Photosynthesis

ऐतिहासिक पृष्ठभूमि (Historical background) :

17 वीं शताब्दी से पूर्व ऐसा विश्वास किया जाता था कि पौधे अपना भोजन मृदा से प्राप्त करते हैं।

- **वॉन हेलमॉण्ड** (Van Helmont 1648) ने यह निष्कर्ष निकाला कि पौधों को भोजन मृदा से नहीं जल से प्राप्त होता है।
- **स्टीफेन हेल्स** (Stephen Hales 1727) (पादप कार्यिकी के पिता) इन्होंने ज्ञात किया कि पौधे अपना पोषण वायु तथा प्रकाश से प्राप्त करते हैं तथा प्रकाश इस प्रक्रिया में महत्वपूर्ण भूमिका निभाता है।
- **जोसेफ प्रीस्टले** (Joseph Priestley 1772) ने यह प्रदर्शित किया कि पौधे मोमबत्ती के जलने से उत्पन्न दूषित वायु (अर्थात प्लोजिस्टोन) को शुद्धिकृत करते हैं अर्थात शुद्ध वायु (डिफ्लोजिस्टोन) उत्पन्न करते हैं।
- **जॉन इन्जेन–हाउस** (Jan Ingen- Housz 1779) ने अपने प्रयोग द्वारा यह निष्कर्ष निकाला कि वायु का शुद्धिकरण केवल पौधों के हरे भागों द्वारा तथा सूर्य के प्रकाश की उपस्थिति में होता है। हरी पत्तियाँ तथा वृन्त सूर्य से प्रकाश में डिफ्लोजिस्टिकेटेड वायु (O_2 युक्त) तथा अंधकार के समय फ्लोजिस्टिकेटेड वायु निष्कासित करती हैं।
- **जीन सिनेबियर** (Jean Senebier 1782) ने सिद्ध किया कि पौधे सूर्य के प्रकाश की उपस्थिति में O_2 अवशोषित तथा O_2 उत्सर्जित करते हैं। इन्होंने यह भी प्रदर्शित किया कि O_2 निष्कासन की दर CO_2 के अवशोषण की दर पर निर्भर करती है।
- **निकोलस डी सॉस्यूर** (Nicolus de saussure 1804) ने प्रकाश संश्लेषण में जल के सहत्व को प्रदर्शित किया। इन्होंने पुनः यह प्रदर्शित किया कि CO_2 अवशोषित की मात्रा O_2 निष्कासन के बराबर होती है।
- **जुलियस रॉबर्ट मेयर** (Julius Robert Mayer 1845) ने प्रस्तावित किया कि प्रकाश में विकिरण ऊर्जा होती है और यह विकिरण ऊर्जा पौधों द्वारा रासायनिक ऊर्जा में परिवर्तित हो जाती है जो पौधों तथा जन्तुओं के जीवन को बनाये रखने का कार्य करती है।
- **लीबिग** (Liebig 1845) ने दर्शाया कि पौधों में कार्बन का प्रमुख स्त्रोत CO_2 है।
- **बॉसिनगॉल्ट** (Bousingault 1860) ने पता लगाया कि अवशोषित CO_2 का आयतन, निष्कासित O_2 के आयतन के बराबर होता है। CO_2 का अवशोषण तथा O_2 का निष्कासन सूर्य के प्रकाश के प्रभाव से तुरंत प्रारम्भ हो जाता है।
- **जुलियस वॉन सैक्स** (Julius Von Sachs 1862) ने प्रदर्शित किया कि प्रकाश संश्लेषण का प्रथम दृश्य उत्पाद स्टार्च है। उन्होंने यह भी बताया कि क्लोरोफिल क्लोरोप्लास्ट में रहता है।
- **मेल्विन कैल्विन** (Melvin Calvin 1954) ने प्रकाश संश्लेषण के मार्ग का पता लगाया (अप्रकाशीय अभिक्रिया से संबंधित) तथा C_3 चक्र दिया। इन्हें रेडियोएक्टिव कार्बनडाईऑक्साइड के द्वारा मेटाबोलिक पथ को ट्रेस करने की तकनीक का पता लगाने के लिए नोबेल पुरुस्कार प्रदान किया गया।
- **ह्यूबर, माइकल एवं डिसेनहॉफर** (Huber, Michel and Deisenhofer 1985) ने बैंगनी प्रकाश–संश्लेषी बैक्टीरिया रोडोस्यूडोमोनास विरिडिस से प्रकाशसंश्लेषी अभिक्रिया केन्द्र (Photosynthetic reaction center) को क्रिस्टलीकृत किया। इन्होंने इसकी संरचना को X-किरण विवर्तन तकनीक द्वारा देखा। 1988 में रसायन शास्त्र में उनके कार्यों के लिए उन्हें नोबेल पुरुस्कार दिया गया ।

क्लोरोप्लास्ट–प्रकाशसंश्लेषण का स्थान (Chloroplast-The site of photosynthesis) : क्लोरोप्लास्ट हरे वर्णक हैं जो प्रकाशस्वपोषी यूकैरियोट में प्रकाशसंश्लेषण के स्थान के रूप में कार्य करते हैं। यह CO_2 को कार्बोहाइड्रेट में स्थिरीकृत करता है।

प्रकाशसंश्लेषण की इकाई को प्रकाशरासायनिक (Photochemical) अभिक्रिया के लिए आवश्यक अणुओं की संख्या या एक ऑक्सीजन अणु के निष्कासन द्वारा परिभाषित कर सकते हैं। पार्क तथा बिगिन्स (Park and Biggins, 1964) ने प्रकाशसंश्लेषण की इकाई को क्वाण्टासोम नाम दिया। ये क्वाण्टासोम 230 क्लोरोफिल अणुओं के बराबर होते हैं।

अवशोषण एवं क्रिया वर्णक्रम (Absorption and action spectrum) : वर्णक द्वारा प्रकाश के प्रत्येक तरंगदैर्ध्य के अवशोषण को प्रदर्शित करने वाले वक्र को अवशोषित वर्णक्रम (Absorption spectrum) कहते हैं। प्रकाश की विभिन्न तरंगदैर्ध्यों पर प्रकाशसंश्लेषण की दर से दर्शाने वाले वक्र को क्रिया वर्णक्रम (Action spectrum) कहते हैं।

अवशोषण वक्र का अध्ययन स्पेक्ट्रोफोटोमीटर की सहायता से किया जाता है। क्लोरोफिल α तथा क्लोरोफिल b का अवशोषण स्पेक्ट्रम यह प्रदर्शित करता है, कि ये वर्णक मुख्य रूप से नीले तथा लाल प्रकाश का अवशोषण करते हैं (क्लोरोफिल α के लिए 430nm तथा 662nm, क्लोरोफिल b के लिए 455nm तथा 644nm)। क्रिया वर्णक्रम यह प्रदर्शित करता है कि अधिकतम प्रकाशसंश्लेषण वर्णक्रम के नीले तथा लाल क्षेत्र में होता है।

- **सर्वप्रथम टी.डब्ल्यू.एंजलमेन (T.W. Engelmann, 1882) ने हरे शैवाल स्पाइरोगायरा एवं ऑक्सीजन ग्रहण करने वाले बैक्टीरिया के प्रकाश द्वारा प्रकाशसंश्लेषण के क्रिया वर्णक्रम का अध्ययन किया था।**

इस प्रकरण में प्रकाशसंश्लेषण की वास्तविक दर (ऑक्सीजन के निष्कासन या कार्बन डाइऑक्साइड के उपयोग) का मापन तरंगदैर्ध्य के कार्य के रूप में किया जाता है।

वर्णक (Pigments)

हरित लवक में तीन प्रकार के वर्णक होते हैं यथा (1) पर्णहरित, (2) केरोटिनाइड्स एवं (3) फाइकोबिलिन्स (तालिका-1.)

पादपों के विभिन्न समूहों में प्रकाश संश्लेषी वर्णकों के प्रकार एवं वितरण

प्रकाश संश्लेषी वर्णक		वितरण
पर्णहरित		
1. क्लोरोफिल a (Chlorophyll a) ($C_{55}H_{72}O_5N_4Mg$)	पीत-हरा	प्रकाश संश्लेषी जीवाणुओं के अतिरिक्त सभी उच्च पादप
2.क्लोरोफिल b(Chlorophyll b) ($C_{55}H_{70}O_6N_4Mg$)	नीला-हरा	सभी उच्च पादप एवं हरे शैवाल (क्लोरोफाइसी)
3. क्लोरोफिल c (Chlorophyll c) ($C_{35}H_{32}O_5N_4Mg$)	हरा	डायएटम भूरे शैवाल (क्रिप्टोफायसी)
4. क्लोरोफिल d (Chlorophyll d) ($C_{54}H_{70}O_6N_4Mg$)	हरा	लाल शैवाल (रोडोफायसी)
5. बेक्टीरियो-क्लोरोफिल्स (Bacterio chlorophylls) ($C_{55}H_{74}O_6N_4Mg$)	बैंगनी	परपल सल्फर, नॉन परपल सल्फर, हरे सल्फर, जीवाणु जैन्थोफायसी, धायोरोडेसी, एथायोरोडेसी, क्लोरोबेक्टिरिएसी
6. बैक्टीरियोविरिडिन (Bacteriovirdin) ($C_{55}H_{72}O_6N_4Mg$)	हरा	हरे सल्फर जीवाणु (क्लोरो बैक्टिरिएसी)
केरोटीनाइड्स (Carotenoids)		
1. केरोटीन्स (Carotenes) एवं 2. जेन्थोफिल्स (Xanthophylls) ($C_{40}H_{56}O_2$)	नारंगी, पीले	प्रकाश संश्लेषी जीवाणु, शैवाल एवं उच्च पादप
फाइकोबिलिन्स (Phycobilins)		
1. फाइकोइरिथिन (Phyoerythrin)	लाल	लाल एवं नीले-हरे शैवाल क्रिप्टोफायसी,
2. फाइकोसायनिन (Phycocyanin)	नीला	लाल एवं नीले-हरे शैवाल क्रिप्टोफायसी,

प्रकाशसंश्लेषण की क्रियाविधि (Mechanism of photosynthesis)

- **निकोलस डी सॉस्यूर (Nicolas de Saussure)** की खोज के आधार पर "पौधों द्वारा निष्कासित O_2 की मात्रा, पौधों द्वारा अवशोषित ऑक्सीजन की मात्रा के बराबर होती है। ऐसा विश्वास था कि प्रकाशसंश्लेषण में निष्कासित यह O_2, CO_2 से प्राप्त होती है। किन्तु रुबेन ने इस धारणा को गलत सिद्ध किया।

- 1930, में **सी.बी. वॉन नील ने** यह सिद्ध किया कि, बैक्टीरिया H_2S (जल के स्थान पर) तथा CO_2 का प्रयोग कार्बोहाइड्रेट के संश्लेषण में निम्नानुसार करते हैं–

$$6CO_2 + 12H_2S \rightarrow C_6H_{12}O_6 + 6H_2O + 12S$$

इसके द्वारा वॉन नील ने अभिगृहीत दिया कि हरे पौधों में H_2S के स्थान पर जल प्रयुक्त तथा सल्फर के स्थान पर ऑक्सीजन निष्कर्षित होती है। इन्होंने यह दर्शाया कि जल प्रकाश संश्लेषण में इलेक्ट्रॉन दाता होता है।

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

- इसे **रूबेन एवं कामेल ने 1941 में क्लोरेला (एक हरित शैवाल) के प्रयोग द्वारा ज्ञात्यापित किया था।**

उन्होंने जल में ऑक्सीजन में समस्थानिक अर्थात H_2O (सामान्य) के स्थान पर $H_2{}^{18}O$ का प्रयोग किया।

यह देखा कि निष्कासित ऑक्सीजन में ^{18}O जल से प्राप्त होता है, न कि CO_2 से। सम्पूर्ण अभिक्रिया निम्नानुसार होती है

$6CO_2 + 12H_2{}^{18}O \xrightarrow{light} C_6H_{12}O_6 + 6{}^{18}O_2 + 6H_2O$ प्रकाशसंश्लेषण के दौरान ग्लूकोज में O_2 जल से आती है।

प्रकाशसंश्लेषण की आधुनिक अवधारणा (Modern concept of photosynthesis)

प्रकाशसंश्लेषण एक ऑक्सीकरण–अपचयन प्रक्रिया है, जिसमें जल ऑक्सीकृत होकर O_2 का निष्कासन तथा CO_2 अपचयित होकर स्टार्च तथा शर्करा का निर्माण करता है।

वैज्ञानिकों ने यह प्रदर्शित किया कि प्रकाशसंश्लेषण दो अवस्थाओं में पूर्ण होता है :

(1) **प्रकाश अवस्था या प्रकाश रासायनिक अभिक्रिया या प्रकाश निर्भर अभिक्रिया या हिल अभिक्रिया (Light phase or Photochemical reactions or light dependent reactions of Hill's reactions) :** इस अवस्था में सूर्य के प्रकाश का अवशोषण होता है। यह सूर्य का प्रकाश रासायनिक ऊर्जा में परिवर्तित कर दिया जाता है तथा यह ऊर्जा ATP तथा NADPH + H^+ के रूप में संग्रहित हो जाती है।

(2) **अंधकार अवस्था या अप्रकाशीय या** रासायनिक अप्रकाशीय अभिक्रिया या ब्लैकमैन अभिक्रिया या जैवरासायनिक अवस्था **(Dark phase or chemical dark reations of light independent reactions or blackman reaction or Biosynthetic phase) :** इस अवस्था के दौरान कार्बोहाइड्रेट का संश्लेषण (कार्बन डाइऑक्साइड से ATP तथा NADPH में संग्रहित ऊर्जा (प्रकाशीय अभिक्रिया से प्राप्त) के द्वारा होता है।

प्रकाशसंश्लेषण की प्रकाशीय तथा प्रकाशीय अभिक्रिया के संबंध में प्रमाण निम्न हैं –

(1) क्लोरोप्लास्ट का ग्रेना तथा स्ट्रोमा खण्डों में भौतिक पृथक्करण (Physical separation of chlorophast into grana and stroma fractions) : क्लोराप्लास्ट का ग्रेना तथा स्ट्रोमा फ्रेक्शन में पृथक्करण अब संभव है। यदि ग्रेना फ्रेक्शन को उचित H-ग्राही की उपस्थिति तथा CO_2 की अनुपस्थिति में प्रकाश दिया जाए, तो ATP तथा $NADPH_2$ (स्वांगीकृत शक्तियाँ / Assimilatory power) उत्पन्न होती हैं। ये एसीमिलेटरी पावर (ATP तथा $NADPH_2$) यदि स्ट्रोमा फ्रेक्शन को CO_2 की उपस्थिति तथा प्रकाश की अनुपस्थिति में दी जाती है, तो कार्बोहाइड्रेट का निर्माण होता है।

(2) असतत् प्रकाश या अन्तरायिक प्रकाश के साथ प्रयोग (Experiments with intermittent light or Discontinuous light) : सतत् (Continuous light) प्रकाश की अपेक्षा असतत् (प्रकाश एवं अंधकार के एकान्तर अन्तरकाल वाला प्रकाश) में प्रकाशसंश्लेषण की दर तीव्र होती है। ऐसा इसलिए होता है, क्योंकि अप्रकाशीय अभिक्रिया काल में इनका निर्माण नहीं होता है।

(3) ताप गुणांक का अध्ययन (Temperature coefficient studies) : ब्लैकमेन ने पाया कि प्रयोग में Q_{10} का मान 2 से अधिक तब होता है, जब प्रकाशसंश्लेषण तीव्र होता है तथा जब प्रकाशसंश्लेषण की दर कम होती है, तब यह Q_{10}, 2 से गिरकर इकाई अर्थात् 1 पर पहुँच जाता है। यह परिणाम यह प्रदर्शित करते हैं, कि प्रकाशसंश्लेषण की अप्रकाशीय अभिक्रिया में Q_{10} का मान दो या दो अधिक तथा प्रकाश रासायनिक या प्रकाशीय अभिक्रिया में Q_{10} का मान एक इकाई (1) होता है।

$$Q_{10} = \frac{(t+10)\,^{\circ}C \text{ ताप पर अभिक्रिया की दर}}{t^{\circ}C \text{ ताप पर अभिक्रिया की दर}}$$

प्रकाशीय अभिक्रिया या प्रकाशरासायनिक अभिक्रिया (Light reaction or Photochemical reaction or Photochemical reactions) : प्रकाश अभिक्रिया क्लोरोप्लास्ट के ग्रेना भाग में होती है। इस अभिक्रिया में वे क्रियाविधियाँ जो प्रकाश पर निर्भर हैं, सम्मिलित हैं। **एसीमिलेटरी या स्वांगीकारक पावर (ATP तथा $NADPH_2$) मुख्यतः प्रकाश अभिक्रिया में ही उत्पन्न होते हैं।**

रोबिन हिल (1939) ने सर्वप्रथम यह दर्शाया कि स्टेलेरिया मीडिया तथा लेमियम एल्बम की पत्तियों के सत्व (Extract) से प्राप्त क्लोरोप्लास्ट को एक उचित इलेक्ट्रॉन ग्राही युक्त परखनलिका में दिया जाता है। उदाहरण – पोटेशियम फेरोक्जेलेट (कुछ पौधें केवल इसी रसायन का प्रयोग करते हैं), तथा पोटेशियम फेरीसायनाइड, जल के प्रकाशरसायन विस्थण्डन के कारण ऑक्सीजनयुक्त होती है। इस परिस्थितियों में कोई CO_2 का उपयोग नहीं होता है और न ही किसी प्रकार के कार्बोहाइड्रेट का निर्माण होता है, किन्तु इलेक्ट्रॉन ग्राहियों का प्रकाश चलित अपचयन (Light-driven reduction) O_2 के निष्कासन के द्वारा पूर्ण होता है।

$$4Fe^{3+} + 2H_2O \leftrightarrow 4Fe^{2+} + 4H^+ + O_2 \uparrow$$

प्रकाशसंश्लेषण के दौरान जल का विखण्डन प्रकाशअपघटन (Photolysis) कहलाता है। यह अभिक्रिया इसके **खोजकर्ता के नाम के आधार पर हिल अभिक्रिया कहलाती है।**

हिल अभिक्रिया द्वारा सिद्ध होता है कि :

(1) प्रकाशसंश्लेषण में ऑक्सीजन जल से मुक्त होती है।

(2) CO_2 के अपचयन के लिए इलेक्ट्रॉन जल से प्राप्त होते है, (अर्थात् एक अपचयित पदार्थ हाइड्रोजन दाता उत्पन्न होता है, जो बाद में CO_2 का अपचयन करता है)।

हिल द्वारा अपनी प्रसिद्ध हिल अभिक्रिया के लिए **डाइक्लोरोफिनोल इण्डोफिनोल (Dichlorophenol indophenol) रंजक** का प्रयोग किया गया।

आरनॉल (1961) के अनुसार इस अभिक्रिया में प्रकाश ऊर्जा रासायनिक ऊर्जा में परिवर्तित हो जाती है। यह ऊर्जा ATP में संग्रहित (क्लोरोप्लास्ट में ATP का निर्माण फोटोफास्फोराइलेशन कहलाता है) होती है, तथा इलेक्ट्रॉन ग्राही $NADP^+$ से, सभी जीवितों में एक पदार्थ $NADP^+$ का निर्माण हाइड्रोजन दाता के रूप में होता है। इलेक्ट्रॉन ग्राही $NADP^+$ से NADPH हाइड्रोजन दाता का निर्माण (फोटोरिडक्शन) या अपचायक शक्ति (reducing power) NADPH का निर्माण कहलाता है।

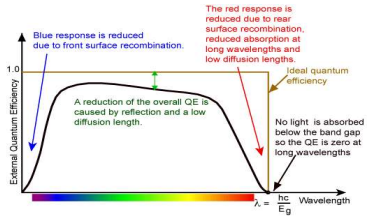
क्वाण्टम प्राप्ति (Quantum yield)

(i) प्रकाशसंश्लेषण की दर या प्राप्ति की गणना क्वाण्टम प्राप्ति या O_2 निष्कासन द्वारा की जा सकती है। जिसे "प्रकाशसंश्लेषण में अवशोषित प्रकाश के प्रति क्वाण्टम से निष्कासित O_2 अणुओं की संख्या द्वारा परिभाषित किया जा सकता है।

(ii) प्रकाशसंश्लेषण में आवश्यक क्वाण्टम = 8 अर्थात एक ऑक्सीजन अणु को मुक्त करने के लिए प्रकाश के 8 क्वाण्टा की आवश्यकता होती है।

(iii) अतः क्वाण्टम प्राप्ति = 1/8 = 0.125 (अर्थात 1 का एक प्रभाज) जैसे – 12% ।

इमरसन प्रभाव तथा रेड ड्रॉप (Emerson effect and Red drop) : आर. इमरसन तथा सी. एम. लुईस (1943) ने यह अवलोकन किया कि प्रकाशसंश्लेषण की क्वाण्टम प्राप्ति स्पेक्ट्रम (680nm या अधिक) के सुदूर लाल सिरे की ओर घटती जाती है। क्वाण्टम की प्राप्ति प्रति प्रकाश क्वाण्टम अवशोषण में निष्कासित O_2 की संख्या है। चूंकि इस क्वाण्टम प्राप्ति में कमी का अवलोकन सुदूर लाल क्षेत्र या स्पेक्ट्रम के लाल क्षेत्र में दूर होता है इसे रेड ड्रॉप कहते हैं।



इमरसन तथा उनके सहयोगियों ने यह अवलोकन किया कि यदि छोटी तरंगदैर्ध्य (680nm से कम) के प्रकाश को 680nm या उससे अधिक तरंगदैर्ध्य के प्रकाश के साथ समान रूप से प्रदान किया जाये, तब 680nm या उससे अधिक तरंगदैर्ध्य के प्रकाश की प्रकाश–संश्लेषी दक्षता बढ़ जाती है। छोटी तथा लम्बी तरंगदैर्ध्य के प्रकाश को अलग–अलग प्रदान करने से प्रकाशसंश्लेषण में क्वाण्टम प्राप्ति अधिक होती है। **प्रकाश–संश्लेषी दक्षता या क्वाण्टम प्राप्ति की यह वृद्धि इमरसन प्रभाव व इमरसन वर्द्धन प्रभाव (Emerson enhancement effect) कहलाती है।**

$$E = \frac{\text{संयुक्त पुंजों में क्वाण्टम की प्राप्ति} - \text{लाल पुंज में क्वाण्टम प्राप्ति}}{\text{सुदूर लाल पुंज में क्वाण्टम प्राप्ति}}$$

(4) दो वर्णक तंत्र (Two pigment systems) : **इमरसन प्रभाव की खोज दो स्पष्ट प्रकाश–रासायनिक प्रक्रिया को दर्शाती है। ऐसा विश्वास किया जाता है कि ये दो भिन्न** विशिष्ट वर्णकों के समूह से सम्बन्धित रहती है।

वर्णक तंत्र I तथा II अचक्रीय इलेक्ट्रॉन परिवहन में भाग लेते हैं, जबकि केवल वर्णक तंत्र I चक्रीय इलेक्ट्रॉन परिवहन में भाग लेता है। प्रकाश तंत्र I एक प्रबल अपचायक NADPH को उत्पन्न करता है प्रकाश तंत्र II एक प्रबल ऑक्सीकारक उत्पन्न करता है, जो कि जल से ऑक्सीजन का निर्माण करता है।

सारणी : वर्णक तंत्र I तथा वर्णक तंत्र II में तुलना

क्र.स.	वर्णक तंत्र I	वर्णक तंत्र II
(1)	PS I थायलेकॉइड की बाह्य सतह पर होती है।	PS I थायलेकॉइड की आन्तरिक सतह पर होता है।
(2)	इस तंत्र में आण्विक ऑक्सीजन निष्कासित नहीं होती है।	जल के प्रकाश अपघटन के परिणामस्वरूप ऑक्सीजन निष्कासित होती है।
(3)	अभिक्रिया केन्द्र P_{700} होता है।	अभिक्रिया केन्द्र P_{680} होता है।
(4)	यह चक्रीय तथा अचक्रीय दोनों प्रकाशीय फॉस्फीकरण में भाग लेता है।	यह केवल अचक्रीय फॉस्फीकरण में भाग लेता है।
(5)	यह इलेक्ट्रॉन प्रकाशतंत्र II से प्राप्त करता है।	यह जल के प्रकाशअपघटनी वियोजनीकरण से इलेक्ट्रॉन प्राप्त करता है।
(6)	यह जल के प्रकाश अपघटन से संबंधित है।	यह जल के प्रकाशअपघटन से सम्बन्धित नहीं है।

प्रकाशीय फॉस्फीकरण (Photophosphorylation) : प्रकाश अवस्था में दोनों वर्णक तंत्रों का अन्तर्सम्बन्ध सम्मिलित है। PS I तथा PS II विभिन्न प्रकाश के वर्णकों का निर्माण करते हैं। आरनॉन ने यह प्रदर्शित किया कि प्रकाश अभिक्रिया के दौरान न केवल अपचयित NADP का निर्माण तथा ऑक्सीजन का निष्कासन होता है, बल्कि ATP का निर्माण भी होता है। इस प्रकार के उच्च ऊर्जा फॉस्फेट (ATP) का निर्माण प्रकाश पर निर्भर होता है अतः इसे प्रकाशीय फॉस्फीकरण कहते हैं।

Aadhar Institute iguruji.com