश्लेषण के लिये जल अत्यन्त महत्वपूर्ण होता है। पौधों द्वारा अवशोषित जल की मात्रा का 1 प्रतिशत जल प्रकाश–संश्लेषण क्रिया में काम आता है, किन्तु जब जल की कमी हो जाती है तो पौधों में प्रकाश संश्लेषण क्रिया पर बुरा प्रभाव पड़ता है। जल की कमी के कारण कोशिकायें सिकुड़ जाती हैं, जल की कमी के कारण पत्तियों के स्टोमटा बन्द हो जाते हैं और साथ–साथ रसारोहण भी कम होने लगता है।

(5) ऑक्सीजन– आमतौर पर ऑक्सीजन ($O_2$) की मात्रा का प्रकाश संश्लेषण पर कोई प्रभाव नहीं पड़ता है, परन्तु ऑक्सीजन की प्रतिशत मात्रा वायुमण्डल में बढ़ जाती है तो प्रकाश संश्लेषण दर कम होने लगती है।

(6) रासायनिक पदार्थों का प्रभाव– हाइड्रोरासायनिक अम्ल, हाइड्रॉक्सीलेमीन, हाइड्रोजन सल्फाइड जैसे रासायनिक पदार्थ प्रकाश–संश्लेषण में भाग लेने वाले एन्जाइम्स की क्रियाओं को कम कर देते हैं। बहुत कम मात्रा में क्लोरोफॉर्म, ईथर उपस्थित होने पर प्रकाश–संश्लेषण की दर बहुत कम हो जाती है।

(ब) आन्तरिक कारक– आन्तरिक कारकों के अन्तर्गत निम्नलिखित कारकों का अध्ययन किया जाता है–

(1) क्लोरोफिल (2) जीवद्रव्य (3) भोज्य पदार्थों का संचय।

(1) क्लोरोफिल– प्रकाश–संश्लेषण की क्रिया क्लोरोफिल की उपस्थिति में होती है। चूँकि जीवाणुओं तथा कवकों में क्लोरोफिल नहीं पाया जाता है, अतः इनमें प्रकाश–संश्लेषण क्रिया नहीं होती है। प्रकाश की अनुपस्थिति में क्लोरोफिल नहीं बनता है। अतः अंधेरे में रखे गये पौधों की पत्तियाँ पीली हो जाती हैं जिसे इटियोलेशन कहते हैं। इसलिये प्रकाश संश्लेषण के लिये क्लोरोफिल का होना अत्यन्त आवश्यक है। विल्स्टेटर के अनुसार क्लोरोफिल की मात्रा बढ़ने से प्रकाश संश्लेषण की दर में वृद्धि होती है।

(2) जीवद्रव्य– जीवद्रव्य में एन्जाइम्स पाये जाते हैं जो प्रकाश–संश्लेषण क्रिया के लिये आवश्यक है, और वे प्रकाश संश्लेषण में सहायक होते हैं। नवनिर्मित पत्तियाँ में कोशिकाद्रव्य अधिक सक्रिय होता है जिनमें एन्जाइम्स की क्रिया द्वारा प्रकाश संश्लेषण अधिक तीव्रता से होता है। इसके विपरीत पुरानी पत्तियों का जीवद्रव्य अधिक सक्रिय नहीं होता है जिसके कारण प्रकाश संश्लेषण दर कम हो जाती है।

(3) भोज्य पदार्थों का संचय– प्रकाश संश्लेषण करने वाली कोशिकाओं में निरन्तर भोज्य पदार्थ का निर्माण होता रहता है। ये भोज्य पदार्थ पत्तियों से स्थानान्तरित होकर पौधे के विभिन्न भागों में पहुंचते रहते हैं। यदि वे भोज्य पदार्थ प्रकाश संश्लेषण करने वाली कोशिकाओं में एकत्रित होते रहते हैं तो प्रकाश संश्लेषण दर कम हो जाती है।

**प्रश्न–7. ब्लेकमेन का सीमाकारी सिद्धान्त क्या है? इसके ग्राफ में किये गये आधुनिक परिवर्तनों का वर्णन कीजिये।** **[जीवाजी 2007,14,17]**

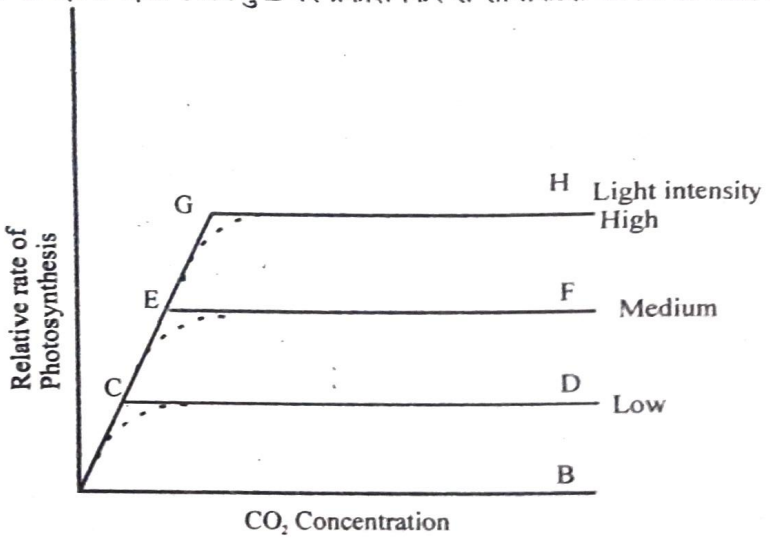
अथवा

**ब्लेकमैन के सीमाकारी सिद्धान्त पर टिप्पणी लिखिये।** **[भोपाल 2008,13]**

**उत्तर–** ब्लेकमेन ने सन् 1905 में प्रकाश संश्लेषण की क्रिया पर प्रभाव डालने वाले कारकों को बताया। इनके अनुसार प्रकाश संश्लेषण की दर सभी कारकों की उपस्थिति में तीव्र होती है, लेकिन यह दर किसी एक कारक के न्यूनतम मात्रा में होने के अनुसार सीमित हो जाती है। इस कारक को सीमाकारक (Limiting factors) कहते हैं।

सीमाकारकों के सिद्धान्त का प्रायोगिकी सत्यापन करने के लिये पौधे को इतना प्रकाश प्रदान किया गया कि वह 5 घन सेमी $CO_2$ प्रति घण्टा उपयोग कर सके। जब इस पौधे को 1 घन सेमी कार्बन डाय ऑक्साइड प्रति घण्टे दी जाती है तब प्रकाश संश्लेषण की दर सीमित हो जाती है। यदि $CO_2$ की मात्रा को धीरे-धीरे बढ़ाया जाये तो प्रकाश संश्लेषण की दर बढ़ती जाती है व जब $CO_2$ की मात्रा 5 घन सेमी प्रति घण्टा प्रदान की जाती है तब प्रकाश संश्लेषण की दर स्थिर हो जाती है।

इसके बाद $CO_2$ की मात्रा में वृद्धि करने पर प्रकाश संश्लेषण की दर पर कोई प्रभाव नहीं पड़ता है क्योंकि अब प्रकाश कारक सीमाकारी कारक के रूप में कार्य करने लग जाता है। यदि प्रकाश की तीव्रता की वृद्धि मीडियम स्तर पर कर दी जाती है तब प्रकाश संश्लेषण की दर बढ़ जाती है। यह चित्र में CE रेखा द्वारा प्रकट कर दी जाती है। इस अवस्था में $CO_2$ की मात्रा भी बढ़ानी पड़ती है। बिन्दु E पर प्रकाश फिर से सीमाकारी कारक हो जाता है।




चित्र– ब्लेकमेन का सीमाकारी सिद्धान्त

क्योंकि EF रेखा पर प्रकाश संश्लेषण की दर स्थिर हो जाती है। इससे अधिक प्रकाश दिये जाने पर प्रकाश संश्लेषण की दर में कोई बढ़ोत्तरी नहीं होती है। इसे रेखा EG के द्वारा प्रकट किया गया है। प्रकाश संश्लेषण की दर GH पर स्थिर हो जाती है। क्योंकि इस अवस्था में प्रकाश तीव्रता सीमाकारी हो जाती है।

चित्र में CE तथा G बिन्दुओं पर प्रकाश संश्लेषण दर की वृद्धि अचानक रुक जाती है। इसका कारण यह है कि यहाँ पर प्रकाश सीमाकारी कारक होता है। अनेक दशाओं में $CO_2$ एवं प्रकाश के समान अन्य कारक भी सीमाकारी हो सकते हैं।

**प्रश्न–8. फॉस्फोरिलेशन किसे कहते हैं? प्रकाश संश्लेषण के अचक्रीय फोस्फोरिलेशन के सिद्धान्त को समझाइये।** [जीवाजी 2005,13 सागर 2008,17]

अथवा

**चक्रीय एवं अचक्रीय फोटो फॉस्फोरिलेशन को समझाइये। दोनों में क्या भिन्नता है?**

[सागर 2007,14,18]

अथवा

**अचक्रीय प्रकाश फॉस्फोरितीकरण पर संक्षिप्त टिप्पणी लिखिये।** [सागर 2006]



उत्तर– प्रकाश अभिक्रिया क्लोरोप्लास्ट के ग्रेना में होती है। इस क्रिया में प्रकाश आवश्यक होता है। सबसे पहले प्रकाश अभिक्रिया को हिल एवं स्फारिब्रिक ने 1940 में स्टीलेरिया मीडिया (Stellaria media) लेबियम एल्बम (Labium album) नामक पौधों में अभिलेखित किया। प्रकाश अभिक्रिया या हिल अभिक्रिया के दौरान ऑक्सीजन की प्राप्ति जल के प्रकाश द्वारा विखण्डन से होती है तथा कार्बन डायऑक्साइड के अवकरण के लिये ऊर्जा व हाइड्रोजन पानी से प्राप्त होती है। यह ऊर्जा ATP के अणुओं में संचित होती है। अतः इस क्रिया को फोटोफोस्फोरिलेशन (Photophosphorylation) कहते हैं। इस क्रिया के साथ-साथ अवकरण पदार्थ $NADPH_2$ का संश्लेषण भी होता है।

प्रकाश रासायनिक क्रिया में दो प्रकाश कर्म (Photo act) पाये जाते हैं। इन्हें क्रमशः प्रकाश कर्म I (Photo act I = Photosystem I) एवं प्रकाश कर्म II (Photo act II = Photosystem II) कहते हैं। दोनों प्रकार के प्रकाश कर्म अलग-अलग प्रकार के वर्णक तन्त्र पर कार्य करते हैं।

**वर्णक तन्त्र I एवं वर्णक तन्त्र II (Pigment system I and II)–** प्रकाश कर्म I में पर्णहरिम a (chlorophyll a) के विभिन्न अणु प्रकाश के फोटोन की ऊर्जा का अवशोषण करते हैं। ये अणु प्रकाश की विभिन्न तरंग दैर्ध्य वाली किरणों का अवशोषण करने के आधार पर Chl-660, Chl-670, Chl-680, Chl-690, Chl-700 कहलाते हैं। इस वर्णक तन्त्र के अन्त में क्लोरोफिल का एक अणु Chl-700 होता है। इसके द्वारा प्रकाश की 700μ तरंग-दैर्ध्य वाली किरणों का अवशोषण होता है।

यह अणु प्रकाश कर्म के प्रक्रिया केन्द्र (reaction centre) का कार्य करता है जिसमें कि प्रकाश रासायनिक क्रिया (Photochemical reaction) सम्पन्न होती है। कुछ वैज्ञानिकों के अनुसार वर्णक तन्त्र में केरोटिन्स (Carotenes) तथा पर्णहरिम b को शामिल किया है। यह प्रकाश कर्म I चक्रीय फॉस्फोरिलीकरण (acyclic phosphorylation) में भाग लेता है।

वर्णक तन्त्र II (Pigment system II) में पर्णहरिम a के विभिन्न रूपों जैसे chl a-600, a-670, a-678 तथा b-650 तथा पर्णहरिम a (680-690 = b 680-690) की विभिन्न तरंगदैर्ध्य वाली किरणों के फोटोन्स की ऊर्जा को अवशोषित करते हैं। यह प्रकाश कर्म केवल अचक्रीय प्रकाश फॉस्फोरिलीकरण में कार्य करता है।

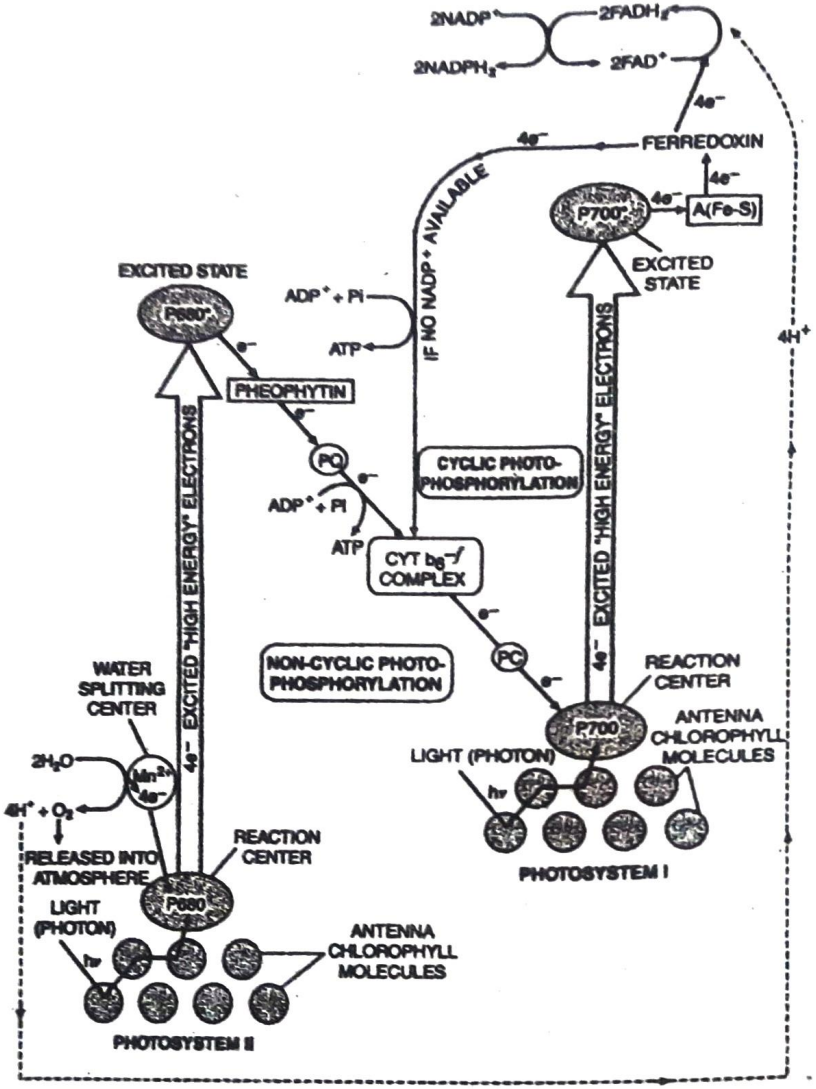
**प्रकाश-कर्म I की क्रियाविधि (Mechanism of Photo act I)–** सूर्य के प्रकाश के फोटोन्स इस क्रिया में क्लोरोफिल a के वर्णक 700 (pigment- 700) से टकराकर फोटोन की क्वाण्टम (quantum) ऊर्जा का अवशोषण करते हैं। इससे क्लोरोफिल के अणु के चार इलेक्ट्रॉन्स उत्तेजित या ऊर्जावित हो जाते हैं। अधिक ऊर्जा होने के कारण ये क्लोरोफिल ऊर्जा को बाहर निकालते हैं और ऑक्सीकृत अवस्था को प्रकट करते हैं।

अतएव $P_{700}$ के ऊर्जावित व उत्तेजित से बाहर निकले इलेक्ट्रॉन्स का जलअपघटन (hydrolysis) कर हाइड्रोजन (2H) को NADP से NADP $H^+$ H को बनाते हैं। इस क्रिया के बाद प्रकाश कर्म (Photo act I) पूरा हो जाता है। अप्रकाश या केल्विन क्रिया में $NADPH_2$ का अवकरण होता है।

**प्रकाश-कर्म II की क्रियाविधि (Mechanism of Photo act II)–** इसकी मुख्य विशेषता यह है कि इनमें जल का प्रकाशिक अपघटन होता है तथा ऑक्सीजन विमुक्त होती है। प्रकाश कर्म II में विशेष तरंग दैर्ध्य वाली प्रकाश किरणों का अवशोषण होता है। इससे उत्तेजित इलेक्ट्रॉन्स मुक्त होते हैं तथा क्लोरोफिल ऑक्सीकृत रूप में आ जाते हैं। इससे ऑक्सीकृत वर्णक ($P_{680-700}$) को इलेक्ट्रॉन्स $OH^-$ से प्राप्त होते हैं। अतः यह पुनः अवकरण

रूप में आ जाता है तथा हाइड्रॉक्सिल मूलक ($OH^-$) के OH बचे रहते हैं 4(OH) मूलकों से 2 अणु जल एवं एक अणु ऑक्सीजन का निर्माण होता है। विमुक्त हुये हाइड्रोजन परमाणु NADP से मिलकर NADPH को बनाते हैं।

$$4OH \rightarrow 2H_2O + O_2$$




चित्र– प्रकाश–संश्लेषण में प्रकाश–कर्म I तथा प्रकाश–कर्म II की रूपरेखा

इस क्रिया में मैगनीज की मुख्य भूमिका होती है एवं क्लोरीन तथा बाइकार्बोनेट इसमें सहायक होते हैं। इसमें प्रकाश के चार क्वान्टा (quanta) खर्च होने पर ऑक्सीजन के एक अणु तथा चार इलेक्ट्रॉन्स का निर्माण निम्न प्रकार से होता है–

$$4H_2O \rightarrow 4H^+ + 4OH^-$$



$$4OH^- \rightarrow 4(OH) + 4e$$
$$4OH \rightarrow 2H_2O + O_2$$
$$2H_2O \rightarrow O_2 + 4H^+ + 4e$$

प्रकाश–वर्णक तन्त्र II के उपरोक्त समीकरण के अनुसार मुक्त इलेक्ट्रॉन्स एक पदार्थ 'Q' (Quancher) से टकराते हैं। (जिसके बारे में यह पता नहीं है कि यह कौन सा पदार्थ है) तथा ग्रहण कर लिये जाते है। उच्च ऊर्जा वाले इलेक्ट्रॉन्स 'Q' पदार्थ से 'B' पदार्थ के द्वारा ग्रहण कर लिये जाते हैं। B पदार्थ भी अज्ञात हैं। अपचयित पदार्थ से प्लास्टोक्यूनॉन (Plastoquinine) द्वारा ये इलेक्ट्रॉन साइट्रोक्रोम–f (Cytochrome - f) द्वारा ग्रहण कर लिये जाते हैं तथा इनका अवकरण कर लिया जाता है इससे इलेक्ट्रॉन प्लास्टोसायनिन (Plastocyanine) द्वारा ग्रहण कर लिये जाते हैं तथा $P_{700}$ भी अपचयित अवस्था को प्रकट करता है। $P_{700}$ जब सूर्य की ऊर्जा से इलेक्ट्रॉन्स मुक्त करता है तभी यह इलेक्ट्रॉन्स को ग्रहण करता है। इस प्रकार प्लास्टोसायनिन एक प्लग के रूप में प्रकाश कर्म II को प्रकाश कर्म I से जोड़ता है।

**प्रकाश फॉस्फोराइलेशन (Photophosphorylation)**– आर्नन एवं उनके सहयोगियों ने चक्रीय एवं अचक्रीय फोटोफोस्फोरिलेशन की क्रिया पर महत्वपूर्ण कार्य किये। इनका संक्षेप में वर्णन निम्न प्रकार है–

**(1) चक्रीय प्रकाश फॉस्फोराइलेशन (Cyclic photophosphorylation)**– प्रकाश कर्म I में अधिक ऊर्जा वाले इलेक्ट्रॉन्स ($e^-$) A FeS द्वारा एक पथ से NADP में गमन करते हैं। लेकिन दूसरे चक्रीय पथ (Cyclic path) से $P_{700}$ मुक्त होकर इलेक्ट्रॉन्स ($e^-$) Cyt-66 प्लास्टोक्विनॉन (Plastoquinone, Cyt-f एवं प्लास्टोसायनिन (Plastocyanin) से होते हुये वापिस लौट आते हैं तथा ADP से ATP का संश्लेषण होता है। इस क्रिया को चक्रीय प्रकाश फॉस्फोरिलेशन कहते हैं। यह क्रिया निम्न प्रकार से होती है–

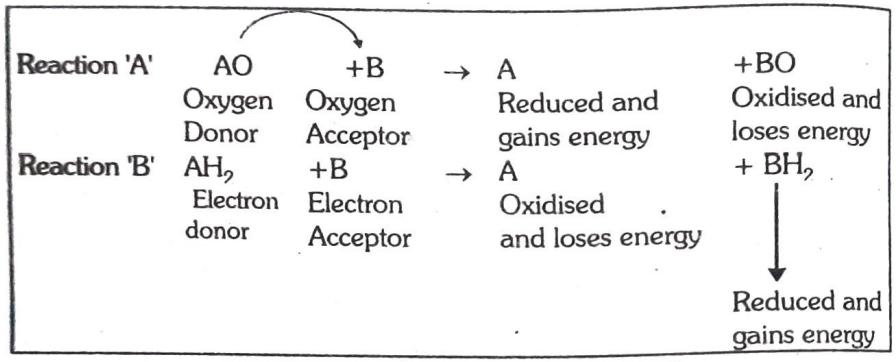
इस क्रिया में उत्तेजित इलेक्ट्रॉन क्लोरोफिल अणु पर पाया जाता है। क्लोरोफिल इस इलेक्ट्रॉन को त्यागकर अपनी पूर्व अवस्था में लौट आता है। जब क्लोरोफिल अणु किसी उपयुक्त ग्राहक अणु (acceptor molecule) को अपना इलेक्ट्रॉन दे देता है, तब ग्राहक शक्तिशाली हो जाता है। क्लोरोफिल अणु के इलेक्ट्रॉन त्यागने पर यह धनात्मक आयन (+ve ion) के समान कार्य करता है। इस प्रकार क्लोरोफिल इलेक्ट्रॉन दाता एवं इलेक्ट्रॉन ग्राहक (electron acceptor) दोनों का ही कार्य करता है।

क्लोरोफिल से मुक्त इलेक्टॉन को अनेक सहकारक (cofactors) या को–एन्जाइम (co-enzyme) ग्रहण करते हैं। इनमें सबसे मुख्य जल में घुलनशील आयरन प्रोटीन से बना यौगिक फेरीडॉक्सिन (Ferredoxin) होता है। इसके बाद यह इलेक्ट्रॉन फेरीडॉक्सिन (Ferredoxin) से साइटोक्रोम (Cytochrome) में जाता है। साइटोक्रोम भी आयरन युक्त यौगिक होते हैं। एक साइटोक्रोम अणु दूसरे साइटोक्रोम अणु को इलेक्ट्रॉन स्थानान्तरित करते हैं तथा इस प्रकार इलेक्ट्रॉन की ऊर्जा का क्षय होता जाता है। यह क्रिया निरन्तर चलती रहती है। जब इलेक्ट्रॉन क्लोरोफिल अणु से मुक्त होता है, तब यह सबसे अधिक ऊर्जावान होता है। इसके बाद इलेक्ट्रॉन से क्रमशः ऊर्जा का ह्रास होता रहता है। इस क्रिया में प्रकाश ऊर्जा रासायनिक ऊर्जा में परिणित हो जाती है। इससे ATP का संश्लेषण होता है।

साइटोक्रोम के द्वारा इलेक्ट्रॉन के ग्रहण करने एवं ATP के निर्माण होने के बाद इलेक्ट्रॉन आयनीकृत क्लोरोफिल में परिणित हो जाता है। अब क्लोरोफिल एक इलेक्ट्रॉन वाहक की तरह साइटोक्रोम से इलेक्ट्रॉन प्राप्त करता है। अतः फिर यह उदासीन अणु में बदल जाता है

जो प्रकाश से अधिक ऊर्जा का अवशोषण कर सकता है। इस प्रकार ATP कोशिकाओं में रासायनिक ऊर्जा के रूप में संचित हो जाती है। इनमें से ऊर्जा का उपयोग अप्रकाश क्रिया (Dark reaction) में शर्करा के संश्लेषण में होता है।

जीवितों में ऑक्सीकरण की क्रिया के दौरान अणुओं से इलेक्ट्रॉन पृथक होते हैं। इसके विपरीत अपचयन क्रिया में इलेक्ट्रॉन्स अणुओं से संलग्न हो जाते हैं। इलेक्ट्रॉन्स का आदान-प्रदान हाइड्रोजन परमाणुओं (hydrogen atoms) के द्वारा होता है। इस प्रकार जब कोई अणु ऑक्सीकृत होता है। तब ऊर्जा का ह्रास होता है। लेकिन अणुओं के अवकरण के दौरान ऊर्जा का संचय होता है। ऑक्सीकरण--अपचयन में इलेक्ट्रॉन का स्थानान्तरण एक जटिल क्रिया है। किसी यौगिक का पादप कोशिकाओं में अपचयन दो विधियों के द्वारा होता है। जिससे या तो ऑक्सीजन निकलती है या हाइड्रोजन संयुक्त होती है। इसप्रकार से अनेक यौगिकों का ऑक्सीकरण में ऑक्सीजन ($O_2$) के अणु संयुक्त होते हैं या पृथक होते हैं। प्रक्रिया B जो ऑक्सीकरण अपचयन (Oxidation reduction) प्रदर्शित करती है ये हाइड्रोजन संयुक्त होती है या पृथक होती है। पौधों के तन्त्रों में ऑक्सीकरण अपचयन की क्रियायें (B) के द्वारा प्रदर्शित होती हैं अर्थात् प्रत्येक अपचयित यौगिक ऊर्जा संचित करता है तथा ऑक्सीकृत यौगिक ऊर्जा को विमुक्त करता है।




चित्र– पादप कोशिकाओं में ऑक्सीकरण अपचयन क्रियायें

इस प्रकार चक्रीय फॉस्फोराइलेशन में प्रकाश ऊर्जा क्लोरोफिल अणु में संचित रहती है तथा एक पदार्थ से दूसरे पदार्थ को स्थानान्तरित होती है। प्रत्येक पदार्थ ऑक्सीकरण या अपचयन प्रदर्शित करता है और अन्त में यह ऊर्जा ATP के रूप में संचित हो जाती है।

अस्थायी तौर पर इलेक्ट्रॉन ($e^-$) के ह्रास होने पर यह ऑक्सीकृत हो जाता है जिससे ऊर्जा विमुक्त होती है। इस ऊर्जा के ह्रास होने पर क्लोरोफिल में धनात्मक आवेश (+ve charge) आ जाता है। इसके बाद यह इलेक्ट्रॉन सहकारकों पर जाकर अपचयित होकर ऊर्जा का संचय करता है। इसके बाद सहकारक इलेक्ट्रॉन को साइटोक्रोम पर स्थानान्तरित करता है और इस क्रिया में यह ऑक्सीकृत हो जाता है। प्रत्येक साइटोक्रोम इलेक्टॉन ($e^-$) को दूसरे साइटोक्रोम पर स्थानान्तरित करता है प्रत्येक साइटोक्रोम पहले अपचयित होता है जो बाद में इलेक्ट्रॉन को प्राप्त कर ऑक्सीकृत हो जाता है। अन्त में साइटोक्रोम इस कम ऊर्जा वाले इलेक्ट्रॉन को पुनः क्लोरोफिल में भेज देता है। अर्थात् क्लोरोफिल अणु अपचयित हो जाता है। इस प्रकार फिर से क्लोरोफिल अणु का इलेक्ट्रॉन धन आवेश (+ve chage) समाप्त हो जाता है तथा चक्रीय फॉस्फोरिलीकरण की क्रिया पूरी हो जाती है।



**अचक्रीय प्रकाश–फॉस्फोरिलेशन (Non cyclic Photo-phosphorylation)–** प्रकाश तन्त्र II (PSII) में मुक्त इलेक्ट्रॉन्स ($e^-$) की श्रृंखला चलती है। इसमें क्लोरोप्लास्ट $P_{680\text{-}690}$ से मुक्त ऊर्जा वाले इलेक्ट्रॉन्स ($e^-$) ऑक्सीकृत क्लोरोप्लास्ट $P_{680\text{-}690}$ के अणु वापस न आकर प्लास्टोक्विनॉन (Plastoquinone) साइटोक्रोम f (cytochrome f) एवं प्लास्टोसायनिन (Plastocyanine) से गुजरते हुये वर्णक तन्त्र $P_{700}$ में पहुँचते हैं। इस प्रकार यह क्रिया अचक्रीय कहलाती है। इस क्रिया में भी ATP का संश्लेषण होता है। यह क्रिया निम्न प्रकार चलती है-

प्रकाश-संश्लेषण अप्रकाश या अंधकार क्रियाओं में कार्बन-डाइऑक्साइड के कार्बन (C) तथा ऑक्सीजन ($O_2$), हाइड्रोजन ($H_2$) के संयोग से शर्कराओं का संश्लेषण होता है। इन क्रियाओं में हाइड्रोजन जल के फोटोलाइसिस (Photolysis) से प्राप्त होती है। हरे पौधों में इस प्रकार की क्रिया पायी जाती है जिसमें जल ($H_2O$) के फोटोलाइसिस से प्राप्त हाइड्रोजन का उपयोग शर्करा के संश्लेषण में होता है। इस क्रिया को अचक्रीय फॉस्फोरिलेशन कहते हैं।

इस क्रिया में क्लोरोफिल से मुक्त ऊर्जा इलेक्ट्रॉन ($e^-$) किसी उपयुक्त इलेक्ट्रॉन वाहक पर आ जाता है। यह ग्राहक किसी अन्य इलेक्ट्रॉन ग्राहक को इलेक्ट्रॉन स्थानान्तरित कर देता है लेकिन यह इलेक्ट्रॉन पुनः वापस नहीं लौटता है।

अचक्रीय फॉस्फोरिलेशन की क्रिया में क्लोरोफिल के द्वारा मुक्त इलेक्ट्रॉन (e) फेरीडॉक्सिन (ferredoxin) द्वारा ग्रहण कर लिया जाता है, जो निकोटिनामाइड एडीनाइन डाइन्यूक्लियोटाइड (Nicotinamide adinine, dinucleotide NADP) को स्थानान्तरित कर दिया जाता है। चक्रीय फॉस्फोरिलेशन की क्रिया के विपरीत इस इलेक्ट्रॉन को अन्य इलेक्ट्रॉन वाहक पर नहीं भेजता, अपितु कुछ समय तक अपने पास रखे रहता है। NADP अस्थायी इलेक्ट्रॉन ग्राही होता है। NADP में इलेक्ट्रॉन से प्रोटोन का संयोग नहीं होता, अपितु ये प्रोटॉन फोटोलाइसिस की क्रिया के दौरान ($H^+$) से प्राप्त होते हैं। इस प्रकार NADP का अपचयित रूप NADPH रूप प्राप्त होता हैं। यह कार्बन डायऑक्साइड के कार्बन व ऑक्सीजन से अंधेरे में क्रिया करता है।

जल में फोटोलाइसिस की क्रिया से प्राप्त OH आयन्स व क्लोरोफिल से मुक्त हुये इलेक्ट्रॉन्स की हानि पूरी तरह से होती है। ये इलेक्ट्रॉन्स ($e^-$) अनेक श्रेणियों के द्वारा साइटोक्रोम को स्थानान्तरित होते हैं और अन्त में क्लोरोफिल का अपचयन इनके द्वारा होता है।

$OH^-$ आयन्स द्वारा इलेक्ट्रॉन्स का स्थानान्तरण क्लोरोफिल पर होता है। इस क्रिया में चक्रीय फोस्फोरिलेशन में बने ATP भाग लेते हैं। इसके बाद डाइड्रॉक्सिल समूह (OH) इलेक्ट्रॉन ($e^-$) के पृथक होने पर शेष रह जाते हैं। ये आपस में क्रिया करके जल व ऑक्सीजन का निर्माण करते हैं। यह ऑक्सीजन बाहर निकाल दी जाती हैं। अचक्रीय फॉस्फोरिलेशन का मुख्य कार्य अपचयित NADPH, ATP का निर्माण और ऑक्सीजन को विमुक्त करना होता है।

जीवित हरे पौधों की क्लोरोफिल युक्त कोशिकाओं में चक्रीय व अचक्रीय फॉस्फोरिलेशन की क्रियायें साथ-साथ होती हैं। सम्पूर्ण क्लोरोप्लास्ट के कुछ अणु चक्रीय फॉस्फोरिलेशन की क्रिया में भाग लेते हैं तथा केवल ATP का निर्माण करते हैं। लेकिन क्लोरोफिल के कुछ अणु चक्रीय फॉस्फोरिलेशन की क्रिया में भाग लेते हैं तथा ATP एवं NADPH का निर्माण करते हैं। NADPH एवं ATP प्रकाश-संश्लेषण को अप्रकाश या अंधकार क्रिया में भाग लेते हैं।

**चक्रीय एवं अचक्रीय फॉस्फोरिलेशन की क्रिया में अन्तर**

(1) चक्रीय फॉस्फोरिलेशन की क्रिया में क्लोरोफिल अणु $P_{700}$ से मुक्त हुये इलेक्ट्रॉन्स साइटोक्रोम $b_6$, प्लास्टोक्विनॉन, साइटोक्रोम एफ तथा प्लास्टोसायनिन से होते हुये $P_{700}$ को वापस लोट आते हैं। इसमें ADP से ATP अणुओं का संश्लेषण होता है। अचक्रीय फॉस्फोरिलेशन की क्रिया में क्लोरोफिल $P_{680\text{-}690}$ में मुक्त उच्च ऊर्जा वाले इलेक्ट्रॉन्स ($e^-$) ऑक्सीकृत क्लोरोप्लास्ट के अणु वापस न आकर पदार्थ Q प्लास्टोक्विनॉन, साइटोक्रोम f, प्लास्टोसायनिन से गुजरते हुये वर्णक तन्त्र $P_{700}$ में पहुंचते हैं। यह क्रिया अचक्रीय होती है।

(2) चक्रीय फॉस्फोरिलेशन की क्रिया में इलेक्ट्रॉन ग्राहक NADPH तुरंत इलेक्ट्रॉन को शीघ्र ही इलेक्ट्रॉन वाहक पर भेजता है। अचक्रीय फॉस्फोरिलेशन की क्रिया में इलेक्ट्रॉन ग्राहक NADPH तुरंत इलेक्ट्रॉन ($e^-$) को दूसरे इलेक्ट्रॉन ग्राहक पर नहीं भेजता है।

(3) चक्रीय फॉस्फोरिलेशन की क्रिया में ATP का संश्लेषण होता है। इसके विपरीत अचक्रीय फॉस्फोरिलेशन की क्रिया में अपचयित NADPH, ATP का संश्लेषण तथा ऑक्सीजन का निष्कासन होता है।

**प्रश्न–9. प्रकाश संश्लेषण की क्रिया में $C_4$ डाइ कार्बोक्सिलिक अम्ल पथ का संक्षेप में वर्णन कीजिये।** [जीवाजी 2005,13,18 सागर 2005,14]

अथवा

**हेच स्लेक चक्र का उपयुक्त चित्र बनाकर वर्णन कीजिये।** [सागर 2007]

अथवा

**हेच स्लेक चक्र पर संक्षिप्त टिप्पणी लिखिये।** [जबलपुर 2003 जीवाजी 2008]

अथवा

**$C_4$ पौधों पर टिप्पणी लिखिये।** [भोपाल 2006,07,18]

उत्तर– आस्ट्रेलिया के प्रसिद्ध वैज्ञानिक एम–डी. हेच (M.d. Hatch) तथा सी. आर. स्लेक (C.R. slack) ने सन् 1966 में प्रकाश संश्लेषण सम्बन्धी अनुसंधान कार्य गन्ने पर किये तथा उन्होंने यह बताया कि गन्ने में प्रकाश संश्लेषण की क्रिया के दौरान एक अस्थायी चार कार्बन वाला यौगिक डाइ–कार्बोक्सिल अम्ल (Dicarboxylic acid) बनता है। यह अम्ल ग्रेमिनी कुल के अन्य पौधों जैसे मक्का (Zeamays), पेनीकम मेक्सिमम (Panicum maximum), क्लोरिस ग्याना (Chloris gayana), साइप्रस रोटेन्डस (Cyprus rotundus), एमरेन्थस (Amaranthes) आदि पौधों में पाया जाता है। इसके अलावा यह चक्र कोमेलाइना कम्यूनिस (Commelina Communies), ट्यूलिपा गेसनिरियाना (Tulipa guesnariana) नामक पौधों ने भी पाया जाता है।

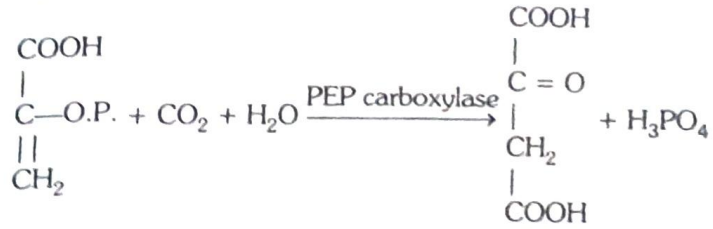
उपरोक्त उल्लेखित पौधों की पत्तियों के विशेष क्रान्ज (Kranz) प्रकार की आन्तरिक संरचना पायी जाती है। इसमें $C_4$ पौधों के संवहन पूलों में जाइलम एवं फ्लोयम बण्डल शीथ के द्वारा घिरे रहते हैं। बण्डल शीथ की कोशिकाओं में क्लोरोप्लास्ट पाये जाते हैं। इन कोशिकाओं को मीजोफिल कोशिकायें घेरे रहती हैं। इन मीजोफिल कोशिकाओं के बीच में छोटे आकार के अन्त कोशिकीय अवकाश (inter cellular space) पाये जाते हैं। $C_4$ पौधों की मीजोफिल कोशिकाओं में $C_4$ चक्र पाया जाता है। जबकि बण्डलशीथ की कोशिकाओं में $C_3$ चक्र पाया जाता है। हेच स्लेक चक्र का प्रथम उत्पादन एक चार कार्बन अणु वाला यौगिक ऑक्सेलोएसीटिक अम्ल (Oxaloacetic acid) होता है। यह एक स्थायी अम्ल होता है। इसके



द्वारा प्रकाश संश्लेषण में कार्बन डायऑक्साइड के अपचयन को $C_4$ पथ या हेच स्लेक कहते हैं। $C_4$ चक्र में निम्न क्रियायें होती हैं।

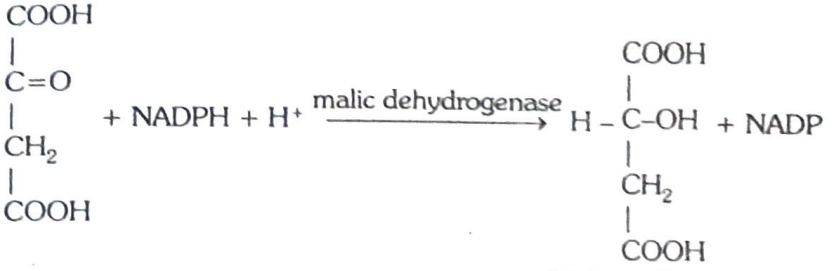
**पत्ती की मीजोफिल कोशिकाओं में–**

(1) यह क्रिया पत्ती की मीजोफिल कोशिकाओं में होती है। इसमें कार्बन डायऑक्साइड ($CO_2$) प्रथम ग्राही पदार्थ एक 3 कार्बन परमाणु वाला यौगिक फॉस्फोइनॉल पायरूविक अम्ल (Phosphoenol pyruvic acid = PEP) होता है। यह यौगिक $CO_2$ से मिलकर 4–C वाला ऑक्सेलोएसीटिक अम्ल (Oxaloacetic acid = OAA) बनाता है। इस क्रिया में फॉस्फोइनॉल पायरूविक अम्ल कार्बोक्सिलेज एन्जाइम भाग लेता है।




Oxaloacetic acid

2. ऑक्सेलो एसीटिक अम्ल (OAA) NADPH + $H^+$ द्वारा मैलिक अम्ल में अपचयित हो जाता है। इस क्रिया में मैलिक डी हाइड्रोजिनेस एन्जाइम (Malic dehydrogenase) भाग लेता है।



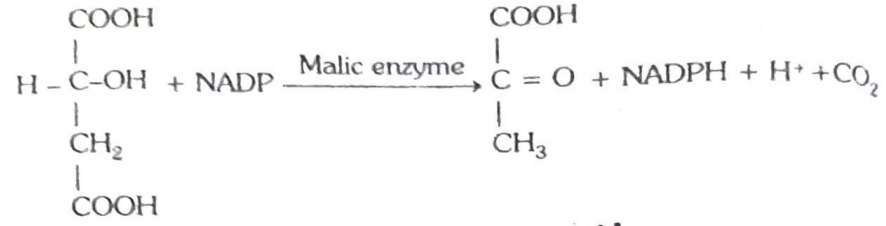

Malic acid

ट्रान्सएमीनेशन की क्रिया के फलस्वरूप ऑक्सेलोएसीटिक अम्ल एस्पार्टिक अम्ल में परिणित हो जाता है। इस क्रिया में ट्रान्सएमीनेस एन्जाइम भाग लेता है–

Oxaloacetic acid $\xrightleftharpoons{\text{Transaminase}}$ Aspartic acid

(पत्ती की बण्डल शीथ में)

3. समस्त 4C वाले अम्ल जैसे ऑक्जेलोएसीटिक अम्ल मैलिक अम्ल तथा एस्पार्टिक अम्ल बण्डलशीथ कोशिकाओं में स्थानान्तरित हो जाते हैं। इस समय बण्डलशीथ के क्लोरोप्लास्ट में मैलिक अम्ल का डी–कार्बोक्सिलेशन (Decarboxylation) होता है। इससे पायरूविक अम्ल बनता है तथा कार्बन डायऑक्साइड निष्कासित होती है। यह क्रिया मैलिक एन्जाइम की उपस्थिति में उत्प्रेरित होती है।

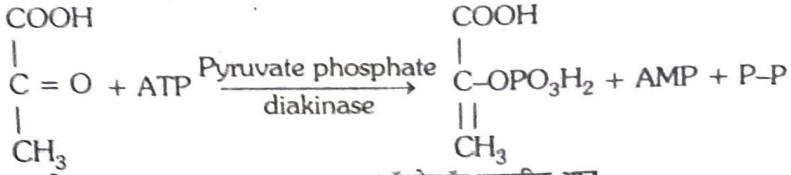


**Malic acid** **Pyruvic acid**

4. इस प्रकार निष्कासित $CO_2$ केल्विन चक्र में पहुँचती है तथा यह रिबुलोज डाइफॉस्फेट से क्रिया कर फॉस्फोग्लिसरिक अम्ल (Phosphoglyceric acid) के अणुओं का निर्माण करती है।

**पुनः मीजोफिल कोशिकाओं में–**

5. यह क्रिया पायरूवेट फॉस्फेट डाइकाइनेज (Pyruvate phosphate dikinase) एन्जाइम के द्वारा उत्प्रेरित होती है। इस क्रिया में पायरूविक अम्ल मीजोफिल कोशिकाओं में लोट आता है जो फॉस्फोइनॉल पायरूविक अम्ल (Phosphoenol pyruvic acid) में परिणित हो जाता है। इस परिवर्तन में प्रकाश क्रिया में उत्पन्न ATP का अणु काम आता है।



**पायरूविक अम्ल** **फॉस्फोइनॉल पायरूविक अम्ल**

**$C_4$ पौधों की विशेषतायें–** $C_4$ पौधों की आन्तरिक संरचना में निम्न महत्वपूर्ण विशेषतायें पायी जाती हैं–

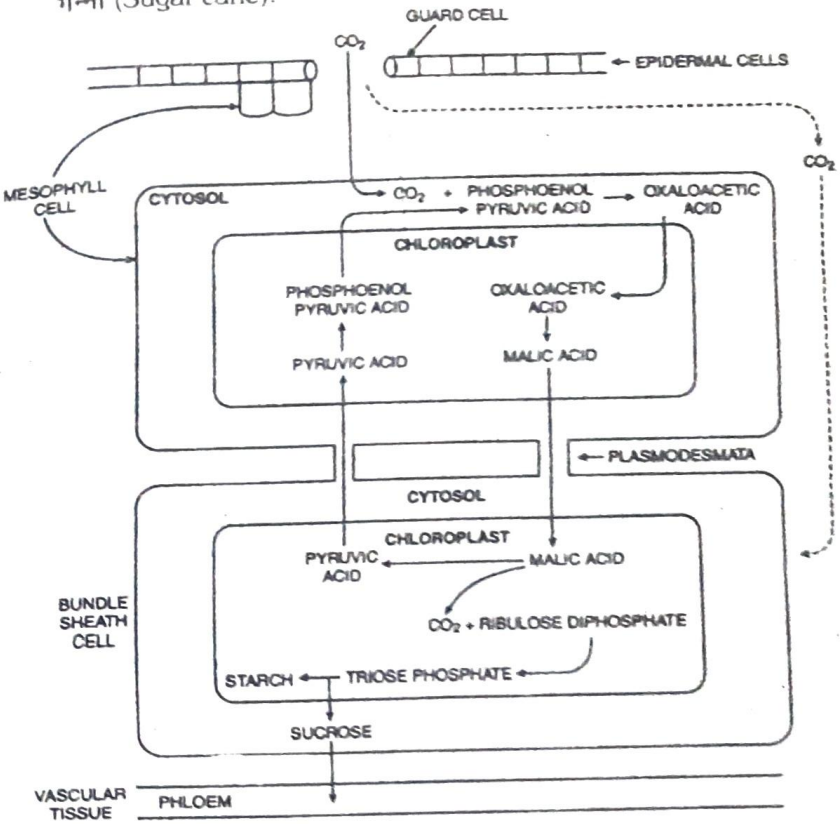
1. इन पौधों की पत्तियों के संवहन पूल में बण्डलशीथ (Bundle sheath) पायी जाती है। इनकी कोशिकाओं में क्लोरोप्लास्ट पाये जाते हैं।
2. संवहन पूल के चारों ओर ये कोशिकायें अरीय अवस्था (radial conditions) में पायी जाती हैं।
3. बण्डलशीथ की कोशिकाओं में स्थित क्लोरोप्लास्ट में ग्रेना (Grana) का अभाव होता है। लेकिन मीजोफिल कोशिकाओं के क्लोरोप्लास्ट में ग्रेना पाये जाते हैं। इस प्रकार क्लोरोप्लास्ट द्विरूपता (dimorphism) के प्रक्रम को प्रदर्शित करता है।
4. $C_4$ पौधों की पत्तियों में पाये जाने वाली इस प्रकार की शारीरिकी को क्रान्ज प्रकार की एनाटॉमी कहते हैं।
5. कुछ घास जैसे बरमूडा घास (Barmuda grass) के क्लोरोप्लास्ट में ग्रेना (Grana) पाये जाते हैं। अर्थात् सभी $C_4$ पौधों के क्लोरोप्लास्ट में बहुरूपता नहीं पायी जाती हैं।

**$C_4$ पौधों के प्रकार–** कॉलेट एवं आलग्रेन (Chollete and olegren 1975) ने $C_4$ पौधों को निम्न चार वर्गों में विभक्त किया–

**(i) प्रथम समूह–** इस समूह के पौधे फॉस्फोइनॉल पायरूवेट (Phosphoenol pyruvate) के द्वारा $CO_2$ को बंधित कर ऑक्सेलोएसीटेट (Oxaloacetate) का



निर्माण करते हैं। इसमें मैलेट (Malate) बनता हैं, उदाहरण– मक्का (Maize), गन्ना (Sugar cane).




चित्र– $C_4$ चक्र या हैच स्लेक पथ

**(ii) द्वितीय समूह–** इन पौधों की बण्डलशीथ की कोशिकाओं में मैलेट के स्थान पर एस्पार्टेट (Aspartate) स्थानान्तरित हो जाता है, जो ऑक्सेलोएसीटेट का संश्लेषण करता है। यह फॉस्फोइनॉल पायरूविक अम्ल कार्बोक्सीकाइनेस एन्जाइम के द्वारा पायरूवेट तथा $CO_2$ में परिणित हो जाता है। उदाहरण– पेनीकम मेक्सीकम में।

**(iii) तृतीय समूह–** इसमें एस्पार्टेट का संश्लेषण पत्तियों की मीजोपिल कोशिकाओं में होता है जो बाद में बण्डलशीथ की कोशिकाओं को हो जाता है। जो मेलेट में अवकृत होने लगता है। यह मैलेट डी-कार्बोक्सिलेशन के द्वारा पायरुवेट एवं $CO_2$ का निर्माण करता है। उदाहरण – एट्रिप्लेक्स स्पंजीओसा (Atriplex spongiosa) में।

**$C_4$ चक्र का जैवीय महत्व (Biological significance of $C_4$ Cycle)–** पौधों में $C_4$ चक्र पाये जाने के कारण उनमें अनेक प्रकार की अनुकूलतायें उत्पन्न हो जाती हैं। ये पौधे मरुद्भिदीय लक्षण प्रकट करने लगते हैं। जो जैवीय महत्व के होते हैं। इस चक्र के द्वारा काफी कम अर्थात् (10 भाग एक लाख भाग में) कार्बन डाईऑक्साइड के उपस्थित होने पर प्रकाश संश्लेषण कर सकते हैं। इसके अलावा, अधिक तापक्रम एवं शुष्क वातावरण में जब रन्ध्र बन्द

हो जाते हैं तब भी $C_4$ पौधों में प्रकाश संश्लेषण की क्रिया होती रहती है। $C_4$ पौधे बहुत कम जल की उपस्थिति में जीवित रहने के लिये अनुकूलन उत्पन्न कर लेते हैं और ये उच्च तापक्रम व तीव्र सूर्य के प्रकाश में जीवित बने रहते हैं। ये पौधे ट्रॉपिकल (Tropical) सबट्रॉपिकल (sub-tropical) एक शुष्क वातावरण में भी जीवित बने रहते हैं। अतः $C_4$ चक्र पौधों के जीवन के लिये बहुत महत्वपूर्ण माना जाता है। इन पौधों में प्रकाश श्वसन न होने के कारण इनके प्रकाश संश्लेषण की दर काफी अधिक होती है। उपरोक्त कारणों के आधार पर यह निष्कर्ष निकाला जा सकता है कि $C_4$ चक्र तथा प्रकाश श्वसन पौधों में विकासात्मक प्रगति को प्रकट करते हैं। क्योंकि विभिन्न प्रकार की परिस्थितियों के कारण पौधे अपने को जीवित रखने के लिये इस प्रकार के अनुकूलन ($C_4$ चक्र) अपने में समाहित कर लेते हैं। जो विकास की कड़ी के रूप में निरूपित किये जा सकते हैं।

**प्रश्न–10. $C_3$ पौधे $C_4$ पौधों से किस प्रकार भिन्न हैं?** [रीवा 2006 जीवाजी 07,17]

अथवा

**$C_3$ व $C_4$ पौधों के कार्बन चक्र की तुलना कीजिये।** [भोपाल 2007,14,17 सागर 08]

उत्तर–

| $C_3$ पौधे– केल्विन चक्र | $C_4$ पौधे–हेच–स्लेक चक्र |
|---|---|
| 1. इन पौधों में रिबुलोज 1–डाइफॉस्फेट (RUDP) के द्वारा $CO_2$ ग्रहण की जाती है। | 1. इन पौधों में फॉस्फोइनॉल पायरूवेट के द्वारा $CO_2$ ग्रहण की जाती है। |
| 2. इनमें निर्मित उत्पाद फॉस्फोग्लिसरिक अम्ल है। | 2. इनमें निर्मित्त उत्पाद ऑक्सेलो एसीटिक अम्ल है। |
| 3. प्रकाश संश्लेषण की क्रिया में भाग लेने वाली कोशिकाओं में क्लोरोप्लास्ट एक ही प्रकार के होते हैं। | 3. बण्डलशीथ में उपस्थित क्लोरोप्लास्ट मीजोफिल कोशिकाओं से भिन्न प्रकार के होते हैं। |
| 4. पत्ती की आन्तरिक संरचना में कोई विशेषता नहीं होती है। | 4. पत्ती क्रेन्ज प्रकार की आन्तरिक संरचना को प्रकट करती है। |
| 5. सभी प्रकार के क्लोरोप्लास्ट में ग्रेना पाये जाते हैं। | 5. बण्डलशीथ के क्लोरोप्लास्ट में ग्रेना उपस्थित होते हैं। |
| 6. कोशिकाओं में केल्विन चक्र के सभी एन्जाइम पाये जाते हैं। | 6. मीजोफिल के क्लोरोप्लास्ट में केल्विन चक्र में एन्जाइम्स अनुपस्थित होते हैं। |
| 7. प्रकाश श्वसन पाया जाता है। | 7. प्रकाश श्वसन का पता आसानी से नहीं लगाया जा सकता है। |
| 8. पत्ती के इकाई क्षेत्र में श्वसन की दर कम होती है। | 8. पत्ती के इकाई क्षेत्र में श्वसन की दर अधिक होती है। |
| 9. इनमें केवल रिडक्टिव पेन्टोज फॉस्फेट चक्र पाया जाता है। | 9. इनमें रिडक्टिव फॉस्फेट चक्र व डाइ कार्बोक्सिलिक अम्ल चक्र दोनों पाये जाते हैं। |
| 10. प्रकाश संश्लेषण के लिये सामान्यतः 10–25°C तापमान की आवश्यकता होती है। | 10. प्रकाश संश्लेषण के लिये 30-35°C ताप की आवश्यकता होती है। |

पौ



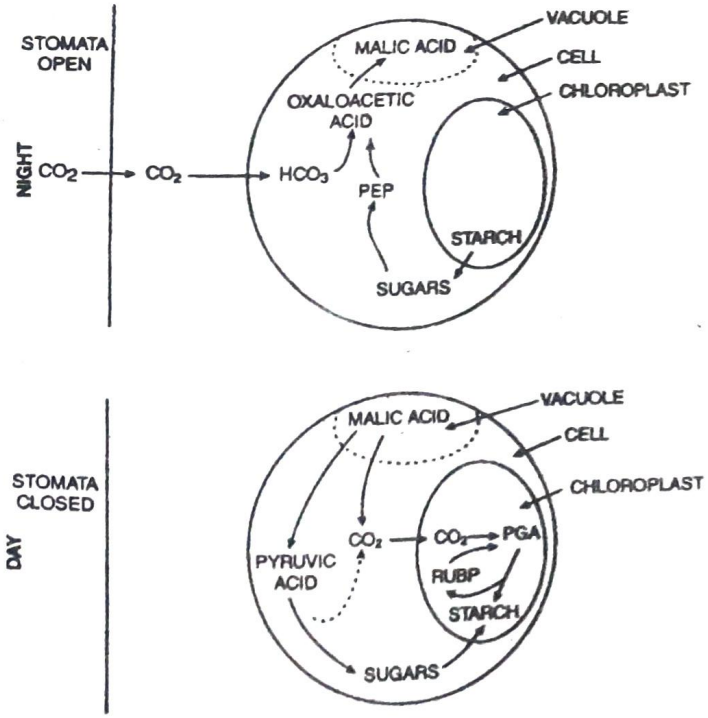
**प्रश्न–11. क्रेस्युलेसियन एसिड मेटाबोलिज्म पर टिप्पणी लिखिये।**

[जबलपुर 2003,14 उज्जैन 2013,17]

अथवा

**CAM से आप क्या समझते हैं? विस्तारपूर्वक समझाइये।** [जीवाजी 2008]

उत्तर– **क्रेस्युलेसियन एसिड मेटाबॉलिज्म (Crassulacean acid metabolism = CAM)**– मांसल पौधों में पाये जाने वाली विशेष प्रकार की जैव–रसायन क्रिया है जो कुल क्रैस्युलेसी (family-crassulaceae) के कुछ पौधों जैसे केलेन्योई (Kalanchoe), सीडम (Sedum) की मॉसल पत्तियों में तथा अन्य पौधों जैसे केक्टस (Cactus), आर्किड (Orchid), अन्नानास (Pineapple) आदि में कार्बनिक अम्लों का निर्माण द्विविध क्रम (Diurnal pattern) को प्रकट करती है। ये सभी पौधे CAM पौधे कहलाते हैं। सभी CAM पौधों का स्वभाव मांसल (Succulent) होता है। इनके रन्ध्र रात के समय खुलते हैं तथा दिन के समय बंद रहते हैं।




चित्र– CAM चक्र

**अम्लीकरण (Acidification)**– पौधों में जब रात के समय स्टोमेटा खुले रहते हैं तब इन पौधों में मैलिक अम्ल (Malic acid) का संश्लेषण होता है। इस क्रिया में रात के समय पौधों में फॉस्फोइनॉल पायरूविक अम्ल (Phosphoenol pyruvic acid) का कार्बोक्सिलेशन

पीईपी कार्बोक्सीलेस (PEP carboxylase) एन्जाइम की उपस्थिति में होता है। इससे मैलिक अम्ल (Malic acid) का संश्लेषण होता है।

यह क्रिया दो पदों में पूर्ण होती है। प्रथम पद में फॉस्फोइनॉल पायरूविक अम्ल (Phosphoenol pyruvic acid) कार्बन डाय ऑक्साइड को स्थिर कर ऑक्सेलोएसीटिक अम्ल (Oxaloacetic acid) में परिणित हो जाता है।

दूसरे पद में ऑक्जेलोएसीटिक अम्ल एक एन्जाइम मैलिक डिहाइड्रोजिनेस (Malic dehydrogenase) की उपस्थिति में मैलिक अम्ल में परिणित हो जाता है। CAM पौधों की पत्तियों में केल्विन चक्र के समस्त एन्जाइम्स पाये जाते हैं। अंधकार में PEP कार्बोक्सिलेज़ (PEP Carboxylase) के द्वारा $CO_2$ को मैलिक अम्ल (Malic acid) में स्थिर कर देती है। अन्त में शर्करा या कार्बोहाइड्रेट में परिणित हो जाती है–

$$\text{Oxaloacetic acid} + NADP + H^+ \rightarrow \text{Malic acid} + NADP^+$$

ग्लाइकोलाइसिस में भी पायरूविक अम्ल का संश्लेषण होता है जो $CO_2$ के साथ मैलिक एन्जाइम की उपस्थिति में क्रिया करके मैलिक अम्ल का निर्माण करता है।

$$\text{Pyruvic acid (PA)} + CO_2 + NADPH + H^+ \rightarrow \text{Malic acid} + NADP$$

**विअम्लीकरण (Deacidification)**– मांसल पत्तियों में द्विविध प्रारूप (Diurnal pattern) मैलिक अम्ल में वाले परिवर्तन के कारण होता है। अंधेरे में मैलिक अम्ल के बनने की मात्रा आगे होने वाली प्रकाश की उपस्थिति की तीव्रता पर आधारित होती है। मैलिक अम्ल के संश्लेषण में मण्ड का अधिक मात्रा में उपयोग होता है। अतः इससे यह पता चलता है कि कार्बोहाइड्रेट मैलिक अम्ल के निर्माण के स्त्रोत होते हैं। मण्ड के शर्कराओं एवं $C_3$ अम्लों के माध्यम से मेलेट (Malate) निर्मित होते हैं। अतएव CAM में ग्लाइकोलाइसिस एवं ट्राइकार्बोक्सिलिक अम्ल चक्र (TCA Cycle) की आवश्यकता होती है।

अंधेरे में कार्बोक्सीलेशन क्रियाविधि (Carboxylation mechanism) पायी जाती है।

1. फॉस्फोइनॉल पायरूविक अम्ल के कार्बोक्सिलेशन के द्वारा ऑक्जेलोएसीटिक अम्ल (Oxaloacetic acid) बनता है। इस क्रिया में विसर्जित $PO_4$ पानी के द्वारा ग्रहण कर लिया जाता है। इससे अधिक मात्रा में ऊर्जा की हानि होती है।

$$PEP + CO_2 \xrightarrow{Mg^+} \underset{\text{Oxalo acetic acid}}{OAA} + Pi$$

2. ऑक्सेलो एसीटिक अम्ल (OAA) शीघ्र ही मैलेट या मैलिक अम्ल में अपचयित हो जाता है–

$$\underset{\text{Oxalo acetic acid}}{OAA} + NADP \rightarrow \text{Malic acid} + NAD$$

3. मैलिक अम्ल मैलिक एन्जाइम से क्रिया करता है–

$$\text{Malic acid} + NADP \overset{Mg}{\rightleftharpoons} \text{Pyruvic acid} + CO_2 + NADPH$$

**CAM पौधों का महत्व**– मांसल पौधों में क्रेस्युलेशियन अम्ल उपापचय बहुत लाभकारी होता है क्योंकि इन पौधों के द्वारा मुक्त $CO_2$ का उपयोग कार्बोहाइड्रेट के संश्लेषण में होता है। यदि पौधों में दिन के समय रन्ध्र खुले रहते हैं तब $CO_2$ अवशोषण होता है और सामान्य CAM मार्ग द्वारा $CO_2$ का स्थिरीकरण हो जाता है।



इस प्रक्रिया में दिन के समय रन्ध्रों के बन्द होने पर भी इनमें प्रकाश संश्लेषण की क्रिया होती रहती है क्योंकि ये इस समय विअम्लीकरण (deacidification) में निष्कासित $CO_2$ को $C_3$ चक्र के द्वारा $CO_2$ का उपयोग होता है।

पौधे श्वसन क्रिया में $CO_2$ को मुक्त करते हैं लेकिन CAM पौधे श्वसन में निष्कासित की गई $CO_2$ को पुनःस्थिर कर लेते हैं। यह क्रिया मांसल पौधों लिये अति महत्वपूर्ण होती है जो इन पौधों को अत्याधिक शुष्क एवं मरूस्थलीय परिस्थितियों में भी ठीक तरह से प्रकाश संश्लेषण एवं वृद्धि क्रियाओं को सम्पन्न कराती है।

**प्रश्न–12. प्रकाश संश्लेषण से आप क्या समझते हैं? इस प्रक्रम में अंधकार में होने वाली क्रियाओं का वर्णन कीजिये।** [ भोपाल 2005,18 ]

अथवा

**प्रकाश संश्लेषण की अप्रकाशिक क्रिया पर संक्षिप्त टिप्पणी लिखिये।** [ सागर 2005 ]

अथवा

**केल्विन चक्र पर टिप्पणी लिखिये।** [ जीवाजी 2007,14,17 ]

अथवा

**केल्विन चक्र के माध्यम से कार्बन स्वांगीकरण की क्रिया समझाइये।** [ भोपाल 2006 ]

अथवा

**प्रकाश में जल–अपघटन पर टिप्पणी लिखिये।** [ उज्जैन 2017 ]

**उत्तर– प्रकाश संश्लेषण (Photosynthesis)**– प्रकाश संश्लेषण की क्रिया के दौरान कार्बन डाईऑक्साइड, पानी के द्वारा सूर्य के प्रकाश की उपस्थिति में क्लोरोफिल के द्वारा कार्बोहाइड्रेट का संश्लेषण होता है। यह क्रिया सूर्य के प्रकाश की उपस्थिति में होती है। कार्बन डायऑक्साइड वायु के द्वारा एवं जल की प्राप्ति भूमि से होती है। इस क्रिया में ऑक्सीजन निष्कासित होती है। नीचे दीगई समीकरण के द्वारा प्रकाश संश्लेषण की क्रिया को अभिव्यक्त किया जा सकता है–

$$6CO_2 + 6H_2O \xrightarrow[\text{क्लोरोफिल}]{\text{सूर्य का प्रकाश}} C_6H_{12}O_6 + 6O_2$$

उपरोक्त समीकरण के अवलोकन से यह पता चलता है कि कार्बन डायऑक्साइड के 6 अणु पानी के 6 अणुओं से प्रकाश एवं क्लोरोफिल की उपस्थिति में संयोग करते हैं। इससे ग्लूकोज के अणु तथा ऑक्सीजन के 6 अणुओं का निर्माण होता है।

प्रकाश संश्लेषण की क्रिया में सूर्य की ऊर्जा द्वारा पानी का विघटन होता है तथा इसके विखण्डन से उत्पन्न हाइड्रोजन का अणु कार्बन डायऑक्साइड का अवकरण करती है। इस प्रकार प्रकाश संश्लेषण की क्रिया में ऑक्सीकरण व अवकरण दोनों ही होता है। इस क्रिया में शर्करा (कार्बोहाइड्रेट) का संश्लेषण होता है। कार्बोहाइड्रेट खाद्य पदार्थ के रूप में पौधे के संचयी भाग में एकत्रित हो जाते हैं।

प्रकाश संश्लेषण की इस क्रिया में प्रकाश की आवश्यकता नहीं पड़ती है अर्थात् यह क्रिया अंधकार में होती है। यह क्रिया क्लोरोफिल के स्ट्रोमा भाग में होती है तथा इसमें ATP की सहायता से $NADPH_2$ के द्वारा $CO_2$ का अपचयन होकर मण्ड या शर्करा का निर्माण होता है।

आधुनिक अनुसंधानों के द्वारा किये गये प्रयोगों के द्वारा यह पता चलता है कि इस क्रिया में ग्लूकोज का निर्माण एक चरण में न होकर अनेक मध्यवर्ती यौगिको की श्रृंखला द्वारा होता है जो कार्बन चक्र (Carbon cycle) कहलाता है। इस चक्र की क्रियाविधि को अमेरिकन वैज्ञानिक मेल्विन कैल्विन ने समझाया है। इसे केल्विन चक्र भी कहते हैं।

प्रकाशिक अभिक्रियायें चक्रीय क्रम में सम्पन्न होती हैं जिनको चार उपशीर्षकों के अन्तर्गत विभक्त किया जा सकता है।

1. कार्बोक्सिलेशन 2. अपचयन
3. हेक्सोस शर्करा का निर्माण 4. पुनर्योजी अवस्था

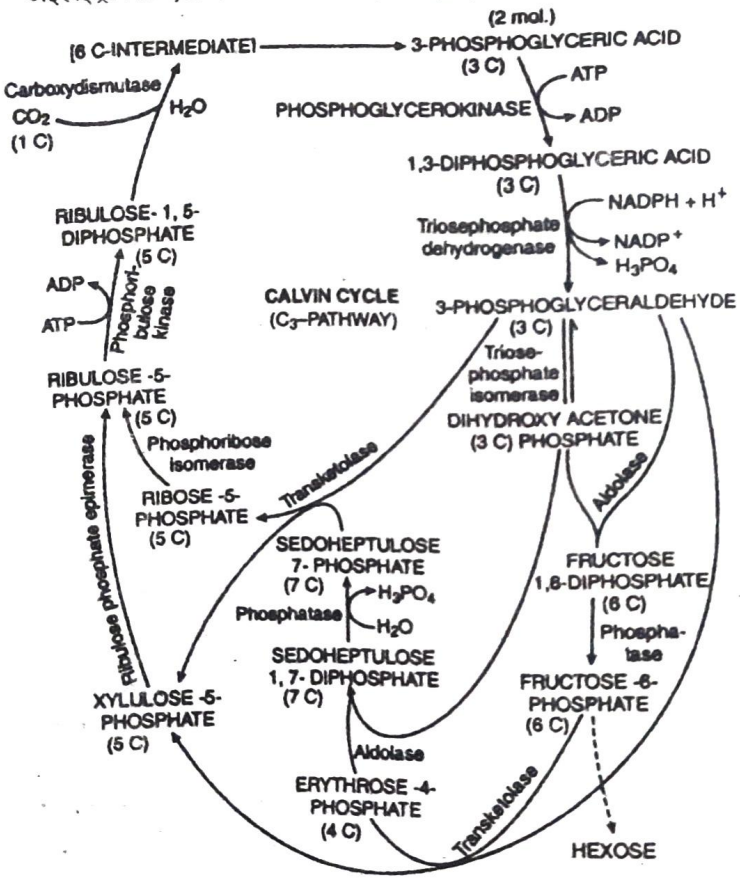
(i) सबसे पहले रिबुलोज–5–फॉस्फेट ATP के अणु से संयोग कर रिब्युलोज 1, 5–डाइ फॉस्फेट में परिणित हो जाता है।

(ii) कार्बोक्सिलेस एन्जाइम की उपस्थिति में रिब्युलोज 1,5–डाइफॉस्फेट $CO_2$ के अणु से संयोग करके एक 6 कार्बन वाला मध्यवर्ती यौगिक बनाता है जो शीघ्र ही विखण्डित होकर फास्फोग्लिसरिक अम्ल के दो अणुओं का निर्माण करता है।

(iii) $CO_2$ के अवशोषण के पश्चात प्रथम स्थायीत उत्पाद PGA का अपचयन होता है।

(iv) ट्रायोज फॉस्फेट डिहाइड्रोजिनेस नामक एन्जाइम की उपस्थिति में 1,3–डाइफॉस्फोग्लिरिक अम्ल 3–फॉस्फोग्लिसरल्डिहाइड में परिणित हो जाता है।

(v) 3–फॉस्फोग्लिसरल्डिहाइड, फॉस्फो ट्रायोस आइसोमरेज एन्जाइम के द्वारा डाइहाइड्रॉक्सी एसीटोन फॉस्फेट में बदल जाता है।




चित्र– कैल्विन चक्र ($C_3$ पथ)



(vi) फॉस्फोग्लिसरल्डिहाइड एवं डाइहाइड्रॉक्सी एसीटोन फॉस्फेट एक–एक अणु एल्डोलेस एन्जाइम की उपस्थिति में संयोग करके फ्रक्टोज 1,6–ट्राइफॉस्फेट का निर्माण करते हैं।

(vii) अप्रकाशिक अभिक्रिया का आरम्भ $CO_2$ के 6 अणुओं के रिब्युलोज 1,5–डाइफॉस्फेट के 6 अणुओं के संयोजन के साथ होता है। जिसके परिणामस्वरूप PGA के 12 अणु बनते हैं। इनके अपचयन से 12 अणु ट्रायोज फॉस्फेट (फॉस्फोग्लिसरल्डिहाइड एवं डाइहाइड्रॉक्सी एसीटोन फॉस्फेट के बनते हैं। इसके दो अणु एक फ्रक्टोस अणु का निर्माण करते हैं व शेष बचे हुये 10 अणुओं से चार अणु अभिक्रिया (vi) के समान 1,6 डाइफॉस्फेट के 2 अणु और बनाते हैं।

$$4\ \text{Triose Phosphate} \xrightarrow{\text{Aldolase}} 2\text{fructose 1,6- diphosphate}$$

(viii) फ्रक्टोस 1,6– डाइफॉस्फेट के 2 ट्रायोस फॉस्फेट के दो और अणुओं से संयोग कर जाइल्युलोस 5–फॉस्फेट एवं एरिथ्रोस 4–फॉस्फेट के 2–2 अणु का संश्लेषण करते हैं।

(ix) एरिथ्रोज 4–फॉस्फेट एवं ट्रायोस फॉस्फेस के 2–2 अणु मिलकर 2 अणु सीडो हेप्टुलोस 1–7 डाइ फॉस्फेट शर्करा का संश्लेषण करते हैं। फास्फेटेस एन्जाइम की सहायता से सीडो हेप्टुलोस 1,7 डाइफॉस्फेट से फॉस्फोरिक अम्ल का एक अणु पृथक हो जाता है।

(x) सीडो हेप्टुलोस –7– फास्फेट के दो अणु बचे हुये ट्रायोस फास्फेट के 2 अणुओं से संयोग कर राइबोस–5– फॉस्फेट एवं जाइल्यूज 5 फॉस्फेट के 2–2 अणुओं को निर्मित करते हैं।

(xi) इस प्रकार, उपरोक्त अभिक्रियाओं में 5 कार्बन वाली शर्करा जाइल्युलोस एवं राइबोस फॉस्फेट के क्रमशः 4 एवं 2 अणु बनते हैं जो फॉस्फोपेन्टोज एपीमेरेज एवं फॉस्फोपेन्टोज आइसोमेरेस के प्रभाव से रिब्युलोस–5–फॉस्फेट निर्माण कर देते हैं।

इस प्रकार रिब्युलोस5–फॉस्फेट शर्करा के 6 अणु अन्ततः अभिक्रिया में पुनः भाग लेने के लिये फिर से उत्पन्न कर लिये जाते हैं। इस प्रकार यह चक्र निरन्तर चलता रहता है।

**प्रश्न–13. प्रकाश श्वसन क्या है? प्रकाश श्वसन की क्रियाविधि एवं महत्व समझाइये।**

[ रीवा 2006 सागर 2008 ]

अथवा

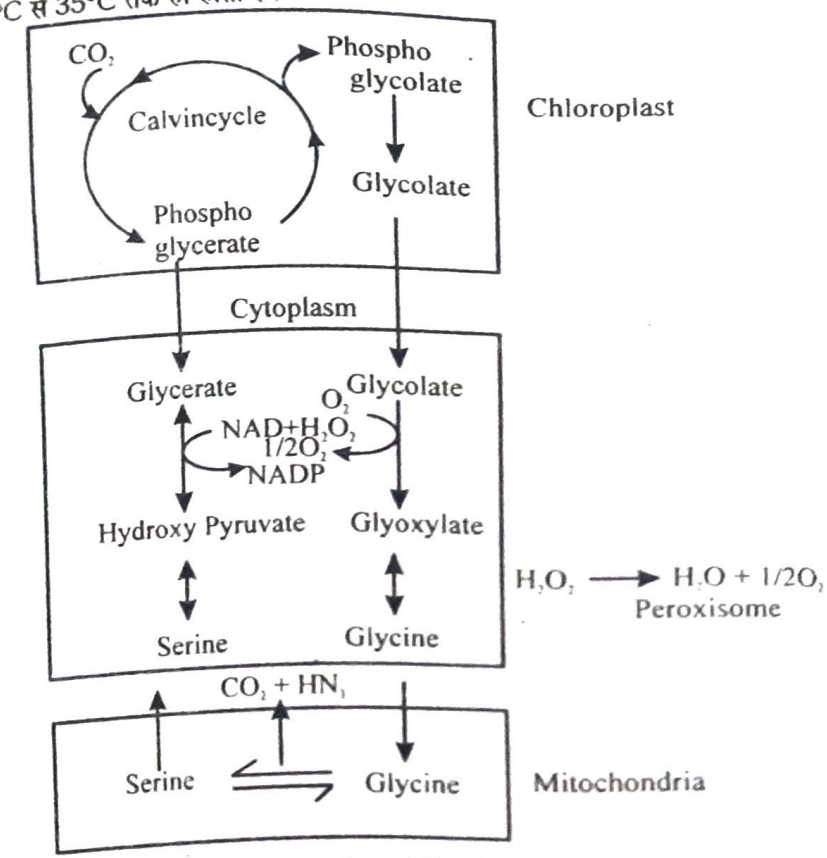
**प्रकाश श्वसन या $C_2$ चक्र पर संक्षिप्त टिप्पणी लिखिये।**

[ जीवाजी 2005,07 सागर 2005,14,17 ]

**उत्तर– प्रकाश श्वसन (Photo respiration)**– पहले यह माना जाता था कि पौधों में श्वसन दर दिन एवं रात्रि में समान होती है, परन्तु आधुनिक खोजों ने यह स्पष्ट कर दिया है कि श्वसन क्रिया को प्रकाश प्रभावित करता है, क्योंकि प्रकाश की उपस्थिति में श्वसन दर अप्रकाशिक श्वसन की अपेक्षा लगभग 4 से 5 गुनी अधिक होती है, यही प्रकाश श्वसन (Photo respiration) कहलाता है।

टॉलबर्ट तथा सहयोगियों (Tolbert et al, 1968) और **किसाकी टॉलबर्ट (Kisaki and Tolbert, 1969)** के अन्वेषणों के आधार पर प्रकाश श्वसन में तीन कोशिकांग जैसे– क्लोरोप्लास्ट, परऑक्सीसोम तथा माइटोकॉण्ड्रिया भाग लेते हैं।

**क्रियाविधि (Mechanism)**– वैज्ञानिकों के अनुसार, प्रकाश की उपस्थिति में श्वसन क्रिया के दौरान निष्कासित $CO_2$ प्रकाश श्वसन कहलाता है और यह अनेक पौधों की हरी कोशिकाओं जैसे–सोयाबीन, मटर तथा कुछ शैवालों जैसे क्लोरेला (chlorella) आदि में होती है। यह क्रिया उष्णकटिबन्धीय घासो (Tropical grasses) में नहीं होती। प्रकाशीय श्वसन 25°C से 35°C तक ही होता है।




चित्र– फोटोरेस्पाइरेशन

प्रकाश श्वसन में सुक्रोस के स्थान पर ग्लाइकोलिक अम्ल का प्रयोग किया जाता है जो 2C यौगिक है। ग्लाइकोलिक अम्ल का निर्माण कैसे होता है। इसके बारे में कई धारणायें थी पर बोवेस (Bowes), ओगरेन (Ogren) तथा हैगमैन ने सन् 1971 में बताया कि एन्जाइम RUDP-C (Ribulose 1,5 diphosphate-carboxylase) दोहरा कार्य सम्पादित करता है। सामान्य अवस्था में यह एन्जाइम $CO_2$ के स्थिरीकरण की क्रिया को उत्प्रेरित करता है जिसके परिणामस्वरूप फॉस्फोग्लिसरिक अम्ल के दो अणु बनते हैं एक RUDP के अणु से।

परन्तु उस परिस्थिति में जब $O_2/CO_2$ का अनुपात अधिक होता है, यह विकर $CO_2$ के स्थिरीकरण को उत्प्रेरित नहीं कर पाता और इस दशा में RUDP-C सामान्य स्थिति से हटकर ऑक्सीजिनेज प्रतिक्रिया दर्शाता है जिसके परिणामस्वरूप 2–फॉस्फोग्लिसरिक अम्ल आसानी



से ग्लाइकोलिक अम्ल में बदल जाता है। यह ग्लाइकोलिक अम्ल परऑक्सीसोम पर स्थानान्तरित हो जाता है।

$$RuDP + O_2 \xrightarrow[\text{acts as oxygenase}]{\text{RUDP Carboxylase}} \text{2-phosphoglyceric acid} + \text{3- phosphoglyceric acid}$$

ग्लाइकोलिक अम्ल, ग्लाइकोलेट ऑक्सीडेज नामक एन्जाइम की उपस्थिति में ग्लाइऑक्सीलिक अम्ल में परिवर्तित हो जाता है।

$$\text{Glycolic acid} + O_2 \xrightarrow[\text{Light}]{\text{Glycolic oxidase}} \underset{\text{(Glyoxylate)}}{\text{Glyoxylic acid}} + H_2O_2$$

इस प्रक्रिया में $H_2O_2$ उत्पादित होती है जो एन्जाइम केटालेज द्वारा जल एवं $O_2$ में विघटित कर दिया जाता है।

$$H_2O_2 \xrightarrow{\text{catalase}} H_2O + O_2$$

अब द्वितीय चरण में, ग्लाइऑक्सीलेट, ग्लाइसीन में परिवर्तित होता है और यह परिवर्तन एन्जाइम ग्लूटेमेट ग्लाइऑक्सीलेट एमीनो ट्रान्सफरेज द्वारा होता है। यह ग्लाइसीन कोशिका द्रव्य से माइटोकॉण्ड्रिया में पहुंचता है। जहाँ पर ग्लाइसीन के दो अणु संयोजित होकर सिरीन बनाते हैं तथा $CO_2$ का विमोचन होता है। उपरोक्त क्रिया में निकली $CO_2$ प्रकाश से प्रभावित होती है। इसके पश्चात् सिरीन माइटोकॉण्ड्रिया से बाहर की ओर कोशिकाद्रव्य में स्थानान्तरित होती है जहाँ पर पहले वह हाइड्रॉक्सीपाइरुवेट में परिवर्तित होती है इसके बाद फॉस्फोग्लाइसीरेट का निर्माण होता है जो केल्विन चक्र में प्रवेश कर ग्लूकोज बनाता है।

**प्रकाश श्वसन का महत्व–**

1. प्रकाश श्वसन की उपस्थिति के आधार पर हम पौधों को दो वर्गों में विभाजित कर सकते हैं। अर्थात् प्रकाश श्वसन करने वाले पौधे जो प्रायः टेम्परेट प्रदेशों में पाये जाते हैं व ट्रॉपीकल पौधे (Tropical plants) जैसे घास जिनमें प्रकाश श्वसन नहीं होता है।
2. प्रकाश श्वसन पादपों में प्रकाश संश्लेषण की दर अधिक होती है, क्योंकि $CO_2$ पत्ती के ऊतकों के अन्तरकोशिकीय स्थानों में एकत्र हो जाती है।
3. प्रकाश श्वसन पादपों के विकास के अध्ययन में भी प्रकाश डालता है।

**प्रश्न–14. प्रकाश अभिक्रिया की Z स्कीम पर संक्षिप्त टिप्पणी लिखिये।**

अथवा

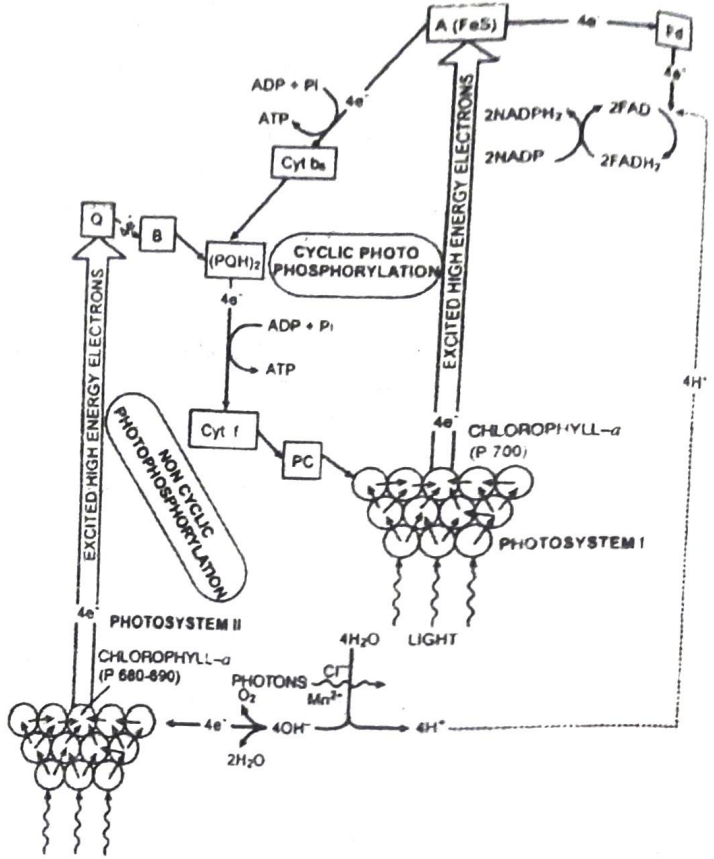
**प्रकाश संश्लेषण में प्रकाश की भूमिका 'Z' स्कीम की सहायता से समझाइये।**

**उत्तर– प्रकाश अभिक्रिया की 'Z' स्कीम–** यूकैरियोट्स तथा साइनोबैक्टीरिया में ऑक्सीजनित प्रकाश–संश्लेषण देखने को मिलता है। जिसमें ऑक्सीजन ($O_2$) मुक्त होती है, जैसे–

$$CO_2 + H_2O \rightarrow \text{Sugar} + O_2 \uparrow$$

प्रकाश संश्लेषण के इस प्रारूप में दो प्रकाश तन्त्र एक श्रृंखला में कार्य करते हैं जिसमें इलेक्ट्रॉन्स की गति के निम्न तीन पद पाये जाते हैं–

(1) जल एवं PSII के बीच
(2) PSII तथा PSI के बीच
(3) PSI तथा NADP के बीच।




चित्र– प्रकाश संश्लेषण में प्रकाश प्रेरित इलेक्ट्रॉन ट्रान्सपोर्ट (Z- स्कीम) द्वारा व अचक्रीय फॉस्फोराइलेशन (प्रकाश–कर्म I व प्रकाश कर्म II) प्रदर्शित

### जैड–स्कीम : इलेक्ट्रॉन अभिगमन एवं फोटोफॉस्फोराइलेशन

Z–स्कीम हरित लवकों में इलेक्ट्रॉन अभिगमन तथा NADPH व ATP के उत्पादन को दर्शाती है।

(i) सर्वप्रथम $P_{700}$ के उत्तेजन के बाद 'trap' फोटोसिस्टम I का पर्णहरिम इलेक्ट्रॉन्स को अज्ञात प्राथमिक इलेक्ट्रॉन ग्राही पर भेजता है जो एक आयरन सल्फर प्रोटीन होता है और इसे A (FeS) द्वारा दर्शाया जाता है।

(ii) इलेक्ट्रॉन्स अब फेरीडॉक्सिन से गुजरते हुये $NADP^+$ पर पहुँच जाते हैं तथा $NADP.H + H^+$ का निर्माण करते हैं। सुविधा के लिये NADP का अवकृत रूप NADPH कहलाता है। किन्तु वास्तव में इसका स्वरूप $NADPH + H^+$ होता है।

(iii) NADP पर इलेक्ट्रॉन्स के स्थानान्तरित होने से फोटोसिस्टम I में एक इलेक्ट्रॉन की हानि हो जाती है और इस हानि की पूर्ति फोटोसिस्टम II के $P_{680}$ के उत्तेजन द्वारा कर दी जाती है।



(iv) इसके पश्चात् इलेक्ट्रॉन का प्रकाश निष्कासन तथा उनका अभिगमन $P_{700}$ पर वाहक तन्त्र, जैसे– Q, B, प्लास्टोक्यूनोन (PQ), साइटोक्रोम f(Cyt f) तथा प्लास्टोसाइनिन (PC) द्वारा होता है। इस तन्त्र के Q तथा B बिना पहचाने यौगिक होते हैं।

(v) प्लास्टोक्यूनोन्स, प्रोटॉन्स को शटिल करते हैं तथा इलेक्ट्रॉन्स को साइटोक्रोम f पर भेजते हैं । इस बिन्दु पर ATP उत्पन्न होता है।

(vi) फोटोसिस्टम II पर इलेक्ट्रॉन्स की कमी जल के फोटोलाईसिस से बने इलेक्ट्रॉन्स द्वारा कर दी जाती है। अतः इलेक्ट्रॉन्स के पथ को दोनों फोटोसिस्टम्स की आवश्यकता होती है जिससे ATP का तथा NADPH का संश्लेषण होता है।

इलेक्ट्रॉन्स NADPH तथा ATP के उत्पादन में बह जाते है जिनका परिणाम Z- स्कीम या अचक्रीय फोटोफॉस्फोराइलेशन होता है। अचक्रीय फोटोफॉस्फोराइलेशन में भाग लेने वाले वर्णकों द्वारा इलेक्ट्रॉन का ग्रहण तथा दान उनके अवकरण विभव पर निर्भर करता है। जब इन वर्णकों को उनके सापेक्ष अवकरण विभव के आधार पर सजाया जाता है तो 'Z' के आकार की रेखा बनती है, इसे 'Z' स्कीम कहा जाता है।

**प्रश्न– 15. प्रकाशी श्वसन, प्रकाश संश्लेषण तथा श्वसन में अन्तर स्पष्ट कीजिये।**

**अथवा**

**आप प्रकाश श्वसन, प्रकाश संश्लेषण तथा श्वसन में तुलना किस प्रकार करेंगे? संक्षेप में लिखिये।**

**उत्तर– प्रकाशी श्वसन एवं प्रकाश–संश्लेषण तथा श्वसन में तुलना–**

| क्र. | प्रकाशी श्वसन | प्रकाश संश्लेषण | श्वसन |
|---|---|---|---|
| 1. | प्रकाश श्वसन क्रिया प्रकाश की उपस्थिति में होती है। | यह क्रिया प्रकाश की उपस्थिति में होता है। | यह क्रिया प्रकाश एवं अन्धकार दोनों में होता है। |
| 2. | इस क्रिया में सब्सट्रेट ग्लाइकोलेट होता है। | इसमें सब्सट्रेट $H_2O$ तथा $CO_2$ होते हैं। | इसमें सब्सट्रेट ग्लूकोज, वसा या प्रोटीन होते हैं। |
| 3. | यह क्रिया केवल कुछ हरे पौधों में जैसे चुकन्दर, चावल तथा गेहूँ आदि में पाया जाता है। | यह क्रिया सभी हरे पौधों में पाया जाता है। | यह क्रिया सभी हरे तथा नॉन–ग्रीन जीवित पौधों में पाया जाता है। |
| 4. | प्रकाश स्वशन क्रिया परऑक्सीसोम्स तथा सम्बन्धित क्लोरोप्लास्ट एवं माइटोकॉण्ड्रिया में होती है। | प्रकाश संश्लेषण क्रिया केवल क्लोरोप्लास्ट्स में होती है। | श्वसन क्रिया कोशिकाद्रव्य तथा साइटोकॉण्ड्रिया में होती है। |
| 5. | इस क्रिया की क्रियाविधि $O_2$ सान्द्रता में वृद्धि के अनुसार बढ़ती है। | यह क्रिया $O_2$ के सान्द्रण में वृद्धि के अनुसार संदमित होती है। | वायुमण्डल की 2-3% $O_2$ पर यह क्रिया संतृप्त हो जाती है। अधिक ऑक्सीजन होने पर कोई परिवर्तन नहीं होता है। |

## इकाई-3

**लघु एवं दीर्घउत्तरीय प्रश्नोत्तर-**

**प्रश्न– 1. श्वसन से क्या तात्पर्य है? यह कितने प्रकार का होता है? लिखिये।**

**अथवा**

**ऑक्सी श्वसन तथा अनॉक्सी श्वसन में अन्तर स्पष्ट कीजिये।** [ जबलपुर 2017 ]

**अथवा**

**श्वसन का महत्व संक्षेप में समझाइये।**

उत्तर– श्वसन क्रिया में पौधे तथा सभी अन्य जीवधारी ऑक्सीजन गैस लेते हैं तथा कार्बन डाई–ऑक्साइड गैस बाहर निकालते हैं। इसी क्रिया में भोज्य पदार्थों का ऑक्सीकरण होता है जिससे कार्बन डाइ ऑक्साइड तथा जल बनते हैं और ऊर्जा निकलती है। यही ऊर्जा पौधों तथा जीवधारियों की जैविक क्रियाओं में काम आती है।

प्रकाश–संश्लेषण के दौरान हरे पौधे सौर ऊर्जा ग्रहण करते हैं। यह ऊर्जा सभी जीवधारियों के लिये ऊर्जा का स्रोत होती है जिसके द्वारा जीवों में विभिन्न क्रियायें सम्पन्न होती हैं। जीवन को गतिशील बनाये रखने के लिये प्रकाश संश्लेषणी पदार्थों के ऑक्सीकरण के फलस्वरूप ऊर्जा पैदा होती है और इस क्रिया को श्वसन कहते हैं।

श्वसन एक जैविक क्रिया है जो पौधों की सभी जीवित कोशिकाओं में पायी जाती है, तथा इस क्रिया में क्रियाशील–ऊर्जा गतिज ऊर्जा में परिवर्तित होती है। जैसाकि निम्नलिखित समीकरण में दर्शाया गया है–

$$C_6H_{12}O_6 + 6O_2 \rightarrow 6CO_2 + 6H_2O + 673\ K.Cal$$

**श्वसन का महत्व–**

(i) श्वसन क्रिया द्वारा जटिल भोज्य पदार्थ, सरल भोज्य पदार्थों में परिवर्तित हो जाते हैं।

(ii) श्वसन क्रिया द्वारा $CO_2$ निकलती है जो वायुमण्डल को सन्तुलित रखती है।

(iii) इस क्रिया के फलस्वरूप ऊर्जा उत्पन्न होती है जो पौधों की विभिन्न मेटाबोलिक क्रियाओं के काम आती है।

(iv) श्वसन क्रिया द्वारा विभिन्न प्रविभाजी ऊतक सक्रिय हो जाते हैं।

(v) इस क्रिया के द्वारा रासायनिक यौगिक बनते हैं जो कोशिका अवयव के लिये आवश्यक होते हैं।

**श्वसन के प्रकार–** श्वसन निम्नलिखित दो प्रकार का होता है–

**(1) ऑक्सी श्वसन–** जब श्वसन ऑक्सीजन की उपस्थिति में होती है तो उसे ऑक्सी श्वसन कहते हैं। इस प्रकार के श्वसन में भोज्य पदार्थों का पूर्ण ऑक्सीकरण होता है जिसके फलस्वरूप कार्बन डाइऑक्साइड ($CO_2$) बाहर निकलती है तथा ऊर्जा उत्पन्न होती है। निम्नलिखित समीकरण में इसे दर्शाया गया है–

$$C_6H_{12}O_6 + 6O_2 \rightarrow 6CO_2 + 6H_2O + 673\ K.Cal$$

**(2) अनॉक्सी श्वसन–** कई बार कुछ पौधों में या इनके अंगों में श्वसन, ऑक्सीजन की अनुपस्थिति में होता है और पौधे कार्बन डाइऑक्साइड बाहर निकालते हैं। इस श्वसन में ऑक्सीजन की आवश्यकता नहीं होती इसलिये यह अनॉक्सी श्वसन कहलाता है, निम्नलिखित समीकरण द्वारा इसे दर्शाया गया है–

$$C_6H_{12}O_6 \rightarrow 2C_2H_5OH + 2CO_2 + Energy\ (28K.Cal)$$



ऑक्सी व अनॉक्सी श्वसन में अन्तर

| क्र. | ऑक्सी श्वसन | अनॉक्सी श्वसन |
|---|---|---|
| 1. | यह श्वसन ऑक्सीजन की उपस्थिति में होता है। | यह श्वसन क्रिया ऑक्सीजन की अनुपस्थिति में होता है। |
| 2. | इस क्रिया में ग्लूकोज का पूर्ण ऑक्सीकरण होता है। | इस क्रिया में ग्लूकोज का अपूर्ण ऑक्सीकरण होता है। |
| 3. | इस क्रिया में कार्बन डाइऑक्साइड ($CO_2$) तथा जल ($H_2O$) बनते हैं। | इस क्रिया में एल्कोहॉल ($C_2H_5OH$) तथा कार्बन डाइ–ऑक्साइड ($CO_2$) बनते हैं। |
| 4. | इस क्रिया में अधिक ऊर्जा, 673 किलो कैलोरी प्राप्त होती है। | इस क्रिया में कम ऊर्जा 28 किलो कैलोरी प्राप्त होती है। |
| 5. | इस प्रकार का श्वसन सभी उच्च श्रेणी के पौधों में पाया जाता है। | इस प्रकार का श्वसन कुछ उच्च श्रेणी के पौधों तथा सूक्ष्म–जीवों में पाया जाता है। |
| 6. | यह क्रिया केवल जीवित कोशिकाओं में पाया जाता है। | यह क्रिया जीवित तथा जीवाणुओं, अंकुरण करने वाले बीजों तथा फलों की भित्ति कोशिकाओं में भी पाया जाता है। |
| 7. | यह श्वसन क्रिया स्थायी होती है जो पौधों में जीवन भर होती है। | यह श्वसन क्रिया उच्च श्रेणी के पौधों में यह अस्थायी रूप से पायी जाती है। |
| 8. | इसमें भारी मात्रा में ऊर्जा मुक्त होती है। यह ऊर्जा ATP (38 ATP) के रूप में निकलती है। | इसमें ऊर्जा ATP के दो अणुओं के रूप में मुक्त होती है। किण्वन में ऊर्जा ताप के रूप में निकलती है। |
| 9. | यह श्वसन क्रिया पौधों के लिये विषैली नहीं होती है। | यह श्वसन क्रिया विषैली होती है। |

**प्रश्न– 2. माइटोकॉण्ड्रिया की अति सूक्ष्म संरचना एवं कार्यों का वर्णन कीजिये। इसे कोशिका का पावर हाउस क्यों माना जाता है?** [ इन्दौर 2017 जबलपुर 2018 ]

**अथवा**

**माइटोकॉण्ड्रिया को कोशिका का पावर हाउस (Power House) कहा जाता है, क्यों?**

**अथवा**

**माइटोकॉण्ड्रिया की अति सूक्ष्म संरचना व कार्यों का वर्णन कीजिये।**

उत्तर– माइटोकोण्ड्रिया सभी ऑक्सी–कोशिकाओं में पायी जाती हैं। यद्यपि ये जीवाणुओं व अन्य प्रोकैरियोटिक कोशिकाओं में अनुपस्थित रहती हैं। ये रंगहीन छाड़ाकार, तन्तुवत या कणिकीय संरचना के रूप में पायी जाती हैं। कोशिकाओं के कार्य के अनुसार इनकी संरचना व आकार में परिवर्तन हो सकता है। इनका व्यास 0.5μ–20μ तक हो सकता है। इसकी लम्बाई 4.0μ तक होती है।

इसकी अति सूक्ष्म संरचना का अध्ययन करने पर यह पता चलता है कि ये गोलाकार संरचनाओं व पात्रों की बनी होती है। यह लाइपोप्रोटीन की बनी दोहरी झिल्ली के द्वारा घिरी रहती है। ये दोनों झिल्लियाँ 60–80A° की दूरी पर होती हैं और ये 40–60° मोटी होती हैं। इन दोनों झिल्लियों के बीच में द्रव भरा होता है।

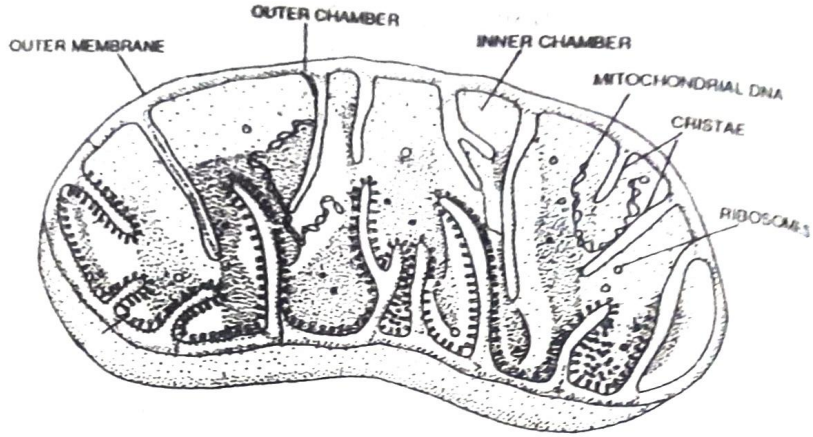



**Fig. Ultrastructure of mitochondrion**

इलेक्ट्रॉन सूक्ष्मदर्शी द्वारा अध्ययन करने पर यह पता चलता है कि माइटोकॉण्ड्रिया की आन्तरिक परत और क्रिस्टी की अति सूक्ष्म संरचनाओं का अस्तित्व पाया जाता है। इन्हें $F_1$ कण या एलीमेन्टरी कण या ऑक्सीसोम कहते हैं। प्रत्येक $F_1$ कण संकरी ग्रीवा या एक और गोलाकार स्टाक या तना जो कि 45–50A° लम्बा और 30–35A° व्यास वाला होता है, युक्त होता है। सिर का व्यास 45–50A° होता है। ये ऐलीमेन्टरी कण माइटोकॉण्ड्रिया की आन्तरिक सतह पर अन्दर सतह पर अन्दर की ओर 100A° अन्तर या फासलों पर पाये जाते हैं। अनुमानित गणनाओं के आधार पर एलीमेन्टरी कण या ऑक्सीसोम की संख्या एक माइटोकॉण्ड्रिया में 104–105 तक होती हैं। इन ऑक्सीसोम में साइटोक्रोम ऑक्सीकरण और फॉस्फोरिलेशन की क्रिया में भाग लेता है।

कोहन (Cohn, 1969) ने माइटोकॉण्ड्रिया के रासायनिक संगठन के बारे में जानकारी दी है। इनके अनुसार इसमें 70% प्रोटीन, 30–50% लिपिड्स होता है। फॉस्फोलिपिड में कुछ लिपिड का 90% होता है, शेष मात्रा में कोलेस्टरॉल केरिटिनॉइड्स और विटामिन पाये जाते हैं। बेन्सले (Bansely) ने माइटोकॉण्ड्रिया का रासायनिक संगठन निम्न प्रकार से बताया है–

प्रोटीन्स 65%
ग्लिसरॉइड्स 29%
लेसिथिन या सिफलिन 4%
कोलेस्टरॉल 20%

माइटोकाण्ड्रिया के आधास–द्रव्य में कॉपर, आयरन तथा गंधक की लेश मात्रा पायी जाती है। उपरोक्त यौगिकों के अलावा कुछ एन्जाइम्स और को–एन्जाइम्स भी इस अंगक में पाये जाते हैं। माइटोकोण्ड्रियल संरचनाओं पर किये गये आधुनिक अनुसंधानों से पता चलता है कि इन अंगकों में कुछ सीमा तक स्वायत्तता पायी जाती है। नास (Nass, 1963) के अनुसार, इसमें स्वयं का DNA, tRanA, RNA),पॉलीमरेज, राइबोसोम्स और अमीनों अम्ल उत्प्रेरकीय या क्रियाकारी एन्जाइम्स पाये जाते हैं। इससे इस बात का पता चलता है कि कि माइटोकॉण्ड्रिया में प्रोटीन संश्लेषण उपकरण या पूरी मशीनरी पायी जाती हैं जिसका स्वतंत्र नाभिकीय नियंत्रण होता है।



**माइटोकॉण्ड्रिया के कार्य (Function of Mitochondria)**– माइटोकॉण्ड्रिया कोशिकाओं के श्वसनांग के रूप में होते है, जहां पर विभिन्न प्रकार के भोज्य पदार्थों का ऑक्सीकरण होता है तथा ऊर्जा मुक्त होती है। अतः माइटोकॉण्ड्रिया को कोशिका का विद्युत गृह (Power house of the Cell) कहा जाता है। माइटोकॉण्ड्रिया के प्रमुख कार्य इस प्रकार है–

1. **कोशिकीय श्वसन (Cellular Respiration)**– माइटोकॉण्ड्रिया कोशिका का श्वसन केन्द्र होता है। कोशिकीय श्वसन में चार अवस्थायें होती हैं। ग्लाइकोलिसिस के फलस्वरूप ग्लूकोज के अणु का विघटन होता है और पाइरुविक अम्ल बनता है। पाइरुविक अम्ल के ऑक्सीकरण के फलस्वरूप एसिटिल को–एन्जाइम A का निर्माण होता है। यह एसिटिल को–एन्जाइम A क्रेब्स चक्र में पहुँच जाता है, जहाँ पर इसका वायवीय ऑक्सीकरण होता है। ये क्रेब्स चक्र माइटोकॉण्ड्रियल मैट्रिक्स में होता है।
2. **ऑक्सीडेटिव फॉस्फोरिलेशन (Oxidative Phosphorylation)**– ग्लाइकोलिसिस पाइरुविक अम्ल के ऑक्सीकरण एवं क्रेब्स चक्र के दौरान दो हाइड्रोजन मुक्त होते हैं। ये दो हाइड्रोजन अणु श्वसन श्रृंखला में चले जाते हैं, जहाँ पर ऑक्सीडेटिव फॉस्फोरिलेशन होता है तथा इलेक्ट्रॉन के प्रत्येक जोड़े से ATP के तीन अणु उत्पन्न होते हैं। इलेक्ट्रॉन ट्रान्सपोर्ट से सम्बन्धित सभी एन्जाइम माइटोकॉण्ड्रिया की आन्तरिक झिल्ली में पाये जाते हैं। ATP ऊर्जा से भरपूर यौगिक होता है जो कि विभिन्न जैविक क्रियाओं के काम आती है।
3. **ATP का ट्रान्सपोर्ट (Transport of ATP)**– कोशिकीय श्वसन के फलस्वरूप उत्पन्न ATP माइटोकॉण्ड्रिया में एकत्रित होते हैं। जिन स्थलों पर ऊर्जा की अधिक आवश्यकता होती है, माइटोकॉण्ड्रिया वहां पर एकत्रित हो जाते हैं। माइटोकॉण्ड्रिया की झिल्ली में संकुचन एवं बढ़े हुये द्रव्य स्थैतिक दाब के कारण ATP एवं पानी के अणु माइटोकॉण्ड्रिया से बाहर निकल आते हैं और कोशिका को ऊर्जा की आपूर्ति करते हैं।
4. **लिपिड्स का निर्माण (Formation of Lipids)**– माइटोकॉण्ड्रिया में विभिन्न प्रकार के लिपिड्स के निर्माण से सम्बन्धित बहुत से एन्जाइम पाये जाते हैं। माइटोकॉण्ड्रिया में वसा की अतिरिक्त मात्रा संचित रहती है जो अंकुरण करते हुये बीजों के पोषण के काम आता है।

**प्रश्न–3. क्रेब्स चक्र या हेच स्लेक चक्र का वर्णन कीजिये।** [ भोपाल 06,14,17 उज्जैन 18 ]

अथवा

**TCA चक्र का सविस्तार वर्णन कीजिये तथा इसके महत्व को बताइये।** [ सागर 2005 ]

अथवा

**क्रेब्स चक्र या TCA चक्र क्या है? माइटोकॉण्ड्रिया में होने वाले पाइरुविक अम्ल के विघटन की प्रक्रिया का वर्णन कर क्रेब्स चक्र का महत्व भी लिखिये।** [ रीवा 2006 जीवाजी 2007,17 ]

अथवा

**ट्राइकार्बोक्सिलिक अम्ल चक्र, कार्बनिक अम्ल चक्र, माइटोकोण्ड्रिन श्वसन, साइट्रिक अम्ल चक्र, पायरुवेट का ऑक्सीकरण अथवा क्रेब्स चक्र का वर्णन कीजिये।** [ सागर 2007 ]

**उत्तर– ट्राइकार्बोक्सिलिक अम्ल चक्र–** ग्लाइकोलाइसिस की क्रिया के दौरान बने पायरुविक अम्ल का पूर्ण ऑक्सीकरण ऑक्सीजन की उपस्थिति में होता है। इसके अन्तर्गत पानी, कार्बन डायऑक्साइड बनते हैं। इस क्रिया का वर्णन सबसे पहले एच. ए. क्रेब ( H.A. Krebs, 1943) ने किया था। अतः इस कारण इसे क्रेब्स चक्र कहा जाता है। इसे TCA

चक्र अथवा साइट्रिक अम्ल चक्र भी कहते हैं। यह क्रिया माइटोकॉण्ड्रिया में पूर्ण होती है। यह चक्र निम्न पदों में होता है–

1. सबसे पहले पायरूविक अम्ल के ऑक्सीकरण एवं डीकार्बोक्सिलेशन (Decarboxylation) के द्वारा एसीटाइल को एन्जाइम 'A' (Acetyl co-enzyme A) का निर्माण होता है।

$$\begin{array}{l}\text{COOH}\\|\\\text{C}=\text{O}\\|\\\text{CH}_2\end{array} + \text{DPN} + \text{Acetyl Co-enzymeA} \xrightarrow{\text{Decarboxylation}} \underset{\text{Acetyl Co-enzyme 'A'}}{\text{CH}_2\text{CO-S-CoA}} + \text{DPNH}_2 + \text{CO}_2$$

2. माइटोकॉण्ड्रिया में पहले से ही ऑक्जेलो एसीटिक अम्ल मौजूद एसीटाइल को-एन्जाइम A से क्रिया करके साइट्रिक अम्ल को बनाता है।

$$\begin{array}{l}\text{CH}_2\text{COOH}\\|\\\text{CH}_2\text{COOH}\end{array} + \text{CH}_3\text{CO-SCOA} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \underset{\text{Citric acid}}{\begin{array}{l}\text{COCOOH}\\|\\\text{OHCCCOOH}\\|\\\text{CH}_2\text{COOH}\end{array}} + \text{SHCOA}$$

3. साइट्रिक अम्ल एकोनाइटेज एन्जाइम की उपस्थिति में पहले सिस–एकोनाइट्रिक अम्ल (cis-Aconitic acid) एवं फिर आइसोसाइट्रिक अम्ल में बदल जाता है।

4. आइसोसाइट्रिक अम्ल से हाइड्रोजन का एक अणु निष्कासित होता है जो NADP या हाइड्रोजन ग्राही के द्वारा अवशोषित कर लिया जाता है। यह क्रिया आइसोसाइट्रिक डी-हाइड्रोजिनेस (isocitric dehydrogenase) नामक एन्जाइम की उपस्थिति में सम्पादित होती है। इस क्रिया के द्वारा आइसो–साइट्रिक अम्ल से ऑक्सेलोसाइट्रिक अम्ल बनता है।

$$\text{Isocitric acid} \xrightarrow{+\text{TPN}} \text{Oxalosuccinic acid} + \text{TPNH}_2$$

ऑक्जेलोसक्सीनिक अम्ल का डी–कार्बोक्सिलेशन डी–कार्बोक्सिलेस एन्जाइम की उपस्थिति में होता है। जिस कारण अल्फा कीटो ग्लूटेरिक अम्ल (α-Ketoglutaric acid) बनता है।

$$\text{Oxalosuccinic acid} \xrightarrow{\text{Decarboxylase}} \alpha\text{-Ketoglutaric acid} + \text{CO}_2$$

अल्फा कीटोग्लूटेरिक अम्ल से सक्सीनिक अम्ल और बनने की क्रिया दो पदों में पूरी होती है जिसमें को–एन्जाइम A(Co-enzyme A) DPN या NADP भाग लेते हैं।

$$\alpha\text{- Ketoglutaric acid} + \text{CoA} + \text{DPN} \rightarrow \text{succinyl CoA} + \text{DPNH}_2 + \text{CO}_2$$

$$\text{succinyl CoA} + \text{GDP} \xrightarrow{\text{succinyl coenzyme-A succinylase}} \text{Succinic acid} + \text{GTP} + \text{CoA}$$

सक्सीनिक अम्ल से निकली हाइड्रोजन FAD द्वारा अवशोषित कर ली जाती है और फ्यूमेरिक अम्ल का निर्माण होता है।

$$\text{Succinic Acid} + \text{FAD} \xrightarrow{\text{Succinic dehydrogenase}} \text{Fumaric acid} + \text{FADH}_2$$



फ्यूमेरिक अम्ल से पानी का एक अणु जुड़ जाता है जिसके द्वारा मेलिक अम्ल (Malic acid) बनता है जिसे निम्न समीकरण के द्वारा प्रदर्शित किया गया है–

$$\underset{\text{Fumaric acid}}{\begin{array}{l}\text{CHCOOH}\\|\\\text{CHCOOH}\end{array}} \xrightarrow{\text{Fumarase}} \underset{\text{Malic acid}}{\begin{array}{l}\text{CHOHCOOH}\\|\\\text{CH}_2\text{COOH}\end{array}} + \text{H}_2\text{O} \longrightarrow$$

इसके बाद मेलिक अम्ल से हाइड्रोजन ($H_2$) के दो परमाणु निकलते हैं जो DPN के द्वारा ग्रहण कर लिये जाते हैं और ऑक्जेलोएसीटिक अम्ल का निर्माण होता है। यह क्रिया मेलिक डी–हाइड्रोजिनेस (Malic dehydrogenase) एन्जाइम की उपस्थिति में होती है।

$$\text{Malic acid} + \text{DPN} \rightarrow \text{Oxalo acetic acid} + \text{DPNH}_2$$

$$\underset{\text{Malic acid}}{\begin{array}{l}\text{CHOHCOOH}\\|\\\text{CH}_2\text{COOH}\end{array}} \xrightarrow{\text{NaD}} \underset{\text{Oxaloacetic acid}}{\begin{array}{l}\text{COCOOH} + \text{NaD}\\|\\\text{CH}_2\text{COOH} + \text{NADH}_2\end{array}}$$

इस प्रकार ग्लूकोज के पूर्ण ऑक्सीकरण के द्वारा तीन $CO_2$ और पाँच स्थानों पर हाइड्रोजन के दो–दो अणु अर्थात् कुल $5H_2$ प्राप्त होते हैं, जैसे–

$$\underset{\text{पायरूविक अम्ल}}{\text{C}_3\text{H}_4\text{O}_3} + 3\text{H}_2\text{O} \rightarrow 3\text{CO}_2 + 5\text{H}_2\text{O}$$

चूँकि, ग्लूकोज के एक अणु के द्वारा पायरूविक अम्ल के दो अणु प्राप्त होते हैं। अतएव, क्रेब्स चक्र में $6CO_2$ और $10H_2$ प्राप्त होते हैं।

इसके अलावा ग्लाइकोलिसिस की क्रिया में $2H_2$ प्राप्त होते हैं– जैसे–

$$\underset{\text{ग्लूकोज}}{\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6} \rightarrow 2\underset{\text{पायरूविक अम्ल}}{\text{C}_3\text{H}_4\text{O}_3} + 2\text{H}_2\text{O}$$

इस प्रकार ग्लूकोज के पूर्ण ऑक्सीकरण की क्रिया को निम्न प्रकार से अभिव्यक्त किया जा सकता है–

$$\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 + 6\text{H}_2\text{O} \rightarrow 6\text{CO}_2 + 12\text{H}_2$$

**क्रेब्स चक्र का महत्व–**

1. इस चक्र में डिकार्बोक्सिलेशन के द्वारा $CO_2$ तथा डीहाइड्रोजिनेशन के द्वारा $H^+$ परमाणु विमुक्त होते हैं।
2. श्वसन में ग्लूकोज के एक अणु से पायरुविक अम्ल के दो अणु बनते हैं। क्रेब्स चक्र में पायरूविक अम्ल के दोनों अणुओं से 20 परमाणु हाइड्रोजन और 6 अणु कार्बन डाइऑक्साइड के प्राप्त होते हैं। इसके अलावा चार परमाणु हाइड्रोजन ग्लाइकोलाइसिस की क्रिया में बनते हैं। अतः इस प्रकार 20 + 4 = 24 हाइड्रोजन परमाणु बनते हैं।
3. सभी हाइड्रोजन के परमाणु विभिन्न हाइड्रोजन ग्राहियों जैसे NAD, FAD तथा साइटोक्रोम b, c, a, $a_3$ के द्वारा ग्रहण कर लिये जाते हैं तथा ये हाइड्रोजन परमाणु इलेक्ट्रॉन ट्रान्सपोर्ट श्रृंखला (electron transport chain) में प्रवेश करते हैं।
4. इलेक्ट्रॉन ट्रान्सपोर्ट श्रृंखला के माध्यम से 24 हाइड्रोजन ($H^+$) परमाणुओं से 36ATP प्राप्त होते हैं।

5. सम्पूर्ण क्रेब्स चक्र में 38ATP प्राप्त होते हैं।
6. इस चक्र में ATP ऊर्जा के रूप में संचित रहती है।
7. माइटोकॉण्ड्रिया की झिल्ली पर स्थित ऑक्सीसोम्स (Oxysomes) के द्वारा ऑक्सीकरण होता है व इलेक्ट्रॉन प्राप्त होते हैं। ये इलेक्ट्रॉन्स ATP का संश्लेषण करते हैं और प्रत्येक इलेक्ट्रॉन से ATP के तीन अणुओं का संश्लेषण होता है।

**प्रश्न–4. इलेक्ट्रॉन अभिगमन श्रृंखला के प्रश्वसनी श्रृंखला कॉम्पलेक्स की विवेचना विशिष्ट संदमकों के साथ कीजिये।** [ भोपाल 2005, जीवाजी 2005,14 ]

**अथवा**

**इलेक्ट्रॉन ट्रान्सपोर्ट तंत्र पर संक्षिप्त टिप्पणी लिखिये।** [ उज्जैन 2006,17 ]

**अथवा**

**ऑक्सीटेडिव फॉस्फोरिलेशन पर टिप्पणी लिखिये।** [ सागर 2006, भोपाल 07 ]

**अथवा**

**श्वसन क्रिया में प्रयुक्त इलेक्ट्रॉन तन्त्र का उपयुक्त चित्र बनाकर वर्णन कीजिये।**

**उत्तर–** क्रेब्स चक्र में भाग लेने वाले एन्जाइम्स इलेक्ट्रॉन ट्रान्सपोर्ट तन्त्र से संबंधित होते हैं। ये कोशिका में ग्लूकोज के ऑक्सीकरण द्वारा जो हाइड्रोजन के परमाणु प्राप्त होते हैं वे फिर से प्रोटोन तथा इलेक्ट्रॉन में विभक्त हो जाते हैं तथा ये ऑक्सीजन के साथ संयोग कर जल का संश्लेषण करते हैं–

$$2H \begin{cases} 2H^+ \text{ प्रोटॉन} \\ 2e^- \text{ इलेक्ट्रॉन} \end{cases}$$

हाइड्रोजन अणुओं से मुक्त होने वाले इलेक्ट्रॉन काफी महत्वपूर्ण होते हैं। ये कुछ यौगिकों से संयोग कर इलेक्ट्रॉन ट्रान्सपोर्ट तन्त्र की भूमिका का निर्वाह करते हैं। इस तन्त्र में प्रथम यौगिक का एक अणु दो इलेक्ट्रॉन्स को ग्रहण करके अपचयित हो जाता है। इसके उपरान्त यह यौगिक दोनों इलेक्ट्रॉन्स ($e^-$) को अन्य यौगिक पर स्थानान्तरित कर देता है। इससे प्रथम यौगिक का ऑक्सीकरण व दूसरे यौगिक का अपचयन हो जाता है। इसी प्रकार की ऑक्सीकरण व अपचयन क्रियायें इलेक्ट्रॉन ट्रान्सपोर्ट तन्त्र में पायी जाती हैं। इस क्रिया में ऊर्जा विमुक्त होती है। इस ऊर्जा का उपयोग ADP से ATP के संश्लेषण में किया जाता है–

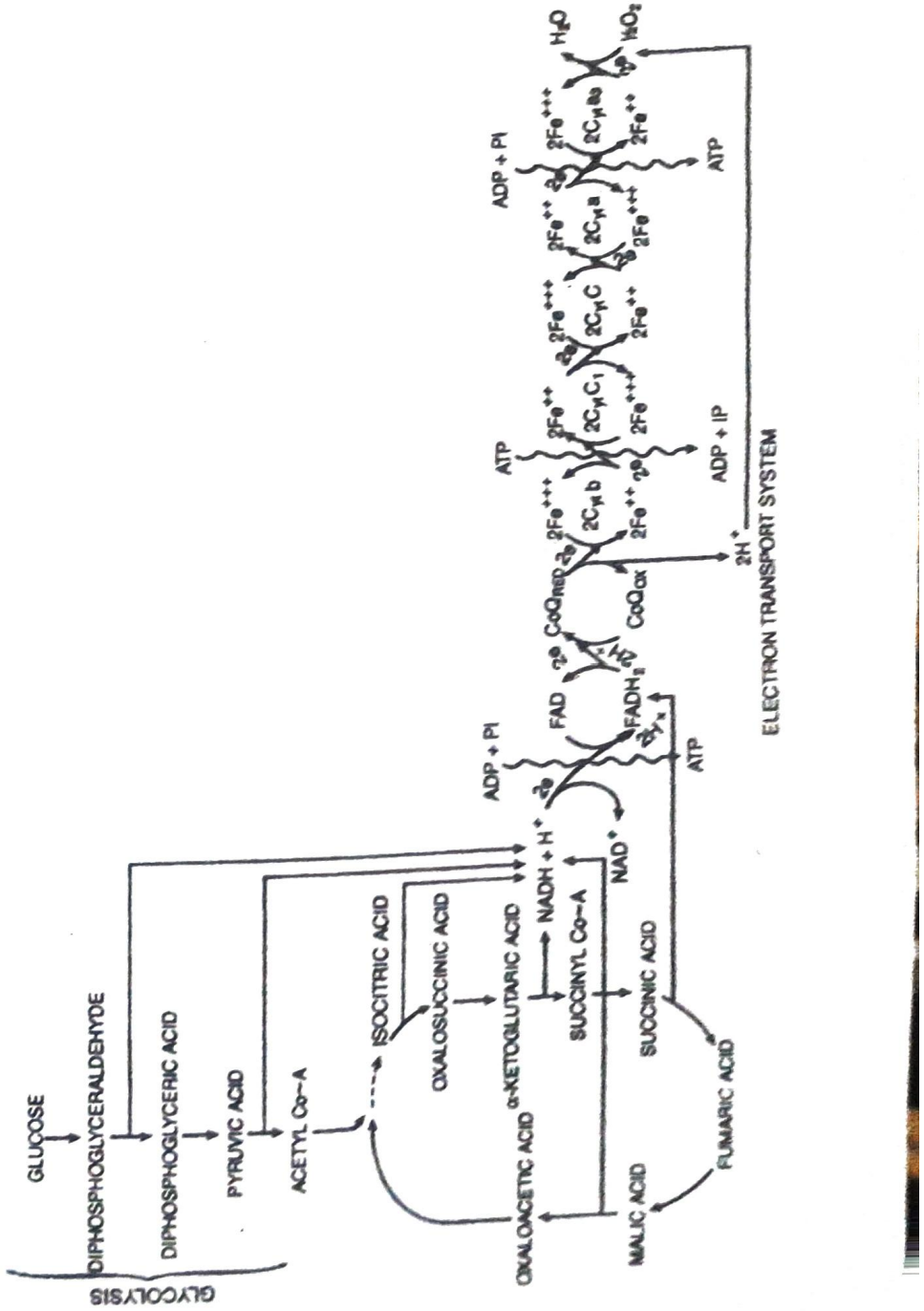
$$2e^- \xrightarrow{-2H^+} O = H_2O$$

**इलेक्ट्रॉन ट्रान्सपोर्ट तन्त्र (Electron Transport System)–** इलेक्ट्रॉन ट्रान्सपोर्ट तन्त्र में भाग लेने वाला प्रथम यौगिक निकोटिनामाइड एडीनाइड डाइन्युक्लियोटाइड (NADP) होता है। इसके अलावा इस तन्त्र में निकोटिनामाइड एडीनाइन डाइन्युक्लियोटाइड फॉस्फेट भी भाग लेता है। ग्लाइकोलिसिस की क्रिया में डाइफॉस्फोग्लिसरिक अम्ल (Diphosphoglyceric acid) के निर्माण के दौरान हाइड्रोजन का एक जोड़ा विमुक्त होता है जो NAD पर स्थानान्तरित होता है और यह NAD के अपचयन से $NADH_2$ को बनाता है।

श्वसन के द्वारा $NADH_2$ का ऑक्सीकरण होता है। यह $NADH_2$ अपनी $H_2$ को मुक्त करके पुनः NAD में परिणित हो जाता है। यह पुनः $H_2$ को प्राप्त करके $NADH_2$ से में अपचयित हो जाता है। $NADH_2$ से मुक्त हुई $H_2$ दूसरे हाइड्रोजन ग्राही FAD से संयोग कर $FADH_2$ का निर्माण करता है।

यह $FADH_2$ ऑक्सीकृत होता है और इस क्रिया में $H_2$ परमाणु मुक्त होते हैं। इन हाइड्रोजन परमाणुओं से दो प्रोटोन ($2H^+$) कोशिकाद्रव्य में आ जाते हैं तथा दो इलेक्ट्रॉन ($2e^-$) एन्जाइम क्विनॉन पर स्थानान्तरित हो जाते हैं।






चित्र– इलेक्ट्रॉन ट्रान्सपोर्ट तन्त्र

क्विनॉन पर स्थानान्तरित होने के पश्चात इलेक्ट्रॉन अनेक हाइड्रोजन ग्राहियों जैसे साइटोक्रोम b, c, a और $a_3$ से क्रमवार गुजरते हैं और साइटोक्रोम इस प्रकार अपचयित एवं ऑक्सीकृत होते हैं। इससे एक तन्त्र का निर्माण हो जाता है। अब हाइड्रोजन का इलेक्ट्रॉन एक साइटोक्रोम से दूसरे साइट्रोक्रोम पर स्थानान्तरित होता है। साइटोक्रोम प्रोटीन से बना एक कार्बनिक यौगिक होता है।

इलेक्ट्रॉन 2 या तीन हाइड्रोजन ग्राही साइटोक्रोम से गुजरने के पश्चात अंतिम साइटोक्रोम $a_3$ से गुजर कर ऑक्सीजन से संयोग करता है। यह क्रिया डिहाइड्रोजिनेस एवं हाइड्रोजिनेस एन्जाइम की उपस्थिति में होती है। ऑक्सीजन (1/2 $O_2$) के एक परमाणु पर दो इलेक्ट्रॉन ($2e^-$) एवं दो प्रोटोन्स ($2H^+$) स्थानान्तरित होकर पानी के एक अणु को बनाते हैं।

इस प्रकार से इलेक्ट्रॉन के स्थानान्तरण के दौरान काफी रासायनिक ऊर्जा का उत्पादन होता है। इस ऊर्जा का उपयोग ADP से ATP के संश्लेषण में होता है।

**ऑक्सीकारक फॉस्फोरिलेशन (Oxidative phosphorylation)**– दो इलेक्ट्रॉन ($2e^-$) एक $NADH_2$ से एवं दो इलेक्ट्रॉन ($2e^-$) हाइड्रोजन परमाणुओं से विमुक्त होकर जब ऑक्सीजन तक पहुँचते हैं तब इस क्रिया में 3ATP का निर्माण होता है जैसा कि चित्र में बताया गया है कि 5 स्थानों पर 3ATP एवं एक स्थान पर 2ATP बनते हैं।

प्रत्येक ATP के निर्माण के समय 10–12 Cal ऊर्जा संचित होती है। इस क्रिया को फॉस्फोरिलेशन कहा जाता है। चूँकि यह क्रिया ऑक्सीजन की उपस्थिति में होती है। इस कारण इसे ऑक्सीकारक फॉस्फोरिलेशन (Oxidative phosphorylation) कहते हैं। ग्लूकोज के एक अणु से प्राप्त पायरूविक अम्ल के अपघटन से जो उर्जा मुक्त होती है उससे इतनी अधिक ऊर्जा निष्कासित होती है कि ATP के 38 अणुओं का संश्लेषण हो जाता है।

**इलेक्ट्रॉन ट्रान्सपोर्ट तन्त्र का ग्लाइकोलिसिस एवं क्रेब्स चक्र में महत्व**– ग्लाइकोलाइसिस या ई.एम.पी. पथ तथा क्रेब्स चक्र के मार्ग के अध्ययन से यह पता चलता है कि 6 स्थानों पर इलेक्ट्रॉन्स का एक जोड़ा मुक्त होता है। इन अभिक्रियाओं का विवरण नीचे दिये अनुसार है–

1. 2H मुक्त होते हैं तब ग्लाइकोलाइसिस में ग्लिसरल्डिहाइड 3–फॉस्फेट (Glycerdehyde-3 phosphate) के ऑक्सीकरण से 1–3 डाइफॉस्फोग्लिसरिक अम्ल (1-3 diphosphoglyceric acid) का संश्लेषण होता है।
2. 2H मुक्त होते हैं जब पायरूविक अम्ल से एसीटाइल को–एन्जाइम A (Acetyl co-enzyme A) का निर्माण होता है।
3. 2H- क्रेब्स चक्र में मुक्त होते हैं जब आइसोसाइट्रिक अम्ल के ऑक्सीकरण से सक्सीनिल को–एन्जाइम के माध्यम से सक्सीनिक अम्ल में होता है।
4. 2H क्रेब्स चक्र में सक्सीनिक अम्ल के ऑक्सीकरण के द्वारा फ्यूमेरिक अम्ल (fumaric acid) के निर्माण के समय मुक्त होते हैं।
5. 2H क्रेब्स चक्र में मैलिक अम्ल के ऑक्सीकरण से ऑक्सेलोएसीटिक अम्ल के निर्माण के समय मुक्त होते हैं।

उपरोक्त छः अभिक्रियाओं में से 5 स्थानों पर (i), (ii), (iii) (iv) तथा (v) पर इलेक्ट्रॉन ट्रान्सपोर्ट तन्त्र में प्रत्येक स्थान पर 3ATP बनते हैं। केवल एक स्थान पर (v) जहां पर सक्सीनिक अम्ल के द्वारा फ्यूमेरिक अम्ल का निर्माण होता है वहाँ पर केवल 2ATP का निर्माण होता है।



इस प्रकार पहले $3 \times 5 = 15 + 2 = 17$ ATP बनते हैं। चूँकि यह चक्र दो बार चलता है। अतः कुल $17 \times 2 = 34$ ATP के अणुओं का निर्माण होता है। जैसा कि हमें ज्ञात है कि ग्लाइकोलिसिस की अंतिम क्रियाओं में 2ATP (कुल चार बनते है इनमें से दो काम आ जाते हैं) प्राप्त होते हैं। अतः इस प्रकार ग्लूकोज के पूर्ण ऑक्सीकरण से (34 + 2) 36 ATP प्राप्त होते हैं।

क्रेब्स चक्र में सक्सीनिक अम्ल के बनते समय (GTP ग्वानोसाइन ट्राइ फॉस्फेट (Guanosine triphosphate) प्राप्त होते हैं। इसके द्वारा एक ADP से ATP प्राप्त होते हैं। अतः पूरे चक्र में 2ATP बनते हैं। इस प्रकार–

$$2GTP + 2ADP \rightarrow 2ATP + 2GDP$$

अतः मिलने वाले ATP के अणुओं की संख्या (36 + 2) = 38 हो जाती है। श्वसन क्रिया को निम्न प्रकार से प्रदर्शित किया जा सकता है–

$$C_6H_{12}O_6 + 6O_2 + 38ADP + 38H_3PO_4 \rightarrow 6CO_2 + 5H_2O + 38ATP$$

**प्रश्न–5. श्वसन गुणांक या श्वसन भागफल पर संक्षिप्त टिप्पणी लिखिये।** [ भोपाल 2007 ]

अथवा

**श्वसन गुणांक या श्वसन भागफल को परिभाषित कीजिये।** [ सागर 2008 ]

**उत्तर– श्वसन गुणांक (Respiratory Quotient)**– श्वसन क्रिया के दौरान निकली $CO_2$ तथा ग्रहण की गयी $O_2$ की मात्रा के अनुपात को श्वसन गुणांक या श्वसन अनुपात कहते हैं। इस अनुपात को अग्र रूप से प्रदर्शित किया जा सकता है–

$$R.Q. = \frac{CO_2}{O_2} = \frac{\text{(Volume of } CO_2 \text{ evolved)}}{\text{(Volume of } O_2 \text{ absorbed)}}$$

श्वसन भागफल का मान श्वसन क्रिया में भाग लेने वाले श्वसन पदार्थों की प्रकृति पर निर्भर करता है।

**(i) कार्बोहाइड्रेट्स का RQ (RQ of Carbohydrates)**– सभी प्रकार के कार्बोहाइड्रेट्स का श्वसन भागफल (RQ) हमेशा एक ही होता है क्योंकि श्वसन क्रिया के फलस्वरूप मुक्त $CO_2$ की मात्रा उपयोग किये गये $O_2$ की मात्रा के बराबर होती है।

उदाहरण– अंकुरित गेहूँ, जौ, जई आदि।

$$C_6H_{12}O_6 + 6O_2 \rightarrow 6CO_2 + 6H_2O + 686 \text{ K. Cal.}$$

$$R.Q. = \frac{6CO_2}{6O_2} = \frac{6}{6} = 1 \text{ or unit}$$

**2. वसा, तेल एवं प्रोटीन का R.Q. (R.Q. of Fats, Oil and Proteins)**– श्वसन क्रिया में जब तैलीय या वसा पदार्थ भाग लेते हैं। (जैसे– Oily seeds) तो इनमें हाइड्रोजन की अपेक्षा ऑक्सीजन की मात्रा बहुत कम होती है और RQ एक से कम होता है। इसका कारण यह है कि श्वसन में ली गयी ऑक्सीजन वसीय पदार्थों का ऑक्सीकरण करके वसीय अम्लों का निर्माण करती है जिनके ऑक्सीकरण के लिये अधिक ऑक्सीजन की जरूरत होती है। अतः श्वसन के दौरान अधिक ऑक्सीजन ग्रहण जाती है और कम मात्रा में $CO_2$ निकलती है, जिसे निम्न समीकरण द्वारा दिखाया जा सकता है।

$$2C_{51}H_{98}O_6 + 145O_2 \rightarrow 102CO_2 + 98\,H_2O$$

ट्राईपाल्मिटिन

$$R.Q. = \frac{CO_2}{O_2} = \frac{102}{145} = 0.7 \text{ (Less than one)}$$

**प्रोटीन्स**– श्वसन में जब अधिक प्रोटीन युक्त पदार्थ जैसे– दालों के बीज आदि प्रयुक्त होते हैं तब R.Q. इकाई से कम होता है क्योंकि इन पदार्थों में ऑक्सीजन की मात्रा हाइड्रोजन की अपेक्षा कम होती है अर्थात् इनके ऑक्सीकरण के लिये अधिक मात्रा में ऑक्सीजन की आवश्यकता होती है और बदले में $CO_2$ कम निष्कासित होती है। प्रोटीन का R.Q. 0.8 से 0.9 होता है।

3. **मांसल पौधों में लाल पत्तियों युक्त पौधों का R.Q. (R.Q. of succulent plants and red leaves)**– मांसल पौधों एवं लाल पत्तियों में वसा का अपूर्ण ऑक्सीकरण होता है तथा इस क्रिया में $CO_2$ गैस बाहर नहीं निकलती है अतः इनका R.Q. हमेशा शून्य ही होता है।

$$2C_6H_{12}O_6 + 3O_2 \rightarrow 3C_4H_6O_5 + 3H_2O + 386\ KCal$$

$$R.Q. = \frac{CO_2}{O_2} = \frac{0}{3} = 0\ (Zero)$$

4. **कार्बनिक अम्लों का R.Q. (R.Q. of Organic acids)**– कार्बनिक अम्ल जब श्वसन में कार्बनिक अम्लों का ऑक्सीकरण होता है तो RQ का मूल्य इकाई से अधिक होता है। ऐसा इसलिये होता है क्योंकि कार्बनिक अम्लों में $O_2$ की मात्रा अधिक होती है और इन्हें ऑक्सीकृत करने के लिये बहुत कम $O_2$ की आवश्यकता होती है, और $CO_2$ का निष्कासन अधिक होता है। जैसे कि–

(i) Malic acid ($C_4H_6O_3$) –

$$C_4H_6O_3 + 3O_2 \rightarrow 4CO_2 + 3H_2O$$

$$R.Q. = \frac{CO_2}{O_2} = \frac{4}{3} = 1.33\ (More\ than\ one)$$

(ii) Oxalic acid $(COOH)_2$

$$2(COOH)_2 + O_2 \rightarrow 4CO_2 + 4H_2O + 6O_2\ K\ Cal.$$

$$R.Q. = \frac{CO_2}{O_2} = \frac{4}{1} = 4\ (More\ than\ one)$$

5. **अनॉक्सी श्वसन की स्थिति में R.Q. का मान (R.Q. in anaerobic respiration)**– अनॉक्सी श्वसन की स्थिति में यीस्ट कोशिकाओं के द्वारा ग्लूकोज का किण्वन होता है तथा एल्कोहॉल एवं $CO_2$ गैस बनती हैं। इस क्रिया में ऑक्सीजन का उपयोग नहीं किया जाता है अतः $CO_2$ की मात्रा अधिक होती है और R.Q. का मान एक से अधिक या अनन्त होता है।

$$C_6H_{12}O_6 \rightarrow 2C_2H_5OH + 2CO_2 + 21KCal$$

$$R.Q. = \frac{CO_2}{O_2} = \frac{2CO_2}{0} = 2\ या\ \infty$$

**प्रश्न–6. पेन्टोज फॉस्फेट पथ या हेक्सोस मोनो फॉस्फेट पथ पर संक्षिप्त टिप्पणी लिखिये।**

**[ भोपाल 2005,06,18 सागर 2005,06,07,17 ]**

**अथवा**

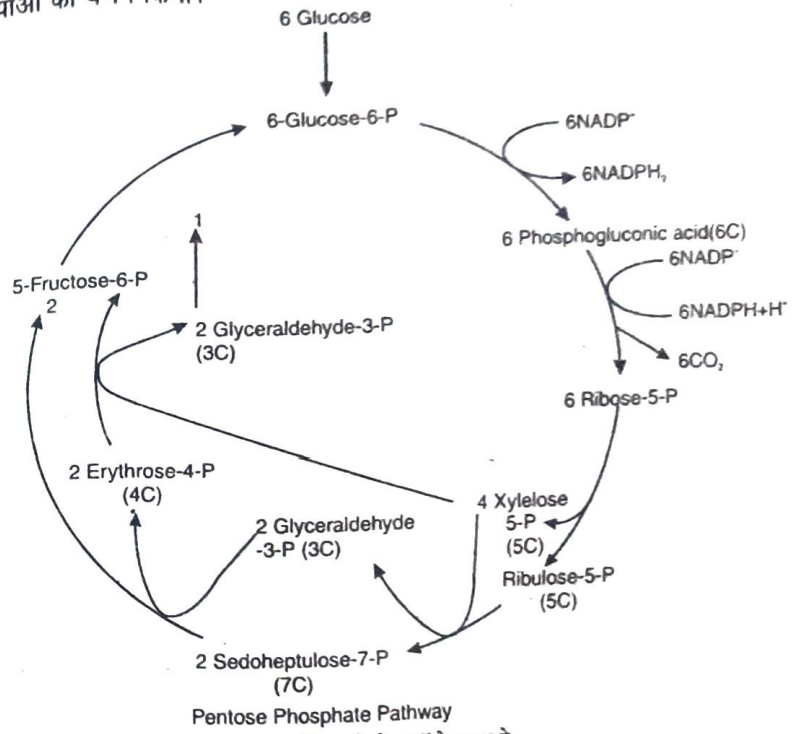
**P.P.P चक्र या H.M.P. चक्र क्या है? विस्तारपूर्वक समझाइये।** **[ सागर 2008 ]**

**उत्तर– P.P.P चक्र या H.M.P. चक्र (P.P.P. Cycle or H.M.P. Cycle)**– कुछ जीवों एवं पौधों में ग्लूकोज के अपघटन के लिये क्रेब्स चक्र के अतिरिक्त भी एक चक्र पाया जाता है जिसमें बहुत सी पेन्टोज शर्करा एक 7– कार्बन युक्त शर्करा एवं एक 4–



कार्बन युक्त शर्करा भाग लेती हैं। इसे पेन्टोज फास्फेट चक्र (PPP) या हेक्सोस मोनो फास्फेट शण्ट (Hexose monophosphate shunt) भी कहते हैं।

**वारबर्ग एवं सहयोगियों** (Warberg, et al, 1935) एवं **डिकेन्स** ने (Dickens) ने शोधकार्य के दौरान पाया कि ग्लूकोज मोनो फॉस्फेट का ऑक्सीकरण ग्लाइकोलिसिस के अतिरिक्त एक अन्य पथ (PPP) द्वारा स्वतन्त्र रूप से होता है। बाद में **होरेकर** एवं **रेकर** (Horkekar 1951 and Racker 1954) ने पेन्टोज फॉस्फेट चक्र की विभिन्न रासायनिक क्रियाओं का वर्णन किया।




**चित्र– पेन्टोज फॉस्फेट पाथ वे**

PPP के प्रत्येक चक्र में ग्लूकोज मोनो फॉस्फेट के 6– अणुओं में से 1 अणु ही $CO_2$ में ऑक्सीकृत होता है तथा फ्रक्टोज मोनो फॉस्फेट या ग्लूकोज मोनो फॉस्फेट के 5 अणु बनते हैं। सम्पूर्ण चक्र में $NADPH_2$ के कुल 12 अणु बनते हैं जो कि साइटोक्रोम चक्र द्वारा पुनः NADP के 12 अणुओं में ऑक्सीकृत हो जाते हैं।

(1) (6 mole) Glucose + 6 ATP $\xrightarrow{Hexokinase}$ 6(Mole) glucose 6- phosphate

(2) (6 mole) Glucose 6-$PO_4$ + 6NADP + $6H_2O$ $\xrightarrow{Dehydrogenase}$ (6 mole) phosphogluconic + 6 $NADPH_2$

(3) (6mole) Phosphogluconic acid + 6 NADPH $\xrightarrow{Dehydrogenase}$ (6 mole) Ribulose - 5- $PO_4$ + $6NADPH_2$ + $6CO_2$

(4) (2mole) Ribulose - 5- $PO_4$ $\xrightarrow{\text{Isomerase}}$ (2mole) Ribose-5-$PO_4$

(5) (4 mole) Ribulose-5- $PO_4$ $\xrightarrow{\text{Isomerase}}$ (4 mole) Xylulose-5-$PO_4$

(6) (6 mole) Xylulose-5-$PO_4$ + (2 mol) ribose- 5-p $\xrightarrow{\text{Transketolase}}$
(2 mole) Glyceraldehyde - 3-$PO_4$ + (2 mole) Sedoheptulase - 7-$PO_4$

(7) (2mole) Sedoheptulose-7-$PO_4$ + (2mole) Glyceraldehyde-3-$PO_4$
$\xrightarrow{\text{Transketolase}}$ (2 mole) Fructose-6-$PO_4$ + (2mole) Erythrose-4-$PO_4$

(8) (2mole) Erythrose-4-$PO_4$ + (2 mole) Xylulose-5-$PO_4$ $\xrightarrow{\text{Transketolase}}$
(2mole) Fructose-6-$PO_4$ + (2mole) glyceraldehyde-3-$PO_4$

(9) (2mole Glyceraldehyde-3-$PO_4$+2$H_2O$ $\xrightarrow{\text{Aldolase}}$ $PO_4$+$H_3PO_4$

(10) (5 mole) Fructose-6-$PO_4$ → (5 mole) Glucose-6-$PO_4$

ग्लूकोज–6–फॉस्फेट चक्र में प्रवेश करके पुनः किया करता है।

**प्रश्न–7. श्वसन गुणांक या श्वसन अनुपात को संक्षेप में समझाइये।**

**अथवा**

**श्वसन गुणांक तथा प्रकाश संश्लेषणी गुणांक में अन्तर समझाइये।**

**उत्तर– श्वसन गुणांक (R.Q.) तथा प्रकाश–संश्लेषण गुणांक (P.Q.) में अन्तर–**

| क्र. | श्वसन गुणांक | प्रकाश–संश्लेषण गुणांक |
|---|---|---|
| 1. | श्वसन गुणांक श्वसन के समय छोड़ी गयी $CO_2$ तथा अवशोषित $O_2$ के आयतन का अनुपात होता है। $R.Q. = \frac{\text{Vol. of } CO_2 \text{ given out}}{\text{Vol. of } O_2 \text{ taken it}}$ | प्रकाश संश्लेषण गुणांक, प्रकाश–संश्लेषण में छोड़ी गयी $O_2$ तथा अवशोषित $O_2$ के आयतन का अनुपात है– $P.Q. = \frac{\text{Vol. of } O_2 \text{ given out}}{\text{Vol. of } CO_2 \text{ taken it}}$ |
| 2. | इसका मान श्वसन पदार्थों के अनुसार परिवर्तनीय होता है। | इसका मान सदैव एक रहता है। |
| 3. | इस गुणांक में श्वसन पदार्थ की प्रवृत्ति का बोध होता है। | इस गुणांक में बन रहे कार्बनिक पदार्थ की प्रवृत्ति का बोध होता है। |
| 4. | इसे गेनोंग्स रेस्पाइरोमीटर द्वारा नापा जा सकता है। | इसे गेनांग्स फोटोसिन्थेटोमीटर द्वारा नापा जा सकता है। |

**प्रश्न–8. अप्रकाशिक श्वसन व प्रकाश श्वसन में अन्तर समझाइये।** [ जीवाजी 2007,18 ]

**अथवा**

**अप्रकाशिक श्वसन व प्रकाश श्वसन में तुलना कीजिये।** [ जबलपुर 2003 ]



**उत्तर– अप्रकाश श्वसन एवं प्रकाश श्वसन में अन्तर–**

| अप्रकाशिक श्वसन | प्रकाश श्वसन |
|---|---|
| 1. इस क्रिया में श्वसन पदार्थ, कार्बोहाइड्रेट, वसा एवं प्रोटीन होती है। | 1. इस क्रिया में श्वसन पदार्थ ग्लाइकोलिक अम्ल होता है। |
| 2. श्वसन पदार्थ का निर्माण तुरन्त होता है अथवा पूर्व से संचित पदार्थ काम में आता है। | 2. इस क्रिया में श्वसन पदार्थ का निर्माण तुरन्त होता है। |
| 3. यह क्रिया कोशिका द्रव्य एवं माइटोकॉण्ड्रिया में होती है। | 3. यह क्रिया कोशिका द्रव्य क्लोरोप्लास्ट माइटोकॉण्ड्रिया एवं परऑक्सीसोम्स में सम्पादित होती है। |
| 4. इस क्रिया में 38 ATP का निर्माण होता है। | 4. इस क्रिया में ATP का निर्माण नहीं होता है। |
| 5. इस क्रिया में हाइड्रोजन पर–ऑक्साइड ($H_2O_2$) का निर्माण नहीं होता है। | 5. इस क्रिया में $H_2O_2$ का निर्माण होता है। |
| 6. इस क्रिया में NAD का उपयोग होता है व $NADH_2$ का निर्माण होता है। | 6. इस क्रिया में $NADH_2$ का ऑक्सीकरण होता है तथा NAD का निर्माण होता है। |
| 7. यह क्रिया प्रकाश एवं अंधकार दोनों ही अवस्थाओं में होती है। | 7. यह क्रिया प्रकाश की उपस्थिति में होती है। |

**प्रश्न–9. ई. एम. पी. पथ का विवरण दीजिये।** [ जबलपुर 2013,17 ]

**अथवा**

**हेक्सोज शर्करा के पायरूविक अम्ल में रूपान्तरण होने की विभिन्न रासायनिक क्रियाओं का उल्लेख कीजिये।** [ ग्वालियर 2015 ]

**अथवा**

**ग्लाइकोलाइसिस का प्रवाह चित्र (आरेख) बनाते हुये विभिन्न रासायनिक अभिक्रियाओं का वर्णन कीजिये।** [ इन्दौर 2014, उज्जैन 2011, भोपाल 2000,14,18 ]

**अथवा**

**ग्लाइकोलाइसिस पर टिप्पणी लिखिये।**

**उत्तर–** इस पथ की खोज ऐम्बडेन, मेयर हॉफ एवं पारनास ने मिलकर की थी। इसीलिये इसे E.M.P. पथ या ग्लाइकोलिसिस कहते हैं।

यह श्वसन का प्रथम चरण है। इस क्रिया का आरम्भ हैक्सोस शर्करा (सामान्यतया ग्लूकोस) से होता है और अन्त में पाइरूविक अम्ल (3 कार्बन यौगिक) के दो अणु प्राप्त होते हैं। इस प्रकार ग्लूकोज के अनेक चरणों में क्रमबद्ध होकर पाइरूविक अम्ल में विघटन को ग्लाइकोलिसिस कहते हैं। यह सम्पूर्ण क्रिया कोशिकाद्रव्य में होती है। ग्लाइकोलिसिस में ऑक्सीजन की आवश्यकता नहीं होती है ये निम्नलिखित चरणों में पूर्ण होती है–

**1. फॉस्फोराइलेशन (Phosphorylation)–**

(i) यह ग्लाइकोलिसिस की प्रथम अवस्था है जिसमें ग्लूकोज के अणु हेक्सोकाइनेज एन्जाइम की उपस्थिति में ATP के साथ क्रिया करके ग्लूकोज –6–फास्फेट का निर्माण करता है।

$$\text{ग्लूकोज} + \text{ATP} \xrightarrow{\text{हेक्सोकाइनेज}} \text{ग्लूकोज} - 6 \text{ फॉस्फेट}$$

(ii) ग्लूकोज – 6– फॉस्फेट, फॉस्फोहेक्सो आइसोमेरेज एन्जाइम की उपस्थिति में अपने समावयवी अणु फ्रक्टोज –6– फॉस्फेट में बदल जाता है।

$$\text{ग्लूकोज} - 6 - \text{फॉस्फेट} \xrightarrow[\text{आइसोमरेज}]{\text{फॉस्फोहेक्सो}} \text{फ्रक्टोज} - 6 - \text{फॉस्फेट}$$

(iii) फ्रक्टोज–6–फॉस्फेट, ATP के साथ क्रिया करके फ्रक्टोज–1,6 डाई–फॉस्फेट में बदल जाता है।

$$\text{फ्रक्टोज–6–फॉस्फेट} \xrightarrow{\text{फॉस्फोहेक्सोकाइनेज}} \text{फ्रक्टोज} - 1,6 \text{ डाइफॉस्फेट}$$

2. उपरोक्त क्रिया में बना फ्रक्टोज –1,6 डाई–फॉस्फेट एल्डोलेज एन्जाइम की उपस्थिति में क्रिया करके 3–फॉस्फो ग्लिसरेल्डिहाइड (3 –PGAld) एवं डाइ हाइड्रॉक्सी ऐसीटोन फॉस्फेट (Dih. A.P.) का एक–एक अणु बनाता है।

$$\text{फ्रक्टोज} - 1,6 - \text{डाइफॉस्फेट} \xrightarrow{\text{एल्डोलेज}} 3 - \text{PG Ald} + \text{Di. H.A.P.}$$

Di H. A.P. बाद में पुनः 3PGAld में परिवर्तित हो जाता है। इस प्रकार 3 - PG Ald के दो अणु बन जाते हैं।

3. 3– PG Ald के दो अणु $H_3PO_4$ के दो अणु के साथ क्रिया करके 1, 3– डाइ–फॉस्फोग्लिसरेल्डिहाइड (1,3 diP GAld) के दो अणुओं का निर्माण करते हैं।

$$3\text{PG Ald} + H_3PO_4 \longrightarrow 1,3\text{- di PGAld}$$

4. 1, 3 di PGAld के दो अणु ट्रायोज फॉस्फेट डिहाइड्रोजिनेज एन्जाइम की उपस्थिति में NAD के दो अणुओं के साथ क्रिया करके 1,3– डाइ–फॉस्फोग्लिसरिक अम्ल (1,3-di PGA) के दो अणु एवं $NADH_2$ का निर्माण करता है।

$$1,3 - \text{di PG Ald} + \text{NAD} \xrightarrow{\text{डिहाइड्रोजिनेज}} 1,3\text{-di PGA} + NADH_2$$

5. 1,3 – di PGA के दो अणु फॉस्फोग्लिसरिक अम्ल (3–PGA) के दो अणु एवं ATP के दो अणुओं का निर्माण करते हैं।

$$1,3\text{- di PGA} + \text{ADP} \xrightarrow{\text{काइनेज}} 3\text{PGA} + \text{ATP}$$

6. 3PGA के दो अणु फास्फोग्लिसरों म्यूटेज एन्जाइम की उपस्थिति में अपने समावयवी रूप 2–फॉस्फोग्लिसरिक अम्ल (2 PGA) के दो अणु बनाता है।

$$3\text{PGA} \xrightarrow{\text{फॉस्फोग्लिसरोम्यूटेज}} 2\text{PGA}$$

7. इनोलेज एन्जाइम की उपस्थिति में 2PGA से पानी का अणु निकल जाता है जिसके परिणामस्वरूप 2–फोस्फोइनॉल पाइरूविक अम्ल (2–PEP) के दो अणुओं का निर्माण होता है।

8. पाइरूबिक काइनेज एन्जाइम की उपस्थिति में 2– PEP के दो अणु ADP के दो अणुओं के साथ क्रिया करके पाइरूविक अम्ल एवं ATP के दो–दो अणुओं का निर्माण करते हैं।



$$2\text{-PEP} + 2\text{ADP} \xrightarrow{\text{P- काइनेज}} \text{पाइरूविक अम्ल} + \text{ATP}$$

इस प्रकार सम्पूर्ण ग्लाइकोलिसिस में ATP के दो अणु व्यय होते हैं तथा 4 अणु बनते हैं। इस प्रकार ग्लाइकोलिसिस की पूर्ण प्रतिक्रिया में 4–2 = 2ATP अणुओं का मूल लाभ होता है।

**प्रश्न–10. प्रकाश श्वसन क्या है? इस क्रिया को समझाइये।** [इन्दौर 2001,14]

अथवा

**प्रकाश श्वसन पर नोट लिखिये।** [ग्वालियर 2019, रीवा 2001,13]

उत्तर– आधुनिक खोजों के आधार पर यह सिद्ध हो चुका है कि श्वसन की क्रिया प्रकाश के द्वारा प्रभावित होती है। प्रकाश की उपस्थिति में श्वसन की दर साधारण श्वसन या अप्रकाश श्वसन की तुलना में 4–5 गुना अधिक हो जाती है। इस प्रकार के श्वसन को प्रकाश श्वसन (Photorespiration) कहते हैं। इस क्रिया का प्रांसगिक महत्व यह है कि जब किसी कारणवश प्रकाश–संश्लेषण की क्रिया के लिये वायुमण्डलीय कार्बन डाय–ऑक्साइड कम प्राप्त होती है तब पौधे श्वसन में निकली हुयी कार्बन डाय–ऑक्साइड का उपयोग कर लेते हैं। इनके पौधों जैसे मटर (Pisum), सेम (Phaselus), सोयाबीन (Glycine), मिर्च (Capsium), सूरजमुखी (Helianthus), चावल (Oryza) एवं कुछ शैवालों में प्रकाश श्वसन की क्रिया होती है। यह क्रिया 20-30°C पर अधिकतम होती है। प्रकाश श्वसन की क्रिया में ग्लाइकोलिक अम्ल के संश्लेषण के लिये वैज्ञानिकों ने अलग–अलग मत प्रस्तुत किये हैं। बोबेस (Bowes) एवं ऑर्गन (Organ) के अनुसार राइबोलेस 1–5 डाइफॉस्फेट का एन्जाइम कार्बोक्सीलेस दोहरा कार्य करता है। सामान्य दशाओं में यह एन्जाइम कार्बन डाय–ऑक्साइड के स्थरीकरण के दौरान उत्प्रेरक का कार्य करता है। इस कारण फॉस्फोग्लिसरिक अम्ल (PGA) के दो अणु से राइबोस डाइफॉस्फेट (RuDP) का अणु बनता है। ऑक्सीजन का अनुपात अधिक होने पर एवं $CO_2$ का अनुपात कम होने पर यह उत्प्रेरक का कार्य नहीं करता अर्थात् $O_2$, $CO_2$ एवं राइबोलोस डाइ फॉस्फेट (Ru DP) कार्बोक्सीलेस से क्रिया कर ऑक्सीजिनेस क्रिया प्रदर्शित करता है–

$$\text{RuDP} + CO_2 \rightarrow \underset{\text{compound}}{\text{unstable intermediate}} \xrightarrow{+H_2O} \underset{+}{3\text{PGA}} \underset{3\text{PGO}}{} \quad \ldots(1)$$

$$\text{RuDP} + O_2 \xrightarrow[\text{Oxygenase activity}]{\text{RuDP carboxylase}} 2\text{- Phosphoglyceric acid} + 3\text{PGA} \quad \ldots(2)$$

इस क्रिया में फॉस्फोग्लिसरिक अम्ल (PGA) आसानी से ग्लाइकोलिक अम्ल में बदल जाता है। यह (PGA) पर ऑक्सीसोम पर बदल जाता है। ग्लाइकोलिक अम्ल ग्लाइकोलेट ऑक्सीडेस एन्जाइम की उपस्थिति में ग्लाइऑक्साइलिक अम्ल (Glycoxlic acid) में बदल जाता है। इस क्रिया में $H_2O_2$ उत्पन्न होती है जो केटेलेस एन्जाइम के द्वारा जल एवं $O_2$ में विघटित हो जाती है।

$$\text{Glycolic acid} + O_2 \xrightarrow[\text{light}]{\text{Glycolic oxidase}} \text{Glycolic acid} + H_2O_2$$

$$H_2O_2 \xrightarrow{\text{catalase}} H_2O + O_2$$

ग्लाइकोलिक अम्ल एक एन्जाइम ग्लूमेट ग्लाइऑक्सीलेट एमीनोट्रान्सफेरेस की उपस्थिति में ग्लाइसीन में परिणित कर दिया जाता है। यह ग्लाइसीन कोशिका–द्रव्य से माइटोकोण्ड्रिया

मे पहुँच जाता है। कोशिका-द्रव्य में माइटोकोण्ड्रिया पर ऑक्सी सोम क्लोरोप्लास्ट आपस में संलग्न रहते है। इस कारण ग्लाइसीन का स्थानान्तरण आसानी से होता रहता है।

माइटोकोण्ड्रिया मे ग्लाइसीन के दो अणु संयुक्त होकर सेरीन बनाते हैं। इस क्रिया में $CO_2$ निष्कासित होती है। इस क्रिया में निकली $CO_2$ प्रकाश से प्रभावित होती है। उसके बाद अब सेरीन माइकोकोण्ड्रिया से बाहर कोशिका द्रव्य में स्थानान्तरित होती है। यहां पर हाइड्रॉक्सीपायरुवेट (Hydroxypyruvate) में स्थानान्तरित होकर फॉस्फोग्लाइसीरेट (Phosphoglycerate) को बनाती है। यह केल्विन चक्र में प्रवेश कर ग्लूकोज को बनाता है।

**प्रश्न–11. ए.टी.पी. उत्पादन पर संक्षिप्त टिप्पणी लिखिये।** [जीवाजी 2007,13]

अथवा

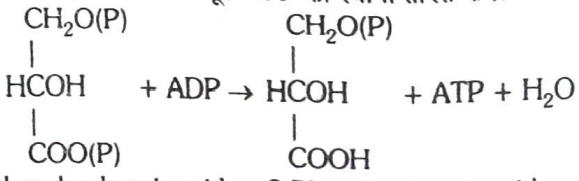
**एडिनोसाइन ट्राइफॉस्फेट पर टिप्पणी लिखिये।** [सागर 2006]

**उत्तर– ए.टी.पी. उत्पादन (A.T.P. Production)–** जीवित कोशिकायें ADP से ATP का उत्पादन करती हैं। इसके दो प्रकार हैं–

(i) ट्रान्स फॉस्फोराइलेशन क्रिया

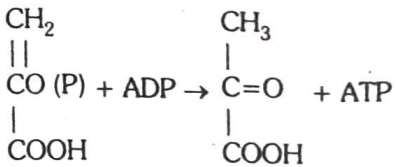
(ii) ऑक्सीडेटिव एवं फोटोसिन्थेटिक फॉस्फोराइलेशन।

ट्रान्सफॉस्फोराइलेशन में किसी फॉस्फोराइलेटेड समूह जो पहले से ही फॉस्फोराइलेटेड यौगिक होता है, द्वारा ADP में स्थानान्तरित हो जाता है। ग्लाइकोलिटिक पथ में ट्रान्स-फॉस्फोराइलेशन क्रियाओं के दो उदाहरण देखने को मिलते हैं। 1,3–डाइफॉस्फोग्लिसरिक अम्ल यौगिक दो में से एक फॉस्फेट समूह ADP को स्थानान्तरित करता है। जैसे–




1,3 Diphosphoglyceric acid  3-Phosphoglyceric acid

ट्रान्सफॉस्फोराइलेशन क्रिया के दूसरे उदाहरण में फॉस्फोइनॉल पायरूविक अम्ल अपना फॉस्फेट समूह ADP को प्रदान करता है।




Phospho-enolpyruvic Acid  Pyruvic Acid

उपरोक्त प्रत्येक क्रिया में फॉस्फेट समूह (-COO (P), 1,3 diphosphoglyceric acid में तथा - CO(P) Phosphoenol pyruvic acid में) जल अपघटन की ऊर्जा, ATP के जल–अपघटन की ऊर्जा से अधिक नेगेटिव (negative) होती है। अतः इन दोनों ट्रान्सफॉस्फोराइलेशन क्रियाओं में स्वतन्त्र ऊर्जा में परिवर्तन नेगेटिव होता है।

ट्रान्सफॉस्फोराइलेशन क्रियाओं (जैसे– 1,3 diphosphoglyceric acid→ 3 Phosphoglyceric acid तथा Phosphoenol pyruvic acid → Pyruvic acid) में ATP के छोटे खण्ड उच्च श्रेणी के पादपों की जीवित कोशिकाओं में उत्पन्न होते हैं। ऑक्सीडेटिव फॉस्फोराइलेशन में ADP से ATP इलेक्ट्रॉन ट्रान्सफर द्वारा माइटोकॉण्ड्रियल



श्वसन श्रृंखला में संयुग्मन के कारण होता है। इसी प्रकार की क्रिया क्लोरोप्लास्ट की प्रकाश क्रिया के इलेक्ट्रॉन ट्रान्सपोर्ट में भी पायी जाती है, जो Photosynthetic phosphorylation कहलाती है।

मूल कोशिकाओं के माइटोकॉण्ड्रिया में ऑक्सीडेटिव फॉस्फोराइलेशन होता है जिसके द्वारा ADP तथा Pi से ATP का संश्लेषण होता है। यही दशा अंधेरे में हरी पत्तियों में पायी जाती है। किन्तु जब हरी पत्तियाँ प्रदीप्त (Illuminated) हो जाती हैं तो क्लोरोप्लास्ट में फोटोसिन्थेटिक फॉस्फोराइलेशन द्वारा ATP का संश्लेषण बहुत अधिक हो जाता है।

एरोबिक ऑक्सीकरण में ग्लूकोज के एक अणु से ट्रान्सफॉस्फोराइलेशन तथा ऑक्सीडेटिव फॉस्फोराइलेशन दोनों के द्वारा ADP से ATP के 30 से अधिक अणु उत्पन्न होते हैं। प्रत्येक ग्लूकोज अणु पूर्ण श्वसन में $CO_2$ तथा $H_2O$ में टूट जाता है।

**प्रश्न–12. ए.टी.पी. संश्लेषण के विभिन्न सिद्धान्त संक्षेप में लिखिये।**

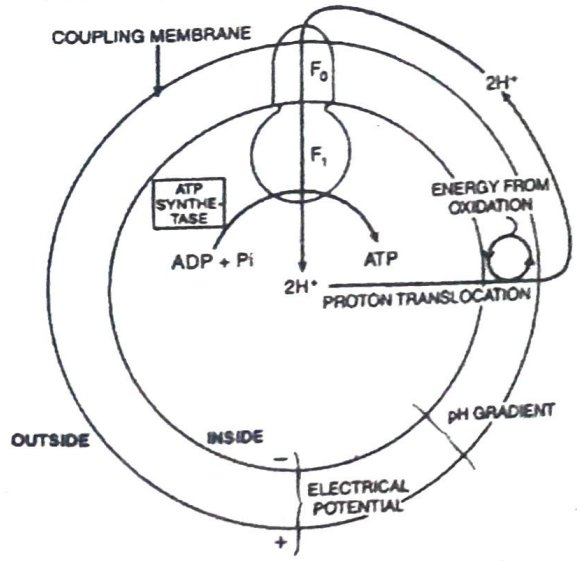
**उत्तर– ए.टी.पी. संश्लेषण से सम्बन्धित विभिन्न सिद्धान्त–** श्वसन में ऑक्सीडेटिव फॉस्फोरिलेशन को समझने के लिये निम्नांकित तीन अभिधारणाओं को प्रस्तुत किया गया है।

(1) रासायनिक युग्म अभिधारणा

(2) संरूपीय युग्मन अभिधारणा

(3) रासायनिक–परासरणी युग्मन अभिधारणा।

**(1) रासायनिक युग्मन अभिधारणा–** इस सिद्धान्त अथवा अभिकरण के अनुसार ATP का निर्माण एक युग्न कारक प्रोटीन के द्वारा होता है। सर्वप्रथम युग्मन कारक (CF) किसी एक इलेक्ट्रॉन वाहक के साथ उच्च ऊर्जा कॉम्पलेक्स बनाता है। जिसे CF- वाहक कॉम्पलेक्स कहा जाता है। इस कॉम्पलेक्स के लिये ऊर्जा की आवश्यकता होती है जो फॉस्फोरिलीकरण के स्थल पर इलेक्ट्रॉन स्थानान्तरण के समय मुक्त होती है। CF- वाहक कॉम्पलेक्स का विनिमय अकार्बनिक फॉस्फेट से होता है जिससे वह कॉम्पलेक्स में वाहक के स्थान पर आ जाता है इसलिये यह CF-P कॉम्पलेक्स बनाता है। अब यह CF-P कॉम्पलेक्स अपने उच्च ऊर्जा के फॉस्फेट को ADP पर स्थानान्तरित करके ATP बनाता है।




चित्र– ऑक्सीडेटिव फॉस्फोराइलेशन का कीमोऑस्मोटिक सिद्धान्त

(2) संरूपीय युग्मन अभिधारणा– संरूपीय युग्मन सिद्धान्त अनुसार माइटोकॉण्ड्रियन कला में संरचनात्मक परिवर्तन होते हैं जो उच्च ऊर्जा वाले संरूपों को प्रेरित करते हैं। यह संरूपी ऊर्जा मुक्त करने में सहायक होते हैं जो ATPase के प्रयोग में आती है। ADP से ATP का उत्प्रेरित उत्पादन होता है। इस मत को प्रमाण नहीं मिल सकने के कारण इसे मान्यता प्राप्त नही हो पायी।

(3) रासायनिक–परासरणी युग्मन अभिधारणा– ब्रिटिश जैव रासायनविद् पीटर मिचैल ने इस सिद्धान्त को प्रतिपादित किया। इसके बाद मिचैल ने 1978 में नोबल पुरस्कार प्राप्त किया और इस सिद्धान्त को बहुत अधिक मान्यता प्राप्त हुई।

इस अभिधारणा के अनुसार ऑक्सीडेटिव फॉस्फोरिलीकरण के प्राथमिक चरण में प्रोटॉन $H^+$ का स्थानान्तरण माइटोकॉण्ड्रिया की भीतरी कला की ओर होता है– यह श्वसन श्रृंखला में ऑक्सीडेशन द्वारा होता है। ऐसा भी कथन है कि कला सामान्य रूप से आयन्स के लिये अपारगम्य होती है विशेष रूप से प्रोटॉन्स के लिये जो कला के बाहर एकत्रित होकर काल के लिये वैद्युत–रासायनिक विभव अन्तर उत्पन्न करते हैं। इसमें एक रासायनिक विभव तथा एक वैद्युतीय विभव होता है। वैद्युत रासायनिक विभव अन्तर का प्रयोग कला पर स्थित ए.टी.पी. सिन्थेटेज के बढ़ाने में होता है जो ऊर्जा को उपस्थिति में Pi एवं ADP से ATP बनाते है। अतः इसके मध्य में कोई उच्च ऊर्जा वाला माध्यमिक नहीं होता है तथा ऑक्सीकरण तथा फॉस्फोरीलिकरण के लिये उभयनिष्ठ होता है।

**प्रश्न–13. रेडॉक्स विभव पर संक्षिप्त निबन्ध लिखिये।** [जीवाजी 2005,07,13]

अथवा

**रेडॉक्स विभव एवं इससे सम्बन्धित जैविक तन्त्रों में प्रक्रियाओं को विस्तारपूर्वक समझाइये।**

[रीवा 2006 जीवाजी 2008]

**उत्तर– रेडॉक्स विभव (Redox Potential)–** ऑक्सीकरण तथा अपचयन में भाग लेने वाली क्रियाओं में स्वतन्त्र ऊर्जा विनिमय अभिकारक के इलेक्ट्रॉन देने या लेने की प्रवृति के अनुपातिक होती है। किसी तन्त्र के रेडॉक्स विभव को हाइड्रोजन इलेक्ट्रोड के विभव के विपरीत तुलना की जा सकती है जिसे pHo पर 0.0 वोल्ट्स द्वारा व्यक्त किया जा सकता है। जैव तन्त्र में रेडॉक्स विभव ($E_o$) को सामान्य रूप से $pH_{7.0}$ पर व्यक्त किया जाता है जिस पर हाइड्रोजन इलेक्ट्रोड का इलेक्ट्रोड विभव –0.42 वोल्ट होता है।

**जैवीय तन्त्रों में रेडॉक्स प्रक्रियायें (Redox reactions in Biological system)–** जैवीय तन्त्रों में रेडॉक्स प्रक्रियायें बहुत महत्वपूर्ण होती हैं। अनेक महत्वपूर्ण प्रक्रियाओं द्वारा जीवित कोशिकाओं में इलेक्ट्रॉन स्थानान्तरित होते हैं। इसका एक महत्वपूर्ण प्रक्रम ग्लूकोज का अपचयन है जिसके कार्यिकी प्रक्रमों में काफी मात्रा में ऊर्जा उत्पन्न होती है, जैसे–

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

$$(\Delta E = -685{,}000 \text{ Cal})$$

($\Delta E$ = प्रक्रिया में मुक्त ऊर्जा।

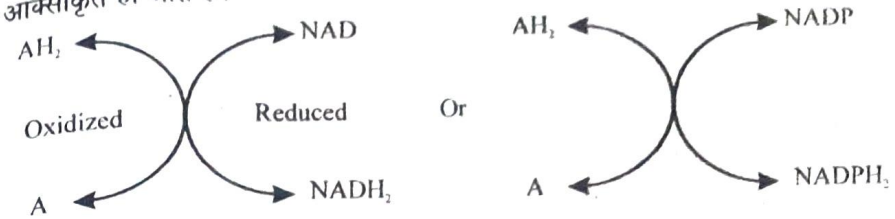
यह क्रिया प्रकाश संश्लेषण से व्युत्क्रम होती है, जिसमें क्लोरोफिल तथा प्रकाश की उपस्थिति में $CO_2$ तथा $H_2O$ ग्लूकोज का निर्माण करते हैं। प्रकाश ऊर्जा इलेक्ट्रॉन्स मुक्त करती है जो अनेक प्रक्रियाओं में भाग लेते हैं। इस प्रकार प्रकाश संश्लेषण की क्रिया पूर्ण हो जाती है जिसमें अनेक पद क्रमशः भाग लेते हैं। इसी प्रकार से ग्लूकोज के ऑक्सीकरण में अनेक पद क्रमशः भाग लेते हैं जिसके द्वारा अन्त में काफी मात्रा में ऊर्जा निकलती है।



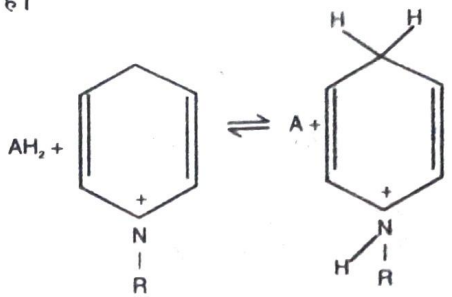
अतः यह क्रिया ऊर्जा जनित (exergonic) कहलाती है। मुक्त ऊर्जा छोटे पैकिट्स में मुक्त होती है जो विभिन्न पदों की प्रक्रियाओं के काम आती है।

इस प्रक्रम में अनेक एन्जाइम तथा कोएन्जाइम बहुत महत्वपूर्ण भूमिका निभाते हैं। यह यौगिक ऑक्सीकृत अथवा अपचयित अवस्था में पाये जाते हैं। जो इलेक्ट्रॉन्स के स्थानान्तरण का कार्य करते हैं। महत्वपूर्ण को-एन्जाइम NAD (निकोटिनामाइड एडिनाइन डाइन्यूक्लियोडाइड अथवा NADP (निकोटेनॉमाइड एडनाइन डाइन्यूक्लियोटाइड फॉस्फेट) होते हैं।

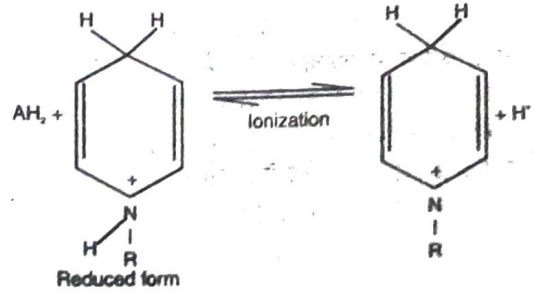
इनकी अपचयित रूप NADP तथा NADPH माइट्रोकॉण्ड्रिया की श्वसन श्रृंखला में भाग लेते हैं, तथा अनेक जोड़ों की श्रेणियों में ऑक्सीकरण अपचयन क्रियायें उत्पन्न करते हैं। इस प्रकार की क्रियाओं में को–एन्जाइम NAD तथा NADP हाइड्रोजन ग्राहियों का कार्य करते हैं और NADH अथवा NADPH में अपचयित (reduced) हो जाते हैं और पदार्थ ऑक्सीकृत हो जाते हैं।



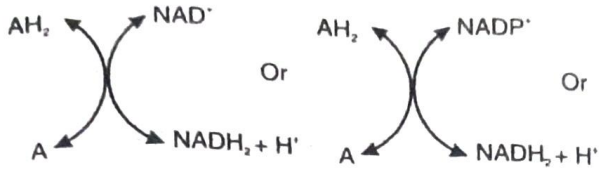

यहाँ पर 'A' पदार्थ (substrate) को प्रदर्शित करता है। जैसा कि उपरोक्त क्रिया में प्रदर्शित किया गया है कि को–एन्जाइम हाइड्रोजन ग्राही का कार्य करता है। जिससे पिरेमिडीन वलय में अपचयन होता है।




को–एन्जाइम के अपचयित रूप पर कार्यिकी आयनीकृत होता है तथा pH हाइड्रोजन का एक परमाणु मुक्त होता है।



इस क्रिया को निम्न ढंग से लिखा जा सकता है–




इस प्रकार की क्रियायें अर्थात् पदार्थ से हाइड्रोजन के परमाणु $NAD^+$ या $NADP^+$ पर स्थानान्तरित हो जाते हैं, जो विशेष समूह के एन्जाइम्स डीहाइड्रोजिनेज (Dehydrogenases) द्वारा उत्प्रेरित होते हैं। पदार्थ (Substrate) तथा को–एन्जाइम्स के लिये यह डीहाइड्रोजिनेज विशिष्ट उच्च श्रेणी वाले होते हैं। जैसे मैलिक अम्ल ऑक्जेलोएसीटिक अम्ल में परिवर्तित हो जाता है जिसे मेलेट डीहाइड्रोजिनेज एन्जाइम उत्प्रेरित करता है।

**प्रश्न–14. श्वसन पर प्रभाव डालने वाले कारक कौन–कौन से हैं? लिखिये।**

**उत्तर– श्वसन पर प्रभाव डालने वाले कारक–** मुख्यतः निम्नलिखित कारक श्वसन पर प्रभाव डालते हैं–

**(i) जीवद्रव्य–** नवीन तथा शीघ्रता से वृद्धि करने वाली कोशिकाओं में श्वसन पुरानी तथा परिपक्व कोशिकाओं की अपेक्षा अधिक तीव्रता से होता है, क्योंकि श्वसन में काम आने वाले विकरों का बनना तथा इनकी क्रियाशीलता प्रोटोप्लाज्म की सामान्य स्थिति पर निर्भर करती है।

**(ii) प्रकाश–** श्वसन की क्रिया अन्धकार एवं प्रकाश में समान रूप से होती है। प्रकाश की एक निश्चित तीव्रता पर श्वसन की क्रिया में मुक्त हुई कार्बन डाइऑक्साइड की मात्रा प्रकाश–संश्लेषण में प्रयोग होने वाली कार्बन डाइऑक्साइड की मात्रा के बराबर होती है। यह दशा संतुलन प्रकाश तीव्रता या कम्पेन्सेशन बिन्दु कहलाती है। प्रकाशरागी पौधों के लिये संतुलन प्रकाश तीव्रता का मान छायारागी पौधों के संतुलन प्रकाश तीव्रता से अधिक होता है।

**(iii) जल–** जल प्रोटोप्लाज्म की समस्त क्रियाओं के लिये बहुत आवश्यक है। श्वसन की गति सूखे बीजों में बहुत धीमी होती है, क्योंकि इस अवस्था में प्रोटोप्लाज्म सुषुप्त अवस्था में रहता है।

**(iv) कार्बन डाइऑक्साइड ($CO_2$)–** इसकी सान्द्रता बढ़ने पर श्वसन की दर घट जाती है। भूमि में वायु की उचित मात्रा नहीं होती तो $CO_2$ की मात्रा बढ़ जाती है। जिससे श्वसन की दर कम हो जाती है।

**(v) तापमान–** साधारणतया श्वसन की गति 0°C से 35°C तक बढ़ती है तथा 35°C से अधिक तापक्रम होने पर जीवद्रव्य तथा विकरों के नष्ट होने के कारण कम होने लगती है तथा 45°C पर श्वसन नहीं होता। 0°C से नीचे तापक्रम पर भी श्वसन क्रिया बहुत कम हो जाती है।

**(vi) भोज्य पदार्थ–** श्वसनीय पदार्थ जैसे कार्बोहाइड्रेट्स आदि की अधिकता में श्वसन तीव्रता से तथा कमी में श्वसन धीमी गति से होता है। यही कारण है कि हरी तथा प्रकाश में रहने वाली पत्तियों में श्वसन की गति सूखी तथा पीली पत्तियों की अपेक्षा अधिक होती है।



## इकाई-IV

लघु एवं दीर्घउत्तरीय प्रश्नोत्तर–

**प्रश्न–1. एन्जाइम्स क्या है? इनके कार्य करने की विधियाँ व लक्षणों का वर्णन कीजिये।** [भोपाल 2007,10,17 जबलपुर 2018]

अथवा

**एन्जाइमों की रचना, वर्गीकरण व जैविक महत्व का वर्णन कीजिये।** [सागर 2007,09]

अथवा

**एन्जाइम की संरचना एवं गुण पर टिप्पणी लिखिये।** [जीवाजी 2005,17 सागर 2005]

अथवा

**विकर क्या है? इनको वर्गीकृत करते हुये कार्य प्रणाली समझाइये।** [भोपाल 2005,13 जीवाजी 2007]

**उत्तर– एन्जाइम (Enzymes)–** एन्जाइम प्रोटीन्स स्वभाव वाले जैव उत्प्रेरक हैं जो कि जैव रासायनिक क्रियाओं को उत्प्रेरित करने का कार्य करते हैं। उत्प्रेरकों की भाँति ये भी रासायनिक क्रिया की गति को बढ़ाने का कार्य करते हैं। एन्जाइम शब्द ग्रीक शब्द से बना है जिसका अर्थ यीस्ट में होता है, क्योंकि यीस्ट कोशिकाओं में ही सर्वप्रथम एन्जाइम क्रिया का अध्ययन किया गया था। एन्जाइम शब्द का उपयोग सर्वप्रथम कुहन नामक वैज्ञानिक ने सन् 1878 में किया था। एडवर्ड बुकनर ने सर्वप्रथम यीस्ट कोशिकाओं से जाइमेज नामक एन्जाइम पृथक किया था। बाद में विभिन्न खोजों के पश्चात् पाया गया कि यीस्ट कोशिकाओं में सुक्रेज एवं माल्टेज नामक एन्जाइम भी पाये जाते हैं।

**एन्जाइम के लक्षण–**

1. **उत्प्रेरक (Catalyst)–** ये रासायनिक पदार्थ होते हैं, जो रासायनिक क्रियाओं में वृद्धि करते हैं, किन्तु इन क्रियाओं में इनमें स्वयं में कोई परिवर्तन नहीं होता है। उत्प्रेरक रासायनिक क्रियाओं में विशिष्ट गुण वाले सक्रिय पदार्थ होते हैं,जो बहुत कम मात्रा में रासायनिक क्रिया को तेज कर देते हैं।
2. **जैवीय उद्गम (Biotic origin)–** पादप एवं अन्य एन्जाइम का संश्लेषण जीवित कोशिकाओं में होता है। कोशिकाओं में एन्जाइम्स के बनने के पश्चात् एन्जाइम द्वारा क्रियायें कोशिकाओं के बाहर भी हो सकती हैं।
3. **विशिष्टता (Specificity)–** पादप एन्जाइम्स में विशिष्ट पदार्थों के साथ क्रिया करने का गुण होता है। प्रत्येक एन्जाइम एक विशिष्ट सब्स्ट्रेट को उत्प्रेरित करके उसे परिवर्तित कर देता है। उदाहरण के लिये पौधों में माल्टोज एकत्रित नहीं होता है। अर्थात् तुरन्त ही ग्लूकोज में परिवर्तित हो जाता है।
4. **गुणात्मक क्षमता (Quantitative efficiency)–** बहुत अधिक मात्रा से सब्स्ट्रेट से बहुत कम मात्रा में एन्जाइम के अणु क्रिया करते हैं। उदाहरण के लिये, पादप कोशिकाओं द्वारा निर्मित सुक्रोज अथवा इन्वर्टेज एन्जाइम सुक्रोज सब्स्ट्रेट की बहुत अधिक मात्रा को विघटित करते हैं। जिनमें एन्जाइम एवं सब्स्ट्रेट का अनुपात 1 : 1,000,000 होता है।
5. **कलिलीय स्वभाव (Colloidal Nature)–** सभी प्रकार के एन्जाइम्स के अणुओं का व्यास 0.001 से 0.1 mμ के बीच वाले माप का होता है। अर्थात् इनका माप कलिलीय कणों के बराबर होता है। एन्जाइम्स में सरफेस एरिया में वृद्धि करने

की क्षमता होती है। एन्जाइम्स के प्रत्येक अणु के चारों तरफ की सतह क्रिया में भाग लेती है।

**एन्जाइम्स का वर्गीकरण–** एन्जाइम्स को छह वर्गों में वर्गीकृत किया गया है–

**वर्ग (1) हाइड्रोलेसेस (Hydrolases)–** इस वर्ग के एन्जाइम हाइड्रोलाइसिस की क्रिया कर सब्स्ट्रेट के अणुओं को छोटे व सरल पदार्थों में विभक्त कर देते हैं। इस एन्जाइम्स में प्रायः प्रोस्थेटिक समूह का अभाव होता है। ये एन्जाइम्स पाचन क्रिया में भाग लेते हैं। कुछ एन्जाइम्स कोशिकाओं के अन्दर पाचन क्रिया करते हैं, इन्हें इन्ट्रासेल्युलर एन्जाइम्स कहते हैं, जबकि कोशिकाओं से बाहर क्रिया करने वाले एन्जाइम्स एक्स्ट्रासेल्युलर एन्जाइम्स कहलाते हैं।

**वर्ग (2) लाइसेज (Lyases)–** ये एन्जाइम्स हाइड्रोलेसेस की तरह कार्य कर सब्स्ट्रेट के अणुओं को विघटित करते हैं। इन एन्जाइम्स में जल विच्छेदन की क्रिया करने के लिये पानी की आवश्यकता नहीं होती है। ये एन्जाइम्स अनेक केटाबोलिक क्रियाओं में भाग लेते हैं।

**वर्ग (3) ट्रान्सफरेजेज (Transferases)–** इस वर्ग के एन्जाइम्स एक सब्स्ट्रेट के अणुओं को दूसरे सब्स्ट्रेट के अणुओं में स्थानान्तरित कर देते हैं, जैसे– ATP यह उच्च ऊर्जा वाले फॉस्फेट बंध का स्थानान्तरण कर देता है।

**वर्ग (4) आइसोमरेसेस (Isomerases)–** ये एन्जाइम्स सब्स्ट्रेट अणुओं में परमाणुओं को पुनः व्यवस्थित कर देते हैं। किण्वन की क्रिया के दौरान आइसोमरेसेस एन्जाइम ग्लूकोज फॉस्फेट के एक अणु को फ्रक्टोज फॉस्फेट में परिणित कर देता है। अर्थात् ग्लूकोज व फ्रक्टोज आइसोमर्स होते हैं। इनका सामान्य सूत्र एक समान होता है।

**वर्ग (5) ऑक्सीडोरिडक्टेस (Oxidoreductase)–** ये एन्जाइम्स जैविक ऑक्सीकरण की क्रियाओं में भाग लेते हैं जिनमें इलेक्ट्रॉन या हाइड्रोजन अथवा दोनों सब्स्ट्रेट से दूसरे सब्स्ट्रेट पर स्थानान्तरित हो जाते हैं। ये इलेक्ट्रॉन और हाइड्रोजन का स्थानान्तरण करने में सहायक होते हैं। इस वर्ग के एन्जाइम्स प्रकाश संश्लेषण एवं कोशिकीय श्वसन क्रिया में सहायता करते हैं।

**वर्ग (6) लाइसेज या सिन्थेटेज (Liyases or synthetases)–** एन्जाइम्स का यह वर्ग विभिन्न रासायनिक क्रियाओं को उत्प्रेरित करता है जिनमें अनेक अणु परस्पर जुड़े रहते हैं। इन क्रियाओं से ATP के अणु का घनिष्ट संबंध होता है। लाइसेस प्रायः एनाबोलिक क्रियाओं में भाग लेता है. जिनसे अणुओं का संश्लेषण होता है।

**एन्जाइम्स का जैवीय महत्व–** एन्जाइम्स का महत्व निम्न प्रकार है–

1. **जैव रसायनों का विश्लेषण–** कुछ एन्जाइम जैसे यूरीकेज– यूरेयेज आदि रुधिर में उपस्थित यूरिक अम्ल एवं यूरिया की मात्रा ज्ञात करने के लिये प्रयोग में लाये जाते हैं।
2. **रक्त के थक्के को घोलना–** यूरिया से प्राप्त एन्जाइम यूरोकाइनेज मस्तिष्क व धमियों से रक्त के जमे हुये थक्का को घोलकर हृदय रोग से सम्बन्धित बीमारियों को रोकते हैं।
3. **रक्त समूह में परिवर्तन–** प्रोफेसर केन फुरूकावा ने यह बताया कि मनुष्य में रक्त समूह लाल रक्त कोशिकाओं में उपस्थित शर्कराओं के कारण होता है। जिस पर एन्जाइम्स को विघटित कर दिया जाये तो रक्त समूह को बदला जा सकता है।
4. **फलों के रसों का उत्पादन–** सेव अंगूर के रसों का प्रोसेसिंग करने के लिये कुछ एन्जाइम्स को प्रयुक्त किया जाता है। इन रसों को साफ करने के लिये इसमें पेक्टिन एन्जाइम्स को मिला दिया जाता है, जो रसों में पाये जाने वाले पेक्टिन पदार्थों का विघटन कर उसे साफ कर देता है।
5. **पनीर का निर्माण–** रेनिन नामक एन्जाइम का उपयोग पनीर बनाने में किया जाता है। रेनिन एन्जाइम दूध में उपस्थित केसिन प्रोटीन्स को आपस मे मिलाकर जमाने में सहायक होते हैं इससे पनीर का निर्माण होता है।
6. **त्वचा से बालों को हटाना–** चमड़ा उद्योग में चमड़े से बालों को हटाने के लिये पेन्क्रियेटिक एन्जाइम्स का उपयोग किया जाता है। ये एन्जाइम्स बालों की फोलीकल्स का विघटन कर देते हैं। जिससे बाल आसानी से पृथक हो जाते हैं।
7. **घावों का भरना–** सुअर के पेन्क्रियास से प्राप्त कुछ एन्जाइम्स का उपयोग त्वचा के रोगों व घावों को भरने में करते है।



**प्रश्न–2. एन्जाइम्स के भौतिक गुणों व रासायनिक गुणों का वर्णन कीजिये।**

[ पोपात 2005,09 जीवाजी 2007,10 ]

अथवा

**एन्जाइम गुणों पर टिप्पणी लिखिये।** [ उज्जैन 2013 जीवाजी 2005 सागर 2005,10 ]

**उत्तर– एन्जाइम के गुण–**

**भौतिक गुण–** भौतिक रूप से एन्जाइम कोलॉइड के समान होते हैं जिनका अणुभार उच्च होता है। तापक्रम अधिक होने पर ये नष्ट हो जाते हैं। एन्जाइम का शुष्क निष्कर्ष 100 से 200°C तापक्रम को भी सहन करने की क्षमता रखता है।

**रासायनिक गुण–**

1. **उत्प्रेरक गुण–** एन्जाइम जैव उत्प्रेरक हैं जो किसी रासायनिक क्रिया की गति को स्वयं बिना किसी परिवर्तन के तीव्र करने का कार्य करते हैं। एन्जाइम की अल्प मात्रा, सब्स्ट्रेट की अत्यधिक मात्रा मुक्त क्रिया को भी उत्प्रेरित कर सकती हैं।

2. **विशिष्टता–** प्रत्येक एन्जाइम एक विशिष्ट रासायनिक क्रिया को ही उत्प्रेरित कर सकता है। उदाहरण के लिये– सुक्रेज़ एन्जाइम केवल सुक्रोज के जल अपघटन को ही उत्प्रेरित कर सकता है।

3. **सामान्य गुण–**

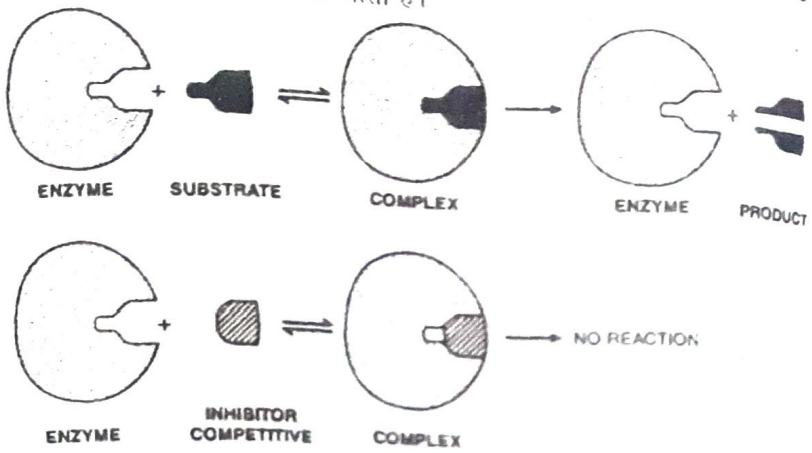
(i) ये रासायनिक क्रिया की गति को बढ़ाने का कार्य करते हैं।
(ii) प्रत्येक एन्जाइम एक विशिष्ट pH पर ही क्रियाशील होता है।
(iii) एन्जाइम किसी रासायनिक क्रिया को दोनों दिशाओं में प्रेरित करते हैं। अर्थात् एन्जाइमिक क्रियायें उत्क्रमणीय होती है।
(iv) प्रत्येक एन्जाइम में एक क्रियास्थल (active site) होता है, जो कि जैव रासायनिक क्रिया में भाग लेता है।
(v) प्रत्येक एन्जाइम एक विशिष्ट तापक्रम पर ही क्रियाशील होता है।
(vi) रासायनिक रूप से एन्जाइम प्रोटीन होते हैं, लेकिन सभी प्रोटीन्स एन्जाइम नहीं हो सकते हैं।
(vii) एन्जाइम सब्स्ट्रेट की सक्रियण ऊर्जा (Activation energy) को कम करके रासायनिक क्रिया की गति को तीव्र करते हैं।

3. **क्रिया की व्युत्क्रमणीयता–** कुछ एन्जाइम्स व्युत्क्रमणीय जैवीय प्रक्रियाओं को आगे की तथा कुछ एन्जाइम्स पीछे की ओर तीव्र कर देते हैं जो उपलब्ध ऊर्जा स्रोत की उपलब्धता पर निर्भर करता है। उदाहरणार्थ, ऐल्कोहॉल हाइड्रोजिनेज नामक एन्जाइम निम्न व्युत्क्रमणीय प्रक्रिया को उत्प्रेरित करता है।

$$CH_3CH_2OH + NAD^+ \rightleftharpoons CH_3CHO + NADH + H^+$$
(Aldehyde)

उपरोक्त प्रक्रिया में यह दर्शाया गया है कि आगे की ओर जाने के लिये $NAD^+$ के ऑक्सीकृत रूप में को एन्जाइम की जरूरत होती है। जैसे ही एक्रिया तीव्र होने लगती है कोएन्जाइम $NAD^+$, $NADH + H^+$ में अवकृत हो जाता है। यदि अन्य कोई एकान्तर क्रिया $NADH^+ + H^+$ को पुनः ऑक्सीकृत करने में भाग नहीं ले रही होती है तो अधिक $H^+$ एकत्रित हो जाते हैं। वसाओ, मण्ड, सुक्रोज आदि के संश्लेषण के लिये भी अनेक एन्जाइम्स की आवश्यकता होती है।

3. **ऊष्मा के लिये संवेदनशीलता–** एन्जाइम्स 60°C – 70°C की सामान्य ऊष्मा पर निष्क्रिय हो जाते हैं। शुरूआत में जब एन्जाइम्स नम अवस्था में होते हैं तो ऊष्मा द्वारा निष्क्रिय कर दिये जाते हैं। शुष्क अवस्था में एन्जाइम्स काफी स्थिर होते हैं। इसी गुण के कारण एन्जाइम्स को ताप अस्थिर कहा जाता है।




चित्र– एन्जाइम क्रिया में प्रतिस्पर्धीय संदमन की क्रियाविधि प्रदर्शित

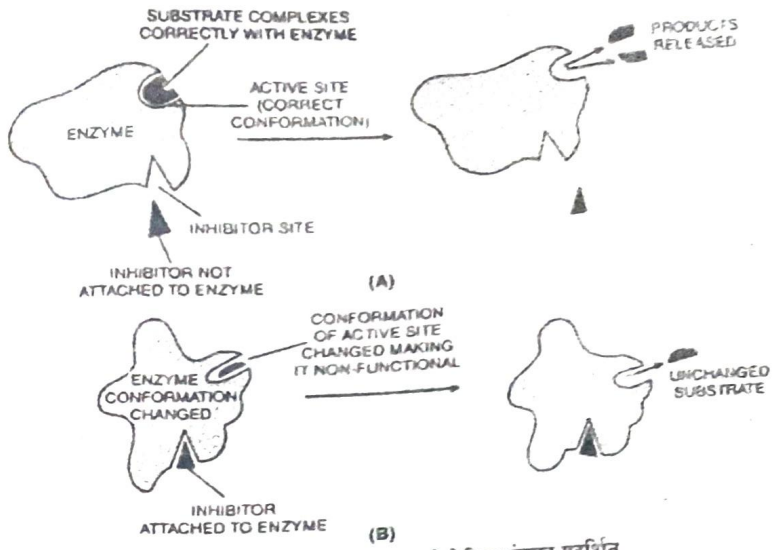
3. **विषों द्वारा एन्जाइम का संदमन–** एन्जाइम की कार्यशैली में कभी कभी रुकावट आने लगती है इसे एन्जाइम का संदमन कहा जाता है। यह क्रिया निम्न कारणों से होती है-

**(अ) उत्क्रमणीय संदमन–** उत्क्रमणीय संदमन में संदर्भित एन्जाइम पुनः क्रिया करने लगता है। इसके प्रकार निम्नलिखित हैं -

**(i) प्रतिस्पर्धीय संदमन–** जब एक पदार्थ जिसकी आण्विक संरचना, सब्स्ट्रेट से काफी समानता रहती है और एन्जाइम के सक्रिय स्थल से जुड़ जाता है तो एन्जाइम की क्रिया सब्सट्रेट से नहीं हो पाती है, क्योंकि इसका सक्रिय स्थल उस पदार्थ द्वारा घिरा रहता है और संदमी पदार्थ के अणु वास्तविक सब्सट्रेट को सक्रिय स्थल पर पहुँचने के लिये प्रतिस्पर्द्धा करते हैं, इसलिये इस संदमन को प्रतिस्पर्द्धीय संदमन कहा जाता है। रासायनिक उपचारों द्वारा रोगों का नियन्त्रण प्रतिस्पर्द्धीय संदमन द्वारा किया जाता है।

**(ii) अप्रतिस्पर्द्धीय संदमन–** इस प्रकार के संदमन में संदमी एन्जाइम के सक्रिय स्थल के अलावा किसी भी भाग में इस प्रकार संयोग करता है कि एन्जाइम की सक्रियता बहुत कम हो जाती है। जैसे–माइटोकॉण्ड्रिया में पाये जाने वाले एन्जाइम साइटोक्रोम ऑक्सीडेज का संदमन सायनाइड द्वारा होता है।



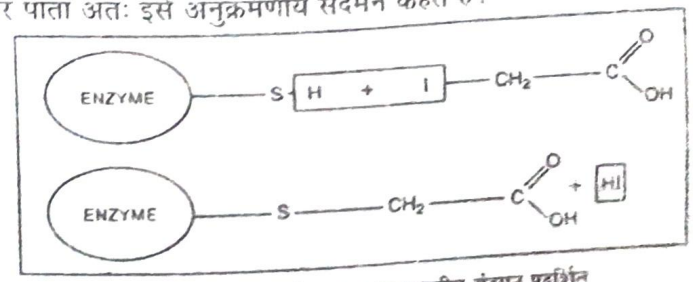



चित्र– एन्जाइम क्रिया में एलोस्टेरिक संदमन प्रदर्शित

**(iii) एलोस्टेरिक मॉड्यूलेशन संदमन–** कुछ विकर दो विशिष्ट स्थल प्रदर्शित करते हैं जिनमें एक स्थल सब्स्ट्रेट बाँधने के लिये तथा दूसरा स्थल संदमी बाँधने के लिये काम करता है। इसलिये प्रथम स्थल को सक्रिय तथा द्वितीय की स्थल को एलोस्टेरिक स्थल कहते हैं और इस प्रकार के विकर एलोस्टेरिक एन्जाइम्स कहलाते हैं। इस संदमन को पुनर्निवेश संदमन भी कहा जाता है।

कई संदमी विकरों के एलौस्टेरिक स्थल के साथ बँध जाते हैं जिसके कारण विकरों की क्रियाशीलता नियन्त्रित हो जाती है। इसमें न तो एन्जाइम सब्सट्रेट कॉम्पलेक्स ही बनता है और न उत्प्रेरण ही हो जाता है। एलोस्टेरिक स्थल से संदमी के अलग हो जाने पर एन्जाइम्स फिर से क्रियाशील हो जाते हैं।

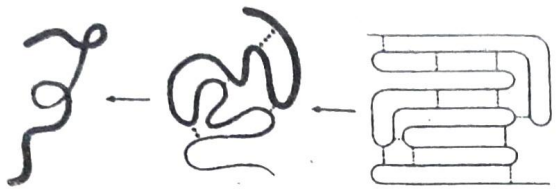
**(ब) अनुत्क्रमणीय संदमन–** कई बार एन्जाइम्स का पूर्ण संदमन किसी धात्विक आयन, जैसे $Hg^{++}$, $Ag^+$ तथा $As^+$ तथा अन्य रासायनिक यौगिकों की उपस्थिति के कारण हो जाता है, क्योंकि यह पदार्थ एन्जाइम के प्रोटीन अणु में पाये जाने वाले एल्फाइड्रिल (-SH) वर्ग के साथ संयोग करके एन्जाइम्स को अवक्षेपित कर देते है, इसलिये एन्जाइम्स दुबारा क्रिया नहीं कर पाता अतः इसे अनुक्रमणीय संदमन कहते हैं।




चित्र– एन्जाइम क्रिया का अनुक्रमणीय संदमन प्रदर्शित

**(स) प्रोटीन का विकृतिकरण–** चूँकि सभी एन्जाइम प्रोटीन से बनते हैं अतः यदि प्रोटीन को नष्ट कर दिया जाये तो एन्जाइम क्रिया अपने आप रुक जायेगी, क्योंकि तापक्रम के बढ़ने

से विभिन्न अमीनो अम्लों के बीच की बन्ध लम्बाई बढ़ जाती है तथा एक निश्चित सीमा के बाद बन्ध टूट जाते हैं जिसके कारण एन्जाइम का भौतिक विन्यास नष्ट हो जाता है तथा यह एन्जाइम, क्रियाधार के साथ सम्मिश्र बनाने में असमर्थ रहता है तथा क्रिया बन्द हो जाती है।



चित्र– प्रोटीन विकृतिकरण द्वारा एन्जाइम क्रिया में रुकावट

**प्रश्न–3. को–एन्जाइम पर संक्षिप्त टिप्पणी लिखिये।**

[ भोपाल 2005,06 सागर 2006,10,13,17]

अथवा

**को–एन्जाइम क्या हैं? संक्षेप में वर्णन कीजिये।**

**उत्तर– को–एन्जाइम (Co-enzymes)–** एन्जाइम एक प्रकार की सरल अथवा संयुग्मित प्रोटीन होते हैं जो कि जीवों में होने वाली समस्त रासायनिक क्रियाओं को उत्प्रेरक के समान उत्प्रेरित करती हैं। अतः एन्जाइम एक जैव उत्प्रेरक के समान कार्य करता है। अधिकांश एन्जाइम वास्तव में प्रोटीन होते हैं। लेकिन कभी इनके साथ कुछ प्रोटीन रहित कार्बनिक या अकार्बनिक पदार्थ भी जुड़े रहते हैं तब ऐसी प्रोटीन को संयुग्मित प्रोटीन कहते हैं। सुंयग्मित प्रोटीन दो भागों से मिलकर बनी होती है। एन्जाइम के प्रोटीन युक्त भाग को एपोएन्जाइम कहते हैं जबकि अप्रोटीनस भाग को प्रोस्थेटिक समूह कहते हैं।

एन्जाइम का अप्रोटीनस भाग, प्रोटीनस भाग या एपोएन्जाइम के साथ सहसंयोगी बन्ध के द्वारा जुड़ा रहता है। प्रोस्थेटिक समूह दो प्रकार के होते हैं– (i) एक्टिवेटर (ii) को एन्जाइम।

जब कोई धातु प्रोस्थेटिक समूह के समान कार्य करती है। तब उसे मेटल एक्टिवेटर कहते हैं। ये एन्जाइम की उत्प्रेरक क्षमता से सम्बन्धित होते हैं। उदाहरण– Fe, Mg, Mn, Zn आदि।

कुछ ऐसे भी एन्जाइम होते हैं जिनमें प्रोस्थेटिक समूह के साथ विभिन्न प्रकार के कार्बनिक यौगिक प्रोटीनस भाग से ढीले रूप से जुड़े रहते हैं तब इन्हें को–एन्जाइम कहते हैं।

ये को–एन्जाइम अणुओं को ग्रहण करने अथवा देने का कार्य करते हैं। उदाहरण– निकोटिनामाइड–एडीनीन, डाइन्यूक्लियोटाइड फॉस्फेट (NADP),ATP को–एन्जाइम A, FMN (Flavin mononucleotide), FAD (Flavin adenine dinucleotide), कभी–कभी कुछ विटामिन्स भी को–एन्जाइम्स की तरह कार्य करते हैं। कुछ प्रमुख को–एन्जाइम्स एवं उनके कार्य इस प्रकार हैं–

**1. हाइड्रोजन का स्थानान्तरण करने वाले को–एन्जाइम–** ये NAD, NADP, FMN, FAD यूवीक्विनोन आदि हैं।

**2. समूह प्रतिस्थापक को–एन्जाइम–**

(i) ATP– यह प्रोस्थेटिक ग्रुप का स्थानान्तरण करते हैं।

(ii) UDP– यह शर्करा एवं यूरोनिक अम्ल का स्थानान्तरण करता है।

(iii) को–एन्जाइम ए– यह एसिल समूह का स्थानान्तरण करता है।

**3. आइसोमेरेज एवं लाइजेस को–एन्जाइम–**

(i) TPP– यह डिकार्बोक्सिलेशन करता है।



(ii) $B_{12}$ को–एन्जाइम– यह कार्बोक्सिल का प्रतिस्थापन करता है।

(iii) UDP– शर्करा का समावयवीकरण करता है।

**प्रश्न–4. कोएन्जाइम तथा कोफेक्टर्स में अन्तर स्पष्ट कीजिये।**

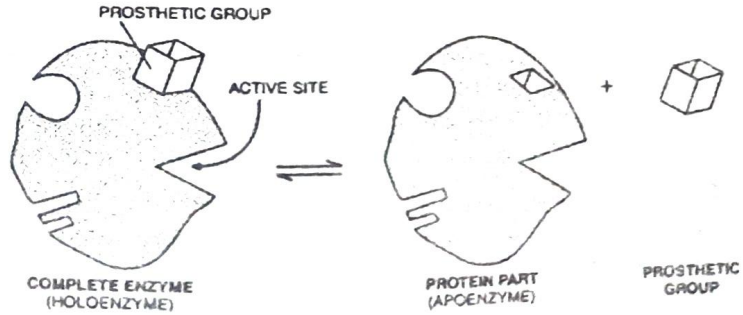
**उत्तर–** कोएन्जाइम तथा कोफेक्टर्स में अन्तर निम्नलिखित हैं–

| क्र. | कोएन्जाइम्स | कोफेक्टर्स |
|---|---|---|
| 1. | कोएन्जाइम्स कार्बनिक यौगिक होते हैं। | कोफेक्टर्स धात्विक अथवा अधात्विक होते हैं। |
| 2. | कोएन्जाइम्स के प्रोटीन भाग में मजबूती के साथ नहीं जुड़े होते हैं। | इस एन्जाइम का प्रोटीन भाग द्वारा जुड़ा होता है। |
| 3. | यह प्रायः दाता अथवा ग्राही का कार्य करता है। यह क्रिया उन परमाणुओं में होती है जो सब्स्ट्रेट में डाले जाते हैं अथवा निकाले जाते हैं, जैसे– NAD, NADP, Co-A, FMN, FAD आदि। | कोफेक्टर्स को एन्जाइम्स से आसानी से कोई उपचार देकर पृथक किया जा सकता है। एन्जाइम्स सक्रिय आयन्स, जैसे– $K^+$, $Mg^{++}$, $Ca^{++}$, $Mn^{++}$, $Cl^-$, $Cu^{++}$, $Fe^{++}$, $Zn^{++}$, $Co^{++}$ की अनुपस्थिति में उत्प्रेरक क्रिया नहीं कर सकते हैं। |

**प्रश्न–5. होलोएन्जाइम तथा एपोएन्जाइम में अन्तर स्पष्ट कीजिये।**

**उत्तर–** आमतौर पर अधिकांश एन्जाइम्स दो भागों से मिलकर बनते हैं जिसमें प्रोटीन भाग तथा नॉन प्रोटीन भाग होते हैं। इस प्रकार के एन्जाइम्स को कन्जूगेटेड एन्जाइम्स अथवा होलोएन्जाइम्स कहा जाता है।

एन्जाइम का प्रमुख भाग प्रोटीन भाग होता है जिसे एपोएन्जाइम कहते हैं। यह प्रोटीन भाग, नॉन–प्रोटीन भाग या प्रोस्थेटिक समूह से संपूरित होता है तथा एन्जाइम क्रिया के लिये आवश्यक होता है। यह नॉन–प्रोटीन भाग जब एपोएन्जाइम के कसकर बँध होता है तो उसे प्रोस्थेटिक समूह कहा जाता है। परन्तु जब प्रोस्थेटिक समूह कसकर नहीं बँधा होता है तो इसे कोएन्जाइम अथवा कोफेक्टर कहा जाता है। प्रोस्थेटिक समूह या कोएन्जाइम सहित पूर्ण एन्जाइम को होलोएन्जाइम कहा जाता है।

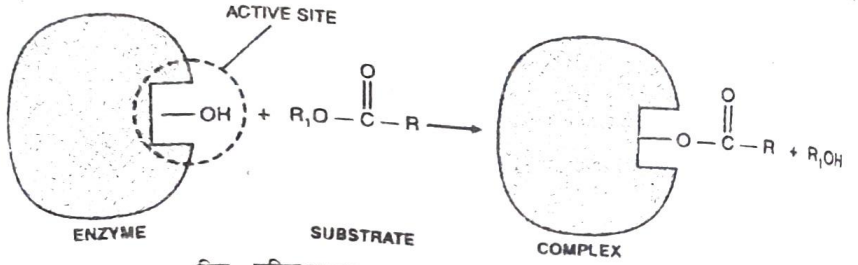



चित्र– एक एन्जाइम का संघटन

(1) प्रोटीन भाग अथवा एपोएन्जाइम– प्रोटीन भाग या एपोएन्जाइम एन्जाइम के प्रमुख भाग का निर्माण करता है। विभिन्न एन्जाइम्स में विभिन्न अभिक्रमों में अमीनो अम्ल तथा विभिन्न लम्बाई वाले प्रोटीन अणु पाये जाते हैं। अमीनो अम्ल का प्रोटीन अणु में विशिष्ट

अभिक्रम के कारण एन्जाइम्स विशिष्ट स्वभाव वाले होते हैं, जो जैवीय क्रियाओं के लिये महत्वपूर्ण होता है। कुछ ही एन्जाइम्स पूरी तरह से प्रोटीन्स के बने होते हैं। अधिकांशतः एन्जाइम्स प्रोस्थेटिक समूह या कोएन्जाइम से मिलकर बने होते हैं। उदाहरण के लिये प्रोटियोलाइटिक एन्जाइम पूर्ण रूप से प्रोटीन्स का बना होता है जिसमें नॉन प्रोटीन भाग नहीं पाया जाता है।

(2) **सक्रिय स्थल–** एन्जाइम सब्स्ट्रेट से जुड़कर किसी भी क्रिया को उत्प्ररित करता है। भौतिक रूप से सब्स्ट्रेट प्रोटीन अणु के विशिष्ट स्थल के सम्पर्क में आता है और इस स्थल को सक्रिय स्थल कहते हैं। इस सक्रिय स्थल को प्रोटीन का विशेष भाग कहते हैं जो सब्स्ट्रेट को बाँधता है तथा एन्जाइम सब्स्ट्रेट कॉम्पलेक्स (ESC) का निर्माण करता है। कुछ एन्जाइम्स में केवल एक सक्रिय स्थल होता है किन्तु अन्य एन्जाइम्स में कई सक्रिय स्थल पाये जाते हैं। सब्स्ट्रेट को बाँधने वाले स्थल को सक्रिय स्थल कहा जाता है, तथा नियमित पदार्थ नियमित स्थल से बँधे रहते हैं।




चित्र– सक्रिय स्थल पर एन्जाइम– सब्स्ट्रेट कॉम्पलेक्स का निर्माण

(3) **प्रोस्थेटिक समूह–** अनेक एन्जाइम्स में आवश्यक नॉन–प्रोटीन भाग भी पाया जाता है। यह नॉन–प्रोटीन भाग कोएन्जाइम से मजबूती के साथ बँधा रहता है। इसे प्रोस्थेटिक समूह कहा जाता है। साधारण धातु आयन्स जैसे– Cu, Zn, Mn, Mo आदि प्रोस्थेटिक समूह हैं।

इसके अतिरिक्त प्रोस्थेटिक समूह कार्बनिक यौगिक होते हैं। जैसे– साइटोक्रोम, बायोटिन, फ्लेवोप्रोटीन्स तथा पायरीडॉक्सल फॉस्फेट।

**प्रश्न–6. एन्जाइम की क्रियाविधि का वर्णन कीजिये।** [भोपाल 2006,13]

अथवा

**एन्जाइम की क्रियाविधि की ताला चाबी परिकल्पना का वर्णन कीजिये।**

अथवा

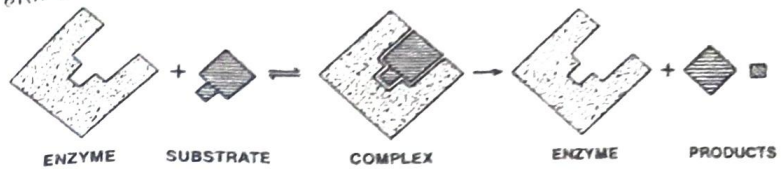
**एन्जाइम्स की क्रियाशीलता को प्रभावित करने वाले कारकों का वर्णन कीजिये।**

**उत्तर–एन्जाइम की क्रियाशीलता–** एन्जाइम सब्स्ट्रेट की सक्रियण ऊर्जा को कम करके किसी रासायनिक क्रिया को उत्प्रेरित करते हैं। एन्जाइम की क्रियाविधि को समझाने के लिये निम्न तीन परिकल्पनायें प्रस्तुत की गयी–

**(i) ताला–कुंजी परिकल्पना (Lock and Key hypothesis)–** इस सिद्धान्त को पहले फिशर ने फिर पाल फिड्स तथा वुड्स ने प्रतिपादित किया। इनके मतानुसार जिस प्रकार से एक ताला एक विशिष्ट चाबी से खोला जाता है। उसी प्रकार एक विशिष्ट एन्जाइम सब्स्ट्रेट पर क्रिया करता है। इस प्रक्रिया में सब्स्ट्रेट का अणु एन्जाइम के अणु से संलग्न हो जाता है और फिर प्रक्रिया पूर्ण होने पर उत्पाद (Product) में बदल जाता है। इस सिद्धान्त के अनुसार यह केवल एन्जाइम तथा सब्स्ट्रेट के भौतिक सम्पर्क के कारण होता है।



**(ii) एन्जाइम सब्स्ट्रेट कॉम्प्लेक्स परिकल्पना–** प्रोफेसर हेनरी के सब्स्ट्रेट कॉम्प्लेक्स कल्पना के अनुसार एन्जाइम्स के बाहरी सतह या तल पर विशेष प्रकार की संरचना होती है। इसको टेम्प्लेट (Template) कहते हैं। इसमें ही सब्स्ट्रेट के अणु फंस जाते हैं। यह अभिक्रिया निम्न प्रकार होती हैं–




चित्र– एन्जाइम सब्स्ट्रेट कॉम्प्लेक्स

1. सबसे पहले एन्जाइम सब्स्ट्रेट के अणु के निकट पहुंच जाता है।
2. एन्जाइम के टेम्पलेट में सब्स्ट्रेट के अणु फंस जाते है। इस प्रकार एन्जाइम सब्स्ट्रेट अणु (Enzyme substrate molecule) बन जाता है।

$$\underset{S}{\text{Substrate}} + \underset{E}{\text{Enzyme}} \rightleftharpoons \underset{SE}{\text{Enzyme Substrate Complex}}$$

3. इस प्रकार बना एन्जाइम सब्स्ट्रेट अणु अधिक क्रियाशील हो जाता है तथा ये पानी के साथ क्रिया कर एन्जाइम सब्स्ट्रेट से अलग हो जाता है इसके बाद यह फिर दूसरे अणुओं से क्रिया करता है। इस प्रकार एन्जाइम का फिर से उपयोग होता है तथा पदार्थ का संश्लेषण हो जाता है।

$$\underset{(SE)}{\text{Enzyme Substrate Complex}} \rightleftharpoons \underset{E}{\text{Enzyme}} + \text{Subsstrate}$$

आधुनिक वैज्ञानिकों के अनुसार जल अपघटन से पूर्ण सब्स्ट्रेट के अणु पहले एन्जाइम से संयोजन करता है और इसकी सतह प्रक्रिया पदार्थ के लिये छोड़ देता है। **इस्टर्न (Stern, 1936)** के अनुसार एन्जाइम सब्स्ट्रेट कॉम्पलेक्स माध्यमिक होता है जो बाद में एन्जाइम तथा पदार्थ के अणुओं में विघटित हो जाता है।

कुछ वैज्ञानिकों का ऐसा विचार है कि एन्जाइम सब्स्ट्रेट कॉम्पलेक्स कुछ कारणों से सक्रिय हो जाता है जिसमें सब्स्ट्रेट अणुओं की गतिज ऊर्जा (Kinetic energy) एन्जाइम से संयोग करती है जो कॉम्पलेक्स को और अधिक क्रियाशील बना देती है। कुछ वैज्ञानिकों का ऐसा विचार है कि दो या दो से अधिक एन्जाइम्स का तलीय क्षेत्र (surface area) एन्जाइम सब्स्ट्रेट कॉम्पलेक्स के निर्माण में भाग लेते हैं।

**(iii) इन्ड्यूस्ड फिट परिकल्पना (Induced fit hypothesis)– कोशलैण्ड** ने इस सिद्धान्त की सहायता से एन्जाइम की क्रियाविधि को समझाया और यह प्रतिपादित किया कि–

1. एन्जाइम प्रोटीन की ज्यामिति काफी सीमा तक बदल जाती है जब सब्स्ट्रेट एन्जाइम के प्रक्रिया स्थल से संलग्न रहता है।
2. प्रेरणात्मक समूह (Catalytic groups) का रख–रखाव तथा एन्जाइम की कार्यशीलता के भली–भांति तथा सही रूप में संचालन के लिये।
3. केटालिटिक ग्रुप का पूर्व निश्चित स्थिति में होना जरूरी होता है, एन्जाइम की भलीभांति कार्यशीलता के संचालन के लिये। यह केटालिटिक क्रिया इस एन्जाइम की प्रोटीन ज्यामिति के परिवर्तन के फलस्वरूप होती है।

उपरोक्त सिद्धान्त के अनुसार एक अच्छे सब्स्ट्रेट के द्वारा एन्जाइम से भली भाँति प्रतिक्रिया के परिणामस्वरूप एन्जाइम की प्रोटीन की जो ज्यामिति को परिवर्तन करके अपने को भलीभाँति संलग्न कर लेता है, और इस प्रकार जो बल उत्पन्न होता है उससे एन्जाइम की प्रतिक्रिया उत्पन्न होती है। ऐसा प्रेक्षित किया गया है कि इनहीबिटर्स की उपस्थिति में यह बल कम हो जाता है जिसके फलस्वरूप केटालिटिक क्रिया सम्पन्न नहीं हो पाती तथा एन्जाइम निष्क्रिय हो जाता है।

**एन्जाइम की क्रियाशीलता को प्रभावित करने वाले कारक–** एन्जाइम की क्रियाशीलता निम्नकारकों के द्वारा प्रभावित होती है–

1. **तापक्रम (Temperature)–** अनेक एन्जाइम एक अनुकूल तापमान पर ठीक तरह से कार्य करते हैं। इस तापमान के नीचे 10 डिग्री से तापमान में वृद्धि होने पर रासायनिक अभिक्रिया की दर दुगुनी हो जाती है। **वेण्डहॉफ** का ऐसा विचार है कि एन्जाइम 60 डिग्री से तापमान में वृद्धि होने पर रासायनिक अभिक्रिया की दर दुगुनी हो जाती है। **वेण्डहॉफ** का ऐसा विचार है कि एन्जाइम 60 डिग्री से अधिक तापमान पर नष्ट हो जाते हैं और ये 10–50 डिग्री से. पर सक्रिय रहते हैं।
2. **आइसोइलेक्ट्रिक बिन्दु (Isoelectric point)–** वह बिन्दु जिस पर कोई क्रिया में होने वाले परिवर्तन आपस में संतुलित रहते हैं तो इस परिवर्तन को आइसोइलेक्ट्रिक बिन्दु कहते हैं। एन्जाइम अलग–अलग प्रकार से प्रतिक्रिया करते हैं। इनका एक अनुकूलतम मान होता है, जो आइसोइलेक्ट्रिक बिंदु के निकट होता है।
3. **निरोधक–** ये वे पदार्थ या यौगिक हैं जो एन्जाइम की क्रिया में व्यवधान उत्पन्न करते हैं। जैसे– Fe, Cu, As, Hg ये जीवद्रव्य में पाये जाने वाली प्रोटीन्स को अवक्षेपित कर देते हैं। ऐसा होने से कोशिकायें नष्ट हो जाती हैं।
4. **सक्रिय कारक–** ये वे अकार्बनिक उत्प्रेरक हैं जो उसकी क्रियाशीलता पर प्रभाव डालते हैं। जैसे– ATP की अभिक्रियायें $Mg^{++}$ आयन की सान्द्रता पर निर्भर करती हैं।
5. **सब्स्ट्रेट की सान्द्रता–** यदि अन्य परिस्थितियाँ स्थिर रखी जायें तो एक निश्चित सान्द्रता के पहुँचने तक सब्स्ट्रेट की सान्द्रता में वृद्धि एन्जाइम उत्प्रेरित क्रिया को प्रभावित करती है और अंतिम उत्पाद का निर्माण भी अधिक होता है। एक निश्चित बिन्दु पर सब्स्ट्रेट की सान्द्रता में ओर अधिक वृद्धि से अंतिम उत्पादों के बनने की गति पर कोई प्रभाव नहीं पड़ता है।
6. **प्रकाश–** अल्ट्रावायलेट प्रकाश तथा सामान्य प्रकाश के प्रभाव से एन्जाइम के द्वारा होने वाली क्रियायें मंद हो जाती हैं।
7. **एन्जाइम की सान्द्रता–** प्रारम्भ से एन्जाइम की अधिक सान्द्रता एन्जाइमी क्रियाओं की दर में वृद्धि करती है लेकिन कुछ समय बाद एन्जाइम की सान्द्रता का इन क्रियाओं पर कोई महत्वपूर्ण प्रभाव नहीं पड़ता है। आरम्भ में एन्जाइम की दुगुनी मात्रा रासायनिक क्रिया को भी दुगुना कर देती है लेकिन बाद में यह प्रभाव गोचर नहीं होता है।

**(1) अन्तिम उत्पाद का संचय–** एन्जाइम की उत्प्रेरक क्रियाओं से बने हुये पदार्थ जब एकत्रित हो जाते हैं तो एन्जाइम की सक्रियता घटने लगती हैं।



इसके निम्नलिखित कारण होते हैं

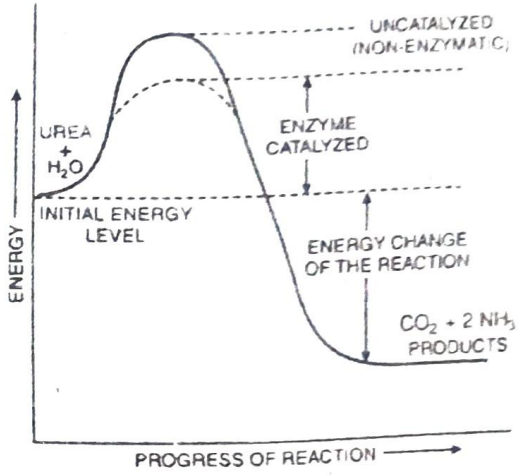
(i) एन्जाइम क्रिया से उत्पन्न पदार्थों का संचय क्रिया के विपरीत पदार्थ एन्जाइम्स की सतह पर एकत्रित होकर उसकी क्रियाशीलता को कम कर देते हैं।

(ii) एन्जाइम क्रिया द्वारा बने हुये पदार्थ का पी.एच. प्रारम्भ अवस्था से बाद में बदल जाता है जिसके कारण एन्जाइम की क्रिया कम हो जाती है।

**(3) संदमनक–** कोई भी पदार्थ जो एन्जाइम क्रिया को निष्क्रिय करता है, संदमनक या विष कहलाता है, जैसे– आयडो ऐसीटिक अम्ल, पोटैशियम फेरीसायनाइड, आयोडीन, यूरोमाइसिन आदि।

**प्रश्न–7. एन्जाइम अभिक्रिया की क्रियाविधि को संक्षेप में समझाइये।**

**उत्तर– एन्जाइम अभिक्रिया की क्रियाविधि–** अनेक जैवीय क्रियायें बिना किसी उपयुक्त एन्जाइम के बिना होती रहती हैं। ऐसी स्थिति में इन्हें बहुत उच्च तापमान या दाब या दोनों की जरूरत होती है।




**चित्र– ग्राफ द्वारा सक्रियण ऊर्जा का प्रदर्शन:**
**एन्जाइम द्वारा उत्प्रेरित प्रक्रिया, उत्प्रेरित प्रक्रिया की तुलना में कम होती है**

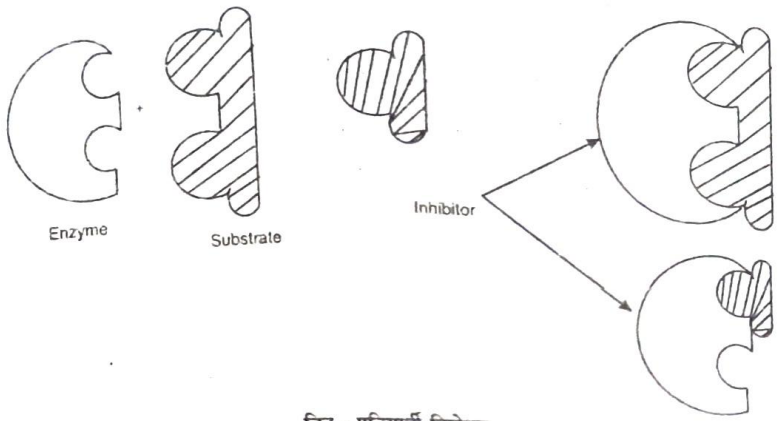
इस प्रकार की प्रक्रियायें बिना एन्जाइम्स के बहुत धीमी गति से उपस्थिति में कोशिका के सामान्य तापमान तथा दाब पर प्रभावशाली होकर चलती रहती है। एक सामान्य रासायनिक प्रक्रिया में सब्स्ट्रेट अणु एक अथवा अनेक अस्थायी माध्यमिक रूपों में, उत्पाद रूपान्तरित होने से पहले ही परिवर्तित हो जाता है। यह माध्यमिक संक्रमण रूप प्रायः प्रारम्भिक सब्स्टेरट से उच्च ऊर्जा स्तर पर होता है। इस प्रकार इसे अतिरिक्त ऊर्जा प्राप्त होती है जिसे सक्रियण ऊर्जा कहते हैं। यह ऊर्जा किस अन्य बाहरी स्रोत, जैसे ऊष्मा से प्राप्त होती है। यही जैव-रासायनिक क्रिया यदि एन्जाइम द्वारा उत्प्रेरित होती है तो उसे कम ऊर्जा की जरूरत होती है, क्योंकि एन्जाइम, सब्स्ट्रेट से संयुक्त होकर ऊर्जा को कम कर देता है। उदाहरणार्थ, सुक्रोज के अम्ल हाइड्रोलाइसिस के लिये सक्रियण ऊर्जा 25560 Cal/mol की जरूरत होती है। जबकि इस प्रकार के हाइड्रोलाइसिस के लिये एन्जाइम बीटा–फ्रक्टोफूरेनोसाइडेज की उपस्थिति में 25°C तापमान पर 8700 कै./मोल सक्रियण ऊर्जा की जरूरत होती है।

प्रश्न–8. एन्जाइम क्रिया के अवरोधन पर संक्षिप्त टिप्पणी लिखिये।
अथवा
एन्जाइम क्रिया में अवरोधन कितने प्रकार के होते हैं? स्पष्ट कीजिये। [ जीवाजी 2005,07,10,18 ]

उत्तर– एन्जाइम क्रिया का अवरोधन– ऐसे यौगिक जो कि एन्जाइम की क्रियाशीलता को कम कर देते हैं उन्हें ही एन्जाइम निरोधक कहते हैं। ये दो प्रकार के होते हैं–

**(i) प्रतिस्पर्धी निरोधक (Competitive inhibitors)**– ऐसे यौगिक जो कि एन्जाइम के सक्रिय स्थलों से जुड़ने के लिये अभिकारक पदार्थ से प्रतिस्पर्धा करते हैं। उन्हें प्रतिस्पर्धी निरोधक कहते हैं। इन यौगिकों की संरचना सब्स्ट्रेट के अणुओं के समान ही होती है। उदाहरण– सक्सीनिक डिहाइड्रोजिनेज एन्जाइम जो कि सक्सीनिक अम्ल का अपचयन करता है यह मेलोनिक अम्ल के द्वारा अक्रिय हो जाता है।

$$E + S \rightleftharpoons ES \rightarrow E + P$$
$$E + I \rightleftharpoons EI \rightarrow \text{No reaction}$$




चित्र– प्रतिस्पर्धी निरोधन

E = Enzyme
S = Substrate
I = Inhibitor
ES = Enzyme substrate complex
EI = Enzyme inhibitor complex
P = Product

निरोधक की क्रियाशीलता निम्न कारकों पर निर्भर करती हैं–
(1) सब्स्ट्रेट की सान्द्रता (2) निरोधक की सान्द्रता
(3) सब्स्ट्रेट एवं निरोधक की आपेक्षिक बन्धुता

**(ब) अप्रतिस्पर्धी निरोधक (Non-competitive inhibitors)**– ऐसे निरोधक मुख्यतः विषैले पदार्थ होते हैं जो कि एन्जाइम के सक्रिय स्थलों पर आक्रमण नहीं करते हैं बल्कि इसके अन्य स्थानों से जुड़कर एन्जाइम की क्रियाशीलता का संदमन करते हैं।

उदाहरण– कार्बन मोनोऑक्साइड, सायनाइड, भारी धातुओं के आयन, जैसे– $Hg^{++}$, $Zn^{++}$ एवं $Cu^{++}$

भारी धातु एन्जाइम के सल्फाहाइड्रिल समूह को ही नष्ट कर देते हैं जिसके कारण उनकी सक्रियता कम हो जाती है।

प्रश्न–9. वृद्धि हार्मोन्स क्या है? पौधों में इनके महत्व का वर्णन कीजिये। [ जीवाजी 2005 ]
अथवा
निम्न पर संक्षिप्त टिप्पणी लिखिये–
(i) जिबरेलिन्स (ii) सायटोकाइनिन
(iii) इथीलिन (iv) ऑक्सिन
(v) एब्सीसिक अम्ल। [ सागर 2005,13,18 भोपाल 2007 ]

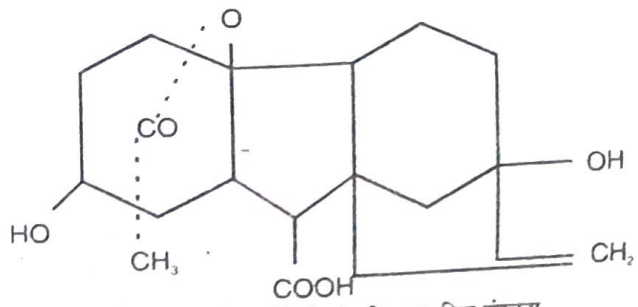
उत्तर– वृद्धि हार्मोन्स (Growth hormones)– प्रारम्भ में ऐसा विश्वास किया जाता था कि पौधों की वृद्धि मृदा से अवशोषित खनिज तत्वों एवं प्रकाश संश्लेषण से बने भोज्य पदार्थों के कारण होती है लेकिन आधुनिक खोजों से यह पता चला है कि पौधों की वृद्धि उसके द्वारा अल्प मात्रा में निर्माण किये जाने वाले कुछ रासायनिक पदार्थों के कारण होती है ये रासायनिक पदार्थ पौधों के एक ऊतक अथवा अंग में निर्मित होते है तथा वहां से पौधों के अन्य भागों में स्थानान्तरित होकर वहाँ पर वृद्धि एवं विकास की क्रिया पर अपना विशेष प्रभाव डालते हैं। इन रासायनिक पदार्थों को पादप हार्मोन (Plant hormone) फाइटो हॉर्मोन (Phyto hormone) अथवा वृद्धि हार्मोन्स (Growth hormone) कहते हैं।

**वृद्धि हार्मोन्स के प्रकार (Types of Growth hormones)**– पौधों में सामान्यतः निम्न प्रकार के वृद्धि हार्मोन्स पाये जाते हैं।

**(i) ऑक्जिन्स (Auxins)**– *उत्तर हेतु पिछले प्रश्न का उत्तर देखें।*

**(ii) जिबरेलिन (Gibberellin)**– जापान के कृषकों ने धान के खेत में कुछ अत्यन्त लम्बे और पतले पौधों को प्रेक्षित (observe) किया। इस बीमारी को इन्होंने बकाने (Bakanae) अथवा मूर्ख नवोद्यभिद् रोग (Follish seedling disease) बताया। कुरोसोवा (kurosowa, 1926) ने लम्बाई में अत्यधिक वृद्धि सम्बन्ध (Gibberella fujikuroi) नामक एस्कोमाइसिटीज कवक से बताया।

याबुटा और सुमिकी ने 1938 में कवक से वृद्धि पदार्थ अलग किये और उन्हें जिबरेलिन A और B नाम दिये। अब तक इस प्रकार के अनेक पदार्थ अलग किये जा चुके हैं। जिनकी संरचना लगभग एक–सी है। उनको $GA_1$, $GA_2$, $GA_3$, $GA_4$, $GA_5$ आदि नाम दिये गये हैं। इनमें जिबरेलिन $A_3$ सबसे अच्छी तरह ज्ञात है व इसकी रासायनिक संरचना निम्न प्रकार है–

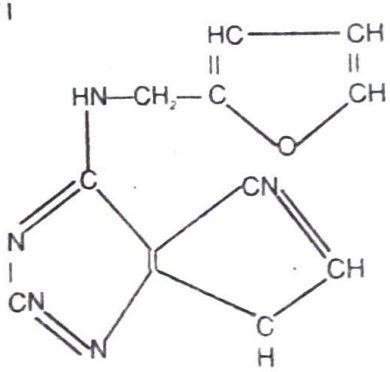



चित्र– जिबरेलिन ($GA_3$) की रासायनिक संरचना

जिबरेलिन उच्चतर पौधों में सामान्य रूप से उपस्थित रहते हैं। शैवाल, कवक, फर्न ये केवल विशिष्ट जातियों में ही उपस्थित होते हैं। प्ररोह शीर्ष, युवा, बीज, युवा पत्तियों इत्यादि में जिबरेलिन की अधिक मात्रा पायी जाती है।

**जिबरेलिन के अनुप्रयोग (Application of Gibberellins)–**

1. **तने का दीर्घीकरण (Stem elongation)**– यह हार्मोन पर्वों की कोशिकाओं का दीर्घीकरण करता है जिससे कि पौधों की लम्बाई बढ़ जाती है।
2. **प्रसुप्ति दूर करना (Breaking of dormancy)**– यह देखा गया है कि इस हॉर्मोन के अनुप्रयोग से आलू के कन्द और पौधों पर शीतकालीन कलियों की प्रसुप्ति दूर हो जाती है।
3. **अनिषेक फलन (Parthenocarpy)**– टमाटर, सेव, नाशपाती इत्यादि फलों में अनिषेकफलन जिबरेलिन द्वारा ऑक्सिन की अपेक्षा अधिक सरलता से प्राप्त किया जा सकता है।
4. **आनुवंशिकता बौने पौधों का दीर्घीकरण (Heredity, Elongation of dwarf plants)**– बोने पौधों में जिबरेलिन का निर्माण शायद जीन के प्रभाव के कारण रुक जाता है। मगर पौधों में यह कमी कृत्रिम रूप से जिबरेलिन देकर पूरी की जा सकती है। ऐसा मटर, फैसिओलस मल्टिफ्लोरस (Phasceolus multiflorus) आदि में बौने पौधों को जिबरेलिन देकर उनकी सामान्य लम्बाई पुनः प्रदान की जा सकती है।
5. **पुष्पन पर प्रभाव (Effect on Flowering)**– जिबरेलिन्स पौधों में पुष्पन क्रिया को प्रेरित करते हैं। जिबरेलिन देने से दीर्घ प्रदीप्तिकाली पौधे, लघु प्रकाश अवधि में भी पुष्पन कर सकते हैं।
6. **शीत उपचार का प्रतिस्थापन (Substitution for cold treatment)**– कुछ द्विवर्षी (Biennial) पौधों के पुष्पन के लिये शीतकाल के निम्न तापमान की आवश्यकता होती है। जिबरेलिन देने से इन पौधों को शीतकाल के तापमान की आवश्यकता नहीं होती है और वह केवल एक वर्ष में ही पुष्पन कर लेते है।
7. **बोल्टिंग प्रभाव (Bolting effect)**– कुछ पौधे जैसे हेनबेन (Henbane) को साधारणतया पुष्पवृन्त बनने और पुष्प उत्पत्ति के लिये पहले कम तापक्रम और बाद में दीर्घ प्रकाशकाल चाहिये। कम तापक्रम तथा दीर्घ प्रकाशकाल के स्थान पर जिबरेलिन का विलयन छिड़कने से एक लम्बा पुष्पवृन्त उत्पन्न करते हैं, इसे बोल्टिंग कहते हैं।



चित्र– काइनेटिन की संरचना

**साइटोकाइनिन (Cytokinin)**– इन हॉर्मोन्स को काइनिन (Kinin) अथवा काइनेटिन (Kinetin) भी कहते हैं। मिलर तथा सहयोगियों ने इसे यीस्ट कोशिका से प्राप्त किया। काइनेटिन्स DNA के निम्नीकरण (Degradation) उत्पाद डि–ऑक्सी ऐडिनोसिन (De-oxyadenosine) से बनता है। लिथाम (Letham, 1963) ने ऐसे पदार्थों को मक्के बीजों से प्राप्त किया और साइटोकाइनिन नाम दिया।



साइटोकाइनिन्स की उपस्थिति अब अनेक पौधों में प्रमाणित की जा चुकी है। सूक्ष्मजीवधारियों में भी इसके उपस्थित होने का संकेत है। सक्रिय रूप से विभाजन करने वाले ऊतकों में यह सर्वाधिक होता है।

**साइटोकाइनिन के मुख्य कार्य (Functions of Cytokinin)–**

1. **कोशिका विभाजन (Cell division)**– कोशिका विभाजन को मुख्य रूप से बढ़ाने वाले पदार्थ होते हैं।
2. **शीर्ष प्रमुखता का विरोध (Counter action of Apical Dominance)**– साइटोकाइनिन देने से पार्श्वीय कलियों की वृद्धि, शीर्षस्थ कली की उपस्थिति में भी होती रहती है।
3. **प्रसुप्ति को दूर करना (Breaking of dormancy)**– अनेक बीजों की प्रसुप्ति को साइटोकाइनिन दूरकरता है और उनके अंकुरण में सहायता करता है।
4. **जीर्णता में विलम्ब (Delay in Senscence)**– पर्णहरिम का विलोपित होना और प्रोटीन का नष्ट होना जीर्णता के लक्षण है। साइटोकाइनिन देने से यह दोनों क्रियायें रूक जाती है और देर से होती हैं। साइटोकाइनिन के इस प्रभाव को रिचमण्ड लैंग प्रभाव (Richmond Lang effect) कहते हैं।
5. **अन्य प्रभाव (Other effect)** साइटोकाइनिन के कुछ अन्य प्रमुख प्रभाव में जैसे– जड़, तने तथा कलिका के संरचना विकास में सहायता करती है।

**(iv) इथीलिन (Ethylene)**– इथीलिन दहन क्रिया का एक महत्वपूर्ण उत्पाद है। यह एक महत्वपूर्ण वायु प्रदूषक एवं पादप हॉर्मोन है। यह गैस के रूप में होती है। पौधों में इसका निर्माण अल्पमात्रा में होता है। लेकिन यह अत्यन्त क्रियाशील गैस होती है। पौधों में इसका निर्माण मिथियोनिन नामक अमीनो अम्ल से होता है।

**ग्लास्टन एवं डेविस** ने अपने प्रयोगों के आधार पर यह सिद्ध किया कि इथीलिन एक महत्वपूर्ण वृद्धि हॉर्मोन है जो पौधों की वृद्धि और परिवर्धन में काफी सहायक होता है। यह हॉर्मोन गैसीय अवस्था में रहता है जिस कारण यह कोशिकाओं से कोशिकाओं में आसानी से विसरित हो जाता है। पौधों में इथीलीन उपापचयी क्रियाओं के फलस्वरूप बनता है। फलों के अलावा यह पत्तियों, पुष्पों, तनों, बीजों, जड़ों व अन्य ऊतकों में भी संश्लेषित होता है।

**इथीलीन का जैवीय महत्व (Biological importance of ethylene)**– अन्य पादप हॉर्मोन्स की तरह इथीलिन की अल्पमात्रा पौधों की विभिन्न कार्यकीय क्रियाओं को प्रभावित करती है। पौधों में वृद्धि से सम्बन्धित क्रियायें इथीलिन के द्वारा प्रभावित होती हैं।

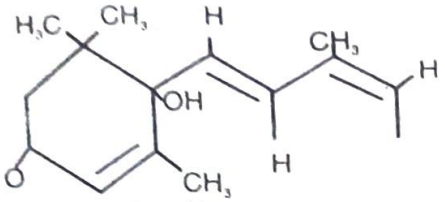
इथीलिन की कुछ महत्वपूर्ण जैविक क्रियाओं को नीचे बताया गया है–

1. जड़ की वृद्धि में अवरोध या रुकावट आ जाना।
2. तने की वृद्धि में रुकावट या अवरोध का उत्पन्न होना।
3. तने का फूल जाना।
4. पत्तियों के द्वारा एपीनेस्टी के प्रभाव को प्रदर्शित करना।
5. कोशिका भित्ति की वृद्धि को नियमित करना।
6. फलों को शीघ्रता से पकाना।
7. पौधों में सिसमोनेस्टी गति को प्रेरित करना।
8. 3–ग्लूकेनेज (Glucanase) एन्जाइम के संश्लेषण को तेज करना।

9. पत्तियों, तनों, फलों, पुष्पों में विलगन परत का निर्माण करना।
10. कटे हुये तनों के अग्रस्थ भागों पर कलिका निर्माण को रोक देना।

**(v) ऐब्सिसिक अम्ल या वृद्धि निरोधक (Abscisic Acid or ABA or Growth inhibitor)**– कुछ पौधों में ऐसे रासायनिक पदार्थ उत्पन्न होते हैं जो कम सान्द्रता पर भी वृद्धि रोधक कार्य करते हैं, अतः इन्हें वृद्धिरोधक पदार्थ कहा जाता है।

ऐब्सिसिक अम्ल (ABA)– ये वृद्धि निरोधक का अच्छा उदाहरण है इसकी संरचना निम्न प्रकार है-




चित्र– ऐब्सिसिक अम्ल

**कार्न्स** एवं **एडिकोट** ने 1961-65 ने कपास (Gossypium) के पौधों की पुष्पकलियों से एक पदार्थ निकाला जिसका नाम उन्होंने ऐबसिसिन (Abscisin) रखा। जो किसी भी पौधे पर छिड़ने पर शीघ्र ही पत्तियों का विलगन कर देता था।

**वेयरिंग (Wareing)** ने 1963 में ऐसर नामक पौधे की पत्तियों से एक पदार्थ निकाला जो कलियों की वृद्धि और बीजों के अंकुरण का रोधन करता था। इन्होंने इस पदार्थ का नाम डोरमिन (Dormin) रखा। बाद में यह सिद्ध हुआ कि ऐबसिसिन एवं डोरमिन एक ही पदार्थ है और उनका नाम इसलिये ऐब्सिसिक अम्ल रखा गया है।

**एब्सिसिक अम्ल के प्रभाव (Effects of ABA)–**

1. यह कोशिका विभाजन एवं कोशिका के दीर्घीकरण की क्रिया का अवरोध करता है।
2. यह पौधों में जलहानि को नियंत्रित करता है।
3. आलू के कन्द के निर्माण में सहायता करता है।
4. यह स्टोमेटा को बन्द करके वाष्पोत्सर्जन क्रिया को कम कर देता है।
5. यह बीजों के अंकुरण एवं कलिकाओं की वृद्धि को रोकता है।
6. पत्तियों में विगलन परत (Absission Layer) बनाकर पतझड़ को प्रेरित करता है।
7. दीर्घ दीप्तकालिक पौधों में पुष्पन को अवरुद्ध करता है।
8. बीजों की प्रसुप्ता को बनाये रखता है।

**प्रश्न–10. वृद्धि हार्मोन्स क्या है? ऑक्सिजन की रासायनिक प्रकृति एवं प्रायोगिक उपयोग लिखिये।** [जीवाजी 2005,07,13,17 सागर 05,14,18]

अथवा

**ऑक्जिन क्या है? इसकी खोज, रासायनिक प्रकृति, कार्यविधि एवं महत्व का वर्णन कीजिये।** [भोपाल 2006]

**उत्तर– ऑक्जिन्स (Auxins)**– ऑक्जिन्स पादप हार्मोन्स का एक समूह है जो कि विभिन्न प्रकार की वृद्धि क्रियाओं को प्रेरित करता है। ऑक्जिन्स ऐसे रासायनिक पदार्थ है जो कि जड़ एवं तनों के शीर्ष पर उत्पन्न होते हैं तथा नीचे की ओर प्रभावित होकर पादप वृद्धि का नियंत्रण करते हैं। हार्डी के अनुसार ऑक्जिन्स ऐसे जैविक पदार्थ हैं और अत्यन्त कम मात्रा में पौधों की शारीरिक क्रियाओं को प्रभावित करते हैं।



**ऑक्जिन्स की खोज (Discovery of Auxins)**– सर्वप्रथम चार्ल्स डार्विन ने सन् 1881 में अपनी पुस्तक The power of movements in plants में बताया कि पौधों के अन्दर कुछ रासायनिक पदार्थ होते है, जो कि वृद्धि क्रिया में मदद करते हैं। **बॉयसेन-जेनसन (Boysen-Jensen-1910)** ने प्रमाणित किया कि डार्विन के द्वारा प्रस्तावित 'वृद्धि पदार्थ' वास्तव में एक रासायनिक स्टीमुलस (Chemical stimulus) होता है जो कि पादप वृद्धि का नियंत्रण करता है। **पॉल (Paol 1919)** ने अपने प्रयोगों द्वारा सिद्ध किया कि कोलियोप्टाइल के अग्रभाग के द्वारा कुछ रासायनिक पदार्थ स्त्रावित किये जाते है जो कि पौधे के निचले हिस्से में स्थानान्तरित होने के पश्चात् वृद्धि की दर को बढ़ाते है। **एफ. डब्ल्यू. वेन्ट (F.W. Went 1928)** ने कोलियोप्टाइल के अग्रभाग से एक वृद्धि कारक पदार्थ पृथक किया जिसे उन्होंने ऑक्जिन (Auxin) नाम दिया। **थीमान (Thimann 1934)** के अनुसार कोलियोप्टाइल के अग्रभाग में ऑक्जिन की सान्द्रता सबसे अधिक होती है।

**ऑक्जिन की रासायनिक प्रकृति (Chemical Nature of Auxins)**– इन वैज्ञानिक कोगल एवं हैगन स्मिथ (Kogl and Haggen smith, 1931) ने 150 लिटर मानव मूत्र से 40 मिग्रा. क्रिस्टलीय पदार्थ प्राप्त किया। इस पदार्थ को कोलियोप्टाइल के अग्र भाग पर रखने पर उसमें वृद्धि होती है। उन्होंने इस पदार्थ को ऑक्सिन-ए या ऑक्जिन ट्राईओलिक अम्ल (Auxin-a or Auxintriolic acid- $C_{18}H_{32}O_5$) नाम दिया। उन्होंने ठीक इसी प्रकार का पदार्थ कॉर्न जर्म ऑयल (Corn germ oil) से प्राप्त किया, जिसे उन्होंने ऑक्जिन b या ऑक्जेनोलोनिक अम्ल (Auxin-b or Auxenolonic-acid. $C_{18}H_{30}O_4$) नाम दिया। अन्त में उन्होंने मानव मूत्र से तीसरा ऑक्जिन प्राप्त किया जिसे इण्डोल-3 ऐसिटिक अम्ल (Indole-3-acetic acid or I.A.A. $C_{10}H_9O_2N$) नाम दिया। इनमें से I.A.A. उच्चवर्गीय पौधों में पाया जाने वाला प्रमुख ऑक्जिन है।

**ऑक्जिन के व्यावहारिक उपयोग (Practical applications of Auxins)**– आजकल आधुनिक कृषि युग में अनेक प्रकार के ऑक्जिन्स कलमों में कई जड़े विकसित करने, बीजरहित फल उत्पन्न करने तथा कलिकाओं में प्रसुप्ति बनाये रखने या उसे तोड़ने में प्रयोग किये जा रहे हैं। ऑक्जिन्स के कुछ उपयोग निम्नलिखित हैं–

1. **जड़ों के निर्माण का समारम्भन (Initiation of Root formation in stem cutting)**– ऑक्जिन्स जैसे– IAA (Indole acetic acid), NAA (नैफ्थलीन ऐसीटिक एसिड), IBA (Indole butyric acid) आदि के घोल में यदि कटे हुये तनों के सिरों को डुबोकर लगाया जाये तो अपस्थानिक जड़े जल्दी निकलती हैं।

2. **कोशिका वर्द्धन (Cell formation)**– ऑक्जिन्स जो जड़ों तथा तनों के शीर्ष पर उपस्थित रहते हैं, का कोशिका वर्द्धन प्रभाव उनकी सान्द्रता पर निर्भर करता है। इनके सिरों पर अगर ऑक्जिन्स छिड़कें तो इनमें कोशिका विभाजन तीव्र गति से होने लगता है।

3. **विलगन (Abscission)**– कुछ ऑक्जिन्स पत्तियों और फलों को डण्ठल से झड़ने अथवा विलगन क्रिया को रोकते हैं। NAA (नेफ्तलीन ऐसीटिक अम्ल) या 2-4 डी (2-4 dichlorophenoxy acetic acid) के छिड़काव से सेब, सन्तरा, नाशपाती आदि फलों के डण्ठल में विलगन परत का बनना कम या रुक जाता है और कच्चे फलों का पृथक हो जाना रुक जाता है।

4. **खरपतवार का नियंत्रण और निवारण (Weed control and Eradication)**– अनाज के खेतों में 2-4D ऑक्जिन का छिड़काव करने से चौड़ी पत्ती वाले द्विबीजपत्री

पूर्णतया नष्ट हो जाते हैं। परन्तु संकरी पत्ती वाली फसलों जैसे– गेहूँ, जौ, बाजरा, मक्का आदि पर कोई प्रभाव नहीं पड़ता।

5. फल निर्माण तथा बीज रहित फल का उत्पादन (Fruit formation and Production of seedless fruit)– आधुनिक युग में बीज रहित फलों की बहुत उपयोगिता है। कुछ ऑक्जिन्स जब पुष्पों के जायांग (Gynoecium) के वर्तिकाग्र पर छिड़क दिये जाते हैं या उनका पेस्ट (Paste) बनाकर वर्तिकाग्र पर लगा दिया जाता है तो इनमें बिना परागण और निषेचन के ही फल बन जाते हैं और इनमें बीज नहीं होते। इस क्रिया को अनिषेकफलन (Parthenocarpy) भी कहते हैं। IAA, NAA, IBA आदि ऑक्जिन्स से टमाटर, केला, पपीता, अंगूर आदि के बीज रहित फल प्राप्त किये गये हैं।

6. सुप्तावस्था नियंत्रण (Dormancy control)– कुछ ऑक्जिन्स कलिकाओं की वृद्धि में अवरोधक (Inhibitor) का कार्य करते हैं। आलुओं को भण्डारण में रखने से पूर्व NAA के घोल से उपचारित किया जाता है जिससे कि आलू की प्रसुप्त कलिकाएं (Dormant buds) अथवा आँखें सुप्तावस्था में बनी रहती हैं।

7. शीर्ष प्रमुखता (Apical Dominance)– अग्रस्थ कलिकाओं में ऑक्जिन की उपस्थिति रहती है और वह तेजी से वृद्धि करती है। यही कारण है कि माली द्वारा हेज (Hedge) का कुछ हिस्सा काटने से पार्श्व कक्षस्थ कलिकाएं वृद्धि करना प्रारम्भ कर देती हैं जिससे झाड़ियाँ अधिक सघन हो जाती हैं।

## इकाई-5

लघु एवं दीर्घउत्तरीय प्रश्नोत्तर-

**प्रश्न–1. वृद्धि से आप क्या समझते हो? इसकी विभिन्न प्रावस्थाओं का वर्णन कीजिये।** [ मार्च 2007 ]

अथवा

**पादप में वृद्धि प्रावस्थाओं पर टिप्पणी लिखिये।** [ [illegible] 2016 ]

उत्तर– **वृद्धि (Growth)**– जीवों का आकार में बढ़ना वृद्धि कहलाता है, जिसके फलस्वरूप पौधों के शुष्कभार तथा जीवद्रव्य की मात्रा में भी बढ़ोत्तरी होती है। किसी जीवधारी के आकार में परिवर्तन, रूप में भिन्नता एवं जटिलता का उत्पन्न होना परिवर्धन कहलाता है।

जीवद्रव्य में होने वाली एनाबोलिक तथा केटाबोलिक जैविक क्रियाओं के परिणामस्वरूप वृद्धि होती है। एनाबोलिक क्रियाओं में विभिन्न प्रकार के पदार्थों का निर्माण होता है जिससे जीवद्रव्य बनता है। प्रकाश संश्लेषण के समय हरी कोशिकायें विभिन्न प्रकार के पदार्थ जैसे कार्बोहाइड्रेट, वसायें, प्रोटीन्स आदि का निर्माण करती हैं। केटाबोलिक क्रियाओं में पौधे में संचित भोज्य पदार्थ ऑक्सीकृत होते रहते हैं जिसके फलस्वरूप पौधों को ए.टी.पी. के रूप में ऊर्जा प्राप्त होती है जैसे कि श्वसन क्रिया। एनाबोलिक क्रियाओं के द्वारा पौधों की निर्माणकारी क्रियायें अधिक होती हैं तथा केटाबोलिक क्रियाओं द्वारा जीवधारियों के शरीर में विनाश वाली क्रियायें कम होती हैं। जिसके फलस्वरूप जीवधारियों के अंगों के आकार में परिवर्तन होता है अर्थात् उनका आयतन एवं भार बढ़ जाता है।

**वृद्धि की प्रावस्थायें (Phases of Growth)**– वृद्धि के लिये पौधों को निम्न तीन प्रावस्थाओं से होकर गुजरना पड़ता है–

1. **कोशिका विभाजन (Cell division)**– इस प्रावस्था में प्रविभाजी ऊतकों में कोशिकाओं में समसूत्री कोशिका विभाजन होता है, जो तनों एवं जड़ों के शीर्षस्थ भागों में होता है। [illegible] कोशिका [illegible] विभाजित होकर [illegible] कोशिकायें बनाती रहती हैं।

2. **कोशिका विवर्धन (Cell elongation)**– [illegible]

3. **कोशिका विभेदन (Cell differentiation)**– [illegible]

**प्रश्न–2. वृद्धि दर मापन पर संक्षिप्त टिप्पणी लिखिये।**

अथवा

**वृद्धि दर मापन किस प्रकार किया जाता है? स्पष्ट कीजिये।**

उत्तर– वृद्धि दर का मापन– वृद्धि दर का मापन किसी निश्चित समय में पौधे के [illegible] आकार, आयतन में या पदार्थ की मात्रा की वृद्धि के रूप में मापा जाता है, जैसे– तने की लम्बाई, फलों का आयतन, कोशिका के आकार की वृद्धि [illegible] वृद्धि शुरू में धीरे-धीरे होती है, बाद में यह तीव्र गति से होती है और फिर बाद में यह वृद्धि धीमी हो जाती है तथा अन्त में यह स्थिर होकर रुक भी जाती है। वृद्धि की यह गति [illegible] बिन्दु तक पहुँचने के बाद होती है। वृद्धि को ग्राण्ड पीरियड ऑफ ग्रोथ (Grand Period of growth) कहा जाता है। इस प्रावस्था को सिग्मॉयड वृद्धि वक्र (sigmoid growth curve) के द्वारा प्रदर्शित किया जा सकता है। यह वक्र (curve) अंग्रेजी के S अक्षर के समान होता है। वृद्धि के दौरान हुए परिवर्तन को निम्न प्रकार विभाजित किया जा सकता है–

1. **पश्चात् काल (Lag-period)**– यह वृद्धि की प्रारम्भिक अवस्था है जिसमें वृद्धि के लिये भोजन व अन्य साधन जुटाये जाते हैं। इस अवस्था में कोशिका (Cell) सुप्त अवस्था में होती है।
2. **गुणनकाल (Log period)**– इस अवस्था में वृद्धि सबसे अधिक तीव्रता से होती है। इस समय को ग्राण्ड पीरियड ऑफ ग्रोथ कहा जाता है। इसका ग्राफ सीधा बनता है।
3. **अवमन्दनकाल (Decline period)**– इस अवस्था में [illegible] क्रम में वृद्धि दर धीरे-धीरे कम होने लगती है तथा पूर्ण परिपक्वन प्रावस्था प्राप्त होने पर रुक जाती है।

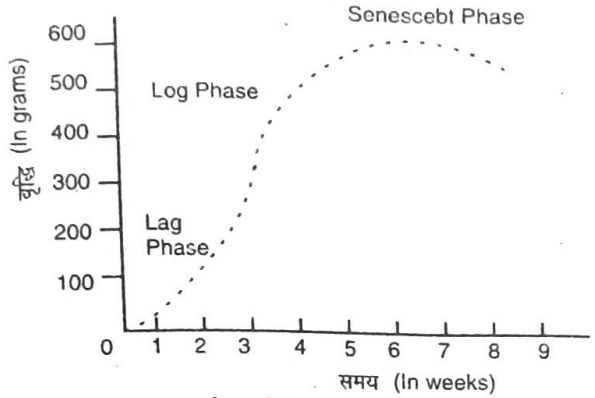
**प्रश्न–3. सिग्मॉयड वृद्धि वक्र या ग्राण्ड वृद्धिकाल पर संक्षिप्त टिप्पणी लिखिये।**

अथवा

**सिग्मॉयड वृद्धि वक्र से आप क्या समझते हैं? स्पष्ट कीजिये।**

**उत्तर–सिग्मॉयड वृद्धि वक्र या समग्र वृद्धि काल (Sigmoid growth curve or Grand growth period)–** प्रत्येक जीवित कोशिका में वृद्धि की क्रिया होती है। पौधों में प्रविभाजी ऊतकों की वृद्धि के दौरान निम्न तीन प्रक्रियायें क्रमिक रूप से होती हैं–

(1) कोशिका विभाजन (Cell division)
(2) कोशिका दीर्घिकरण (Cell elongation)
(3) कोशिका परिपक्वन (Cell maturation)




**चित्र– सिग्मायड वृद्धि वक्र**

वृद्धि की उपर्युक्त तीनों चरणों में बनाया गया वक्र ही वृद्धि वक्र (Growth curve) कहलाता है, जिसे सिग्मायड वक्र कहते हैं। यह वक्र अंग्रेजी के 'S' अक्षर के समान होता है।

सिग्मायड वृद्धि वक्र में तीन अवस्था होती हैं।

1. **लैग अवस्था (Lag phase)–** इस अवस्था में वृद्धि की दर धीमी होती है क्योंकि इस अवस्था के दौरान कोशिकाओं में विभाजन होता है।
2. **लोग अवस्था (Log Phase)–** इस अवस्था में कोशिकाओं का दीर्घीकरण होता है, अतः इस अवस्था में वृद्धि की दर सबसे अधिक होती है। इसे लोग अवस्था या समग्र वृद्धि काल कहते हैं।
3. **सेनेसेन्स अवस्था (Senescence Phase)–** यह कोशिका के परिपक्वन या विभेदन की अवस्था होती है। अतः इस अवस्था में वृद्धि लगभग स्थिर हो जाती है।

तीनों अवस्थाओं की वृद्धि दर एवं समय को लेकर ग्राफ खींचने पर 'S' आकार का वक्र प्राप्त होता है। इसे ही सिग्मायड वृद्धि वक्र कहते हैं।

**प्रश्न–4. वृद्धि मापी का वर्णन करते हुये चाप वृद्धि मापीयंत्र व फेफर्स का वृद्धिमापी यंत्र को चित्र सहित समझाइये।**

**अथवा**

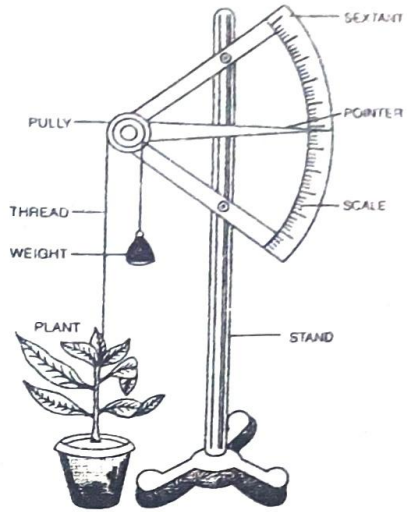
**ऑक्सेनोमीटर का वर्णन कीजिये।** [ भोपाल 2007 ]

**उत्तर– ऑक्सेनोमीटर या वृद्धिमापी (Auxanometer)–** पौधों में वृद्धि मापने के लिये विभिन्न प्रकार के ऑक्जेनोमीटरों का प्रयोग किया जाता है तथा इनकी सहायता से कम वृद्धि को भी मापा जा सकता है। ये दो प्रकार के होते हैं–

**(i) चाप वृद्धि मापी (Arc Auxanometer)–** इसकी रचना उपर्युक्त चित्र के समान होती है। इसमें गमले में लगे पौधे के तने के सिरे पर एक धारा बाँधकर पुली (pully) पर चढ़ा दिया जाता है। पुली पर एक लम्बी नीडल जुड़ी होती है, जो अंकित चाप पर ऊपर से नीचे की और घूमती है धागे के दूसरे सिरे पर वजन लटका दिया जाता है। जब तने में वृद्धि होती है तो धागे में लटके हुये वजन के कारण पुली पर लगी हुई नीडल घूम जाती है जिसके द्वारा वृद्धि मापन ज्ञात कर लेते हैं।

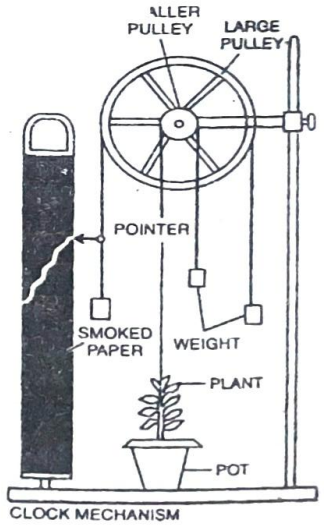
पौधे की वृद्धि = पोइन्टर द्वारा तय की गई दूरी B - पोइन्टर की प्रारम्भिक स्थिति A






**चित्र– चाप वृद्धि मापी**

**(ii) फेफर्स का वृद्धिमापी (Pfeffere's Auxanometer)–** इस ऑक्सेनोमीटर में दो पहिये एक बड़ा व दूसरा छोटा लगे रहते हैं। बड़े पहिये के अक्ष में छोटा पहिया जुड़ा रहता है।




**चित्र– फेफर्स का वृद्धिमापी**

प्रयोग करते समय गमले में लगे पौधे के तने का सिरा सिल्क के धागे से बाँध देते हैं। इस धागे को छोटे पहिये पर लपेट कर धागे के दूसरे सिरे पर वजन लटका देते हैं। बड़े पहिये पर रेशम का धागा लपेट कर उसके दोनों सिरों पर वजन लटका देते हैं। इस धागे पर एक

संकेतक इस प्रकार लगा देते है कि वह धारण पर लिपटे हुये धुयें के काले कागज को स्पर्श करता रहे। सिलिण्डर को घड़ी की सीधी दिशा में इस प्रकार घुमाते है कि ये एक चक्कर एक घण्टे में पूरा कर लेता है।

जैसे-जैसे पौधा लम्बाई में वृद्धि करता है वैसे-वैसे दोनों पहिये नीचे की ओर गति करते हैं। संकेतक ऊपर की ओर इस प्रकार घूमता है कि धुयें के काले कागज पर सर्पिलाकार लाइन अंकित हो जाती है। इसके दोनों सिरों की लम्बवत् दूरी पौधे में प्रतिघण्टा वृद्धि को प्रदर्शित करती है।

प्रश्न–5. जीर्णता किसे कहते हैं? इसकी कार्यिकी का वर्णन कीजिये।

अथवा [ सागर 2006, जीवाजी 2007 ]

जीर्णता से क्या तात्पर्य है? इसकी कार्यिकी टिप्पणी लिखिये।

उत्तर– **जीर्णता (Senescence)**– काल प्रभावन विधि की प्रावस्था जीर्णता (senescence) कहलाती है। इसका प्रमुख लक्षण यह है कि होने वाली उपापचयी क्रियायें केटाबोलिक होती हैं जो कि अपरिवर्तनशील हैं और अन्त में इनकी मृत्यु हो जाती हैं। सम्पूर्ण पादपों में जीर्णता के अनेक प्रारूप देखे जा सकते हैं। प्रत्येक पत्ती द्वारा उपापचयी क्रिया का प्रारूप समान होता है। जीर्णता पुरानी पत्तियों से शुरू होकर तने तक जाती हैं। अनेक मेटाबोलाइट्स जैसे अमीनोअम्ल, एमाइड्स, न्यूक्लियोटाइड्स तथा कार्बोहाइड्रेट का स्थानान्तरण काल प्रभावन (aging) वाली पत्तियों से शिशु पत्तियों में होता है। कुछ पौधे की पत्तियों के वृन्त के आधार पर विलगन परत (abscission layer) पत्तियों के अलग होने से पूर्व बनती हैं। अन्य पौधों में पत्तियाँ पीले अथवा भूरे रंग की हो जाती हैं व इनकी मृत्यु हो जाती हैं। पत्ती की जीर्णता का प्रारूप फल परिवर्द्धन एवं फलजीर्णता से सम्बन्धित होता है।

जीर्णता का प्रारम्भ फोटोपीरियड में परिवर्तन के कारण होता है जो प्रायः लम्बे दिन वाला दीप्तिकाल होता है। वैज्ञानिकों का विचार है कि लम्बे दिन की प्रकाशवधि में फाइटोक्रोम में इस प्रकार के परिवर्तन होते हैं। प्रायः ये देखा गया है कि पत्तियाँ जीर्णता तथा विलगन की क्रियाओं को पत्ती की प्रारम्भिक एवं वृद्धि की अवस्थाओं के साथ-साथ प्रदर्शित करती हैं। इस प्रकार पौधे सदैव हरे भरे बने रहते हैं।

दूसरे प्रकार के जीर्णता का प्रारूप ऐसे पौधों में देखने को मिलता है जो वर्धी अवस्था में अनेक वर्ष तक वृद्धि करते हैं व पत्तियों को उत्पन्न करते हैं। जब पुष्पन प्रारम्भ हो जाता है तब उनमें पत्तियों का परिवर्द्धन रुक जाता है तथा उनमें कार्बनिक स्रोत जैसे कार्बोहाइड्रेट्स, प्रोटीन्स सम्पूर्ण पौधे से स्थानान्तरित होकर वृद्धि करते हुये फलों में चले जाते हैं। फलों के परिवर्द्धन एवं परिपक्वन के साथ सम्पूर्ण पौधे में जीर्णता के लक्षण दिखाई देने लगते हैं व अन्त में पौधे की मृत्यु हो जाती हैं। उदाहरण– एगेव (Agave)

**जीर्णता एवं वृद्धि नियामक (Sensescence and Growth regulators)**– निम्न वृद्धि नियामकों के प्रभाव का अध्ययन पत्तियों की जीर्णता पर किया गाय है। इनके प्रयोग से पत्तियों में जीर्णता कम की जा सकती है। जिनके उदाहरण निम्न हैं–

1. **साइटोकाइनिन (Cytokinins)**– यह देखा गया है कि जैन्थियम (Xanthium) की पत्तियों में साइटोकाइनिन्स के प्रभाव से जीर्णता की दर में कमी आ जाती है।
2. **इण्डोल एसीटिक अम्ल (Indole acetic acid, IAA)**– यह देखा गया है कि प्रूनस (Prunus) की पत्तियों पर IAA के बाहरी प्रभाव के कारण उनमें जीर्णता की दर कम हो जाती है।



3. **जिबरेलिन्स (Gibberellins)**– **टेरेक्सेकम ऑफीसीनेल** की पत्तियों में जिबरेलिन्स के प्रभाव से जीर्णता कम हो जाती है।
4. **एब्सीसिक अम्ल (Abscissic Acid = ABA)**– पौधों की अनेक जातियों की पत्तियों में जीर्णता बढ़ाने के लिये एब्सीसिक अम्ल का बाहर से प्रयोग किया जाता है। वैज्ञानिकों ने अपने प्रयोगों मे पाया कि गुलाब की अनेक किस्मों में एब्सीसिक अम्ल के अन्तर्जात स्तर (Endogenous level) दीर्घायु दलों की अपेक्षा कम आयु के दलों वाली किस्मों में अधिक हैं। सिट्स फलों के छिलके में ABA के साथ-साथ पत्तियों की जीर्णता को रोकने के लिये अन्य प्राकृतिक अवरोधक पदार्थ पाये जाते हैं।
5. **इथाइलीन (Ethylene)**– अनेक द्विबीजपत्री पौधों की पत्तियों एवं पुष्पों में इथाइलीन के प्रभाव के कारण जीर्णता की स्थिति काफी तेजी के साथ उत्पन्न होती है। इस प्रकार से इथायलीन के प्रभाव से आइलेक्स एक्वीफोलियम तथा हिडेरा हेलिक्स नामक पौधों की पत्तियों में जीर्णता प्रेरित होती है। यह देखा गया है कि यदि इथाइलीन गैस का प्रभाव इन पौधों में समाप्त कर दिया जाता है तो जीर्णता रुक जाती है।

**प्रश्न–6. प्रकाश अनुवर्तन गति पर टिप्पणी लिखिये।** [ जीवाजी 2005,07 ]

अथवा

**पादपों में होने वाली पादप गतियों को विस्तारपूर्वक समझाइये।** [ भोपाल 2005, सागर 07 ]

उत्तर– **प्रकाश अनुवर्तन (Phototropism or Heliotropism)**– इस प्रकार की गति पौधों में प्रकाश उद्दीपन के प्रभाव द्वारा होती हैं। पौधों में तना प्रकाश की ओर गति करता है, इसलिये इन्हें धनात्मक प्रकाश–अनुवर्तक जबकि पौधे की जड़ें प्रकाश की विपरीत दिशा में गति करती हैं। इसलिये इन्हें ऋणात्मक प्रकाश अनुवर्तक कहा जाता है। इसी प्रकार पौधों की पत्तियों में भी प्रकाश के लिये प्रसार होता है। कभी–कभी कुछ पौधों में प्रकाशानुवर्तन के लिये प्रतिचार करने की शक्ति समय-समय पर बदलती रहती है। जैसे– मूँगफली का पुष्पवृन्त प्रारम्भ में धनात्मक प्रकाशानुवर्ती व निषेचन के बाद ऋणात्मक प्रकाशानुवर्ती हो जाता है।

**प्रकाश अनुवर्तन की क्रियाविधि (Mechanism of Phototropism)**– प्रकाश अनुवर्तन में ऑक्जिन का महत्वपूर्ण स्थान है जिसके फलस्वरूप पौधे के तने एवं पत्तियाँ प्रकाश की ओर मुड़ जाती हैं।

प्रकाश अनुवर्तन में ऑक्जिन की भूमिका या कार्य **(Role of Auxins in Phototropism)**– तने में प्रकाश के उद्दीपन के कारण वक्रता आ जाती हैं जिससे ऑक्सिन (Auxins) तने के अंधेरे वाले भाग की ओर की कोशिकाओं में भी अधिक वृद्धि होती है तथा तना प्रकाश की ओर झुक जाता है एवं जड़े पार्श्व की ओर बढ़ती हैं।

ब्रिग्स ने कैलीफोर्निया में अनेक ऑक्जिन सम्बन्धी प्रयोग किये, और यह सिद्ध कर दिया कि ऑक्जिन में पार्श्व गति अंधेरे की ओर होती है अर्थात् यह प्रकाश के प्रभाव में नष्ट नहीं होते हैं।

प्रश्न–7. स्पर्शानुवर्तन गति पर संक्षिप्त टिप्पणी लिखिये।

अथवा

स्पर्शानुवर्तन गति से आप क्या समझते हैं? स्पष्ट कीजिये।

उत्तर– **स्पर्शानुवर्तन गति (Thigmotropism)**– ये गति पौधे के अंगों में स्पर्श के उद्दीपन के कारण होती है। जो पौधे टेन्ड्रिल द्वारा ऊपर चढ़ते हैं, जैसे कुकरबिटेसी कुल के

पौधों में इस प्रकार की गति पायी जाती हैं। यह गति कुछ पौधों में उनके साधारण अंगों के ऊपर चढ़ने से भी होती हैं। जैसे कलिआरी (Gloriosa superba) के पर्ण शीर्ष और बेलकन के पर्णाधार पौधे को ऊपर की ओर चढ़ने में सहायता करते हैं।

टेन्ड्रिल का यह भाग ठोस वस्तु का सहारा लेता है एवं जिस अंग में स्पर्श के कारण उद्दीपन होता है प्रतान में उस और वृद्धि कम होती है, परन्तु जो भाग आधार या ठोस वस्तु को स्पर्श नहीं करता है उस ओर अधिक वृद्धि होती है और इसीलिये प्रतान आधार के चारों और गोल घेरा बनाता हुआ लिपटता जाता है। ड्रोसेरा के स्पर्श और डायोनिया की पत्तियाँ भी कीटों के स्पर्श द्वारा होने वाले उद्दीपन से बन्द हो जाती हैं।

जड़ों में भी स्पर्शानुवर्तन की घटना होती हैं। यदि तरुण जड़ का किनारा किसी ठोस वस्तु या पत्थर आदि के सम्पर्क में आ जाता है तो जड़ का यह किनारा दूसरी ओर मुड़ कर आगे बढ़ जाता है। यह गति ऋणात्मक स्पर्शानुवर्तन (Negatively thigmotropism) कहलाती है।

**प्रश्न–8. अनुकुंचन गतियों से आप क्या समझते हो? विभिन्न प्रकार की अनुकुंचन गतियों का वर्णन कीजिये।** [ सागर 2006 ]

अथवा

**अनुकुंचन गतियों के प्रकारों का विस्तारपूर्वक वर्णन कीजिये।**

**उत्तर– अनुकुंचन गति (Nastic movement)–** अनुकुंचन गति बाह्य उद्दीपनों में प्रसार होने के कारण होती है। परन्तु अनुकुंचन गतियों की दिशा उद्दीपन के द्वारा निर्धारित नहीं की जा सकती है। अनुकुंचन गतियाँ पत्तियों एवं फूलों की पंखुड़ियों में ही पायी जाती हैं। इस प्रकार की गतियाँ, प्रकाश, ताप एवं स्पर्श के उद्दीपन के कारण होती हैं। ये गतियाँ निम्न हैं–

**(i) नक्तवक्रिमा गति (Nyctinastic Movement)–** कुछ पौधों जैसे लेग्यूमिनोसी कुल के पौधों के फूल एवं पत्तियों की स्थिति दिन में एवं रात में अलग अलग रहती हैं। ये रात्रि में एक विशेष स्थिति ग्रहण कर लेते हैं। ये गतियाँ नक्तवक्रिमा हैं। इस प्रकार की गतियों को पत्तियों की दिन एवं रात्रि की स्थिति के अनुसार निद्रावर्तना (Nyctitropism) और स्वप्न गतियाँ (Sleep movements) भी कहते हैं। इस गति को उत्पन्न करने में प्रकाश एवं ताप बाह्य उद्दीपन का कार्य करते हैं। उदाहरण– खट्टी बूटी।

**(ii) प्रकाशनुकुंचनी गति (Photonastic Movement)–** खट्टी बूटियों के पुष्प राशि में बन्द रहते हैं एवं सुबह खिलते हैं। इसी प्रकार इवनिंग प्रिमरोज तथा निकोटियाना के फूल शाम को खिल जाते हैं और रात भर खिले रहते हैं, परन्तु सुबह होने पर वे फिर बन्द हो जाते हैं। इस प्रकार की गतियों को प्रकाशवक्रिम (Photonastic) कहते हैं।

**(iii) कम्पानुकुंचनी गति (Seismonastic movements)–** छुई–मुई (Mismosa Pudica) को छूने, स्पर्श करने या वर्षा की बूंदे पड़ने से उनके पत्रक बन्द हो जाते हैं एवं झुक कर नीचे की ओर लटक जाते हैं। यह क्रिया नास्टिक गति के कारण होती है। छुई–मुई की पत्ती के पर्णाधार फूले हुये रहते हैं जिन्हें पल्विनस (Pulvinus) कहते हैं। प्रत्येक पल्विनस के नीचे का आधा भाग पतली भित्ति वाली कोशिकाओं का बना होता है। इन पतली भित्ति की कोशिकाओं के बीच अन्तरकोशिय अवकाश काफी बड़े होते हैं तथा पलविनस के ऊपरी भाग की कोशिकायें छोटी भित्ति वाली कोशिकायें होती हैं जिनके अन्तरकोशिकीय अवकाश कम होते हैं। छुई–मुई की पत्ती को छूने पर उनमें उद्दीपन होता है जिससे पत्ती नीचे की ओर झुक जाती है और पत्तियाँ बन्द हो जाती हैं। यह गति पत्रकों एवं पत्तियों के फूले हुये पत्राधार और पल्विनस में उपस्थित पैरेनकाइमा कोशिकाओं के आशून (turgid) तथा ढीली (flaccid) हो जाने पर निर्भर करती है। जिस समय पत्तियों को उद्दीपन नहीं मिलता तो पत्तियाँ पूर्ण स्फीति



दशा में रहती हैं एवं पत्तियाँ सीधी तनी रहती हैं, परन्तु पत्ती को छूने से उन्हें उद्दीपन मिलता हैं और नीचे स्थित कोशाओं का जल उनके बीच में स्थित अन्तरकोशीय स्थानों पर चला जाता है जिससे कोशाएं शिथिल हो जाती हैं। पत्राधारों की ऊपरी कोशाएं नीचे की ओर दबाव डालती है और पत्तियां झुक जाती हैं।

**(iv) तापानुकुंचन गति (Thermonastic movement)–** केसर एवं ट्यूलिपा के पुष्प ताप बढ़ने पर खुल जाते हैं व ताप घटने पर बंद हो जाते हैं।

**प्रश्न–9. बीज प्रसुप्ति क्या है? प्रसुप्ति के कारण एवं उसे तोड़ने की विधियों का वर्णन कीजिये।** [ सागर 2005,07,06 भोपाल 2005,06 जबलपुर 2005,07 ]

अथवा

**बीज प्रसुप्ति पर एक निबन्ध लिखिये।**

**उत्तर– बीज प्रसुप्ति (Seed dormancy)–** अब बीजों को उनके अंकुरण के लिये आवश्यक सभी परिस्थितियाँ उपलब्ध होने पर बीजों में अंकुरण की क्षमता आ जाती है। कुछ पौधो के बीज परिपक्व होने के पश्चात तुरन्त अंकुरित हो जाते हैं जबकि कुछ बीज समस्त परिस्थितियों के अनुकूल होने के बावजूद भी अंकुरित नहीं हो पाते हैं। इसका मुख्य कारण बीज के कुछ आन्तरिक कारक (Internal factors) अथवा कुछ पारिस्थितिक कारकों का उपस्थित होना है। इस अवस्था में बीजों की वृद्धि एवं अन्य क्रियायें बन्द रहती हैं। बीजों की इस अवस्था को विश्रामावस्था (Resting stage) तथा इस क्रिया को बीज प्रसुप्ति (Seed dormancy) कहते हैं। प्रसुप्तीकरण के पश्चात् ही इन बीजों में अंकुरण होता है। इस प्रकार प्रसुप्ति बीजों में पाया जाने वाला एक प्रकार का अनुकूलन है जो कि पौधों को प्रतिकूल परिस्थितियों में भी जीवित रखता है।

**प्रसुप्ति के कारण (Causes of dormancy)–** बीज प्रसुप्ति एक अथवा एक से अधिक कारकों के सम्मिलित प्रभाव के परिणाम स्वरूप होती है। प्रसुप्ति के प्रमुख कारक निम्नलिखित हैं–

1. **प्रतिरोधी एवं अपारगम्य बीज कवच (Resistant and Impermeable sead coat)–** कुछ कुलों जैसे–लेग्यूमिनोसी, मालवेसी, चीनोपोडिएसी, कन्वाल्बुलेसी एवं सोलोनेसी आदि के बीजों में उपस्थित बीज कवच अत्यन्त कठोर एवं पानी के लिये अपारगम्य होते हैं। ऐसे बीज मिट्टी में तब तक प्रसुप्ति अवस्था में पड़े रहते हैं, जब तक कि इनके बीजावरण सूक्ष्मजीवों की क्रिया द्वारा नष्ट नहीं हो जाते हैं।

2. **बीज कवच का $O_2$ के प्रति अपारगम्य होना (Seed Coats impermeable to Oxygen)–** कुछ पौधों जैसे– जैन्थियम (Xanthium) कुछ घासों एवं कम्पोजिटी कुल के पौधों में बीज प्रसुप्ति का मुख्य कारण उसकी $O_2$ के प्रति अपारगम्यता होती है। प्रसुप्तावस्था के दौरान बीज कवच की $O_2$ के लिये पारगम्यता में वृद्धि होती जाती है, अतः अन्त मे वे अंकुरित हो जाते हैं।

3. **भ्रूण की अपरिपक्वता (Immaturity of Embryo)–** आर्किड्स, जिन्गो, एनीमोन फ्रेक्सीनस एवं फिकेरिया आदि के बीजों में बीज प्रसुप्ति का मुख्य कारण उनके अन्दर अपरिपक्व भ्रूण की उपस्थिति का होना है। अतः ऐसे बीज एक निश्चित अवधि की विश्रामावस्था में जाने के पश्चात ही अंकुरित होते हैं। इस अवस्था में इनके भ्रूण का विकास पूर्ण हो जाता है।

4. **यांत्रिक रूप से प्रतिरोधी बीज कवच (Mechanically resistant seed coats)–** कुछ जंगली पौधों में दृढ़ बीज कवच, एक भ्रूण के विस्तार के लिये भौतिक अवरोध के रूप में कार्य करता है। अमेरेन्थस (Amaranthus) में बीज कवच पानी व $O_2$ के

लिये तो पारगम्य होता है, परन्तु वह भ्रूण के विकास अथवा विस्तार को रोक देता है। ऐसे बीजों की प्रसुप्ति तभी समाप्त होती है, जब उन्हें कुछ समय के लिये प्रकाश में रखकर शुष्क करने के पश्चात् पानी दिया जाये।

5. **अंकुरण प्रतिरोधक (Germination Inhibitors)**– कुछ पौधों में प्रसुप्ति का मुख्य कारण बीज के भागों अथवा उसके चारों ओर उपस्थित संरचनाओं में अंकुरण प्रतिरोधी पदार्थों की उपस्थिति होती है। उदाहरण– टमाटर।

6. **चिलिंग अथवा कम तापक्रम उपचारण की आवश्यकता (Chilling or low temperature requirement)**– सेव, गुलाब आदि के बीजों को बसन्त ऋतु में हार्वेस्ट करने पर वे अंकुरित नहीं हो पाते हैं, क्योंकि उनके अंकुरण के लिये कम उपचार या चिलिंग आवश्यकता होती है। ऐसे बीज सम्पूर्ण ठण्ड ऋतु तक प्रसुप्ति अवस्था में रहते हैं तथा बाद में अंकुरित होते हैं।

7. **प्रकाश संवेदी बीज (Light sensitive seeds)**– कुछ प्रकार के बीजों में अंकुरण प्रकाश के द्वारा प्रभावित होता है। ऐसे बीजों को फोटोब्लास्टिक कहते हैं। कुछ बीजों में प्रसुप्ति अधिक प्रकाश मिलने पर समाप्त हो जाती है।

**प्रसुप्ति को समाप्त करने के उपाय (Measures to Remove seed dormancy)**–

1. **खरोंचन विधि (Scarification)**– इस विधि के अन्तर्गत कठोर बीज कवचों को खरोंच कर मुलायम बनाया जा सकता है। इससे उनमें आसानी से अकुरण हो सकता है। यह कार्य अनेक यांत्रिक विधियों द्वारा किया जाता है। इसके अलावा, गन्धक का अम्ल के उपचार से बीज कवच पतले पड़ जाते हैं और उनमें अंकुरण होने लगता है।
2. **तापमान एकान्तरण (Alternating Temperature)**– कुछ बीजों के भ्रूणों में प्रसुप्ति पायी जाती हैं जो उनके उच्च तापमान 30–40 डिग्री से तथा निम्न तापमान 5–10 डिग्री से. पर रखने से दूर की जा सकती है।
3. **कम ताप उपचार द्वारा (Low temperature treatment)**– कुछ बीजों को 5 डिग्री से. तापमान पर रखने से ये अंकुरित हो जाते हैं।
4. **दाब उपचार (Pressure Treatment)**– स्वीट क्लोवर एवं अल्फाल्फा के प्रसुप्ति बीजों को अन्य वायुमण्डलीय दाब पर उपचारित करके उन्हें अंकुरित किया जा सकता है।
5. **प्रकाश उपचार (Light Treatment)**– अधिक प्रकाश में अंकुरण करने वाले बीजों को प्रकाश में अंकुरण करने वाले बीजों को प्रकाश के उपचार द्वारा अंकुरण कराया जा सकता है।
6. **रासायनिक उपचार (Chemotherapy)**– अनेक रासायनिक पदार्थ जैसे पोटेशियम, नाइट्रेट, थायोयूरिया, जिबरेलिन्स, इथायलीन आदि के उपचार से बीजों में प्रसुप्ति नष्ट हो जाती हैं और ये बीज अंकुरण कर सकते हैं।

**प्रश्न–10. बसन्तीकरण पर एक टिप्पणी लिखिये।** [भोपाल 2006]

**अथवा**

**बसन्तीकरण के महत्व का संक्षेप में वर्णन कीजिये।**

**अथवा**

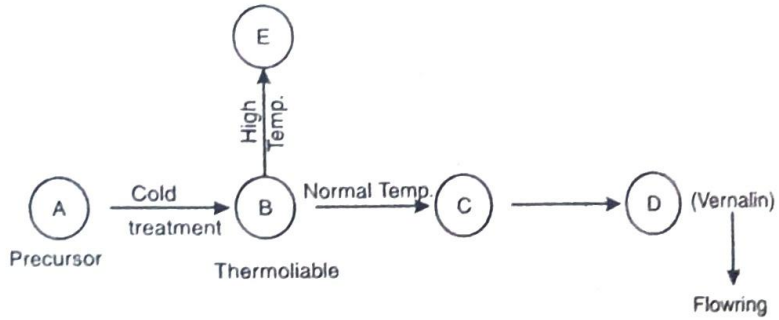
**बसन्तीकरण की जैव रासायनिक क्रियाविधि का वर्णन कीजिये।**

**उत्तर**– थॉमसन (Thomson, 1936) के अनुसार, बसन्तीकरण वह क्रिया है। जिसके अन्तर्गत बीजों को बोने से पूर्व एक विशेष तापमान पर रखा जाता है और उसमें पुष्पन की



क्रिया का अध्ययन किया जाता है। रूसी वैज्ञानिकों के अनुसार इस क्रिया को यारोबाईजेशन (Yarovization) कहते हैं। रूसी वैज्ञानिकों लाइसेंको (Lysenko, 1934) ने बसन्तीकरण क्रिया के सम्बन्ध में एक उल्लेखीय मत प्रस्तुत किया है। उन्होंने कहा कि पौधों में वृद्धि अनेक क्रमों (series) में होती है। जिसमे अलग–अलग अवस्थायें (Phases) होती हैं। लैंगिक प्रजनन के प्रारम्भ होने से पूर्व की अवस्था बसन्तीकरण अवस्था कहलाती है। इसे प्रभावी बनाने के लिये इस अवस्था में पौधों को 0°C से 20°C तक उपचारित किया जाता है और फिर इसके पश्चात् इन पौधों को खेतों में बो दिया जाता है। जिससे इन पौधों के पुष्पन पर प्रभाव पड़ता है।

**बसन्तीकरण की क्रियाविधि**– आधुनिकाल में विभिन्न वैज्ञानिकों ने बसन्तीकरण की क्रिया पर महत्वपूर्ण कार्य किये हैं। और इन वैज्ञानिकों के अनुसार यह बतलाया गया है कि बसन्तीकरण की क्रिया में बरनेलिन नामक हार्मोन बनता है। जो पौधों में शीघ्र पुष्पीकरण के लिये आवश्यक होता है जबकि कुछ अन्य वैज्ञनिकों के अनुसार इस क्रिया में जिबरेलिन नामक हॉर्मोन बनता है। ये दोनों ही हॉर्मोन बसंतीकरण क्रिया में महत्वपूर्ण भूमिका निभाते हैं। लैंग एवं मैल्चर्स (Lang and Melchers, 1947) ने बसंतीकरण की क्रियाविधि को समझाने के लिये हॉर्मोनिल सिद्धान्त ( Hormonal theory) प्रस्तावित किया। इस सिद्धान्त के अनुसार, पौधों में एक पदार्थ A बनता है, जिसे प्रिकर्सर कहते हैं। जो कि ताप सहिष्णु (Thermoliable) होता है। तथा यह पदार्थ A शीतोपचार (Cold treatment) के बाद अन्य पदार्थ B में बदल दिया जाता है सामान्य अवस्था में B,C नामक यौगिक में बदल जाता है जो कि पुष्पन हॉर्मोन 'D' वरनेलिन का निर्माण करता है। जिससे पौधों में पुष्पन की क्रिया होती है। किन्तु तापमान अधिक होने पर B पदार्थ E नामक यौगिक में परिवर्तित हो जाता है जिसके परिणामस्वरूप पुष्पन क्रिया अवरुद्ध हो जाती है। इसे डिवर्नेलाइजेशन कहते हैं।




यदि हम सामूहिक रूप से देखें तो हम संक्षिप्त में कह सकते हैं कि– तापमान उपचारण के पश्चात बीजों को मिट्टी में बोया जाता है, मिट्टी में यह बीज जल का अवशोषण करते हैं और अंकुरण प्रारम्भ करते हैं। जिससे बीज कवच फट जाता है और मूलांकुर (Radicle) और प्रांकुर (Plumule) उत्पन्न होकर क्रमशः जड़ व तने का निर्माण करते है। प्रसिद्ध वैज्ञानिक ऐनल, 1938 के अनुसार, शरद ऋतु में बोयी जाने वाली गेहूँ की किस्मों को यदि कम तापमान पर उपचारित किया जाये तो इसमें बसन्तीकरण हो जाता है। इजसके परिणामस्वरूप गेहूँ के पौधों में बसंत ऋतु में पुष्प उत्पन्न हो जाते हैं। ग्रिगोरी (Gregory, 1948) ने बताया कि कम तापमान पर बीजों को उपचारित करने से एक हॉर्मोन बनता है जिसके द्वारा बसन्तीकरण के फलस्वरूप शीघ्र पुष्पन होने लगता है।

**बसन्तीकरण का महत्व–**

(1) बसन्तीकरण के प्रभाव से एक वर्षीय पौधे समय से पूर्व ही पुष्पन करने लगते है। उसी प्रकार द्विवर्षीय पौधे एक ही वर्ष में पुष्पन करने लगते है।

(2) इसमें पौधों में वर्धी वृद्धि (Vegetative growth) कम हो जाती है। जिससे उत्पन्न होने वाले बीज स्वस्थ्य व अच्छे होते हैं और उनकी पैदावार भी अधिक होती है।

(3) विभिन्न खाद्यान्न फसलों जैसे- गेहूँ तथा जौ आदि के पौधों में बसन्तीकरण के फलस्वरूप शुष्कता प्रतिरोध उत्पन्न हो जाता है।

(4) बसंतीकरण के पश्चात् पौधों में क्लोरोप्लास्ट की मात्रा अधिक हो जाती है जिससे उनमें प्रकाश संश्लेषण की क्रिया भी अधिक होने लगती है।

**प्रश्न– 11. दीप्तिकालिता पर एक निबन्ध लिखिये।** [ भोपाल 2007 ]

अथवा

**दीप्तिकालिता किसे कहते हैं? इस आधार पर पौधों का वर्गीकरण कीजिये तथा उसकी क्रियाविधि समझाइये।** [ भोपाल 2005 ]

उत्तर– दीप्तिकालिता **(Photoperiodism)**– गार्नर एवं एलार्ड **(Garner and Allard, 1920)** ने अपने प्रयोगों में यह पाया कि पौधों में पुष्पन (Flowering) की क्रिया पर रात व दिन (अंधकार एवं प्रकाश) का बहुत प्रभाव पड़ता है। पुष्पन क्रिया पर रात व दिन के प्रभाव को ही दीप्तिकालिता (Photoperiod) कहते हैं। पुष्पन क्रिया के लिये प्रकाश की जितनी समयावधि की आवश्यकता होती है। उसे दीप्तिकाल (Photoperiod) कहते हैं।

दीप्तिकाल के आधार पर पौधों को निम्न तीन समूहों में वर्गीकृत किया जा सकता है–

**(i) अल्प प्रदीप्तिकालीन या छोटे दिन वाले पौधे (Short Day Plants-SDP)**– ऐसे पौधे जिन्हें पुष्पन क्रिया के लिये 12 घण्टे से कम प्रकाश की आवश्यकता होती है उन्हें अल्प प्रदीप्तिकालीन या छोटे दिन वाले पौधे कहते हैं।

जब SDP को अन्धकार की अवस्था में कुछ समय के लिये अत्यन्त कम तरंगदैर्ध्य वाले प्रकाश में अनावरित (expose) किया जाता है। इसी प्रकार जब मध्यरात्रि में प्रकाश का एक फ्लैश भी दिया जाता है। तब इनमें पुष्पन नहीं होता है। इस प्रकार इन पौधों में पुष्पन के लिये अंधकार प्रावस्था की निरन्तर आवश्यकता होती है। अतः इन्हें लम्बी रात्रि वाले (Long night plants) भी कहा जाता है।

**(ii) दीर्घ प्रदीप्तिकालीन पौधे या बड़े दिन वाले पौधे ( Long Day Plants- LDP)**– ऐसे पौधे जिन्हें पुष्पन क्रिया के लिये 12 घण्टे से अधिक समय तक प्रकाश की आवश्यकता होती है, उन्हें दीर्घ प्रदीप्तिकालीन या बड़े दिन वाले पौधे कहते हैं।

उदाहरण– गेहूँ, मूली, चुकन्दर आदि जिन्हें पन्द्रह घण्टे लगभग दीप्तिकाल की आवश्यकता होती है तथा 7 से 8 घण्टे अंधेरे की आवश्यकता होती है।

LDP पर लम्बी अन्धकार प्रावस्था का विपरीत प्रभाव पड़ता है। जब LDP को लम्बी अन्धकार प्रावस्था के दौरान किसी भी समय प्रकाश का एक फ्लैश (single flash) दिया जाता है तब इनमें छोटे दिन वाली अवस्था में भी पुष्पन किया जा सकता है। अतः इन्हें छोटी रात्रि वाले पौधे भी कहा जा सकता है।

**(iii) दिन निरपेक्ष पौधे (Day neutral Plants)**– इन पौधों में पुष्पन के लिये दिन में प्रकाश की विशिष्ट अवधि की आवश्यकता नहीं होती है। उदाहरण– टमाटर, कपास, सूरजमुखी इत्यादि।

**दीप्तिकालिक प्रेरण (Photoperiodic induction)**– SDP एवं LDP को एक निश्चित फोटोपीरियड में अनावरित करने पर उनमें पुष्पन करने के लिये पर्याप्त होता है। इस



प्रभाव को ही दीप्तिकालिक प्रेरण (Photoperiodic induction) कहते है। **कॉकलबर (cocklebar)** में पुष्पन क्रिया को प्रेरित करने के लिये दीप्तिकाल (Photoperiod) का एक सही चक्र पुष्पन क्रिया को प्रेरित करने में सक्षम होता है।

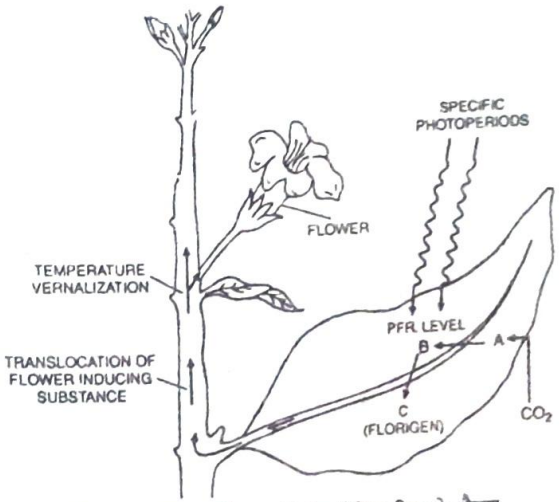
**दीप्तिकालिक उद्दीपन (Photoperiodic stimulus)**– **नॉट (knott, 1934)** के अनुसार, दीप्तिकालिक उद्दीपन पौधों की पत्तियों द्वारा ग्रहण किये जाते है। पत्तियों में दीप्तिकालिक उद्दीपनों को ग्रहण करने के लिये वर्णक फाइटोक्रोम पाया जाता है जो कि प्रकाशदीप्ति उद्दीपनों को ग्रहण करके एक पुष्पन हार्मोन का निर्माण करता है, जो फ्लोरिजेन (Florigen) कहलाता है।

**फाइटोक्रोम तथा फ्लोरीजन का पुष्पन पर प्रभाव**– पुष्पन पौधों को उचित प्रकाश और अंधेरे की अवधि का पूर्ण चक्र (Photoperiodic cycle) मिलने पर सम्भव होता है। प्रकाश का उद्दीपन पत्तियाँ ग्रहण करती हैं। परिपक्व पत्तियाँ इस उद्दीपन के लिये युवा और वृद्ध पत्तियों की तुलना में अधिक संवेदनशील होती हैं।

**हेण्डरिक्स एवं पारकर ( Handricks and Parker, 1956)** ने अपने प्रयोगों द्वारा स्पष्ट किया कि दीर्घ प्रदीप्तिकालीन पौधों तथा अल्प प्रदीप्तिकालीन पौधों के लिये क्रिया स्पेक्ट्रम समरूप (identical) होते हैं। स्पेक्ट्रम का क्षेत्र, प्रकाश प्रेरण (Photo induction) के चारों ओर 660 nm तक सबसे अधिक प्रभावी होता है। नीली तरंगदैर्ध्य पत्तियों और पर्णवृन्तों की वृद्धि में सहायक होती हैं। जबकि लाल तरंगदैर्ध्य (560-680 nm) पुष्पन के उद्दीपन का कार्य करता है।

पत्तियों में इन लाल तरंगदैर्ध्यों को अवशोषित करने वाला फाइटोक्रोम नाम का विशेष वर्णन होता है जो दो रूपों में पाया जाता है– Pr- लाल तरंगदैर्ध्य (660nm) को अवशोषित करने वाला और दूसरा pfr- सुदूर लाल (Far red) तरंग दैर्ध्यों (740nm) को अवशोषित करने वाला। रंगद्रव्य के दोनों रूप प्रकाश रसायन (Photochemical) गुण के अनुसार एक-दूसरे में बदल सकते हैं–

Flowering ↑ Florigen ↑ Pr $\underset{740\ nm}{\overset{600\ nm}{\rightleftharpoons}}$ Pfr Reversion in dark




चित्र– फ्लोरीजेन हार्मोन का निर्माण दीप्तिकालिता के दौरान

Pr पुष्पन का उद्दीपन करता है तथा Pfr पुष्पन का संदमन करता है। सामान्यतः लघु प्रदीप्ति कालीन पौधें दिन में Pfr प्रकाश अवशोषित करते हैं। रात में यह Pfr, Pr में परिवर्तित हो जाता है और इस कारण पुष्पन के लिये फ्लोरीजेन नामक हॉर्मोन पदार्थ के निर्माण की प्रेरणा मिलती है। यह हॉर्मोन प्रकाश अवधि तथा प्रकाशहीन अवधि में पत्तियों द्वारा निर्मित होता है जो पुष्पन के समय अग्र प्ररोह (Shoot apex) में स्थानान्तरित होता है और पुष्पन में सहायता करता है।

दीप्तिकालिता विधि के अध्ययन के दौरान यह पाया गया है कि प्रकाश तथा $CO_2$ की उपस्थिति में पत्तियों द्वारा 'A' पदार्थ का निर्माण होता है जो अंधेरे में 'B' नामक पदार्थ में परिवर्तित हो जाता है और अन्ततः 'C' में परिवर्तित होता है। यह 'C' पदार्थ ही फ्लोरीजेन हॉर्मोन का निर्माण करता है।

फ्लोरीजेन पत्ती से निर्मित होकर प्ररोह में जाता है तथा पुष्पन की क्रिया का उद्दीपन करता है। अल्पप्रदीप्तिकालीन पौधे को लम्बे दिन वाला प्रकाश देने पर पुष्पन का उद्दीपन नहीं होता है, ऐसा प्रेक्षित किया गया है। किन्तु यह देखा गया है कि दोनों पौधों को प्रकाशावधि के बाद जोड़ दिया जाता है तो एक पौधे से फ्लोरीजेन दूसरे पौधे में स्थानान्तरित हो जाती है और पुष्पन होने लगता है।

इस क्षेत्र में कार्यरत वैज्ञानिकों जैसे जीवार्ट **(zeevart, 1958)** के मतानुसार दीर्घ प्रदीप्ति कालीन पौधे (LDP) तथा अल्प प्रदीप्तिकालीन पौधे (SDP) पौधों में पुष्पन उद्दीपन एक–सा होता है। इस वैज्ञानिक में इस क्रिया को जानने हेतु पौधों पर ग्राफ्टिंग प्रयोग किये। जिसमें इन्होंने LDP को SDP से तथा SDP को LDP के साथ ग्राफ्ट किया। इन्होंने प्रेक्षित किया कि यदि इस प्रकार ग्राफ्ट करने से पहले LDP पुष्पन प्रकाशावधि (Photo-period) देकर छोटे SDP के साथ ग्राफ्ट किया जाता है, तो दोनों ही पौधों की शाखाओं में पुष्पन होने लगता है। इसी SDP को प्रकाशावधि देकर LDP पौधे के साथ ग्राफ्ट कर दिया जाये तो भी दोनों पौधों की शाखाओं पर पुष्पन क्रिया होने लगती हैं। इससे यह स्पष्ट होता है कि प्रकाशावधि के फलस्वरूप पुष्पन हार्मोन निर्मित होता है जो दूसरे प्रकार के ग्राफ्ट किये हुये पौधे की शाखा में प्रसारित (Diffuse) होकर उसमें पुष्पन उद्दीपन करता है।

**प्रश्न–12. फाइटोक्रोम एवं पौधों पर उनके महत्व पर सविस्तार लेख लिखिये।**

**अथवा** [सागर 2005,06,भोपाल 2007]

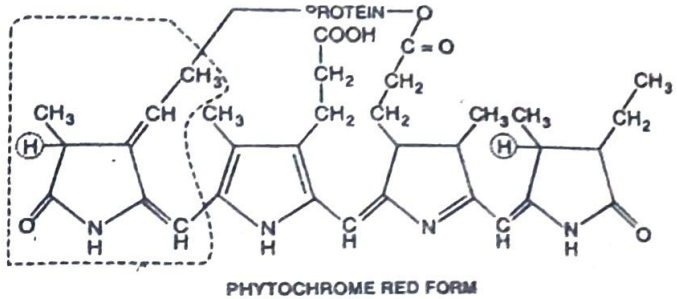
**फाइटोक्रोम क्या हैं तथा पौधों में इनका क्या महत्व है?**

**उत्तर– फाइटोक्रोम (Phytochrome)–** वैज्ञानिकों ने विभिन्न प्रयोगों के आधार पर निष्कर्ष निकाला कि छोटे दिन वाले पौधों (SDP) को अन्धकार अवस्था में लाल प्रकाश में कुछ समय के लिये अनावरत (Expose) करने पर उनमें पुष्पन क्रिया अवरुद्ध हो जाती है। यदि इस पौधों को तुरन्त दूरस्थ लाल प्रकाश (Far red light) प्रकाश में अनावरत किया जाता है, तो उनमें पुष्पन क्रिया पुनः प्रारम्भ हो जाती है।

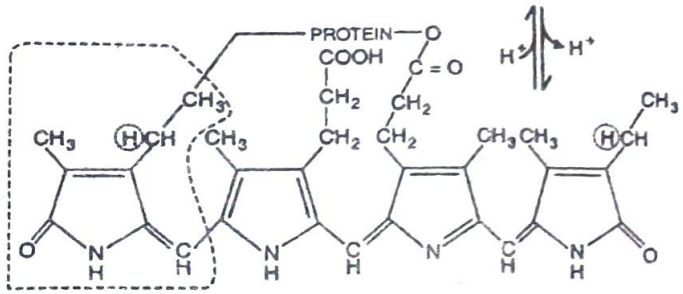
इसी प्रकार यदि लम्बे दिन वाले पौधों की अन्धकार अवस्था को अवरुद्ध (interrupt) किया जाता है तो उनमें पुष्पन क्रिया होती है। छोटे दिन वाले पौधों (SDP) में पुष्पन क्रिया के अवरुद्ध होने तथा लम्बे दिन वाले पौधों (LDP) में पुष्पन क्रिया में प्रेरण (Stimulation) का मुख्य कारण उनमें एक प्रोटीनयुक्त वर्णक की उपस्थिति होती है जिसे फाइटोक्रोम (Phytochrome) कहते हैं। सन् 1959 में बटलर एवं सहयोगियों ने सर्वप्रथम पौधों से इस वर्णक को पृथक करके उसे फाइटोक्रोम नाम दिया।



**बैलब्यान** (1968) के अनुसार फाइटोक्रोम वह पदार्थ है जिसमें क्रोमेटोग्राफिंग समूह प्रोटीन के साथ सम्बन्धित होता है। फाइटोक्रोम एक प्रकार का रंगद्रव्य (Pigment) है जो कि लाल (PR) एवं दूरस्थ लाल (PFR) प्रकाश को अवशोषित करता हैं।




PHYTOCHROME RED FORM




PHYTOCHROME FAR RED FORM

चित्र– फाइटोक्रोम के क्रोमोफोर की संरचना तथा प्रोटीन से लिंकेज का प्रदर्शन

**वितरण (Distribution)–** फाइटोक्रोम वर्णक कुछ शैवलों को छोड़कर सभी हरे पौधों जैसे–हरी शैवाल, लाल शैवाल, ब्रायोफाइट्स जिम्नोस्पर्म एवं एन्जियोस्पर्मिक पौधों में पाये जाते हैं। कोशिका के अन्दर यह वर्णक कोशिका झिल्ली में पाया जाता है।

**रासायनिक संगठन एवं संरचना (Chemical Composition and structure)–** फाइटोक्रोम एक प्रोटीन युक्त क्रोमेटोफोर है। अतः फाइटोक्रोम मुख्यतः दो पदार्थों का बना होता है– (i) क्रोमोफोर (Chromophore) एवं (ii) प्रोटीन (Protein)

वैज्ञानिकों के अनुसार इसका क्रोमोफोर एक अचक्रीय (Non-cyclic) एवं खुली श्रृंखला वाला टेट्रापायरॉल (Tetrapyrol) होता है। प्रत्येक फाइटोक्रोम में चार पायरॉल रिंग उपस्थित होती हैं। जो कि एक कतार में श्रेणीबद्ध होती हैं तथा इसका क्रोमोफोर भाग प्रोटीन वाले भाग से घिरा रहता है।

**फाइटोक्रोम के रूप (Forms of Phytochrome)–** वैज्ञानिकों के अनुसार फाइटोक्रोम के दो रूप होते हैं।

**1. P.R. form–** यह फाइटोक्रोम का लाल प्रकाश अवशोषित करने वाला रूप है जो कि 660 nm तरंगदैर्ध्य वाले प्रकाश को अवशोषित करता है। इसे PR या Pr के द्वारा व्यक्त किया जाता है। यह नीले हरे रंग (Blue-green) होता है।

Flowering ← Florigen ← PR ⇌ (600 nm / 740 nm) Reversion in Dark.

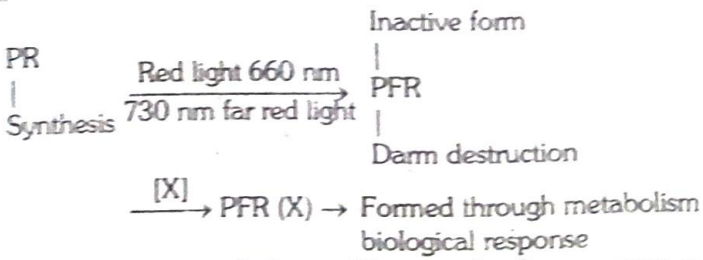
**2. PFR Form–** यह फाइटोक्रोम का दूरस्थ लाल (Far Red) प्रकाश अवशोषित करने वाला रूप है जो कि 730nm तरंगदैर्ध्य वाले दूरस्थ लाल प्रकाश को अवशोषित करता है। इसे PFR या P fr द्वारा व्यक्त किया जाता है। इसका रंग हल्का हरा (Light green) होता है।

फाइटोक्रोम के उपरोक्त दोनों रूप आपस में परिवर्तनशील (Interconvertible) होते हैं।

PR form 660nm वाले लाल प्रकाश को अवशोषित करके PFR form परिवर्तित हो जाता है। इसी प्रकार Pfr form 730nm वाले दूरस्थ लाल प्रकाश को अवशोषित करके PR-form में परिवर्तित हो जाता है। Pfr form अन्धकार अवस्था में स्वतः भी PR-form में परिवर्तनशील होता है।

ऐसा विश्वास किया जाता है कि दिन के समय पौधों में Pfr form की सान्द्रता अधिक होती है तथा यह छोटे दिन वाले पौधों में पुष्पन क्रिया को अवरुद्ध कर देता है जबकि लम्बे दिन वाले पौधों में इसके प्रभाव से पुष्पन क्रिया प्रेरित होती है। छोटे दिन वाले पौधों में क्रिटिकल अन्धकार अवस्था (Critical Dark Phase) में PFR धीरे-धीरे PR form में परिवर्तित हो जाता है तथा उसमें पुष्पन क्रिया को प्रेरित करता है। यदि इस अन्धकार अवस्था को कुछ समय के लिये लाल प्रकाश देकर अवरुद्ध कर दिया जाता है तो छोटे दिन वाले पौधों में PR के PFR में परिवर्तन के कारण क्रिया अवरुद्ध हो जाती है। यदि इन पौधों को पुनः लाल प्रकाश में कुछ समय के लिये अनावरित किया जाता है तो उनमें पुष्पन पुनः प्रारम्भ हो जाता है। यदि लम्बे दिन वाले पौधों के क्रिटिकल प्रकाश अवधि (Critical light Period) को बढ़ा दिया जाये अथवा इनको अन्धकार अवस्था को लाल प्रकाश के द्वारा अवरुद्ध कर दिया जाये तो इन पौधों में PR के PFR- form में परिवर्तन के कारण पुष्पन क्रिया प्रारम्भ हो जाती है।

**फाइटोक्रोम की क्रियाविधि (Mechanism of Phytochrome Action)–** ब्रिग्स (Briggs) एवं सहयोगियों के अनुसार फाइटोक्रोम स्वयं अक्रिय अवस्था में होता है। **हर्टमान (Hartman)** ने फाइटोक्रोम की क्रियाविधि को समझाने के लिये यह एक परिवर्तन विधि बतायी–




**हर्टमान के अनुसार फाइटोक्रोम का जैविक रूप से सक्रिय रूप PFR का कोई अज्ञात व्युत्पन्न होता है। वास्तव में फाइटोक्रोम कई अन्य भौतिक रूपों (Physical form) में पाया जाता है। वैज्ञानिकों के अनुसार जैविक रूप से सक्रिय PFR एक अन्य पदार्थ X से क्रिया करके PFR (X) Complex बनाता है जो कि विभिन्न जैविक क्रियाओं में भाग लेता है। PFR (X) एक एन्जाइम के समान विभिन्न उपापचयी क्रियाओं को प्रेरित करता है तथा किसी विशिष्ट जीन को उद्प्रेरित करके किसी नये एन्जाइम का निर्माण करता है। इसके प्रभाव में RNA एवं प्रोटीन संश्लेषण की दर में वृद्धि होती है।**



**फाइटोक्रोम की क्रियायें (Phytochrome activities)–** इसके द्वारा निम्न क्रियायें होती हैं–

1. पत्ती, तना एवं वृन्त की लम्बाई में अभिवृद्धि करना।
2. हाइपोकोटाइल, हुक तथा घास की पत्तियों को मुड़ने से रोकना।
3. जड़, राइजोम और बल्ब का परिवर्धन करना।
4. फर्न के बीजाणु, आवृतबीजियों के परागकण और बीजों में अंकुरण करना।
5. रन्ध्रों और ट्रेकीड्स में विभेदन करना।
6. उपरोक्त कार्यों के अलावा फायटोक्रोम अनेक उपापचयी क्रियाओं, ध्वसन RNA ऑक्सिन उपचय, वसा निम्नीकरण (Fat degradation), प्रोटीन निम्नीकरण, विलगन दीप्तिकालिता, पारगम्यता आदि क्रियाओं में भाग लेता है।

फायटोक्रोम से सम्बन्धित कुछ महत्वपूर्ण क्रियायें निम्न प्रकार हैं–

**1. पुष्पन (Flowering)–** पुष्पन की क्रिया में फायटोक्रोम का महत्वपूर्ण कार्य होता है। लम्बे दिन वाले पौधों को लम्बे दिन की समय अवधि में काफी समय तक रहने देने तक लम्बे दिन वाले पौधों में पुष्पन क्रिया में अभिवृद्धि हो जाती है, लेकिन छोटे दिन वाले पौधों में यह क्रिया कम हो जाती हैं, यदि कम समयावधि अधिक समय तक दी जाती है तो छोटे दिन वाले पौधों में पुष्पन की क्रिया प्रेरित होने लगती हैं, लेकिन लम्बे दिन वाले पौधों में पुष्पन की क्रिया में कमी आ जाती हैं। उपरोक्त वर्णन से स्पष्ट है कि फायटोक्रोम में पाये जाने वाले दो रूप हॉर्मोन्स के निर्माण अथवा संश्लेषण की क्रिया को नियमित करते हैं जिनके द्वारा पुष्पन की क्रिया प्रभावित होती हैं।

**2. DNA एवं प्रोटीन संश्लेषण–** मटर की इटियोलेटेड (Etiolated) तने की प्रविभाजी कोशिकाओं में लाल प्रकाश प्रभाव DNA तथा प्रोटीन संश्लेषण पर किया गया। इसके अनुसार यह निष्कर्ष निकाला गया है। लाल प्रकाश (Pr) इन क्रियाओं को प्रेरित करता है।

**3. परागण अंकुरण (Pollen grain germination)–** यह देखा गया है कि लाल प्रकाश के प्रभाव से परागनलिका का निकलता है, और उसकी वृद्धि तेजी से होती है, लेकिन Pfr के के प्रभाव के कारण ये क्रियायें मंद हो जाती हैं। फायटोक्रोम के द्वारा अनेक क्रियायें प्रभावित होती हैं। नीली हरी शैवालों में पाये जाने वाले वर्णक फाइटोक्रोम (Phytochromes) कहलाते हैं। जो लाल प्रकाश (Pr) एवं फार लाल प्रकाश (Pfr) के द्वारा प्रभावित होते हैं।

**4. बीज अंकुरण एवं सुप्तावस्था (Seed germination and dormancy)–** कुकुरबिटा के वायु में सुखाये गये बीजों में फार लाल रंग (pfr) पाया जाता है, जब इन्हें पानी में भिगोया जाता है तो उनका फायटोक्रोम स्वतन्त्र हो जाता है जो बीजों के अंकुरण को प्रेरित करता है और उसकी सुप्तावस्था को नष्ट कर देता है।

❑❑❑

# वस्तुनिष्ठ प्रश्न

## इकाई-1

(1) **जल का उपयोग ..... कार्य में होता है।**
(अ) श्वसन (ब) प्रकाश-संश्लेषण
(स) वृद्धि (द) गति।
उत्तर- (ब) प्रकाश-संश्लेषण।

(2) **एन्जाइम क्रियायें किससे प्रभावित होती हैं?**
(अ) जल द्वारा (ब) वायु द्वारा
(स) रसायन द्वारा (द) ताप द्वारा।
उत्तर- (द) ताप द्वारा।

(3) **कोशिका के लिये जल महत्वपूर्ण क्यों होता है?**
(अ) जल प्रकाश-संश्लेषण में भाग लेता है
(ब) कोशिकायें आशून रहती हैं
(स) यह जैव रासायनिक क्रियाओं में माध्यम का कार्य करता है
(द) उपर्युक्त सभी।
उत्तर- (द) उपर्युक्त सभी।

(4) **किस तापमान पर जल का घनत्व सबसे अधिक होता है?**
(अ) 0°C पर (ब) 4°C पर
(स) 10°C पर (द) 20°C पर।
उत्तर- (ब) 4°C पर।

(5) **जल की संरचना में, हाइड्रोजन के दोनों अणुओं के बीच कौन-सा कोण बनता है?**
(अ) 60°C (स) 90°
(स) 105° (द) 120°
उत्तर- (स) 105°

(6) **जल की प्रवृत्ति ..... होती है।**
(अ) लवणीय (ब) उदासीन
(स) क्षारीय (द) अम्लीय।
उत्तर- (ब) उदासीन।

(7) **परासरण में होता है-**
(अ) जल का कम सान्द्र विलयन से अधिक सान्द्र विलयन की ओर विसरण
(ब) जल का अधिक सान्द्रता की ओर विसरण
(स) निलम्बित कणों का कम से कम सान्द्रता की ओर विसरण
(द) निलम्बित कणों का अधिक से अधिक सान्द्रता की ओर विसरण।
उत्तर- (अ) जल का कम सान्द्र विलयन से अधिक सान्द्र विलयन की ओर विसरण।

(8) **बीज पानी में डालने पर फूल जाते हैं क्योंकि-**
(अ) परासरण के कारण (ब) अन्तैशोषण के कारण
(स) जलीय अपघटन के कारण (द) उपर्युक्त तीनों क्रियाओं के कारण।
उत्तर- (ब) अन्तैशोषण के कारण।

(9) **विसरण दाब न्यूनता है-**



(अ) डी.पी.डी. (ब) प्रतिदिन प्रकाश-संश्लेषण की कमी
(स) प्रसरण दाब की आवश्यकता (द) प्रतिदिन फॉस्फोरस की आवश्यकता।
उत्तर- (अ) डी.पी.डी.।

(10) **एक कोशिका आयतन में बढ़ेगी, यदि बाहरी माध्यम है-**
(अ) हाइपोटोनिक (ब) हाइपरटोनिक
(स) आइसोटोनिक (द) कोई भी नहीं है।
उत्तर- (अ) हाइपोटोनिक।

(11) **वास्तविक दाब जिससे जल कोशिका में प्रवेश करता है, उसे क्या कहते हैं?**
(अ) विसरण दाब (ब) भित्ति दाब
(स) परासरण दाब (द) डी.पी.डी.।
उत्तर- (द) डी.पी.डी.।

(12) **जब कोशिका पूर्णतया आशून हो तो निम्न में से ..... शून्य होगा।**
(अ) आशून दाब (ब) भित्ति दाब
(स) चूषण दाब (द) परासरण दाब
उत्तर- (स) चूषण दाब।

(13) **यदि कोई कोशिका हाइपरटोनिक घोल में रखी दी जाती है तो उसका आकार ..... हो जाता है।**
(अ) बढ़ (ब) घट
(स) फूल (द) कोई प्रभाव नहीं होता।
उत्तर- (ब) घट जाता है।

(14) **यदि कोई कोशिका जल में डाल दी जाती है तो वह ..... हो जाती है।**
(अ) फूल (ब) सिकुड़
(स) जीवद्रव्यकुंचित (द) कोई भी प्रभाव नहीं पड़ता।
उत्तर- (अ) फूल जाती है।

(15) **जीवद्रव्यकुंचन (plasmolysis) के फलस्वरूप कोशिका भित्ति तथा कोशिका द्रव्य के बीच ..... पाया जाता है।**
(अ) पानी (ब) वायु
(स) कोशिका द्रव्य (द) हाइपरटोनिक घोल।
उत्तर- (द) हाइपरटोनिक घोल।

(16) **मिट्टी में वायु की कमी होने पर अवशोषण ..... होता है।**
(अ) कम (ब) अधिक
(स) स्थायी (द) कोई भी परिवर्तन नहीं।
उत्तर- (अ) कम।

(17) **मूलरोम द्वारा किस जल का अवशोषण होता है?**
(अ) वर्षा जल (ब) हाइग्रोस्कोपिक जल
(स) केपिलरी जल (द) ग्रेविटेशनल जल।
उत्तर- (स) केपिलरी जल।

(18) **निम्नलिखित में से कौन-सा कथन सही नहीं है?**
(अ) पौधे एक समय में एक जल या खनिज तत्व लेते हैं
(ब) मूल रोम खनिज तत्व और जल साथ-साथ लेते हैं
(स) पौधे मृदा जल से थोड़ी मात्रा में खनिज लवण लेते हैं
(द) पौधे बहुत अधिक जल अवशोषित करते हैं।

उत्तर– (अ) पौधे एक समय में एक जल या खनिज तत्व लेते हैं।

(19) **जड़ों के मूल रोम तब अवशोषण करते हैं जब–**
(अ) मृदा में लवण सान्द्रता अधिक होती है
(ब) पौधे में तेजी से श्वसन होता है
(स) कोशिका रस में विलेय सान्द्रता अधिक होती है
(द) जब मृदा से अर्द्धपारगम्य झिल्ली द्वारा पृथक् होते हैं।

उत्तर– (स) कोशिका रस में विलेय सान्द्रता अधिक होती है।

(20) **निम्न में से कौन–सा प्रक्रम जल के सक्रिय अवशोषण के लिये आवश्यक है?**
(अ) श्वसन (ब) परासरण
(स) वाष्पोत्सर्जन (द) रसारोहण।

उत्तर– (अ) श्वसन।

(21) **हाइड्रोपोनिक्स किसे कहते हैं?**
(अ) मृदा विहीन कृषि (ब) जल में पौधों को उगाना
(स) जलीय पौधों को उगाना (द) तैरने वाले जलीय पौधों को उगाना।

उत्तर– (अ) मृदा विहीन कृषि।

(22) **निम्नलिखित में से कौन–सा सूक्ष्म पोषक तत्व है?**
(अ) मैग्नीशियम (Mg) (ब) कैल्शियम (Ca)
(स) जिंक (Zn) (द) फॉस्फोरस (P)

उत्तर– (स) जिंक (Zn)

(23) **निम्नलिखित में से कौन–सा तत्व पौधों की वृद्धि के लिये आवश्यक नहीं है?**
(अ) कॉपर (Cu) (ब) लैड (Pb)
(स) मैग्नीशियम (Mg) (द) आयरन (Fe)

उत्तर– (ब) लैड (Pb)

(24) **क्लोरोफिल में कौन–सा तत्व पाया जाता है?**
(अ) मैंगजीन (Mn) (ब) पोटैशियम (K)
(स) मैग्नीशियम (Mg) (द) आयरन (Fe)

उत्तर– (स) मैग्नीशियम (Mg)

(25) **निम्नलिखित में से कौन–सा महापोषक तत्व नहीं है?**
(अ) फॉस्फोरस (P) (ब) पोटैशियम (K)
(स) मैग्नीशियम (Mg) (द) आयरन (Fe)

उत्तर– (द) आयरन (Fe)

(26) **निम्न में से पौधों के लिये सबसे अधिक मात्रा में आवश्यक तत्व कौन–सा है?**
(अ) नाइट्रोजन (N) (ब) फॉस्फोरस (P)
(स) कैल्शियम (Ca) (द) सल्फर (S)

उत्तर– (अ) नाइट्रोजन (N)

(27) **पौधों को कार्बन ..... रूप में प्राप्त होता है।**
(अ) कार्बन तत्व (ब) कार्बन डाइऑक्साइड
(स) कार्बोनेट (द) अमीनो अम्ल।

उत्तर– (ब) कार्बन डाइऑक्साइड।

(28) **निम्न में से सक्रिय लवण अवशोषण किस पर निर्भर करता है?**
(अ) जाइलम कोशिकाओं की सक्रियता पर
(ब) ऊर्जा के उपयोग पर



(स) फोटोफॉस्फोराइलेशन (द) सक्रिय लवण अवशोषण।

उत्तर– (अ) जाइलम कोशिकाओं की सक्रियता पर।

(29) **सूक्ष्म पोषक तत्व–**
(अ) पोषण में महा पोषक तत्वों से कम महत्वपूर्ण है
(ब) पोषण में उतने ही आवश्यक है जितने कि महा पोषक तत्व
(स) को संवर्द्धन माध्यम में से अनुपस्थित कर सकते हैं, फिर भी पादप पर हानिकारक प्रभाव नहीं पड़ता है
(द) सूक्ष्म तत्व कहलाते हैं, क्योंकि इनका कार्य बहुत थोड़ा है।

उत्तर– (ब) पोषण में उतने ही आवश्यक है जितने के महा पोषक तत्व।

(30) **पौधे नाइट्रोजन को अधिकतर किस रूप में अवशोषित करते हैं?**
(अ) नाइट्रेट (ब) नाइट्राइट
(स) नाइट्रिक अम्ल (द) नाइट्रोजन गैस।

उत्तर– (अ) नाइट्रेट।

(31) **नाइट्रोजन की कमी से पौधों में निम्न में से कौन–से लक्षण उत्पन्न होते हैं?**
(अ) पुरानी निचली पत्तियों में भूरापन (ब) अन्तस्थ कलिका की मृत्यु
(स) पत्तियों का मुरझान (द)नवविकसित पत्तियों में हरिमहीनता।

उत्तर– (अ) पुरानी निचली पत्तियों में भूरापन।

(32) **निम्न में से कौन–सा तत्व पादपों के लिये आवश्यक नहीं होता है?**
(अ) पोटैशियम एवं कोबाल्ट (ब) सोडियम तथा निकिल
(स) आयरन तथा मैग्नीशियम (द) जिंक तथा बोरॉन।

उत्तर– (ब) सोडियम तथा निकिल।

(33) **निम्न में से कौन–सा तत्व, पौधा सीधे वायु से ग्रहण करता है?**
(अ) कार्बन (C) (ब) नाइट्रोजन ($N_2$)
(स) फॉस्फोरस (P) (द) हाइड्रोजन ($H_2$)

उत्तर– (अ) कार्बन (C)

(34) **निम्न में कौन–सी बात इस तथ्य को प्रमाणित करती है कि पत्तियों में पीतापन पहले किसमें प्रकट हुआ?**
(अ) शिशु पत्तियों में (ब) वृद्ध पत्तियो मे
(स) युवा पत्तियों के बाद पत्तियों में (द)वृद्ध पत्तियों के बाद शिशु पत्तियों में।

उत्तर– (ब) वृद्ध पत्तियों में।

(35) **पौधों में मैग्नीशियम तथा आयरन किस कार्य के लिये महत्वपूर्ण होते हैं?**
(अ) ऊर्जा स्थानान्तरण में (ब) रन्ध्रों के खुलने में
(स) पत्ती में क्लोरोफिल निर्माण में (द) कार्बोहाइड्रेट परिवहन में।

उत्तर– (स) पत्ती में क्लोरोफिल निर्माण में।

(36) **पुष्पीय पादपों में शर्करा का परिवहन ..... के रूप में होता है।**
(अ) ग्लूकोज (ब) स्टार्च
(स) सुक्रोज (द) माल्टोस।

उत्तर– (स) सुक्रोज।

(37) **एक वृक्ष के तने पर छाल का एक वलय हटा देने से वह अन्त में क्यों मृत हो जाता है?**
(अ) जल उन पर नहीं चढ़ सकता
(ब) खनिज लवण उन पर नहीं चढ़ सकते
(स) प्रकाश–संश्लेषण तुरन्त रुक जाता है

(द) भोजन नीचे नहीं जाता है, अतः जड़ भुखमरी से मरती है।

उत्तर– (द) भोजन नीचे नहीं जाता है, अतः जड़ भुखमरी से मरती है।

(38) पादपों में भोजन स्थानान्तरण के विषय में व्यापक परिकल्पना .....ने दी थी।

(अ) मुन्च (ब) केल्विन
(स) डिक्सन (द) क्रेब्स।

उत्तर– (अ) मुन्च।

(39) निम्न में से खोखले अन्तःकाष्ठ वाले तनों में–

(अ) जड़ पहले मरेगी (ब) प्ररोह पहले मरेगा
(स) जड़ और प्ररोह साथ-साथ मरेंगे (द) न तो जड़ और न तना मरेगा।

उत्तर– (द) न तो जड़ और न तना मरेगा।

(40) पत्ती में बना भोजन जड़ में पहुँचने के लिये क्या मार्ग अपनाता है?

(अ) संवहन तन्त्र का जाइलम (ब) संवहन तन्त्र का मृदुतक
(स) चालनी नलिका (द) कॉर्टेक्स का मृदूतक।

उत्तर– (स) चालनी नलिका।

(41) निम्नलिखित में से कौन–से प्रयोग से भोजन परिवहन का मार्ग भली–भाँति प्रमाणित होता है?

(अ) फ्लोएम वलयन (ब) रेडियोएक्टिव ट्रेसिंग विधि
(स) ग्राफ्टिंग (द) मूल दाब मापन।

उत्तर– (ब) रेडियोएक्टिव ट्रेसिंग विधि।

(42) एक चालनी नलिका का कार्य होता है–

(अ) भोजन उत्पादन (ब) शर्करा स्थानान्तरण
(स) स्टार्च स्थानान्तरण (द) जल रसारोहण।

उत्तर– (ब) शर्करा स्थानान्तरण।

(43) निम्नलिखित में से कौन–से ऊतक में मण्ड कण अधिक संचित होते हैं?

(अ) सरसों के बीज में (ब) नींबू के फल में
(स) आलू में (द) मूँगफली में।

उत्तर– (स) आलू में।

(44) एक पादप में पत्तियाँ मुरझा जाती हैं जब–

(अ) उसमें फ्लोएम हटा दिया गया हो (ब)उसकी आधी पत्तियाँ काट दी गई हों
(स) उसका जाइलम अवरुद्ध हो गया हो(द) उसकी जड़ें काट दी गई हों।

उत्तर– (स) उसका जाइलम अवरुद्ध हो गया हो।

(45) कार्बनिक पदार्थ का परिवहन फ्लोएम में किस प्रकार दर्शाया जाता है?

(अ) कलम लगाना (ब) मूल दाब
(स) पर्ण काट देना (द) तने पर वलयन करके।

उत्तर– (द) तने पर वलयन करके।

(46) निम्न में कौन–सी बात केले में स्टार्च पहुँचने का कारण होती है?

(अ) स्टार्च का घोल सहकोशिकाओं में होकर फ्लोएम से फल में जाता है
(ब) स्टार्च कण कोशिकाओं से होकर जाइलम से फल में जाते हैं
(स) स्टार्च कण सहकोशिका में होकर फल में जाते हैं
(द) चालनी नलिका में होकर शर्करा विलयन फल में जाता है और यहाँ शर्करा का परिवर्तन होकर स्टार्च बनता है।

उत्तर– (द) चालनी नलिका में होकर शर्करा विलयन फल में जाता है और यहाँ शर्करा



का परिवर्तन होकर स्टार्च बनता है।

(47) एक वृक्ष की अधिकतम हानि कब होती है?

(अ) जब उसकी आधी पत्तियाँ गिर जायेंगी
(ब) जब उसकी पत्तियाँ नष्ट होंगी
(स) उसकी आधी शाखायें गिर जाने पर (द) उसकी जड़ नष्ट करने से।

उत्तर– (द) उसकी जड़ नष्ट करने से।

(48) निम्न में से कौन–सा वृक्ष पहले मरेगा?

(अ) खोखली अन्तःकाष्ठ वाला (ब) वलयन (ringing) किया हुआ
(स) पर्णपाती (द) काट-छाँट किया हुआ।

उत्तर– (ब) वलयन (ringing) किया हुआ।

(49) पौधों में भोज्य पदार्थों का स्थानान्तरण किस तरफ होता है–

(अ) केवल ऊपर की ओर (ब) केवल नीचे की ओर
(स) ऊपर तथा नीचे दोनों ओर (द) किसी भी ओर नहीं।

उत्तर– (स) ऊपर तथा नीचे दोनों ओर।

## प्रकाश 2

(1) पादपों का हरा पदार्थ जो प्रकाश–संश्लेषण की क्रिया में उत्प्रेरक का कार्य करता है, वह.....में पाया जाता है।

(अ) वातरन्ध्र (ब) पायरीनॉइड
(स) मण्ड कण (द) क्लोरोप्लास्ट।

उत्तर– (द) क्लोरोप्लास्ट में।

(2) प्रकाश संश्लेषण में क्लोरोफिल का कार्य क्या है?

(अ) $CO_2$ का अवशोषण (ब) प्रकाश अवशोषण
(स) जल अवशोषण
(द) जल का प्रकाशिक अपघटन एवं प्रकाश अवशोषण।

उत्तर– (द) जल का प्रकाशिक अपघटन एवं प्रकाश अवशोषण।

(3) प्रकाश–संश्लेषण में वर्णक तन्त्र का कार्य क्या है?

(अ) जल का प्रकाशिक अपघटन (ब) पुष्पन
(स) $CO_2$ का अपचयन (द) कुछ भी नहीं।

उत्तर– (अ) जल का प्रकाशिक अपघटन।

(4) निम्न में से किस वैज्ञानिक ने बताया कि प्रकाश–संश्लेषण में क्लोरोफिल है?

(अ) डूट्रोचेट ने (ब) वॉन हेल्मेन्ट ने
(स) जीन सेनेवायर (द) किसी ने नहीं।

उत्तर– (अ) डूट्रोचेट ने।

(5) निम्न में से PSI तथा PSII दोनों.....में उपस्थित होते हैं।

(अ) विषाणु (ब) साइनोबैक्टीरिया
(स) गन्धक जीवाणु (द) किसी में नहीं।

उत्तर– (ब) साइनोबैक्टीरिया।

(6) पादपों का हरा पदार्थ जो प्रकाश–संश्लेषम की क्रिया में उत्प्रेरक कार्य करता है, वह ..... पाया जाता है।

(अ) वातरन्ध्र में (ब) पायरीनॉइड में
(स) मण्ड कण में (द) क्लोरोप्लास्ट में।

उत्तर– (द) क्लोरोप्लास्ट में।

(7) निम्न में से कौन–सा पदार्थ सबसे पहले प्रकाश–संश्लेषण में बनता है?
(अ) मण्ड (ब) सरल शर्करा
(स) सेल्युलोज (द) वसा।

उत्तर– (ब) सरल शर्करा।

(8) निम्न में से प्रकाश–संश्लेषण में प्रथम पद है–
(अ) ए.टी.पी. का बनना (ब) जल का आयनीकरण
(स) तीन कार्बन परमाणुओं को जोड़कर ग्लूकोज बनाना
(द) प्रकाश के फोटॉन द्वारा क्लोरोफिल का उत्तेजित करना।

उत्तर– (द) प्रकाश के फोटॉन द्वारा क्लोरोफिल का उत्तेजित करना।

(9) प्रकाश–संश्लेषण में होने वाली अन्धकार प्रक्रिया को इस नाम से क्यों पुकारा जाता है?
(अ) क्योंकि वह अन्धकार में भी होती है
(ब) इसमें प्रकाश ऊर्जा का उपयोग नहीं होता है
(स) उपर्युक्त दोनों बातें सही हैं
(द) उपर्युक्त दोनों बातें गलत हैं।

उत्तर– (ब) इसमें प्रकाश ऊर्जा का उपयोग नहीं होता है।

(10) प्रकाश–संश्लेषण में प्रकाश ऊर्जा का विशेष कार्य क्या है?
(अ) ग्लूकोज का संश्लेषण (ब) जल का फोटोलाइसिस
(स) कार्बन डाइ–ऑक्साइड का अपचयन
(द) क्लोरोप्लास्ट को सक्रिय बनाना।

उत्तर– (ब) जल का फोटोलाइसिस।

(11) प्रकाश–संश्लेषण में जब फॉस्फोग्लिसरिक अम्ल के परिवर्तन से फॉस्फोग्लिसरेल्डिहाइड बनने की क्रिया है–
(अ) जल–अपघटन क्रिया (ब) ऑक्सीकरण क्रिया
(स) अपचयन क्रिया (द) विद्युत वियोजन क्रिया

उत्तर– (स) अपचयन क्रिया।

(12) प्रकाश–संश्लेषण में क्लोरोफिल का मुख्य कार्य क्या है?
(अ) कार्बन डाइ–ऑक्साइड का अवशोषण
(ब) प्रकाश अवशोषण
(स) जल अवशोषण
(द) प्रकाश अवशोषण एवं जल का प्रकाशिक अपघटन।

उत्तर– (द) प्रकाश अवशोषण एवं जल का प्रकाशिक अपघटन।

(13) प्रकाश–संश्लेषण में इलेक्ट्रॉन, ए.टी.पी. बनाते समय ..... से होकर गुजरते हैं।
(अ) ऑक्साइड (ब) कार्बन डाइऑक्साइड
(स) साइटोक्रोम (द) जल।

उत्तर– (स) साइटोक्रोम।

(14) प्रकाश–संश्लेषण में प्रकाश का महत्व ..... ने खोजा था?
(अ) इन्जेनहाइज (ब) प्रीस्टले
(स) सेनी वियर (द) सेक्स।

उत्तर– (अ) इन्जेनहाइज।

(15) कार्बन 4 चक्र ($C_4$ Cycle) निम्न में से किस वैज्ञानिक द्वारा प्रतिपादित किया?



(अ) हिल (ब) कैल्विन
(स) हैच एवं स्लेक (द) आरनन।

उत्तर– (स) हैच एवं स्लेक।

(16) $C_4$ पौधों की अन्धकार प्रक्रिया में कार्बन डाइऑक्साइड कौन ग्रहण करता है?
(अ) फॉस्फोग्लिसरिक अम्ल (ब) पायरुविक अम्ल
(स) फॉस्फोइनोल पायरुविक अम्ल (द) राइबुलोज डाइफॉस्फेट।

उत्तर– (स) फॉस्फोइनोल पायरुविक अम्ल।

(17) $C_4$ पौधों में फॉस्फोइनोल पायरुविक अम्ल की कार्बन डाइऑक्साइड से क्रिया किसकी उपस्थिति में होती है?
(अ) डिऑक्सीकार्बोक्सीलेज (ब) राइबुलोज डाइफॉस्फेट कार्बोक्सीलेज
(स) फॉस्फोइनोल पायरुविक कार्बोक्सीलेज
(द) कार्बोक्सीलेज म्यूटेज।

उत्तर– (स) फॉस्फोइनोल पायरुविक कार्बोक्सीलेज।

(18) निम्न में से $C_4$ पौधे $C_3$ पौधों से किस कारण से भिन्न हैं?
(अ) प्रकाश–संश्लेषण में कार्य करने वाले वर्णक
(ब) प्रकाश–संश्लेषण के उत्पाद के प्रकार में
(स) कार्बन स्वांगीकरण में कार्बन डाइऑक्साइड लेने वाला पदार्थ
(द) शर्करा बनाने में ए.टी.पी. की अणु संख्या का उपयोग।

उत्तर– (स) कार्बन स्वांगीकरण में कार्बन डाइऑक्साइड लेने वाला पदार्थ।

(19) निम्न में से $C_4$ पौधा कौन–सा है?
(अ) मक्का (ब) आलू
(स) मटर (द) पपीता।

उत्तर– (अ) मक्का।

(20) प्रकाश–संश्लेषण में वर्णक तन्त्र का कार्य क्या है?
(अ) जलीय अपघटन (ब) पुष्पन
(स) कार्बन डाइऑक्साइड अपचयन (द) कुछ भी नहीं है।

उत्तर– (अ) जलीय अपघटन।

(21) जीवाणु के प्रकाश–संश्लेषण में हाइड्रोजन दाता ..... है।
(अ) अमोनिया (ब) हाइड्रोजन सल्फाइड
(स) जल (द) सल्फ्यूरिक अम्ल।

उत्तर– (ब) हाइड्रोजन सल्फाइड।

(22) कैल्विन चक्र में $CO_2$ प्रथम ग्राहक होता है–
(अ) फॉस्फोग्लिसरिक अम्ल (ब) राइबुलोज 1-5 डाइफॉस्फेट
(स) राइबुलोज (द) फॉस्फोइनोल पायरुवेट।

उत्तर– (ब) राइबुलोज 1-5 डाइफॉस्फेट।

(23) निम्न में से प्रकाश प्रक्रिया पर किसका प्रभाव नहीं पड़ता है?
(अ) प्रकाश तीव्रता (ब) प्रकाश का रंग
(स) प्रकाशित काल की अवधि (द) तापमान।

उत्तर– (द) तापमान।

(24) निम्न में से किस क्रिया में प्रकाश की रेडिएण्ट ऊर्जा रासायनिक ऊर्जा में बदल जाती है?
(अ) श्वसन (ब) वाष्पोत्सर्जन

(स) प्रकाश संश्लेषण (द) वृद्धि।

उत्तर– (स) प्रकाश संश्लेषण।

(25) निम्न में से कोशिका का कौन–सा अंगक प्रकाश–संश्लेषण में भाग लेता है?

(अ) केन्द्रक (ब) माइटोकॉण्ड्रिया

(स) अन्तःप्रद्रव्यी जालिका (द) क्लोरोप्लास्ट।

उत्तर– (द) क्लोरोप्लास्ट।

(26) प्रकाश–संश्लेषण में $O_2$ निकलती है, जिसका स्रोत है–

(अ) $CO_2$ (ब) $H_2O$

(स) ग्लूकोज (द) कोई नहीं।

उत्तर– (ब) $H_2O$

## इकाई-3

(1) ग्लाइकोलाइसिस में·····ऑक्सीकरण होता है।

(अ) जल (ब) कार्बोहाइड्रेट

(स) अम्ल (द) ऐल्कोहॉल।

उत्तर– (ब) कार्बोहाइड्रेट।

(2) अनॉक्सी श्वसन में पूर्णतः या आंशिक रूप से·····सम्मिलित है।

(अ) केवल क्रेब्स चक्र (ब) ग्लाइकोलाइसिस एवं क्रेब्स चक्र

(स) ग्लाइकोलाइसिस (द) ऑक्सीकारक फॉस्फोरीकरण।

उत्तर– (स) ग्लाइकोलाइसिस।

(3) ऑक्सी और अनॉक्सी श्वसन के समान भाग है–

(अ) ट्राइकार्बोक्सिलिक अम्ल चक्र (ब) ऑक्सीकारक फॉस्फोरीकरण

(स) ग्लाइकोलाइसिस (द) क्रेब्स चक्र।

उत्तर– (स) ग्लाइकोलाइसिस।

(4) निम्न में से ग्लाइकोलाइसिस में अन्ततः क्या होता है?

(अ) प्रोटीन बदल कर ग्लूकोज बनता है

(ब) ग्लूकोज से फ्रक्टोज बनता है

(स) स्टार्च से पायरूविक अम्ल बनता है

(द) ग्लूकोज से पायरुविक अम्ल बनता है।

उत्तर– (द) ग्लूकोज से पायरुविक अम्ल बनता है।

(5) क्या अनॉक्सी बैक्टीरिया में ग्लाइकोलाइसिस उपस्थित होता है?

(अ) हाँ (ब) नहीं।

उत्तर– (ब) नहीं।

(6) अनॉक्सी श्वसन में शर्करा के अपूर्ण विघटन से·····बनता है।

(अ) फ्रक्टोज और जल

(ब) ग्लूकोज और कार्बन डाइ ऑक्साइड ($CO_2$)

(स) ऐल्कोहॉल और कार्बन डाइ ऑक्साइड ($CO_2$)

(द) जल और कार्बन डाइ ऑक्साइड।

उत्तर– (स) ऐल्कोहॉल और कार्बन डाइ ऑक्साइड ($CO_2$)

(7) क्रेब्स चक्र से·····संश्लेषित होता है।

(अ) लैक्टिक अम्ल (ब) पायरुविक अम्ल

(स) ग्लूकोज और ए.टी.पी., (द) फ्यूमेरिक अम्ल।



उत्तर– (द) फ्यूमेरिक अम्ल।

(8) निम्न में से किस वैज्ञानिक ने पता लगाया कि ग्लूकोज में ऑक्सी श्वसन द्वारा ऊर्जा कैसे मुक्त होती है?

(अ) पाश्चर (ब) क्रेब्स

(स) हॉपकिन्स (द) लिस्टर।

उत्तर– (ब) क्रेब्स।

(9) ग्लाइकोलाइसिस में भाग लेने वाले एन्जाइम·····में पाये जाते हैं।

(अ) माइटोकॉण्ड्रिया में (ब) कोशिकाद्रव्य मे

(स) कोशिकाद्रव्य और माइटोकॉण्ड्रिया दोनों

(द) रिक्तिका में।

उत्तर– (ब) कोशिकाद्रव्य में।

(10) क्रेब्स चक्र ·····से प्रारम्भ होता है।

(अ) एसिटिल कोएन्जाइम–ए (ब) हाइड्रोक्लोरिक अम्ल

(स) लाइसीन (द) कॉर्टिकोस्टीरायड्स।

उत्तर– (अ) एसिटिल कोएन्जाइम–ए।

(11) कोशिका में अपचयन क्रियाओं द्वारा मुक्त ऊर्जा तुरन्त·····में संचित होती है।

(अ) ए.टी.पी. (ब) डी.एन.ए.

(स) ग्लूकोज (द) पायरुविक अम्ल।

उत्तर– (अ) ए.टी.पी.

(12) निम्न में से किसने ग्लाइकोलाइसिस की खोज की थी?

(अ) कैल्विन ने (ब) डॉ. जे.सी. बोस ने

(स) ब्लैकमैन ने (द) एम्बडेन, मेयरहाफ एवं पारसन ने।

उत्तर– (द) एम्बडेन, मेयरहाफ एवं पारसन ने।

(13) ग्लाइकोलाइसिस की क्रिया·····में सम्पन्न होती है।

(अ) केन्द्रक में (ब) माइटोकॉण्ड्रिया में

(स) कोशिकाद्रव्य में (द) किसी में नहीं।

उत्तर– (स) कोशिकाद्रव्य में।

(14) क्रेब्स चक्र का दूसरा नाम·····भी है।

(अ) साइट्रिक एसिड चक्र (ब) ग्लाइकोलेट चक्र

(स) ई.एम.पी.पाथ–वे (द) ग्लाइऑक्सीलेट चक्र।

उत्तर– (अ) साइट्रिक एसिड चक्र।

(15) ए.टी.पी. एक·····है।

(अ) ऑक्सीकरण करने वाला एन्जाइम (ब) एक हॉर्मोन

(स) एक प्रोटीन

(द) उच्च ऊर्जा वाले फॉस्फेट बन्धों का अणु।

उत्तर– (द) उच्च ऊर्जा वाले फॉस्फेट बन्धों का अणु।

(16) माइटोकॉण्ड्रिया में ATP के संश्लेषण के लिये क्या आवश्यक है?

(अ) NADP (ब) FMN

(स) ऑक्सीजन (द) पायरुविक अम्ल।

उत्तर– (स) ऑक्सीजन।

(17) ऑक्सीडेटिव फॉस्फोरिलेशन·····में सम्पन्न होता है।

(अ) माइटोकॉण्ड्रिया में (ब) क्लोरोप्लास्ट में

(स) राइबोसोम मे (द) साइटोप्लाज्म में।

उत्तर– (अ) माइटोकॉण्ड्रिया में।

(18) कोशिका की ऊर्जा की मुद्रा है–

(अ) DNA (ब) RNA

(स) ATP (द) लवण।

उत्तर– (स) ATP

(19) निम्न में से किस कारण से पेण्टोस फॉस्फेट पथ, क्रेब्स चक्र से अधिक उपयोगी है?

(अ) यह कम मात्रा में ऑक्सीजन उपभोग करता है

(ब) यह अधिक मात्रा में ऑक्सीजन मुक्त करता है

(स) यह अधिक ए.टी.पी. उत्पन्न करता है

(द) यह राइबोज शर्करा मुक्त करता है जो न्यूक्लिक अम्ल के निर्माण में काम आती है।

उत्तर– (द) यह राइबोज शर्करा मुक्त करता है जो न्यूक्लिक अम्ल के निर्माण में काम आती है।

(20) .....इलेक्ट्रॉन स्थानान्तरण अणु नहीं है।

(अ) Fe-S प्रोटोन (ब) $C_1$ एन्जाइम

(स) $NAD^+$ (द) ATP

उत्तर– (द) ATP

(21) इलेक्ट्रॉन अभिगमन (परिवहन) तन्त्र में अन्तिम इलेक्ट्रॉन किससे ग्रहण किया जाता है?

(अ) आण्विक ऑक्सीजन द्वारा (ब) आण्विक हाइड्रोजन द्वारा

(स) आण्विक कार्बन डाइऑक्साइड (द) $NADPH_2$ द्वारा।

उत्तर– (अ) आण्विक ऑक्सीजन द्वारा।

(22) एक $NADH_2$ के ऑक्सीकरण से.....प्राप्त होते हैं।

(अ) 2ATP (ब) 3ATP

(स) 12ATP (द) 6ATP

उत्तर– (ब) 3ATP

(23) ग्लाइकोलाइसिस में निम्न में से किसका ऑक्सीकरण होता है?

(अ) जल (ब) कार्बोहाइड्रेट

(स) अम्ल (द) ऐल्कोहॉल।

उत्तर– (ब) कार्बोहाइड्रेट।

(24) अनॉक्सी श्वसन में पूर्णतः या आंशिक रूप से ..... सम्मिलित है।

(अ) केवल क्रेब्स चक्र

(ब) केवल ग्लाइकोलाइसिस और क्रेब्स चक्र

(स) ग्लाइकोलाइसिस (द) ऑक्सीकारक फॉस्फोरीकरण।

उत्तर– (स) ग्लाइकोलाइसिस।

(25) कोशिकांग जिसे कोशिका का पावर हाउस कहा जाता है और जिसमें श्वसन की ऑक्सीकरण घटनाएँ होती हैं, वह है–

(अ) क्लारोप्लास्ट (ब) राइबोसोम

(स) माइटोकॉण्ड्रिया (द) अन्तद्रव्यी जाल।

उत्तर– (स) माइटोकॉण्ड्रिया।

(26) ऑक्सी और अनॉक्सी श्वसन के समान भाग हैं–



(अ) ट्राइकार्बोक्सिलिक अम्ल चक्र (ब) ऑक्सीकारक फॉस्फोरीकरण

(स) ग्लाइकोलाइसिस (द) क्रेब्स चक्र।

उत्तर– (स) ग्लाइकोलाइसिस।

(27) ग्लाइकोलाइसिस में अन्ततः बनता है–

(अ) प्रोटीन बदलकर ग्लूकोज बनता है

(ब) ग्लूकोज से फ्रक्टोज बनता है

(स) स्टार्च से पायरुविक अम्ल बनता है

(द) ग्लूकोज से पायरुविक अम्ल बनता है।

उत्तर– (द) ग्लूकोज से पायरुविक अम्ल बनता है।

(28) अनॉक्सी श्वसन में शर्करा के अपूर्ण विघटन से ..... बनता है।

(अ) फ्रक्टोज और जल

(ब) ग्लूकोज और कार्बन डाइऑक्साइड ($CO_2$)

(स) ऐल्कोहॉल और कार्बन डाइऑक्साइड ($CO_2$)

(द) जल और कार्बन डाइऑक्साइड।

उत्तर– (स) ऐल्कोहॉल और कार्बन डाइऑक्साइड ($CO_2$)

(29) क्रेब्स चक्र से ..... संश्लेषित होता है।

(अ) लैक्टिक अम्ल (ब) पायरुविक अम्ल

(स) ग्लूकोज और ए.टी.पी. (द) फ्यूमेरिक अम्ल।

उत्तर– (द) फ्यूमेरिक अम्ल।

(30) किस वैज्ञानिक ने पता लगाया कि ग्लूकोज में ऑक्सी श्वसन द्वारा ऊर्जा कैसे मुक्त होती है?

(अ) पाश्चर (ब) क्रेब्स

(स) हॉपकिन्स (द) लिस्टर।

उत्तर– (ब) क्रेब्स।

(31) ग्लाइकोलाइसिस में भाग लेने वाले एन्जाइम कहाँ पाए जाते हैं?

(अ) माइटोकॉण्ड्रिया में (ब) कोशिकाद्रव्य में

(स) कोशिकाद्रव्य और माइटोकॉण्ड्रिया दोनों में

(द) रिक्तिका में।

उत्तर– (ब) कोशिकाद्रव्य में।

(32) क्रेब्स चक्र निम्न में से किससे आरम्भ होता है?

(अ) एसिटिल कोएन्जाइम-A (ब) हाइड्रोक्लोरिक अम्ल

(स) लाइसीन (द) कॉर्टिकोस्टीरॉयड्स।

उत्तर– (अ) एसिटिल कोएन्जाइम-A

(33) कोशिका में अपचयन क्रियाओं द्वारा मुक्त ऊर्जा ..... में संचित होती है।

(अ) ए.टी.पी. (ब) डी.एन.ए.

(स) ग्लूकोज (द) पायरुविक अम्ल।

उत्तर– (अ) ए.टी.पी.।

(34) ए.टी.पी. है–

(अ) ऑक्सीकरण करने वाला एन्जाइम (ब) एक हॉर्मोन

(स) एक प्रोटीन

(द) उच्च ऊर्जा वाले फॉस्फेट बन्धकों का अणु।

उत्तर– (द) उच्च ऊर्जा वाले फॉस्फेट बन्धकों का अणु।

(35) ग्लाइकोलाइसिस की खोज किसने की थी?
(अ) कैल्विन ने (ब) डी. जे.सी. बोस ने
(स) ब्लैकमैन ने (द) एम्बडेन मेयरहाफ एवं पारनस ने।
उत्तर– (द) एम्बडेन मेयरहाफ एवं पारनस ने।

(36) ग्लाइकोलाइसिस की क्रिया कहाँ सम्पन्न होती है?
(अ) केन्द्रक में (ब) माइटोकॉण्ड्रिया में
(स) कोशिकाद्रव्य में (द) किसी में नहीं।
उत्तर– (स) कोशिकाद्रव्य में।

## इकाई-4

(1) एपोएन्जाइम क्या है?
(अ) प्रोटीन (ब) वसा
(स) मण्ड (द) इनमें से कोई नहीं।
उत्तर– (अ) वसा।

(2) एन्जाइम·····के बने होते हैं।
(अ) प्रोटीन्स के (ब) लिपिड के
(स) कार्बोहाइड्रेट्स के (द) किसी के नहीं।
उत्तर– (अ) प्रोटीन्स के।

(3) एन्जाइम्स शब्द का प्रथम प्रयोग करने वाला वैज्ञानिक–
(अ) मेण्डल (ब) हीकल
(स) कुहने (द) किरचांफ।
उत्तर– (स) कुहने।

(4) वह एन्जाइम जो किसी अणु से जल को हटाते हैं–
(अ) ट्रान्सफरेज (ब) हाइड्रोजेज
(स) फॉस्फोराइलेज (द) इनमें से कोई नहीं।
उत्तर– (ब) हाइड्रोजेज।

(5) एपो–एन्जाइम तथा को–एन्जाइम को संयुक्त रूप से कहते हैं–
(अ) आइसो एन्जाइम (ब) प्रो एन्जाइम
(स) मेटेला एन्जाइम (द) होलो एन्जाइम।
उत्तर– (द) होलो–एन्जाइम।

(6) रासायनिक रूप से एन्जाइम होते हैं–
(अ) कार्बोहाइड्रेट (ब) वसायें
(स) प्रोटीन्स (द) हाइड्रोकार्बन्स।
उत्तर– (स) प्रोटीन्स

(7) एन्जाइम्स से रासायनिक प्रतिक्रिया–
(अ) शुरू हो जाती है (ब) बीच में रुक जाती है
(स) की गति बढ़ जाती है (द) पर कोई प्रभाव नहीं।
उत्तर– (स) की गति बढ़ जाती है।

(8) एन्जाइम वे पदार्थ हैं जो क्रिया को·····।
(अ) रोक देते हैं (ब) बदल देते हैं,
(स) उत्प्रेरित करते हैं (द) इनमें से कोई नहीं।
उत्तर– (स) उत्प्रेरित करते हैं।



(9) वसाओं को कौन–सा एन्जाइम पचाता है?
(अ) पेप्सिन (ब) लाइपेज
(स) लेक्टेज (द) कोई नहीं।
उत्तर– (ब) लाइपेज।

(10) विकर के प्रोटीन भाग को·····कहा जाता है।
(अ) होलोएन्जाइम (ब) प्रोस्थेटिक समूह
(स) एपोएन्जाइम (द) उपर्युक्त में से कोई नहीं।
उत्तर– (स) एपोएन्जाइम।

(11) एन्जाइम सब्सट्रेट सिद्धान्त·····द्वारा प्रतिपादित किया गया।
(अ) कुहने (ब) मेण्डल
(स) हिल (द) कोहेलैण्ड।
उत्तर– (द) कोहेलैण्ड।

(12) इनमें से कौन–सी बात सही है?
(अ) सभी प्रोटीन एन्जाइम होती हैं (ब) कुछ एन्जाइम प्रोटीन होते हैं
(स) सब एन्जाइम प्रोटीन होते हैं (द) इनमें से कोई नहीं।
उत्तर– (स) सब एन्जाइम प्रोटीन होते हैं।

(13) जब वास्तविक एन्जाइम किसी को–एन्जाइम के साथ जुड़ा होता है, तो उसे कहते हैं–
(अ) आइसो एन्जाइम (ब) प्रो एन्जाइम
(स) एण्डो एन्जाइम (द) एपो एन्जाइम।
उत्तर– (द) एपो–एन्जाइम।

(14) एपोएन्जाइम है–
(अ) प्रोटीन (ब) वसा
(स) मण्ड (द) इनमें से कोई नहीं।
उत्तर– (अ) प्रोटीन।

(15) एन्जाइम बने होते हैं–
(अ) प्रोटीन्स के (ब) लिपिड के
(स) कार्बोहाइड्रेट्स के (द) किसी के नहीं।
उत्तर– (अ) प्रोटीन्स के

(16) वसाओं को पचाता है–
(अ) पेप्सिन (ब) लाइपेज
(स) लेक्टेज (द) कोई नहीं।
उत्तर– (ब) लाइपेज

## इकाई-5

(1) जड़ में अधिकतम वृद्धि होती है–
(अ) मिट्टी की उपस्थिति में (ब) प्रकाश की उपस्थिति में
(स) शीर्ष के पीछे (द) उसके शीर्ष पर।
उत्तर– (स) शीर्ष के पीछे।

(2) शरद ऋतु में पतझड़ क्या होता है?
(अ) पत्ती हरी नहीं रहती है (ब) तापमान कम हो जाता है
(स) पत्ती के आधार पर एब्सीसन [illegible] बन जाता है
(द) पत्ती भारी हो जाती है।

उत्तर– (स) पत्ती के आधार पर एब्सीसन स्तर बन जाता है।

(3) तनों की वृद्धि बढ़ाने में किसका हाथ होता है?

(अ) शीर्षस्थ विभज्योतक (ब) कॉर्क कैम्बियम

(स) पिथ और कॉर्टेक्स में सूत्री विभाजन (द) इनमें से कोई बात नहीं।

उत्तर– (अ) शीर्षस्थ विभज्योतक।

(4) ऑक्जिन्स क्या हैं?

(अ) प्रोटीन्स (ब) वसायें

(स) कोशिका (द) वृद्धि हॉर्मोन।

उत्तर– (द) वृद्धि हॉर्मोन।

(5) साइटोकाइनिस होता है–

(अ) एक हॉर्मोन जो कोशिका विभाजन को प्रेरित करता है

(ब) कोशिका गति को प्रदर्शित करता है

(स) सुप्तावस्था को प्रेरित करता है

(द) कोशिका विभाजन का एक प्रकार है।

उत्तर– (अ) एक हॉर्मोन जो कोशिका विभाजन को प्रेरित करता है।

(6) जिबरेलिन को सबसे पहले किससे निकाला गया था?

(अ) एस्परजिलस से (ब) जिबरैला फ्यूजीकुराई से

(स) जैलीडियम से (द) ब्रेसीलेरिया से।

उत्तर– (ब) जिबरैला फ्यूजीकुराई से।

(7) बीजरहित फल बनाने में कोई लाभ किसमें नहीं होगा?

(अ) अनाज (ब) अंगूर

(स) तरबूज (द) आम।

उत्तर– (अ) अनाज।

(8) इथाइलीन गैस–

(अ) एक संतृप्त हाइड्रोकार्बन है (ब) सेब के पकने को धीमा करती है

(स) टमाटर के पकने को संदर्भित करती है

(द) फलों के परिपक्वन को तेज करती है।

उत्तर– (द) फलों के परिपक्वन को तेज करती है।

(9) यदि जड़ों में ऑक्जिन सान्द्रता बढ़ाई जायेगी तो जल अवशोषण–

(अ) बढ़ेगा (ब) घटेगा

(स) वही रहेगा (द) कुछ नहीं होगा।

उत्तर– (ब) घटेगा।

(10) बसन्तीकरण के लिये प्रेरक हॉर्मोन है–

(अ) फ्लोरीजन (ब) कॉल्चिसिन

(स) एब्सीसिन (द) वर्नेलिन।

उत्तर– (द) वर्नेलिन।

(11) पौधों में प्रकाश आकारिकी वर्णक है–

(अ) फाइटोक्रोम (ब) क्लोरोफिल

(स) कैरोटिन (द) कैल्कोन।

उत्तर– (अ) फाइटोक्रोम।

□□□