

# क्या जन्तु भी प्रकाश संश्लेषण कर सकते हैं?

## डेबोरा मेक्केन्जी और माइकल ला पेज

पौधों में प्रकाश संश्लेषण ज़रूरी पोषक तत्व बनाने का एक बहुत ही कारगर तरीका है। भोजन खोजने, खाने और पचाने में समय बर्बाद करने की बजाय, पौधे कार्बन डाइऑक्साइड और पानी को क्लोरोफिल की मौजूदगी में ऑक्सीजन और शर्करा में बदलने के लिए सूरज की रोशनी का उपयोग करते हैं।

कुछ जीव प्रकाश संश्लेषण की शक्ति का दोहन करने में कामयाब रहे हैं। उदाहरण के लिए, जब सैकोग्लोसन समुद्री स्लग प्रकाश संश्लेषक हरे शैवाल को खाते हैं, तो शैवाल से क्लोरोप्लास्ट स्लग की आँत की कोशिकाओं में शामिल हो जाते हैं, जहाँ वे बाकी शैवाल के पचकर बाहर निकल जाने के बाद भी पोषक तत्वों को पम्प करना जारी रखते हैं।

कुछ क्लैम और फ्लैटवर्म जैसे जीव भी शैवाल की प्रकाश संश्लेषक शक्तियों का उपयोग करते हैं, लेकिन एक सहजीवी दृष्टिकोण अपनाते हैं, जहाँ शैवाल को कोई नुकसान नहीं पहुँचता। कोरल इसका एक उत्तम उदाहरण हैं। अधिकांश रीफ-बिल्डिंग कोरल में शैवाल की कॉलोनियाँ होती हैं। दिन के दौरान, शैवाल कोरल की अधिकांश ऊर्जा आवश्यकताओं को पूरा करते हैं और बदले में, शैवाल को भी एक सुरक्षित स्थान मिलता है। सूरज की रोशनी का उपयोग करने वाला एकमात्र कशेरुकी जीव स्पॉटिड सेलामेंडर है। यहाँ, पानी में रहने वाले शैवाल सेलामेंडर के अण्डों को अपनी रिहाइश बनाते हैं, फिर भ्रूण कोशिकाओं में शामिल हो जाते हैं जहाँ वे विकासशील जीव की मदद करते हैं। इन सबसे यह सवाल उठता है कि क्या हम इन्सान भी कभी प्रकाश संश्लेषण कर सकते हैं? सुनने में यह विचार अच्छा है लेकिन है तो दूर की कौड़ी ही। ऐसा क्यों है, जानते हैं इस लेख में।

## वो असाधारण प्रयोग

“बहुत दूर की कौड़ी थी,” क्रिस्टिना एगेपेकिस को लगता है, “हम तो यही सोच रहे थे कि पता नहीं क्या होगा।” उन्होंने एक असाधारण प्रयोग किया था: ज़ेब्रा मछली के अण्डों में प्रकाश संश्लेषी बैक्टीरिया इंजेक्ट किए गए थे।

बोस्टन में हार्वर्ड मेडिकल स्कूल की शोध छात्र एगेपेकिस मात्र यह देखना चाहती थीं कि क्या यह बैक्टीरिया जीवित रह पाएगा। बड़ी कोशिकाओं में प्रवेश करने वाले बैक्टीरिया या तो खुद मर जाते हैं या मार दिए जाते हैं। मगर कभी-कभार कुछ अलग भी हो जाता है, जिसके परिणाम धरती का हुलिया बदल सकते हैं। वैसे तो प्रकाश को भोजन में तबदील करने की क्षमता सायनोबैक्टीरिया में विकसित हुई थी और वनस्पति का विकास तब हुआ जब ज़्यादा उन्नत कोशिकाओं ने इन सायनोबैक्टीरिया को अपने अन्दर गुलाम बनाकर यह टेक्नोलॉजी चुरा ली।

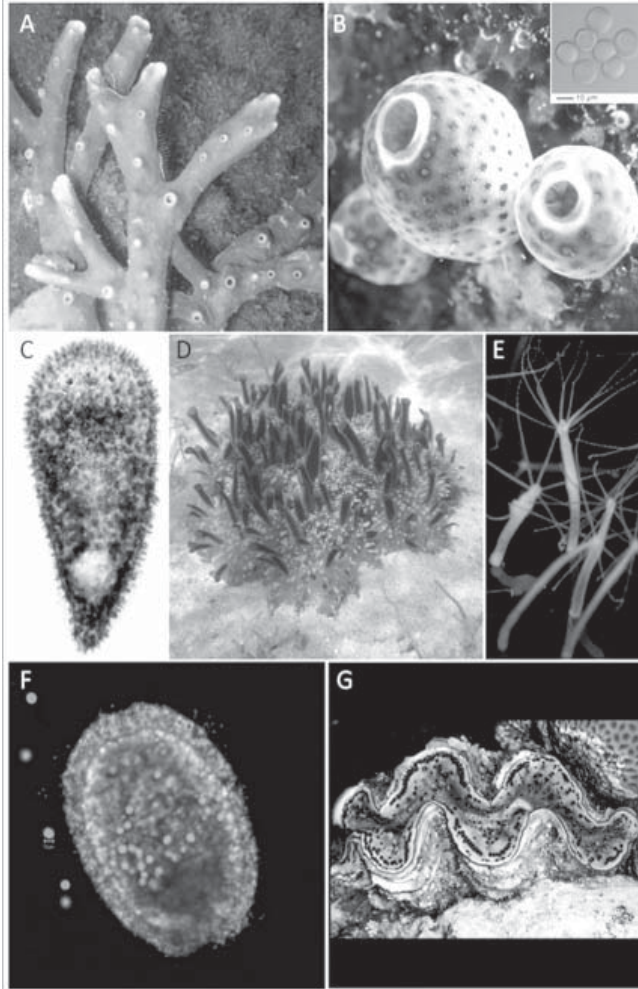
जहाँ अधिकांश जीव वैज्ञानिक शर्त लगाकर कहेंगे कि सायनोबैक्टीरिया और मछली का कोई तालमेल नहीं हो सकता, वहीं एगेपेकिस ने जो सायनेकोकस मछली के अण्डों में इंजेक्ट किया था, वह मछली के पैदा होने के दो हफ्ते बाद भी जीवित था। यही वह समय होता है जब ज़ेब्रा

मछली के अपने रंजक विकसित हो रहे होते हैं। हो सकता है कि बैक्टीरिया किसी पारदर्शी मछली में ज़्यादा बेहतर ढंग से जीवित रह पाएँगे।

अलबत्ता, सायनोबैक्टीरिया की वृद्धि व विभाजन सामान्य नहीं रहे। एगेपेकिस ने बताया कि इन बैक्टीरिया ने मछली को ज़्यादा शर्करा भी उपलब्ध नहीं कराई। अर्थात् मछली के भ्रूणों को प्रकाश से शायद ही कोई ऊर्जा प्राप्त हुई हो। और यही हाल तब भी रहे जब सायनोबैक्टीरिया को जेनेटिक स्तर पर इस ढंग से परिवर्तित किया गया था कि वह शर्करा को अपनी कोशिका से बाहर स्थानान्तरित करे। मगर इस बात से कई आशावादी सवाल जन्म लेते हैं कि मछली और बैक्टीरिया जीवित रहे। क्या एक दिन हम ऐसी मछलियाँ बना पाएँगे जो अपनी कुछ ऊर्जा सीधे धूप से प्राप्त कर सकें?

## कुछ जीव भी प्रकाश संश्लेषी

बात हास्यास्पद लग सकती है मगर तथ्य यह है कि कई जन्तु अपने भोजन का कुछ हिस्सा प्रकाश संश्लेषण से प्राप्त करते हैं। इनमें सबसे जाने-माने तो उष्णकटिबन्धीय कोरल्स (मूंगा) हैं मगर कई सारे स्पॉन्ज, एनीमोन्स, सी-स्क्वर्ट, हायड्रा और बाईवॉल्व (सीपियाँ) भी आंशिक रूप से सूर्य की ऊर्जा पर निर्भर हैं। दरअसल, सूर्य से ऊर्जा प्राप्त करने



**चित्र-1:** विविध सहजीवियों वाले विभिन्न प्रकाश संश्लेषक जानवरों के उदाहरण। (A) सायनेकोकस के साथ निओपेट्रोसिया सबट्राइंगुलरिस (फोटो - रॉबर्ट थैकर); (B) प्रोक्लोरोन के साथ डिडेमनम मोले (इनसेट) (फोटो - यूइची हिरोसे); (C) टेट्रासेल्मिस सहजीवियों के साथ सिम्बियोडिनियम प्रजाति (D) सिम्बियोडिनियम के साथ कैसिओपिया ज़ामाचाना (फोटो - एलन वर्डे); (E) क्लोरेला के साथ हरा हाइड्रा (फोटो - थॉमस बॉश); (F) लाल ऑटोफ्लोरोसेंट सिम्बियोडिनियम के साथ फंगिया कोरल लार्वा (नीला) की कॉन्फोकल छवि (फोटो - वर्जीनिया वीस); और (G) सिम्बियोडिनियम के साथ ट्रिडैकना प्रजाति (बुड्स होल ओशनोग्राफिक इंस्टीट्यूशन की अनुमति से जेसुस पिनेडा द्वारा फोटो)।

वाले जन्तु इन्सानों के भोजन का स्रोत भी हैं; विशाल क्लैम्स पिछले एक लाख वर्षों से मनुष्य के भोजन का हिस्सा रहे हैं।

यदि आप यह सोच रहे हैं कि ये सारे जन्तु पौधों के जैसे दिखते हैं या उनकी तरह व्यवहार करते हैं, तो ऐसा हर मामले में नहीं होता। कई प्रकाश संश्लेषी जन्तु स्वतंत्र रूप से विचरण करने वाले भी हैं। प्रकाश संश्लेषी चपटे कृमि करीब 1.5 से.मी. लम्बे होते हैं और कई स्थानों पर पाए जाते हैं। इसी प्रकार से वेलेला नामक जेली मछली है जो समुद्र की सतह पर उतरती रहती है। इनके अलावा अपसाइड डाउन जेली मछली भी है। इन सबमें सबसे हैरतअंगेज़ जन्तु विभिन्न किस्म के समुद्री स्लग हैं जो सूर्य से ऊर्जा प्राप्त करते हैं। अलबत्ता, इनमें किसी रीढ़धारी जन्तु का नाम नहीं है। मगर सम्भव है कि बदलाव आने को ही हो। यह काफी समय से पता रहा है कि कुछ उभयचर जीवों के अण्डों के आसपास के लसलसे पदार्थ में शैवाल उगती है। इसमें दोनों को फायदा होता है - शैवाल ऑक्सीजन उपलब्ध कराती है और भ्रूण के उत्सर्जी पदार्थों से पोषण प्राप्त करती है।

### धब्बेदार सेलामेंडर

अब पता चला है कि धब्बेदार सेलामेंडर (*एम्बीस्टोमा मेक्युलेटम*) एक कदम और आगे जाता है। कनाडा

स्थित डलहौज़ी विश्वविद्यालय के रयान कर्नी ने पाया कि इस सेलामेंडर की मादा शैवाल की कोशिकाओं को अपनी अण्डवाहिनी में संग्रहित करके रखती है और किसी तरह से उन्हें अपने अण्डों में पहुँचा देती है। और तो और, ये शैवाल सिर्फ अण्डों के आसपास विकसित नहीं होते बल्कि सेलामेंडर भ्रूण की कोशिकाओं के अन्दर भी पनपते हैं। सेलामेंडर की कोशिकाओं के अन्दर ऊर्जा का उपभोग करने वाले माइटोकॉण्ड्रिया इन शैवाल कोशिकाओं के इर्द-गिर्द इकट्ठे हो जाते हैं - शर्करा व ऑक्सीजन पाने के लिए।

हम अभी यह नहीं जानते कि सेलामेंडर के भ्रूण को शैवाल से भोजन प्राप्त होता है या नहीं और फिलहाल तो यह सम्भव नहीं लगता कि वयस्क में ऐसा होता होगा क्योंकि वयस्क सेलामेंडर अपना अधिकांश दिन का समय काई या पत्थरों के नीचे अन्धकार में गुज़ारते हैं। वैसे भी सेलामेंडर की काली त्वचा में से प्रकाश का अन्दर पहुँचना मुश्किल ही है। बरहाल, ऐसा लगता है कि कम-से-कम एक रीढ़धारी जीव है जो अपने जीवन-चक्र के एक हिस्से में प्रकाश संश्लेषी होता है।

अर्थात् सवाल यह नहीं है कि क्या जन्तु प्रकाश संश्लेषण कर सकते हैं। सवाल तो यह है कि क्यों इतने थोड़े-से जन्तु ऐसा करते हैं। कुछ शोधकर्ताओं का मानना है कि प्रकाश

संश्लेषण का नकारात्मक पक्ष आम तौर पर उसके फायदों पर भारी रहता है। कुछ अन्य जीव-वैज्ञानिक इस बात से असहमत हैं। वैन्कूवर, कनाडा में ब्रिटिश कोलंबिया

विश्वविद्यालय के पैट्रिक कीलिंग का मत है कि “बात यह नहीं है कि जन्तु प्रकाश संश्लेषण कर नहीं सकते, बल्कि यह है कि उन्होंने किया नहीं है।” कीलिंग क्लोरोप्लास्ट के विकास



**चित्र-2:** पीला स्पॉटिड सेलामेंडर, समुद्री स्लग की तरह ही, शैवाल के साथ सहजीवी सम्बन्ध में रहता है। शैवाल जीव के भ्रूण में पाया गया। सेलामेंडर के भ्रूण स्पष्ट रंग के अण्डों में पाए जाते हैं, जो मादाओं द्वारा पानी में निचले पौधों पर सतह के करीब दिए जाते हैं, ताकि प्रकाश उन तक पहुँच सके।

ऐसा लगता है कि ऊर्जा का एक अतिरिक्त स्रोत प्रदान करते हुए हरा शैवाल भ्रूण को सूर्य के प्रकाश से वृद्धि और विकास के लिए बहुत आवश्यक ऊर्जा प्राप्त करने में मदद करता है (यह बदले में, शैवाल के जीवित रहने की सम्भावनाओं को बढ़ाता है)। स्पॉटिड सेलामेंडर सबसे अधिक विकसित पशु प्रजाति में से एक है और सभी रीढ़धारी जीवों में से एकमात्र है, जो सीधे प्रकाश संश्लेषण से लाभ उठा सकता है। आम तौर पर, अत्यधिक विकसित जीवों की प्रतिरक्षा प्रणाली इस तरह के सहजीवी व्यवहार को रोकती है। (क्रेडिट: विकिपीडिया कॉमन्स)

का अध्ययन करते हैं। यह समझने के लिए कि इन दो मतों में से कौन-सा सही है, हमें यह देखना होगा कि प्रकाश संश्लेषण के लिए लगता क्या-क्या है।

### प्रकाश संश्लेषण के लिए ज़रूरी शर्तें

पहली ज़रूरत है, प्रकाश। यह महज़ संयोग नहीं है कि जिन जन्तुओं में प्रकाश संश्लेषण का विकास हुआ है, उनकी जीवन शैली में रोशनी में रहना पहले से शामिल था। और इनमें से कई जन्तु, जैसे हायड्रा और जेलीफिश के शरीर अर्धपारदर्शी होते हैं जिसमें से प्रकाश अन्दर जा सकता है।

शरीर की आकृति से भी फर्क पड़ता है। एनीमोन्स और कोरल्स जैसे कई सारे प्रकाश संश्लेषी जन्तुओं की रचना शाखीय होती है, लगभग वैसी ही जैसी पौधों की होती है। अन्य प्रकाश संश्लेषी जन्तु जैसे चपटे कृमि और कुछ सेकीग्लॉसन (समुद्री स्लग) का आकार चपटा पत्तीनुमा होता है। इससे इन जन्तुओं की सतह का क्षेत्रफल उसी आयतन के अन्य आकार से अधिक हो जाता है और उन्हें अधिकतम प्रकाश सोखने में मदद मिलती है।

प्रकाश की ज़रूरत से इस बात की व्याख्या हो जाती है कि क्यों अधिकांश जन्तु प्रकाश संश्लेषण नहीं करते। यह हो सकता है कि वयस्क धब्बेदार सेलामेंडर को कुछ ऊर्जा प्रकाश संश्लेषण से मिल जाती हो,

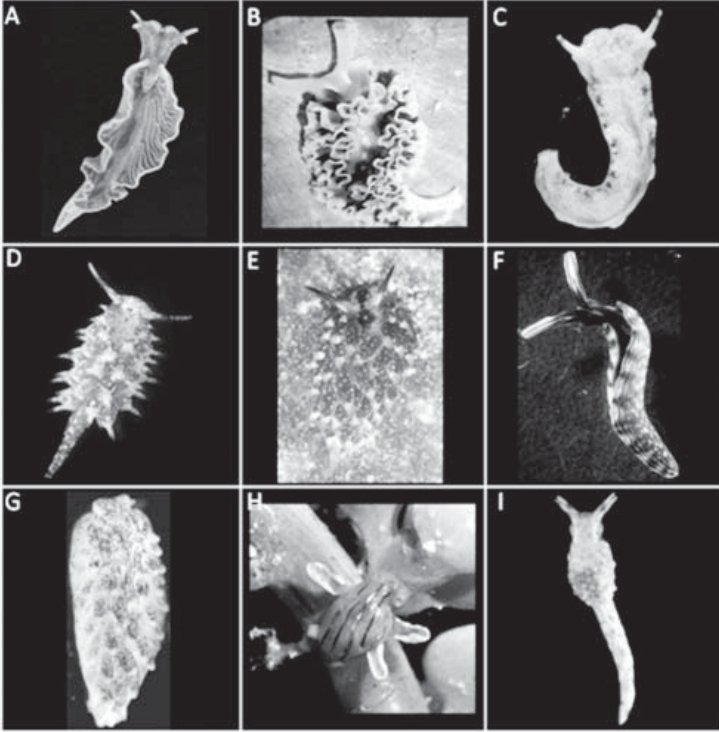
मगर दिन के उजाले में खुद को खुले में रखने के खतरे कहीं ज़्यादा हैं। इस खतरे का मतलब है कि इस क्षमता का आगे विकास नहीं होगा। दूसरी ओर, कई स्तनधारियों, पक्षियों और सरिसृपों को पर्याप्त धूप मिलती है मगर उनका बालों का आवरण, पंख और शल्क, इस रोशनी को उनकी कोशिकाओं तक नहीं पहुँचने देते।

मगर यहाँ यह भी लगता है कि थोड़े-से प्रकाश से भी काम चल सकता है। न्यूडीब्रांच समुद्री स्लग (*प्लेकोब्रेंकस ऑसिलेटस*) को अवश्य ही प्रकाश संश्लेषण से फायदा मिलता होगा, हालाँकि यह अपना दिन आधा रेत में धँसे-धँसे गुज़ारता है और इसकी प्रकाश संश्लेषी कोशिकाएँ त्वचा की परतों से ढँकी होती हैं। और यह भी सही नहीं है कि इस समस्या का एकमात्र समाधान चपटा या शाखित शरीर ही है। कुछ स्पॉन्ज के सिलिका कंकाल फायबर ऑप्टिक केबल की तरह काम करते हैं, और प्रकाश को शरीर के अन्दर तक पहुँचा देते हैं।

वास्तव में, शायद सबसे असम्भव लगने वाले प्रकाश संश्लेषी जन्तु तो विशाल क्लैम्स हैं। इनकी खोल काफी मोटी होती है और सतह का क्षेत्रफल अपेक्षाकृत कम ही होता है। इसके बावजूद एक युवा क्लैम 10 माह तक मात्र प्रकाश के बल पर वृद्धि करता रह सकता है। बर्मुडा इंस्टीट्यूट ऑफ

ओशिन साइन्सेज़ की एंजेला डगलस कहती हैं कि इसे सम्भव बनाने के लिए विशाल क्लैम्स ने अपनी अन्दरूनी व्यवस्था में भारी फेरबदल किए हैं। अलबत्ता, यदि शुरू से ही क्लैम्स को प्रकाश संश्लेषण से फायदा न मिला होता, तो ये व्यापक अनुकूलन विकसित न हुए होते।

दरअसल, प्रकाश संश्लेषी शैवाल कुछ सीपियों, शंखों और घोंघों के शरीर के अन्दर भी पाए गए हैं। सम्भवतः ये इनके शरीर की कठोर खोल में से होकर पहुँचने वाले थोड़े-से प्रकाश पर भी जी पाते हैं। ऐसा माना जाता है कि मेज़बान को भी इन शैवालों से थोड़ा भोजन मिल जाता



**चित्र-3:** क्लोरोप्लास्ट प्रतिधारण के विभिन्न समयों के साथ प्रकाश संश्लेषक सेकोग्लॉसन (समुद्री स्लग और समुद्री घोंघे का एक सुपरऑर्डर) के उदाहरण। (A) एलीसिया क्लोरोटिका, (B) एलीसिया क्रिस्पैटा, (C) प्लेकोब्रांचस ओसेलेटस, (D) कोस्टासिएला ओसेलिफेरा, (E) थुरिडिला ग्रेसिलिस, (F) कोस्टासिएला कुरीशिमा, (G) एल्डेरिया मोडेस्टा, (H) लोबिगर विरिडिस (I) ऑक्सिनो एंटिलेरम।

है। हालाँकि, इसे अभी तक साबित नहीं किया गया है।

यदि क्लैम्स और शंखों को प्रकाश संश्लेषण के लिए पर्याप्त प्रकाश मिल सकता है, तो मछलियों को तो कोई दिक्कत ही नहीं होनी चाहिए। वास्तव में, कुछ मछलियों, जैसे लायनफिश और पत्तीनुमा समुद्री ड्रेगन या रेफिश या चपटी मछलियों, का आकार तो प्रकाश हासिल करने के लिए एकदम सही है।

प्रकाश संश्लेषण के लिए दूसरी ज़रूरत है उस मशीनरी की जो प्रकाश को भोजन में बदल सके। पौधों में यह क्लोरोप्लास्ट के रूप में होती है। क्लोरोप्लास्ट वास्तव में सायनोबैक्टीरिया के निर्वस्त्र रूप हैं जिन्हें करीब ढाई अरब वर्ष पूर्व पौधों ने अपनी कोशिका में समाविष्ट कर लिया था। जन्तुओं के पूर्वजों के पास क्लोरोप्लास्ट कभी नहीं रहा मगर एक किस्म के जन्तु ज़रूर क्लोरोप्लास्ट हासिल कर सकते हैं।

### क्लोरोप्लास्ट पाने के तरीके

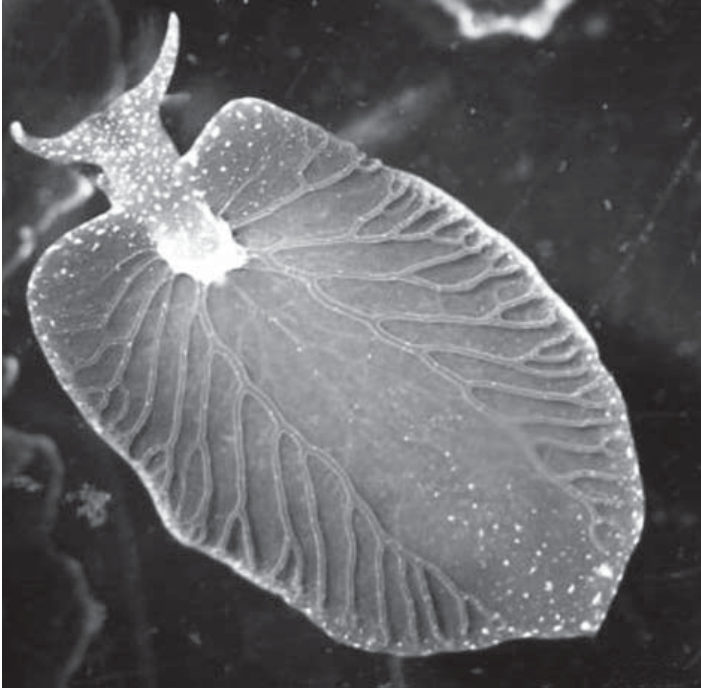
सूर्य से ऊर्जा प्राप्त करने वाले सेकोग्लॉसन समुद्री स्लग जिन शैवालों का भक्षण करते हैं, उनके क्लोरोप्लास्ट अलग कर लेते हैं और उन्हें अपनी आँतों की कोशिकाओं में सहेजकर रखते हैं। समुद्री स्लग की आँतों की शाखाएँ पूरे शरीर में फैली होती हैं जिससे प्रकाश अवशोषण के लिए पर्याप्त सतह मिल जाती है।

मगर इसमें एक पेंच है। जब सायनोबैक्टीरिया क्लोरोप्लास्ट में तबदील हुए थे, उनके अधिकांश जीन्स मेज़बान के जीनोम में स्थानान्तरित हो गए थे। इनमें से कुछ जीन्स वे भी थे जो क्लोरोप्लास्ट के कामकाज को सुचारु रूप से चलाने के लिए ज़रूरी थे। चूँकि समुद्री स्लग्स की कोशिकाओं में ये जीन्स नहीं हैं, इसलिए उन्हें हर एकाध सप्ताह में नए क्लोरोप्लास्ट प्राप्त करने होते हैं। इसका एकमात्र अपवाद पन्ना के रंग का हरा स्लग *इलिसिया क्लोरोटिका* है। वयस्क अवस्था में पहुँचकर जब यह एक विशेष शैवाल से क्लोरोप्लास्ट चुराता है, तो फिर इसे अपने जीवन के शेष 10 महीनों तक भोजन करने की ज़रूरत नहीं रहती।

क्या *इलिसिया क्लोरोटिका* ने येन-केन-प्रकारेण क्लोरोप्लास्ट से काम करवाने के लिए ज़रूरी जीन्स हासिल कर लिए हैं? पिछले साल दो टीमों ने इसकी घोषणा की थी। मगर शायद उन्होंने यह घोषणा करने में थोड़ी जल्दबाज़ी की। मैं विश्वविद्यालय की मैरी रम्फो इस बात की पुष्टि करने में असफल रही हैं। उनका मत है कि इसका अन्तिम फैसला जीनोम शृंखला पता करने के बाद ही हो जाएगा।

वे कहती हैं कि क्लोरोप्लास्ट को सँभालने के लिए करीब 200 अतिरिक्त जीन्स की ज़रूरत होती है





**चित्र-4:** समुद्री स्लग (इलिसिया क्लोरोटिका) संयुक्त राज्य अमेरिका और कनाडा के पूर्वी तट के पानी में रहने वाला एक असाधारण सुन्दर स्लग है। इसकी विशेषता हरे रंग का, पत्ती के आकार का शरीर है। यह स्लग शैवाल (वाउचेरिया लिटोरिया) खाता है, लेकिन यह इसकी ऊर्जा का एकमात्र स्रोत नहीं है।

और इन्हें किसी जन्तु के जीनोम में जोड़ना आजकल के किसी जेनेटिक इंजीनियर के लिए अच्छी खासी चुनौती होगी। रम्फो मानती हैं कि “यह सोचना अयथार्थवादी होगा कि आप क्लोरोप्लास्ट गतिविधि को सँभालने के लिए ज़रूरी सारे जीन्स किसी पराए जीनोम में जोड़ सकते हैं और उन्हें अभिव्यक्ति के स्तर तक ला सकते हैं और उनके द्वारा बनाए

गए प्रोटीन्स को क्लोरोप्लास्ट तक पहुँचा सकते हैं, इन जीन्स की गतिविधियों के नियमन की बात तो जाने ही दें।”

इससे यह बात समझ में आ जाती है कि जिन जन्तुओं ने पौधों से प्रकाश संश्लेषण की क्षमता चुराई है, उन्होंने आम तौर पर पूरी-की-पूरी कोशिका - केन्द्रक, क्लोरोप्लास्ट वगैरह सब कुछ को ही कैद कर लिया है। किसी

जन्तु कोशिका में मात्र क्लोरोप्लास्ट जोड़ने की बजाय एक पूरी पादप कोशिका जोड़ने के लिए शायद कम जेनेटिक छेड़छाड़ की ज़रूरत हो। इसका सबसे आसान उम्मीदवार है शैवाल सिम्बियोडिनियम, जो कोरल्स, एनीमोन्स, जेली फिश, न्यूडीब्रांच समुद्री स्लग, विशाल क्लैम्स और अन्य जन्तुओं को सौर ऊर्जा उपलब्ध कराता है। दूसरा विकल्प है कि जन्तु कोशिका में सायनोबैक्टीरिया जोड़ दिया जाए - जैसा कि एगोपेकिस ने किया। सायनोबैक्टीरिया के मेज़बान कुछ स्पंज और कोरल आज भी मौजूद हैं।

### प्रकाश संश्लेषण, बहुकोशीय जीव और चुनौतियाँ

यदि रीढ़धारी जन्तु अपनी कोशिकाओं में शैवाल या सायनोबैक्टीरिया को बर्दाश्त कर भी लें, तो भी इतने से काम नहीं बनेगा। डगलस बताते हैं, “कोरल पॉलिप किसी तरीके से सिम्बियोडिनियम को तैयार करते हैं कि वह अपने द्वारा निर्मित शर्करा को मुक्त कर दे। पॉलिप से बाहर तो सिम्बियोडिनियम अपनी शर्करा अपने पास ही रखता है।”

इस तरह की अभिप्रेरणा ही एकमात्र चुनौती नहीं है। जैसे, एक-कोशिकीय अमीबा पौलीनेला क्रोमेटोफोरा ने एक सायनोबैक्टीरिया को अन्दरूनी सहजीवी के रूप में हासिल कर लिया है और यह

सायनोबैक्टीरिया अपने जीन्स खोता जा रहा है और क्लोरोप्लास्ट में तबदील हो रहा है। एक मायने में यह उस प्राचीन घटनाक्रम की पुनरावृत्ति है जिसके परिणामस्वरूप वनस्पतियों का विकास हुआ था मगर किसी भी बहु-कोशिकीय जन्तु ने इस तरह से प्रकाश संश्लेषी सहजीवी को पीढ़ी-दर-पीढ़ी हस्तान्तरित करने में सफलता हासिल नहीं की है। किंग्सटन के रोड आइलैण्ड विश्वविद्यालय की क्रिस लेन, जो आन्तरिक सहजीवियों का अध्ययन करती हैं, कहती हैं कि “एक-कोशिकीय जीव में क्लोरोप्लास्ट को अंगीकार करना और बहु-कोशिकीय जन्तु में ऐसा करना बहुत अलग-अलग बातें हैं। उसे अगली पीढ़ी तक पहुँचाना, और उसके कोशिका विभाजन चक्र को नियंत्रित करना, मामूली बात नहीं है।”

जन्तु अपने प्रकाश संश्लेषी आन्तरिक सहजीवी अगली पीढ़ी को नहीं देते, अण्डे इन्हें नए सिरे से हासिल करते हैं और उसे पूरे शरीर में पहुँचाते हैं। बहुत मुमकिन है कि समुद्री स्लग्स में प्रकाश संश्लेषण का विकास एकाधिक बार हुआ हो। इसका एक कारण तो यह है कि समुद्री स्लग्स में अपने शिकार की दंश कोशिकाएँ और विष को निकालने व उन्हें अपने पूरे शरीर में वितरित करने की क्षमता पहले से थी। मगर यह बहुत ही दुर्लभ क्षमता है।

प्रकाश संश्लेषी जीवन शैली वैसी ही है जैसे आप समुद्र किनारे खुले में खड़े हैं। हो सकता है, आपको बहुत ज़्यादा धूप मिले। रम्फो कहती हैं, “एक मायने में यह अच्छा होगा कि आप एक प्रकाश संश्लेषी जन्तु हों और अभाव के वक्त सूरज की रोशनी से भोजन बना लें। मगर साथ ही आपको सूरज की रोशनी से ऊर्जा सोखने से होने वाले नुकसान झेलने के तरीके भी विकसित करने होंगे।”

ज़मीन पर रहने वालों के लिए जिस तरह से गर्मी एक समस्या है, उसी तरह से नुकसानदेह पराबैंगनी प्रकाश भी एक बड़ी समस्या है। जो जन्तु दिन भर चमकती धूप में खड़े रहेंगे, उनके लिए खुद को ठण्डा रखना एक समस्या होगी। शायद इसीलिए सारे ज्ञात प्रकाश संश्लेषी जन्तु जलचर हैं।

इसके अलावा प्रकाश संश्लेषण की मशीनरी के निर्माण व रख-रखाव की लागत भी ध्यान में रखनी होगी। इसके अतिरिक्त यह भी देखना होगा कि शरीर रचना में ऐसे परिवर्तनों की क्या लागत होगी जिनकी बदौलत प्रकाश संश्लेषण भी सम्भव हो और भक्षण भी। मसलन, प्रकाश संश्लेषी एनीमोन्स के पास प्रायः अपने शिकार को पकड़ने के लिए डंक मारने वाले तन्तु भी होते हैं और धूप को सोखने के लिए शैवाल-भरे तन्तु भी होते हैं। वे अपने शिकारी तन्तुओं का उपयोग सिर्फ रात के समय करते हैं।

इस सबसे क्या पता चलता है? जहाँ जन्तुओं द्वारा प्रकाश संश्लेषण करने में कोई बुनियादी बाधा नहीं है, वहीं अधिकांश जन्तुओं के लिए ज़रूरी मशीनरी हासिल करना बहुत मुश्किल होगा। और तो और, यदि येन-केन-प्रकारेण जन्तुओं ने यह मशीनरी हासिल कर ली, तो भी कई जन्तुओं को इससे लाभान्वित होने के लिए अपनी जीवन शैली व शरीर रचना में व्यापक परिवर्तन करने होंगे। और इस परिवर्तन के दौरान जो मध्यवर्ती अवस्थाएँ होंगी, वे शायद उनके जीवन के अवसरों को कम कर दें। लिहाज़ा, समझ नहीं आता कि इसका विकास कैसे हो सकता है।

जो मुकाम विकास हासिल नहीं कर पाया, उसे शायद जेनेटिक इंजीनियरिंग द्वारा हासिल किया जा सके। मगर क्या रीढ़धारी जन्तुओं के सन्दर्भ में इसके लाभ लागत से ज़्यादा होंगे? गौरतलब है कि रीढ़धारी जन्तुओं की जीवन शैली काफी सक्रियता से भरी होती है। मान लीजिए, हम सिम्बियोडिनियम को किसी मछली की त्वचा की कोशिका में आरोपित कर देते हैं, ठीक उसी तरह जैसे यह कोरल पॉलिप में रहता है। स्क्रिप्स इंस्टीट्यूट ऑफ ओशिनोग्राफी के स्टुअर्ट सन्डिन के मुताबिक कोरल प्रतिदिन प्रकाश संश्लेषण के लिए उपलब्ध प्रति वर्ग मीटर सतह से 3 से 80 ग्राम तक कार्बन का स्थिरीकरण करता है।

ऊर्जा के रूप में देखें तो यह 126 से 3360 किलोजूल के बराबर है। 20 ग्राम की किसी आम मछली की सतह का क्षेत्रफल (पंख सहित) करीब 0.0044 वर्ग मीटर होता है। यदि मछली का वजन 500 ग्राम हो, तो सतह का क्षेत्रफल 0.045 वर्ग मीटर होगा। मछली पोषणविद् इन्ग्रिड ल्यूपेश के मुताबिक 20 ग्राम की एक कॉर्प मछली को अपना वजन स्थिर रखने के लिए प्रतिदिन 3 किलोजूल ऊर्जा की ज़रूरत होती है। तो 500 ग्राम की खाने योग्य मछली को 40 किलोजूल चाहिए।

थोड़ा हिसाब लगाया जाए तो पता चल जाएगा कि प्रकाश संश्लेषण से कॉर्प मछली को उसकी ज़रूरत से कई गुना ज़्यादा ऊर्जा मिल सकती है। तो लगता है कि प्रकाश संश्लेषी मछली एक ज़बर्दस्त चीज़ होगी। इसी प्रकार की गणना से पता चलेगा कि स्तनधारियों को भी काफी फायदा हो सकता है। मगर इसमें कई अगर-मगर हैं।

## जेनेटिक इंजीनियरिंग से मदद

एक तो यह जानना ज़रूरी है कि जेनेटिक इंजीनियरिंग से तैयार मछलियाँ शायद लाखों वर्षों के विकास में तराशे गए कोरल्स जैसी कार्यक्षम न हों। मसलन, प्रकाश से अपना सम्पर्क बढ़ाने के लिए मछलियों को अलग ढंग से व्यवहार करना होगा। उनकी त्वचा और शल्क

पारदर्शी होने चाहिए ताकि कोशिकाओं तक प्रकाश पहुँच सके मगर साथ ही, पराबैंगनी प्रकाश से सुरक्षा की व्यवस्था भी होनी चाहिए। सम्भव है, प्रकाश संश्लेषी कोरल के समान प्रकाश संश्लेषी मछलियाँ भी गर्म जगहों पर ही पनपेंगी, जहाँ खूब धूप हो, साफ पानी हो और तापमान में उतार-चढ़ाव कम हो। इसके अलावा, अधिकांश प्रकाश संश्लेषी जन्तुओं को अपने आन्तरिक सहजीवियों से कार्बोहाइड्रेट की खुराक मिलती है जिसे डगलस फास्ट फूड कहते हैं। प्रोटीन्स, विटामिन्स, खनिज लवण वगैरह तो भोजन से ही मिलते हैं। बहुत अधिक शक्कर मछलियों के लिए खराब हो सकती है और खास तौर से मछली पालन के सन्दर्भ में कार्बोहाइड्रेट उपलब्ध कराना तो काफी सस्ता पड़ता है। उनकी खुराक का महँगा हिस्सा तो प्रोटीन व वसा होते हैं। सिद्धान्त रूप में तो मछलियों को नाइट्रोजन स्थिर करने वाले सायनोबैक्टीरिया से लैस करके उनकी प्रोटीन की ज़रूरत भी पूरी की जा सकती है, जैसा कि कुछ स्पॉन्ज व कोरल्स में होता है। मगर यह काम अभी पौधों में ही नहीं किया जा सका है जबकि दशकों से इसके प्रयास जोर-शोर से चल रहे हैं।

वैसे आज भी मत्स्य पालन में कई कॉर्प व टिलेपिया मछलियों को काफी सारा भोजन तो तालाबों में उग रही

वनस्पति से या उन वनस्पतियों का भक्षण करने वाले जन्तुओं से मिल ही जाता है। शैवाल को मछलियों के अन्दर ही समाविष्ट करना शायद इससे बेहतर परिणाम न दे।

तो आश्चर्यजनक उत्तर यह है कि शायद यह सम्भव हो कि आप सौर ऊर्जा चालित मछलियाँ बना लें मगर यदि बात खाद्यान्न उत्पादन की है, तो ये मछलियाँ शायद कोई खास फायदा न दें। यदि इसमें कोई फायदा नहीं है, तो इनके निर्माण में

निवेश कौन करेगा, खास तौर से यह देखते हुए कि ऐसा करने के लिए आपको नियामकों और उपभोक्ताओं को विश्वास दिलाना होगा कि ये मछलियाँ सुरक्षित हैं। मगर यदि जेनेटिक टेक्नोलॉजी कुलांचे भरती रही तो अवश्य ही कोई-न-कोई एगोपेकिस के काम को आगे बढ़ाएगा। हो सकता है, एक दिन आपकी पालतू मछली को भोजन खिलाने के लिए आपको बस लाइट ऑन करने की ज़रूरत होगी।

---

**डेबोरा मेक्केज़ी:** तीस से ज़्यादा सालों से *न्यू साइंटिस्ट* पत्रिका के लिए विज्ञान पत्रकार के तौर पर उभरती बीमारियों को कवर कर रही हैं। उन्होंने *अमेरिकन सोसाइटी फॉर माइक्रोबायोलॉजी पब्लिक कम्युनिकेशन अवार्ड* और *एसोसिएशन ऑफ ब्रिटिश साइंस राइटर्स अवार्ड* जीते हैं। पत्रकार बनने से पहले, उन्होंने बायोमेडिकल शोधकर्ता के तौर पर काम किया।

**माइकल ला पेज:** विज्ञान पत्रकार हैं जो जीवन की शुरुआत और विकास से लेकर जेनेटिक इंजीनियरिंग, CRISPR जीन एडिटिंग, बायोमेडिसिन और पर्यावरण, खासकर ग्लोबल वार्मिंग तक हर चीज़ के बारे में लिखते हैं। उन्होंने कैम्ब्रिज विश्वविद्यालय में आणविक जीव विज्ञान सहित विभिन्न विज्ञानों का अध्ययन किया। साथ ही, *न्यू साइंटिस्ट* में विभिन्न भूमिकाओं में काम किया है, जिसमें डिप्टी न्यूज़ एडिटर और फीचर एडिटर के रूप में काम करना शामिल है।

मूल लेख *न्यू साइंटिस्ट* पत्रिका, अंक 8 दिसम्बर, 2010 में प्रकाशित।

यह लेख स्रोत फीचर्स, अंक मार्च 2011 से साभार।

सभी चित्र *फ़्युचरिज़्म ई-न्यूज़लेटर* और *नेशनल लाइब्रेरी ऑफ मेडिसिन* की वेबसाइट से साभार।