1. मॉड्यूल और इसकी संरचना

मॉड्यूल विस्तार	
विषय का नाम	जीव विज्ञान
पाठ्यक्रम का नाम	जीव विज्ञान 02 (कक्षा XI, छमाही-2)
मॉड्यूल का नाम / शीर्षक	प्रकाश संश्लेषण की प्रकाश प्रतिक्रियाएं: भाग - 2
मॉड्यूल आईडी	kebo_101302
पूर्व-अपेक्षित	
उद्देश्य	इस पाठ के माध्यम से जाने के बाद, शिक्षार्थी निम्नलिखित को समझने में सक्षम होंगे: • पौधों में श्वसन की मूल विशेषताएं • ग्लाइकोलाइसिस की प्रक्रिया • अवायवीय श्वसन, मादक और लैक्टिक एसिड किण्वन की प्रक्रिया
मुख्य शब्द	सेलुलर श्वसन, एरोबिक श्वसन, एरोबिक श्वसन, ग्लाइकोलाइसिस, लैक्टिक एसिड किण्वन, मादक किण्वन, पौधों में गैसीय विनिमय

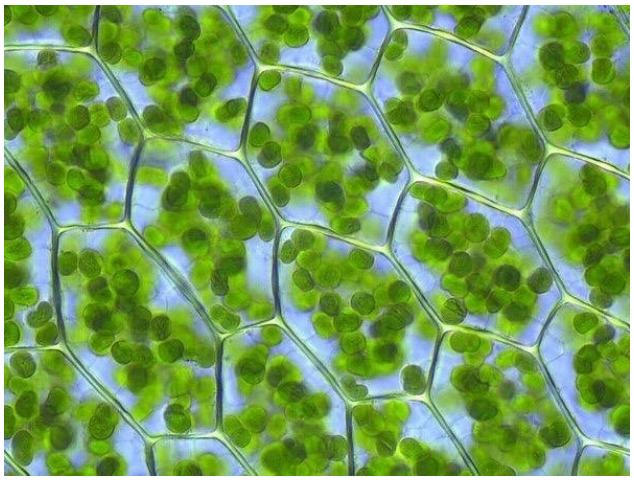
2. विकास दल

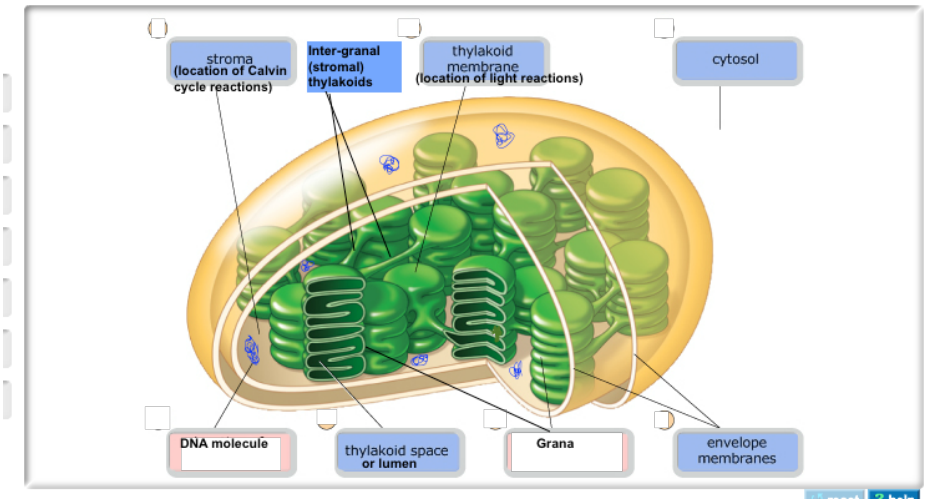
भूमिका	नाम	सम्बद्धता
राष्ट्रीय MOOC समन्वयक (NMC)	प्रो. अमरेंद्र पी बेहरा	सीआईईटी, एनसीईआरटी, नई दिल्ली
कार्यक्रम के समन्वयक	डॉ. मो. ममूर अली	सीआईईटी, एनसीईआरटी, नई दिल्ली
पाठ्यक्रम समन्वयक (सीसी) / पीआई	डॉ सुनीता फरक्या	डी.इ.एस.एम., एन.सी.ई.आर.टी., नई दिल्ली
पाठ्यक्रम सह समन्वयक/ सह-पी.आई.	डॉ. यश पॉल शर्मा	सी.आइ.इ.टी., एन.सी.ई.आर.टी., नई दिल्ली
विषय वस्तु विशेषज्ञ	डॉ. पी. चित्रलेखा	दयाल सिंह कॉलेज, दिल्ली विश्वविद्यालय
समीक्षा दल	डॉ मधुमिता बनर्जी	रामजस कॉलेज, दिल्ली विश्वविद्यालय
अनुवादक	अंजुल शर्मा	एससीईआरटी दिल्ली

परिचय

मॉड्यूल 1 में हमने सीखा कि प्रकाश संश्लेषण पौधों के हरे भागों में होता है, और पौधों के भाग हरे होते हैं क्योंकि उनमें हरे रंग के क्लोरोप्लास्ट वाले कोशिकाएं होती हैं, जो प्रकाश संश्लेषण में शामिल प्रमुख अंग होते हैं। लगभग 20-50 क्लोरोप्लास्ट एक एंजियोस्पर्म पत्ती के एक मेसोफिल सेल में मौजूद होते हैं।

क्लोरोप्लास्ट डबल मेम्ब्रेन बाउंड ऑर्गेनेल हैं। बाहरी और भीतरी दो झिल्लियों से घिरे जीवों के आंतरिक भाग को स्ट्रोमा के नाम से जाना जाता है। एक तीसरा विशिष्ट झिल्ली, थायलाकोइड झिल्ली, जो डिस्क की तरह थैली या थायलाकोइड बनाता है, स्ट्रोमा में मौजूद होता है। स्थानों पर थायलाकोइड्स ढेर हो जाते हैं और 'ग्राना' नामक समुच्चय बनाते हैं। थायलाकोइड्स आपस में जुड़े हुए हैं और थायलाकोइड्स का आंतरिक एक निरंतर तरल पदार्थ से भरा क्षेत्र है जो थायलाकोइड लुमेन का निर्माण करता है। ग्रैना को जोड़ने वाले थाइलैकोइड्स को इंटर-ग्रैनल या स्ट्रोमल थायलाकोइड्स कहा जाता है।





क्लोरोप्लास्ट स्रोत: https://en.wikipedia.org/wiki/Chlorophyll#/media/File:Plagiomnium_affine_laminazellen.jpeg

1954 तक, यह अच्छी तरह से स्थापित हो गया था कि प्रकाश संश्लेषण एक दो-चरण प्रक्रिया है जिसमें प्रकाश-निर्भर कदम और प्रकाश-स्वतंत्र कदम शामिल है, और प्रकाश-निर्भर चरण में, प्रकाश ऊर्जा को रासायनिक ऊर्जा में पिगमेंट और मदद से परिवर्तित किया जाता है और थायलाकोइड झिल्ली में मौजूद अन्य घटक (मॉड्यूल 1)। इस प्रकार, संपूर्ण प्रकाश-निर्भर प्रक्रिया थायलाकोइड्स में होती है।

इसमें कई ईवेंट शामिल हैं: • क्लोरोप्लास्ट पिगमेंट और उत्साहित इलेक्ट्रॉनों की पीढ़ी द्वारा प्रकाश ऊर्जा का अवशोषण • एनएडीपी + (ऑक्सीडाइज्ड निकोटिनमाइड एडेनिन डाइन्यूक्लियोटाइड फॉस्फेट) और फॉस्फोराइलेट एडीपी (एडेनोसिन डिपहॉस्फेट) को कम करने के लिए उत्साहित इलेक्ट्रॉनों की ऊर्जा का उपयोग ऊर्जा-युक्त एनएडीपीएच (कम निकोटिनमाइड एडेनिन डाइनाक्लियोटाइड फॉस्फेट) और एटीपी (एडेनोसिन ट्राइफॉस्फेट) के अणुओं को क्रमश: बनाने के लिए किया जाता है। प्रक्रिया एक मजबूत ऑक्सीकरण वातावरण बनाते हैं। • पानी के अणुओं का विभाजन क्योंकि ऑक्सीकरण के मजबूत वातावरण और ऑक्सीजन की रिहाई।

क्लोरोप्लास्ट पिगमेंट प्रकाश प्रतिक्रियाओं में शामिल

उच्च पौधों में, दो व्यापक श्रेणियों, क्लोरोफिल और कैरोटीनॉयड से संबंधित प्रकाश प्रतिक्रियाओं में चार प्रकार के वर्णक शामिल होते हैं। इन वर्णकों को कागज क्रोमैटोग्राफी द्वारा किसी भी पौधे के हरे भाग के अर्क से आसानी से अलग किया जा सकता है। चार पिगमेंट में प्राथमिक प्रकाश को अवशोषित करने वाले पिगमेंट, क्लोरोफिल ए और क्लोरोफिल बी, और गौण कैरोटीनॉइड पिगमेंट, कैरोटीन और ज़ेंथोफिल शामिल हैं। अक्सर क्लोरोफिल बी (chl b) को एक गौण वर्णक माना जाता है क्योंकि यह प्रकाश ऊर्जा के रासायनिक ऊर्जा में सीधे रूपांतरण में भाग नहीं लेता है। जबकि chl a एक प्राथमिक वर्णक है जो सभी प्रकाश संश्लेषक जीवों में बैक्टीरिया से लेकर शैवाल और उच्च पौधों तक पाया जाता है, Chl b कुछ शैवाल और सभी उच्च पौधों में पाया जाता है। लगभग सभी प्रकाश संश्लेषक बैक्टीरिया, शैवाल और उच्चतर पौधों में विभिन्न प्रकार के कैरोटेनॉयड पाए जाते हैं और प्रकाश संश्लेषण में कार्य करते हैं।

वर्णक एक पदार्थ है जो दृश्यमान प्रकाश की विशिष्ट तरंग लंबाई को अवशोषित करता है और बाकी प्रकाश को दर्शाता है, और इसलिए, रंगीन दिखाई देता है। वर्णक का रंग परावर्तित प्रकाश के रंग से मेल खाता है। विभिन्न तरंग दैर्ध्य पर एक वर्णक द्वारा अवशोषित प्रकाश का अंश आमतौर पर रेखांकन द्वारा प्लॉट किया जाता है और वर्णक के अवशोषण स्पेक्ट्रम का प्रतिनिधित्व करता है।

क्लोरोफिल इस दुनिया में सबसे प्रचुर जैविक वर्णक है। पत्तियों में 1 ग्राम तक क्लोरोफिल वर्णक / एम 2 होता है। क्लोरोफिल में केंद्र में बंधे एक मैग्नीशियम परमाणु के साथ चार पायरोल-जैसे रिंगों का एक प्लैनर हेड होता है। एक पांचवें साइक्लोपेंटानोइक रिंग और एक फाइटोल श्रृंखला भी अणु से जुड़ी होती है। क्लोरोफिल ए और क्लोरोफिल बी के बीच एकमात्र संरचनात्मक अंतर यह है कि क्लोरोफिल बी में दूसरे पायरोल रिंग में सी -7 स्थिति में मिथाइल समूह के बजाय एक एल्डिहाइड है।

क्लोरोफिल (एक विलायक में पत्तियों से निकाले गए) मुख्य रूप से वायलेट-ब्लू (480 एनएम से नीचे) और लाल (550-700 एनएम) प्रकाश की तरंग लंबाई को अवशोषित करते हैं और हरे रंग की लहर की लंबाई को दर्शाते हैं, और इसलिए, हरे रंग के होते हैं। एक पेपर क्रोमैटोग्राम में क्लोरोफिल हरे रंग का दिखाई देता है जबकि क्लोरोफिल बी पीले रंग का हरा दिखाई देता है।

कैरोटीनॉयड टेट्राप्रेन्स के डेरिवेटिव हैं। कैरोटीनॉयड, कैरोटीन (जैसे- α- कैरोटीन, t-कैरोटीन, और लाइकोपीन) के दो वर्ग हैं जो शुद्ध हाइड्रोकार्बन हैं, और xanthophylls (जैसे.ल्यूटिन और ज़ेक्सैथिन) जिनमें ऑक्सीजन होता है। निकाली गई कैरोटीनॉयड आम तौर पर 400 और 500nm के बीच वायलेट-ब्लू रेंज में अवशोषित होती है, और इसलिए पीले से नारंगी रंग की दिखाई देती है। ज़ैंथोफिल पीले रंग के होते हैं जबकि कैरोटीन अधिक नारंगी होते हैं।

क्लोरोप्लास्ट में पिगमेंट का अवशोषण स्पेक्ट्रा इंगित करता है कि अधिक से अधिक प्रकाश बैंगनी-नीले और नारंगी-लाल तरंग दैर्ध्य में अवशोषित होता है जो ज्यादातर क्लोरोफिल द्वारा, कैरोटीनॉयड द्वारा नीले-हरे और पीले क्षेत्रों में कम और हरे रंग की तरंग दैर्ध्य प्रकाश से कम से कम दिखाई देता है। इसलिए, क्लोरोप्लास्ट हरे दिखाई देते हैं, और पौधे के सभी क्लोरोप्लास्ट वाले हिस्से हरे दिखाई देते हैं।

लेकिन क्या ये वर्णक, क्लोरोफिल और कैरोटेनॉइड, प्रकाश संश्लेषण के लिए जिम्मेदार हैं? यदि ये प्रकाश संश्लेषण में उपयोग किए जाने वाले प्रकाश को अवशोषित और कटाई करते हैं, तो प्रकाश संश्लेषण की दर प्रकाश की लहर लंबाई पर अधिक होगी, जिस पर ये वर्णक अधिक अवशोषित करते हैं। यह तब स्पष्ट हो जाता है जब क्लोरोप्लास्ट पिगमेंट के अवशोषण स्पेक्ट्रम और प्रकाश संश्लेषण की क्रिया स्पेक्ट्रम की तुलना की जाती है। प्रकाश संश्लेषण की दर बैंगनी-नीले और लाल तरंग दैर्ध्य पर अधिकतम होती है, पीले-नारंगी तरंग दैर्ध्य पर कम और कम से कम हरे रंग की तरंग दैर्ध्य पर क्लोरोफिल और कैरोटीनॉयड पिगमेंट द्वारा प्रकाश के अवशोषण और प्रकाश संश्लेषण की दर के बीच एक सहसंबंध को दर्शाता है। इसलिए, यह स्पष्ट है कि क्लोरोफिल और कैरोटेनॉइड प्रकाश संश्लेषण में शामिल वर्णक हैं जिनमें क्लोरोफिल प्रमुख भूमिका निभाते हैं।

इसके अलावा, कैरोटेनॉइड प्रकाश संश्लेषक तंत्र को तेज धूप से बचाने में महत्वपूर्ण भूमिका निभाते हैं। उच्च प्रकाश ऊर्जा अतिरिक्त इलेक्ट्रॉनों का उत्पादन करती है जो ऑक्सीजन के साथ प्रतिक्रिया करते हैं और प्रतिक्रियाशील ऑक्सीजन प्रजातियों (आरओएस) का उत्पादन करते हैं। आरओएस अत्यंत हानिकारक होते हैं और क्लोरोफिल, प्रोटीन और झिल्लियों के टूटने का कारण बन सकते हैं। कैरोटीनॉयड हानिरहित अतिरिक्त प्रकाश ऊर्जा को समाप्त करता है और आरओएस के गठन को रोकता है।

प्रकाश संश्लेषक इकाइयाँ और फोटोसिस्टम

प्रकाश ऊर्जा के अवशोषण पर, क्लोरोप्लास्ट पिगमेंट, विशेष रूप से, क्लोरोफिल अणु उत्तेजित हो जाते हैं,अर्थात उनके इलेक्ट्रॉन उत्तेजित हो जाते हैं और उच्च ऊर्जा कक्षा में कूद जाते हैं। यदि उपयुक्त इलेक्ट्रॉन स्वीकर्ता है, तो उत्तेजित इलेक्ट्रॉन को स्वीकर्ता को दान कर दिया जाता है, जो फोटोकैमिकल प्रतिक्रिया के परिणामस्वरूप कम हो जाता है (हिल का प्रयोग)। लेकिन एक स्वीकर्ता की अनुपस्थिति में, उत्साहित इलेक्ट्रॉन प्रकाश (लाल प्रतिदीप्ति) और गर्मी के रूप में ऊर्जा जारी करने के लिए जमीन पर गिरता है। लाल प्रतिदीप्ति आसानी से देखा जाता है जब सॉल्वैंट्स में निकाले गए क्लोरोफिल प्रकाश के संपर्क में आते हैं।

1930 के दशक की शुरुआत में, इमर्सन और अर्नोल्ड ने देखा कि सभी क्लोरोफिल अणु व्यक्तिगत रूप से फोटोकैमिकल प्रतिक्रिया नहीं लाते हैं। 200-300 वर्णक अणुओं के एक समूह को प्रकाश संश्लेषक इकाई कहा जाता है, सहकारी रूप से कार्य करता है। एक समूह का केवल 1 आउट, जिसे प्रतिक्रिया केंद्र अणु के रूप में जाना जाता है, फोटोकेमिकल प्रतिक्रिया करता है; ऐन्टेना अणु

नामक बाकी प्रकाश ऊर्जा को अवशोषित करते हैं और इसे प्रतिक्रिया केंद्र अणु में स्थानांतरित करते हैं। वर्णक अणु प्रोटीन के लिए बाध्य होते हैं जो उत्तेजना ऊर्जा के हस्तांतरण को सक्षम करने के लिए उन्हें ठीक स्थिति देते हैं। प्रतिक्रिया केंद्र अणु, सबसे कम ऊर्जा के साथ प्रकाश की सबसे लंबी तरंग दैर्ध्य में अधिकतम अवशोषित करता है और इसलिए, एक ऊर्जा जाल के रूप में कार्य करता है। प्रकाश संश्लेषक इकाइयाँ वर्णक-प्रोटीन परिसर हैं।

इमर्सन द्वारा बाद के प्रयोगों (1958 में लाल ड्रॉप प्रयोग और 1958 में वृद्धि प्रयोग) ने दो प्रकार के ऐसे परिसरों की उपस्थिति का संकेत दिया, जिन्हें फोटोसिस्टम I (PS I) और फोटोसिस्टम II (PS II) के रूप में जाना जाता है, जो अग्रानुक्रम में काम करते हैं। प्रत्येक फोटोसिस्टम में एक मुख्य क्षेत्र या प्रतिक्रिया केंद्र होता है जो प्रकाश कटाई परिसर (LHC) से घिरा होता है। मुख्य क्षेत्र में मुख्य रूप से एक अणु होते हैं, जिसमें क्लोरोफिल के एक विशेष जोड़े के अणु शामिल होते हैं, जो प्रतिक्रिया केंद्र वर्णक अणुओं के रूप में होता है। इसके अलावा, इलेक्ट्रॉन स्वीकर्ता अणु जो उत्तेजित प्रतिक्रिया केंद्र से इलेक्ट्रॉनों को स्वीकार करते हैं, एक अणु कोर क्षेत्र में स्थित होते हैं।

पीएस I में, प्रतिक्रिया केंद्र क्लोरोफिल एक अणु 700nm तरंग दैर्ध्य पर अधिकतम प्रकाश को अवशोषित करता है और इसे P700 के रूप में संदर्भित किया जाता है। इसी तरह, प्रतिक्रिया केंद्र क्लोरोफिल PS II में एक अणु 680nm प्रकाश को अधिकतम रूप से अवशोषित करता है,और इसलिए, P680 के रूप में जाना जाता है। फोटो सिस्टम के ऐन्टेना अणु, जिनमें chl a, chl b, carotenes और xanthophylls शामिल हैं, प्रकाश कटाई परिसरों को बनाने वाले प्रोटीन से जुड़े होते हैं।

प्रकाश प्रतिक्रिया के अन्य घटक

दो फोटो सिस्टम एक इलेक्ट्रॉन परिवहन प्रणाली द्वारा जुड़े होते हैं जो फोटो सिस्टम के बीच इलेक्ट्रॉनों को स्थानांतरित करता है। इलेक्ट्रॉन परिवहन प्रणाली के घटक प्लास्टोक्विनोन, साइटोक्रोम बी 6 एफ कॉम्प्लेक्स और प्लास्टोसायनिन हैं। एक और इलेक्ट्रॉन परिवहन श्रृंखला जिसमें फेरेडॉक्सिन और फेरेडॉक्सिन-एनएडीपी + रिडक्टेस होते हैं, पीएस I से एनएडीपी + तक इलेक्ट्रॉनों को स्थानांतरित करता है। साइटोक्रोम b6f कॉम्प्लेक्स (Cyt b6f) थाइलाकोइड झिल्ली में समान रूप से वितरित प्रोटीन कॉम्प्लेक्स है। साइटोक्रोमेस भी आंतरिक माइटोकॉन्ड्रियल झिल्ली में पाए जाते हैं और इलेक्ट्रॉन ट्रांसपोर्टरों के रूप में कार्य करते हैं। प्लास्टोक्विनोन (PQ), एक लिपिड घुलनशील कार्बनिक अणु, थायलाकोइड झिल्ली के लिपिड bilayer में मौजूद है। प्लास्टोसायनिन (पीसी) एक कॉपर युक्त प्रोटीन है जो थायलाकोइड झिल्ली के लुमेनल पक्ष पर स्थित है। प्लास्टोक्विनोन और प्लास्टोसायनिन दोनों मोबाइल इलेक्ट्रॉन वाहक हैं जो क्रमशः लैमेला की सतह पर और साथ में चलते हैं, और सिस्टम में अगले स्वीकर्ता अणुओं को इलेक्ट्रॉनों को वितरित करते हैं। पीएस I से इलेक्ट्रॉन ट्रांसफर में शामिल एक तीसरा मोबाइल इलेक्ट्रॉन वाहक फेरेडॉक्सिन (एफडी) है, जो लौह-सल्फर युक्त प्रोटीन होता है जो थायलाकोइड झिल्ली के स्ट्रोमल पक्ष से जुड़ा होता है। इलेक्ट्रॉन ट्रांसफर सिस्टम का अंतिम घटक एक एंजाइम, फेरेडॉक्सिन-एनएडीपी + रिडक्टेस (एफएनआर) है जो स्ट्रोमाल में थायलाकोइड लामेला के साथ-साथ स्ट्रोमा में भी मुक्त होता है। फेरेडॉक्सिन और एफएनआर दोनों थाइलैकोइड लैमेला के गैर-प्रभावित क्षेत्रों पर मौजूद हैं।

प्रकाश प्रतिक्रिया का एक अन्य महत्वपूर्ण घटक एंजाइम एटीपी सिंथेज़ है जो एटीपी के संश्लेषण में शामिल है। यह एक मल्टी-प्रोटीन कॉम्प्लेक्स है, जिसमें दो भाग होते हैं, CF0, थाइलैकोइड झिल्ली और फैले हुए एक ट्रांसफ़ॉर्मर चैनल, और CF1 से जुड़ी घुंडी की तरह CF1, और थाइलाकोइड

झिल्ली के स्ट्रोमल साइड पर बाहर फैला है। एटीपी सिंथेज़, पीएस I की तरह, मुख्य रूप से थायलाकोइड झिल्ली के गैर-अपीलीय क्षेत्रों में पाया जाता है।

इलेक्ट्रॉनों का उत्पादन और परिवहन

जब प्रकाश प्रकाश प्रणालियों पर गिरता है, प्रकाश कटाई या एंटीना अणु प्रकाश ऊर्जा को अवशोषित करते हैं और ऊर्जा को तेजी से एक अणु से दूसरे में स्थानांतरित करते हैं और अंत में, प्रतिक्रिया केंद्रों पर अणुओं की एक विशेष जोड़ी तक पहुंचते हैं। एक बार जब ऊर्जा की एक विशिष्ट मात्रा दो chl अणुओं में से एक द्वारा अवशोषित हो जाती है, तो यह एक इलेक्ट्रॉन को उच्च ऊर्जा कक्षीय तक इलेक्ट्रॉन को बढ़ावा देने के लिए उत्साहित हो जाती है। उत्तेजित इलेक्ट्रॉन एक इलेक्ट्रॉन परिवहन प्रणाली (ETS) से गुजरता है, जिसे इलेक्ट्रॉन परिवहन श्रृंखला भी कहा जाता है, जिसमें इलेक्ट्रॉन स्वीकर्ता की एक श्रृंखला शामिल होती है। इस प्रक्रिया में, chl एक अणु प्रतिक्रिया केंद्र में, जिसने इलेक्ट्रॉन को दान किया है, एक सकारात्मक चार्ज या एक इलेक्ट्रॉन छेद प्राप्त करता है। इसलिए, सौर ऊर्जा का उपयोग ऑक्सीकरण-कमी प्रतिक्रिया को पूरा करने के लिए किया जाता है, प्रतिक्रिया केंद्र में एक अणु को ऑक्सीकरण करता है और एक उच्च ऊर्जा इलेक्ट्रॉन उत्पन्न करता है।

पीएस I, उत्साहित P700 एक स्वीकर्ता को उच्च ऊर्जा इलेक्ट्रॉन दान करता है और P700 + बन जाता है। अंतिम इलेक्ट्रॉन स्वीकर्ता फेरेडॉक्सिन है जो इलेक्ट्रॉनों को NADP + में स्थानांतरित करता है और इसे NADPH तक कम करता है। कमी की प्रतिक्रिया एंजाइम, फेरेडॉक्सिन- एनएडीपी + रिडक्टेस (एफएनआर) द्वारा उत्प्रेरित होती है। प्रत्येक एनएडीपी + को दो इलेक्ट्रॉनों और दो प्रोटॉन (स्ट्रोमा से) को एनएडीपीएच में कम करने की आवश्यकता होती है।

$$\text{एनएडीपी}^{+} \xrightarrow{e^-} \text{एनएडीपी} \xrightarrow{e^-} \text{एनएडीपी} \xrightarrow{2H^+} \text{एनएडीपीएच} + \text{एच}^{+}$$

पीएस II के उत्साहित पी 680 के उच्च ऊर्जा इलेक्ट्रॉन को प्लास्टोक्विनोन (पीक्यू) द्वारा स्वीकार किया जाता है जो स्ट्रोमा से दो प्रोटॉन के साथ बांधता है और पीक्यूएच 2 तक कम हो जाता है। कम प्लास्टोक्विनोन के इलेक्ट्रॉनों को पी 7 I में पीटी I में साइट बी 6 एफ कॉम्प्लेक्स और प्लास्टोसायनिन के माध्यम से पारित किया जाता है। नतीजतन, चार्ज किया गया P700 + बेअसर हो जाता है और अपनी जमीनी स्थिति में वापस आ जाता है जबकि P680 एक सकारात्मक चार्ज (P680 +) प्राप्त करता है।

इलेक्ट्रॉन स्वीकार करने वालों का क्रम उनकी कमी की संभावनाओं से निर्धारित होता है। न्यूनीकरण क्षमता (जिसे ऑक्सीकरण / कमी क्षमता या रेडॉक्स क्षमता के रूप में भी जाना जाता है) इलेक्ट्रॉनों को प्राप्त करने और कम होने के झुकाव को इंगित करता है। उत्साहित क्लोरोफिल अणु में इसे बनाए रखने की तुलना में उच्च इलेक्ट्रॉन कक्षीय पर अपने इलेक्ट्रॉन को दान करने की एक उच्च प्रवृत्ति होती है, और इस प्रकार, कम रेडॉक्स क्षमता होती है। यह एक स्वीकर्ता को इलेक्ट्रॉन दान करता है जिसकी उच्च या अधिक सकारात्मक रेडॉक्स क्षमता होती है जो बदले में इलेक्ट्रॉन को फिर भी उच्चतर रेडॉक्स क्षमता वाले स्वीकर्ता के रूप में स्थानांतरित करता है। इस प्रकार, इलेक्ट्रॉन एक रेडॉक्स संभावित प्रवणता की यात्रा करता है, कम से अधिक रेडॉक्स क्षमता के लिए।

पीएस II से एनएडीपीएच तक इलेक्ट्रॉनों के गैर-चक्रीय आंदोलन, उनके रेडॉक्स क्षमता के अनुसार व्यवस्थित किए गए स्वीकारकर्ताओं के अनुक्रम के माध्यम से एक ज़िगज़ैग आकार जैसा दिखता है, और इस तरह अक्सर कहा जाता है Z योजना।

एक वैकल्पिक प्रकाश प्रेरित इलेक्ट्रॉन प्रवाह जिसे चक्रीय इलेक्ट्रॉन हस्तांतरण के रूप में जाना जाता है, क्लोरोप्लास्ट में भी होता है। इसमें केवल पीएस I और ETS शामिल हैं। कोई ऑक्सीजन या NADPH का उत्पादन नहीं किया जाता है। उत्तेजित P700 से इलेक्ट्रॉन को फेरेडॉक्सिन द्वारा स्वीकार किया जाता है। इलेक्ट्रान को एनएडीपी + में स्थानांतरित करने और इसे कम करने के बजाय, फेरेडोक्सिन को कम करके, इसे साइटोक्रोम 66f को दान कर देता है। इलेक्ट्रॉन तब प्लास्टोसिनिन के माध्यम से P700 पर वापस लौटता है।

फोटोफॉस्फोराइलेशन और एटीपी संश्लेषण

प्रकाश प्रतिक्रिया में, एनएडीपीएच और ऑक्सीजन के अलावा, एटीपी भी बनता है। सामान्य तौर पर, एटीपी को फॉस्फेट समूह (पाई) के अलावा एडीपी (एडेनोसिन डिपोस्फेट) के रूप में संश्लेषित किया जाता है और इस प्रक्रिया को फॉस्फोराइलेशन के रूप में भी जाना जाता है, इसके लिए ऊर्जा की आवश्यकता होती है। फोटोफॉस्फोराइलेशन में, प्रकाश ऊर्जा का स्रोत है। यह 1954 में था कि अर्नोन और सहकर्मियों ने प्रकाश की उपस्थिति में पृथक क्लोरोप्लास्ट में एटीपी के गठन का प्रदर्शन किया। बाद में यह दिखाया गया था कि फोटोफॉस्फोराइलेशन, साथ ही ऑक्सीडेटिव फॉस्फोराइलेशन, जो माइटोकॉन्ड्रिया में होता है, एक इलेक्ट्रॉन परिवहन प्रणाली (ईटीएस) के माध्यम से इलेक्ट्रॉन हस्तांतरण के लिए युग्मित होता है और एटीपी सिंथेज़ की उपस्थिति की आवश्यकता होती है। इसका मतलब यह था कि एटीपी संश्लेषण ईटीएस और एक कार्यात्मक एटीपी सिंथेज़ की अनुपस्थिति में नहीं होगा। यह बदले में इंगित करता है कि एटीपी संश्लेषण के लिए ऊर्जा उत्पन्न होती है जब इलेक्ट्रॉन उच्च ऊर्जा दाता अणुओं से लेकर ईटीएस के निम्न ऊर्जा स्वीकर्ता अणुओं के लिए उच्च ऊर्जा दाता अणुओं से एक रेडॉक्स संभावित ढाल से गुजरता है। लेकिन एटीपी के संश्लेषण में उत्पन्न ऊर्जा का उपयोग कैसे किया जाता है?

प्रकाश संश्लेषण में हल्की प्रतिक्रिया के कारण, एक प्रोटॉन ढाल को तीन प्रक्रियाओं द्वारा थायलाकोइड झिल्ली में स्थापित किया जाता है।
(ए) जब प्रकाश-उत्साहित chl के उच्च ऊर्जा इलेक्ट्रॉन प्रतिक्रिया केंद्र के एक अणु को ETS के साथ ले जाते हैं और एक निम्न ऊर्जा स्तर तक गिरते हैं, तो ऊर्जा जारी होती है। प्लास्टोक्विनोन और साइटोक्रोम b6f कॉम्प्लेक्स द्वारा स्ट्रोमा से लुमेन में थायलाकोइड झिल्ली में प्रोटॉन पंप करके इस ऊर्जा को संरक्षित किया जाता है।
(b) प्रोटॉन को लुमेन में तब छोड़ा जाता है जब इलेक्ट्रॉनों को उत्पन्न करने के लिए ऑक्सीजन को विकसित करने वाले ऑक्सीजन द्वारा विभाजित किया जाता है। चूंकि थायलाकोइड झिल्ली प्रोटॉन के लिए अभेद्य है, इसलिए प्रोटॉन की एक उच्च एकाग्रता लुमेन में जमा होती है।
(c) इसके अलावा, NADP + से NADPH तक की कटौती के दौरान, न केवल इलेक्ट्रॉनों बल्कि स्ट्रोमा के प्रोटॉन का उपयोग किया जाता है, जिसके परिणामस्वरूप स्ट्रोमा में प्रोटॉन की कमी होती है।

लुमेन में प्रोटॉन के संचय और स्ट्रोमा में उनकी कमी से थायलाकोइड झिल्ली में एक प्रोटॉन ढाल बढ़ जाता है। प्रोटॉन ढाल एटीपी सिंथेज के माध्यम से थायलाकोइड झिल्ली में स्ट्रोमा में प्रोटॉन के प्रवाह से अलग हो जाता है। प्रोटॉन चैनल के माध्यम से एटीपी सिंथेज़ के सीएफ 0 क्षेत्र के माध्यम से फैलते हैं जो एडीपी और पाई से एटीपी के संश्लेषण को सक्षम करने वाले एंजाइम के सीएफ 1 भाग में परिवर्तनकारी परिवर्तन लाता है।
पीएस II, प्लास्टोक्विनोन, साइटोक्रोम बी 6 एफ कॉम्प्लेक्स, प्लास्टोसायनिन, पीएसआई और फेर्रेडॉक्सिन को शामिल करते हुए एनएडीपीएच के लिए पानी से इलेक्ट्रॉनों के गैर-चक्रीय प्रवाह के दौरान एटीपी संश्लेषण, कोसीसिलिक फोटोफॉस्फ्रीलेशन कहा जाता है।

इस प्रकार, गैर-चक्रीय इलेक्ट्रॉन हस्तांतरण पानी के विभाजन के माध्यम से प्रकाश प्रतिक्रिया, एनएडीपीएच, एटीपी और ओ 2 के सभी तीन उत्पादों का उत्पादन करता है।

पीएस I, साइटोक्रोम b6f कॉम्प्लेक्स और प्लास्टोसायनिन से, इलेक्ट्रॉनों के चक्रीय प्रवाह और P700 के दौरान एटीपी भी बनता है। एटीपी उत्पादन की इस प्रक्रिया को चक्रीय फोटोफॉस्फ्रीलेशन के रूप में जाना जाता है। PS I से उच्च ऊर्जा इलेक्ट्रॉन को मोबाइल फेर्रेडॉक्सिन द्वारा साइटोक्रोम b6f कॉम्प्लेक्स में स्थानांतरित किया जाता है। जैसा कि यह प्लास्टोसायनिन के माध्यम से पीएस I में वापस आता है, यह ऊर्जा खो देता है जो स्ट्रोमा से प्रोटॉन को थायलाकोइड झिल्ली में लुमेन में पंप करने के लिए उपयोग किया जाता है। संचित प्रोटॉन का प्रोटोम प्रेरक बल एटीपी संश्लेषण को गैर-चक्रीय फोटोफॉस्फोरिएशन के समान एक तंत्र द्वारा चलाता है। हालांकि, चक्रीय इलेक्ट्रॉन प्रवाह द्वारा कम प्रोटॉन को लुमेन में ले जाया जाता है, एटीपी अणुओं की कम संख्या बनती है।

$$\text{एडीपी + पाई} \xrightarrow{\text{रोशनी}} \text{एटीपी}$$

चक्रीय इलेक्ट्रॉन प्रवाह में, इसलिए, केवल एटीपी का गठन होता है; न तो NADPH और न ही O2 उत्पन्न होते हैं।
जब भी C4 चयापचय में अतिरिक्त एटीपी अणुओं की आवश्यकता होती है, तो चक्रीय फॉस्फोराइलेशन संचालित होता है।

कुल प्रकाश प्रतिक्रिया

सामान्य तौर पर, ऑक्सीजन के प्रत्येक अणु के लिए, पानी के 2 अणु विभाजित होते हैं जो 4 इलेक्ट्रॉनों का उत्पादन करते हैं। ये इलेक्ट्रॉन एक गैर-चक्रीय मार्ग में बहते हैं और 2NADPH और 3ATP अणु उत्पन्न करते हैं।
कुल प्रकाश प्रतिक्रिया के रूप में प्रतिनिधित्व किया जा सकता है

$$2H_2O + 2NADP^+ + 3ADP + 3Pi \xrightarrow[\text{थायलाकोइड्स}]{\text{प्रकाश ऊर्जा}} O_2 + 2NADPH + 2H^+ + 3ATP$$

NADPH और ATP, प्रकाश प्रतिक्रिया के उत्पाद कार्बन कमी प्रतिक्रियाओं या केल्विन चक्र प्रतिक्रियाओं के दौरान कार्बोहाइड्रेट के जैवसंश्लेषण में उपयोग किए जाते हैं।

सारांश

• प्रकाश संश्लेषण की प्रकाश निर्भर प्रतिक्रिया के दौरान, प्रकाश ऊर्जा रासायनिक ऊर्जा में परिवर्तित हो जाती है; प्रकाश ऊर्जा को अवशोषित किया जाता है और दो ऊर्जा-समृद्ध अणुओं को बनाने के लिए उपयोग किया जाता है, एनएडीपीएच (निकोटिनमाइड एडेनिन डायन्यूक्लियोटाइड फॉस्फेट) और एटीपी (एडेनोसिन ट्राइफॉस्फेट)।

• क्लोरोप्लास्ट की थायलाकोइड झिल्ली में संपूर्ण प्रकाश प्रतिक्रिया होती है।

• चार प्रकार के पिगमेंट, क्लोरोफिल ए, क्लोरोफिल बी, कैरोटीन और ज़ेंथोफिल, प्रकाश अवशोषण में शामिल हैं, जिनमें से क्लोरोफिल मुख्य हैं।

• चार प्रकार के प्रोटीन कॉम्प्लेक्स, फोटोसिस्टम I (PS I), फोटोसिस्टम II (PS II), साइटोक्रोम b6f और ATP सिंथेज़, थाइलाकोइड झिल्ली में मौजूद होते हैं जो प्रकाश की प्रतिक्रिया को अंजाम देते हैं।

• PS I और PS II पिगमेंट-प्रोटीन कॉम्प्लेक्स हैं, जिसमें प्रतिक्रिया केंद्र में क्रमशः विशेष क्लोरोफिल के साथ अणुओं, P700 और P680 के वर्णक अणुओं के समूह होते हैं। वर्णक अणु प्रकाश ऊर्जा को अवशोषित करते हैं और इसे P700 और P680 में स्थानांतरित करते हैं जो उत्साहित हो जाते हैं और एक इलेक्ट्रॉन को उच्च ऊर्जा स्तर तक बढ़ावा देते हैं।

• उत्साहित P700 के उच्च-ऊर्जा इलेक्ट्रॉन को NADP + में स्थानांतरित किया जाता है और इसे NADPH को कम किया जाता है।

• उत्साहित P680 के उच्च-ऊर्जा इलेक्ट्रॉन को इलेक्ट्रो की कमी वाले P700 में एक इलेक्ट्रान परिवहन प्रणाली के माध्यम से स्थानांतरित किया जाता है जिसमें प्लास्टोक्विनोन, साइटोक्रोम b6f कॉम्प्लेक्स, बढ़ते रेडॉक्स क्षमता के साथ प्लास्टोसिनिन होता है। इस आंदोलन के दौरान इलेक्ट्रॉन ऊर्जा खो देता है जो स्ट्रोमा से लुमेन तक थायलाकोइड झिल्ली में प्रोटॉन पंप करके संरक्षित किया जाता है।

• परिणामी इलेक्ट्रॉन की कमी P680 एक मजबूत ऑक्सीडेंट है, जो PS II से जुड़े ऑक्सीजन के विकसित होने वाले कॉम्प्लेक्स की मदद से, पानी के अणुओं को ऑक्सीजन में ऑक्सीकरण करता है, इस प्रक्रिया में इलेक्ट्रॉनों और प्रोटॉन को बाहर निकालता है। P680 में इलेक्ट्रॉन की कमी को पूरा करने के लिए इलेक्ट्रॉनों का उपयोग किया जाता है, प्रोटॉन लुमेन में रहते हैं और ऑक्सीजन गैस के रूप में बच जाता है।

• प्रोटॉन की एक उच्च सांद्रता एक प्रोटॉन प्रवणता या एक प्रोटॉन प्रेरक बल बनाने वाले थायलाकोइड्स के लुमेन में जम जाती है।

• एटीपी सिंथेज़ के माध्यम से प्रोटॉन का प्रसार इसे सक्रिय करता है जिसके परिणामस्वरूप एडीपी का फॉस्फ़रीलेशन और एटीपी का संश्लेषण होता है।

• चूंकि इस तंत्र द्वारा एटीपी संश्लेषण के लिए ऊर्जा का स्रोत हल्का है, इसलिए इस प्रक्रिया को फोटोफॉस्फोराइलेशन के रूप में जाना जाता है।

• दो प्रकार के फोटोफॉस्फोराइलेशन हैं; नॉनसाइक्लिक फ़ाटोफॉस्फोरलाइज़ेशन तब होता है जब एटीपी के संश्लेषण के लिए प्रोटॉन मकसद बल एक गैर-चक्रीय इलेक्ट्रॉन प्रवाह द्वारा पानी से NADPH तक दोनों फोटो सिस्टम को शामिल करता है, और चक्रीय फ़ेटोफ़ॉस्फ़लेमेशन जहां इलेक्ट्रॉनों का एक चक्रीय हस्तांतरण और PS के P700 के लिए प्रोटॉन मकसद बल बनाता है।