"स्वचालित पुनःपूर्ति करने वाले सूक्ष्मजीव लंच बॉक्स: रासायनिक संश्लेषक सहजीवी रखने वाले जानवर (स्वनिर्भर किसान और पुनर्चक्रक)"

हमें भोजन दुकान से क्यों खरीदना पड़ता है?
हम अपना सारा भोजन घर पर क्यों नहीं उगा सकते?

शिकागो, संयुक्त राज्य अमेरिका के एक शहरी खेत "सिटी फार्म" का दृश्य। शहरी खेती, छत पर बागवानी और इसी तरह की अवधारणाओं को इस उद्देश्य से बढ़ावा दिया जाता है कि शहर के निवासियों को यह समझाया जा सके कि उनका भोजन कहाँ से आता है, छत जैसी "व्यर्थ" जगहों का उपयोग भोजन उत्पादन के लिए किया जा सके, और उपभोक्ताओं तक भोजन पहुँचने की दूरी को कम किया जा सके। फोटो: लिंडा एन., 2008, CC-BY 2.0 (https://www.flickr.com/photos/22748341@N00/2737299930/)

ब्रैंडन के.बी. सेह

"मैक्स प्लैंक संस्थान, विकासात्मक जीवविज्ञान, जर्मनी

आभार: मैं इस विषय ढांचे के मसौदे पर सुझाव देने के लिए निकोल डुबिलियर का धन्यवाद करता हूँ, और फ्लोरियन शारहॉसर का धन्यवाद करता हूँ कि उन्होंने स्टिल्बोनिमाटाइन नेमाटोड की तस्वीर उपयोग करने की अनुमति दी।"

हिंदी अनुवाद - डॉ. पुष्प लता (प्राणिविज्ञान विभाग, दिल्ली विश्वविद्यालय)

रसायन संश्लेषक सहजीवन वाले पशु

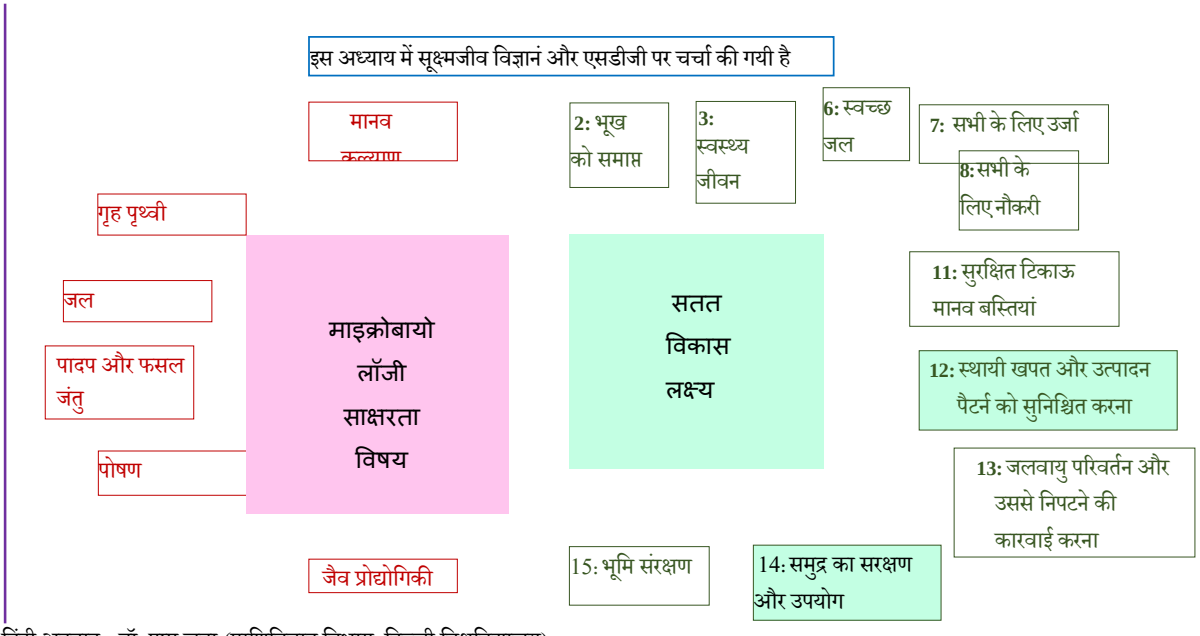
कहानी

ज्यादातर जानवर अपनी जीवन-निर्वाह के लिए पौधों और अन्य जानवरों पर निर्भर होते हैं। मनुष्य भी इससे अलग नहीं हैं, लेकिन आधुनिक समाजों में, हम में से अधिकांश लोग अपना खाना खुद नहीं उगाते; हम दूसरों पर निर्भर होते हैं जो हमारे लिए इसे उगाते हैं। एक व्यक्ति को खाना खिलाने के लिए कितनी ज़मीन और संसाधनों की आवश्यकता होती है? हम अपना खाना घर पर क्यों नहीं उगा सकते या इससे भी बेहतर, अपने पास एक अतिरिक्त व्यवस्था के रूप में ऐसे पौधे क्यों नहीं रख सकते, जिन्हें जब भी हम भूखे हों, बस तैयार करके खा लें? कुछ जानवरों और जानवर जैसे एककोशिकीय जीवाणुओं (प्रोटिस्ट) के पास सच में ऐसा "बैकपैक" होता है जिसमें खाद्य सूक्ष्मजीव होते हैं। ये सूक्ष्मजीव ऊर्जा-सम्पन्न रासायनिक स्रोतों से ऊर्जा का उपयोग करके कार्बन डाइऑक्साइड (CO_2) और छोटे कार्बनिक अणुओं को बायोमास में बदलने में सक्षम होते हैं, बिल्कुल वैसे ही जैसे पौधे सूर्य की रोशनी का उपयोग करके अपने विकास को शक्ति देते हैं, जिसे हम प्रकाशसंश्लेषण (फोटोसिंथेसिस) कहते हैं। मेज़बान जानवर/प्रोटिस्ट फिर सूक्ष्मजीवों द्वारा उत्पादित "फसल" खाता है, साथ ही साथ अपने सूक्ष्मजीवों के लिए अनुकूल परिस्थितियाँ बनाए रखता है ताकि वे अपने विकास को जारी रख सकें, जैसे किसान अपने खेतों की देखभाल करते हैं।

यह एक शानदार विचार लगता है यह सुनिश्चित करने के लिए कि आपको कभी भी भोजन की कमी नहीं होगी। अगर ऐसा है, तो और अधिक जानवर अपने खेतों को अपने साथ क्यों नहीं ले जाते? एक कारण यह है कि ये जीव केवल उन्हीं स्थानों पर होते हैं जहाँ ऐसे रासायनिक ऊर्जा स्रोत पर्याप्त मात्रा में उपलब्ध होते हैं। एक और कारण यह है कि अधिकांश जानवरों को ऊर्जा की आवश्यकता बहुत अधिक होती है, जिसे वे अपने साथ नहीं ले जा सकते। उदाहरण के लिए, प्रत्येक मनुष्य द्वारा उपभोग किए गए भोजन के उत्पादन के लिए औसतन लगभग 0.7 हेक्टेयर कृषि भूमि की आवश्यकता होती है, जो लगभग एक फुटबॉल (सॉकर) मैदान के बराबर है। कल्पना कीजिए कि आप से पूरे दिन अपने साथ लेकर चलते हैं! इस प्रकार के सहजीवी "खाद्य बैकपैक" जीवनशैली को संभव बनाने वाले कारणों के बारे में सोचने से हम अपने ग्रह पर सीमित संसाधनों के साथ भोजन उपभोक्ताओं के रूप में अपनी स्थिति को समझने में मदद मिलती है

सूक्ष्म जीव विज्ञान और सामाजिक संदर्भ

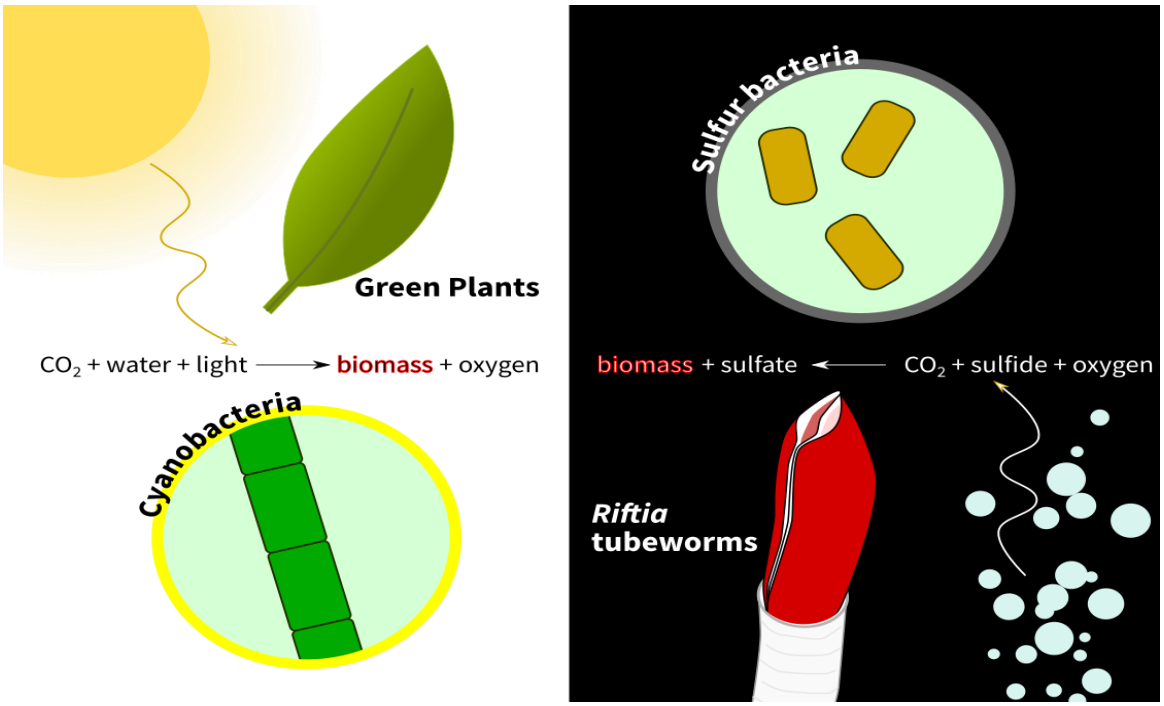
सूक्ष्म जीव विज्ञान: समुद्री जानवर: सूक्ष्म जीव सहजीवन; स्वपोषी - विषमपोशी कार्बन और ऊर्जा अधिग्रहण। स्थिरता: जिम्मेदार उपभोग-उत्पादन; महासागरों का संरक्षण करें.



हिंदी अनुवाद - डॉ. पुष्प लता (प्राणिविज्ञान विभाग, दिल्ली विश्वविद्यालय)

रसायन संश्लेषक सहजीवन वाले जानवर: सूक्ष्म जीव विज्ञान

1.**कई बैक्टीरिया अकार्बनिक रसायनों का उपयोग ऊर्जा स्रोत के रूप में करके जैविक द्रव्य (बायोमास) का निर्माण करते हैं।** इस प्रक्रिया को रासायनिक संश्लेषण (रसायन विज्ञान) कहा जाता है। यह प्रक्रिया उसी तरह है, जैसे पौधे प्रकाश संश्लेषण के जरिए प्रकाश ऊर्जा का उपयोग करके बढ़ते हैं। बढ़ने का अर्थ है नए कोशिकाओं और जैविक द्रव्य के निर्माण के लिए जटिल कार्बनिक (कार्बन आधारित) अणुओं का निर्माण करना। इन जटिल अणुओं का निर्माण सरल रासायनिक घटकों (प्रीकर्सर) से होता है, जिसके लिए काफी ऊर्जा की आवश्यकता होती है। हरे पौधे और सायनोबैक्टीरिया प्रकाश ऊर्जा को अवशोषित करके इसे जैविक ऊर्जा में परिवर्तित करते हैं। इस ऊर्जा का उपयोग वे हवा से कार्बन डाइऑक्साइड को स्थिर करके और पानी को विभाजित करके नई बायोमास बनाने में करते हैं। इस प्रक्रिया में ऑक्सीजन गैस एक उप-उत्पाद के रूप में उत्पन्न होती है। क्योंकि ये जीव पूरी तरह से अकार्बनिक पदार्थों पर निर्भर होते हैं और सूर्य के प्रकाश से ऊर्जा प्राप्त करते हैं, इन्हें स्वपोषी (स्वपोषी) कहा जाता है।इसके विपरीत, मनुष्य जैसे जीव, जो ऊर्जा और कार्बन के स्रोत के रूप में कार्बनिक पदार्थों (जैसे चीनी और प्रोटीन) की आवश्यकता रखते हैं, उन्हें परपोषी (हेटरोट्रॉफ़्स) कहा जाता है हालाँकि, कुछ बैक्टीरिया रासायनिक ऊर्जा का उपयोग करते हैं, जो ऊर्जा-समृद्ध ("अपचयित") यौगिकों में पाई जाती है। यह ऊर्जा तब मुक्त होती है जब हाइड्रोजन सल्फाइड (H_2S, जिसे "सड़े अंडे" की गैस कहते हैं) और ऑक्सीजन के बीच, या हाइड्रोजन गैस (H_2) और ऑक्सीजन के बीच रासायनिक प्रतिक्रिया होती है। इस ऊर्जा का उपयोग ये बैक्टीरिया कार्बन डाइऑक्साइड (CO_2) को स्थिर करके जैविक द्रव्य बनाने में करते हैं।चूंकि यह प्रक्रिया प्रकाश संश्लेषण के समान है, अतः इसे रासायनिक संश्लेषण (Chemosynthesis) कहा जाता है।

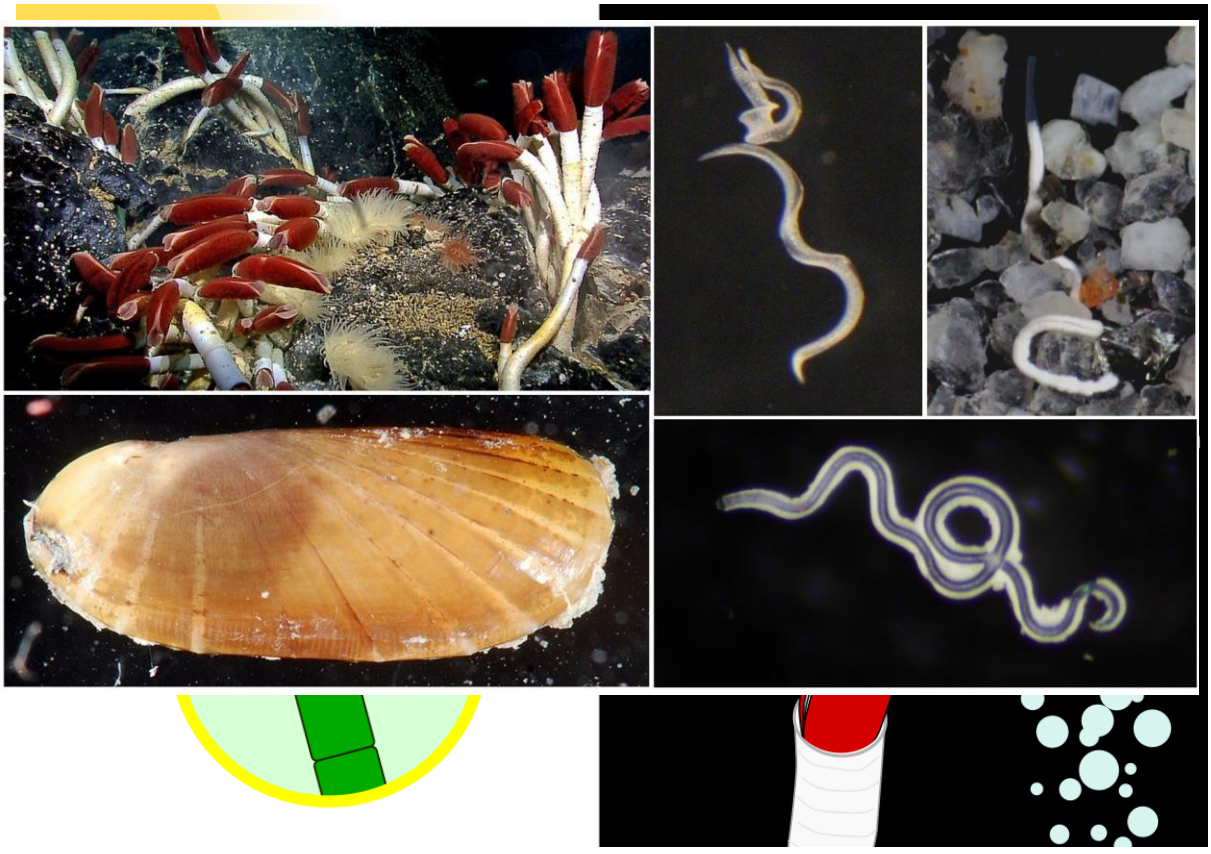


प्रकाश संश्लेषण (बाईं ओर) हरे पौधों और शैवाल तथा सायनोबैक्टीरिया जैसे सूक्ष्मजीवों द्वारा किया जाने वाला एक प्रक्रिया है, जो सूर्य के प्रकाश से ऊर्जा लेकर कार्बन डाइऑक्साइड गैस को नई जैव द्रव्य (बायोमास) में परिवर्तित करती है, जिससे उनके विकास में मदद मिलती है। रासायनिक संश्लेषण (बाईं ओर) एक समान प्रक्रिया है, लेकिन इसमें सूर्य के प्रकाश की बजाय रासायनिक ऊर्जा का उपयोग किया जाता है, जैसे कि सल्फाइड गैस से प्राप्त ऊर्जा। रासायनिक संश्लेषण मुख्य रूप से सूक्ष्मजीवों, जैसे सल्फर बैक्टीरिया, द्वारा किया जाता है। इन बैक्टीरिया में से कुछ बड़े जीवों, जैसे गहरे समुद्र में पाए जाने वाले रिफ्टिया ट्यूबवर्म्स, के अंदर सहजीवी रूप में रहते हैं और उनके साथ मिलकर यह प्रक्रिया करते हैं।

हिंदी अनुवाद - डॉ. पुष्प लता (प्राणिविज्ञान विभाग, दिल्ली विश्वविद्यालय)

रासायनिक संश्लेषण का समर्थन करने वाले आवासों में रासायनिक रूप से अपचयित (रिड्यूस्ड) पदार्थों की निरंतर आपूर्ति आवश्यक होती है। इनमें समुद्र में स्थित हाइड्रोथर्मल वेंट्स और सीप्स शामिल हैं, जहाँ भूगर्भीय प्रक्रियाओं द्वारा उत्पादित हाइड्रोजन सल्फाइड, हाइड्रोजन और मीथेन जैसी गैसें समुद्री जल में निकलती हैं। तटीय क्षेत्रों में, ऐसे रसायन कार्बनिक पदार्थों के क्षय (सड़ने) के दौरान बनते हैं, जो तलछट में दबे होते हैं। ऐसे आवासों में रासायनिक संश्लेषण करने वाले सूक्ष्मजीव पनप सकते हैं। ये सूक्ष्मजीव कभी-कभी घने माइक्रोबियल मैट बनाते हैं या उन जानवरों के साथ निकट संबंध स्थापित करते हैं, जो उनके द्वारा उत्पादित जैव द्रव्य (बायोमास) पर निर्भर रहते हैं।

2. कुछ जानवर और पशु-जैसे सूक्ष्मजीव (जिन्हें "प्रोटिस्ट" कहा जाता है) ऐसे बैक्टीरिया के साथ पारस्परिक लाभकारी संबंध (सहजीवन) बना सकते हैं। कई प्रकार के अकशेरुकी जानवर और प्रोटिस्ट रासायनिक संश्लेषण करने वाले बैक्टीरिया के साथ सहजीवी संबंध बनाते हैं।



सहजीवी रासायनिक संश्लेषण करने वाले बैक्टीरिया के साथ संबंध रखने वाले जानवरों और प्रोटिस्ट का कोलाज। ऊपर बाईं ओर से घड़ी की दिशा में:1. गहरे समुद्र में पाए जाने वाले रिफ्टिया पाचिप्टिला ट्यूबवर्म (लंबाई 1 मीटर तक)। 2. केंट्रोफोरोस सिलीएट्स (लगभग 0.5 मिमी लंबाई)। 3. पैराकैटेरेला फ्लैटवर्म (लगभग 1-2 मिमी लंबाई)। 4. लेप्टोनेमेला निमेटोड (लगभग 1-2 मिमी लंबाई)। 5. सोलमिया वेलम क्लैम (खोल की लंबाई लगभग 13 मिमी)।

ये जीव इन बैक्टीरिया की स्वपोषी प्राथमिक उत्पादकता (autotrophic primary production) का उपयोग उसी तरह करते हैं, जैसे शाकाहारी जीव पौधों की प्रकाश संश्लेषण प्रक्रिया का भोजन के लिए उपयोग करते हैं। इनकी शारीरिक आकार की सीमा काफी व्यापक होती है, जैसे ट्यूबवर्म रिफ्टिया पाचिप्टिला, जो कई मीटर लंबाई तक बढ़ सकते हैं, से लेकर सूक्ष्म फ्लैटवर्म पैराकैटेनेला प्रजाति, जो मुश्किल से एक मिलीमीटर लंबा होता है। कुछ जीव इन बैक्टीरिया को अपने शरीर के भीतर विशेष अंगों (जैसे सोलमिया क्लैम में संशोधित गलफड़े) में रखते हैं, या अपने ही कोशिकाओं के अंदर (जैसे पैराकैटेनेला)। वहीं, कुछ अन्य जीव इन बैक्टीरिया को अपने शरीर की सतह पर "हिचहाइकिंग" करने देते हैं, जैसे निमेटोड वर्म लेप्टोनेमेला, जो इन्हें एक कोट की तरह पहनते हैं। ये मेजबान (hosts) बैक्टीरिया को या तो उनकी कोशिकाओं को पचाकर खाते हैं या सीधे उनके द्वारा उत्पादित पोषक तत्वों को अपने शरीर में स्थानांतरित कर लेते हैं।दरअसल, इन जीवों में से कई ने विकास की प्रक्रिया के दौरान अपने मुंह और आंतों को पूरी तरह से खो दिया है। यह एक असामान्य घटना है, जिसने वैज्ञानिकों को पहली बार इन जीवों पर गहराई से अध्ययन करने के लिए प्रेरित किया।

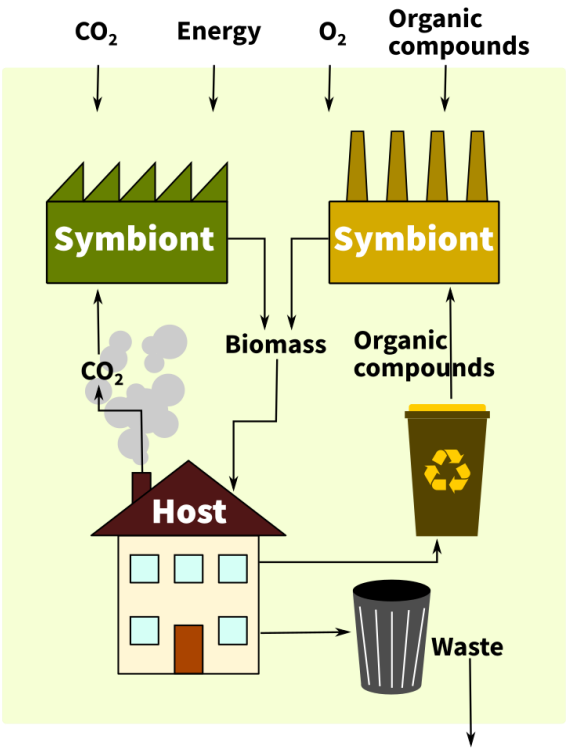
हिंदी अनुवाद - डॉ. पुष्प लता (प्राणिविज्ञान विभाग, दिल्ली विश्वविद्यालय)

"प्रोटिस्ट" शब्द का सामान्यत: उपयोग किसी भी एककोशिकीय यूकैरियोट (eukaryote) के लिए किया जाता है, या अधिक व्यापक रूप से, किसी भी यूकैरियोट के लिए जो जानवर, पौधा या कवक (fungus) नहीं होता। इस परिभाषा के तहत कुछ बड़े बहुकोशिकीय प्रजातियाँ, जैसे विशाल केलप (भूरी शैवाल), भी शामिल होती हैं। इसे "प्रोटोजोआन" शब्द की तुलना में प्राथमिकता दी जाती है, क्योंकि "प्रोटोजोआन" शब्द यह भ्रामक प्रभाव डालता है कि ये "प्रारंभिक जानवरों" की एक श्रेणी हैं।

नीचे "शिक्षण सहायक सामग्री" के तहत दी गई वीडियो फुटेज इस "सहजीवी जानवरों और प्रोटिस्टों की सूची" को विद्यार्थियों को प्रदर्शित करने में मदद कर सकती है।

3. इन बैक्टीरिया में से कई न केवल CO_2 से नई बायोमास का निर्माण करते हैं, जैसे कि पौधे करते हैं, बल्कि वे अन्य जीवों के द्वारा उत्पन्न अपशिष्ट उत्पादों को भी पुनः चक्रित कर सकते हैं। रासायनिक संश्लेषण सहजीविता में आकर्षण का बड़ा कारण पौधों से होने वाली समानता और यह तथ्य है कि अंधेरे, गहरे समुद्र के आवासों में रासायनिक संश्लेषण करने वाले बैक्टीरिया हरे पौधों की जगह लेते हैं, जो पारिस्थितिकी तंत्र को समर्थन देने वाले प्राथमिक उत्पादक होते हैं। हालांकि, यह तेजी से मान्यता प्राप्त है कि कई केमोसिंथेटिक बैक्टीरिया न केवल CO2 से "नए" बायोमास का उत्पादन करते हैं, लेकिन एसीटेट और जैसे अपशिष्ट उत्पादों को भी रीसायकल करते हैं प्रोपियोनेट जो मेजबान या आसपास के अन्य जीवों द्वारा किण्वन से आते हैं! चूंकि ये छोटे अणु भी कार्बनिक यौगिक होते हैं, इसलिए बैक्टीरिया strictly स्वपोषी (autotrophs) नहीं होते, बल्कि इन्हें मिश्रित पोषक जीव (mixotrophs) माना जा सकता है, जो स्वपोषी और परपोषी (heterotrophic) जीवनशैली के बीच बदल सकते हैं। ये अपशिष्ट यौगिक अकेले खराब ऊर्जा स्रोत होते हैं, खासकर कम ऑक्सीजन वाले वातावरण में, क्योंकि ये अत्यधिक ऑक्सीकरण (oxidized) होते हैं। हालांकि, जब जीव के पास अन्य, गैर-कार्बन-आधारित ऊर्जा स्रोतों का उपयोग करने की क्षमता होती है, जैसा कि रासायनिक संश्लेषण करने वाले बैक्टीरिया में होता है, तो ये एक संभावित पूरक कार्बन स्रोत बन जाते हैं, जिससे नई बायोमास बनाने के लिए CO_2 स्थिरीकरण (fixation) के अतिरिक्त ऊर्जा मिलती है। आखिरकार, CO_2 स्वयं भी अत्यधिक ऑक्सीकरण (oxidized) होता है और इसे बायोमास में परिवर्तित करने के लिए और अधिक ऊर्जा की आवश्यकता होती है।

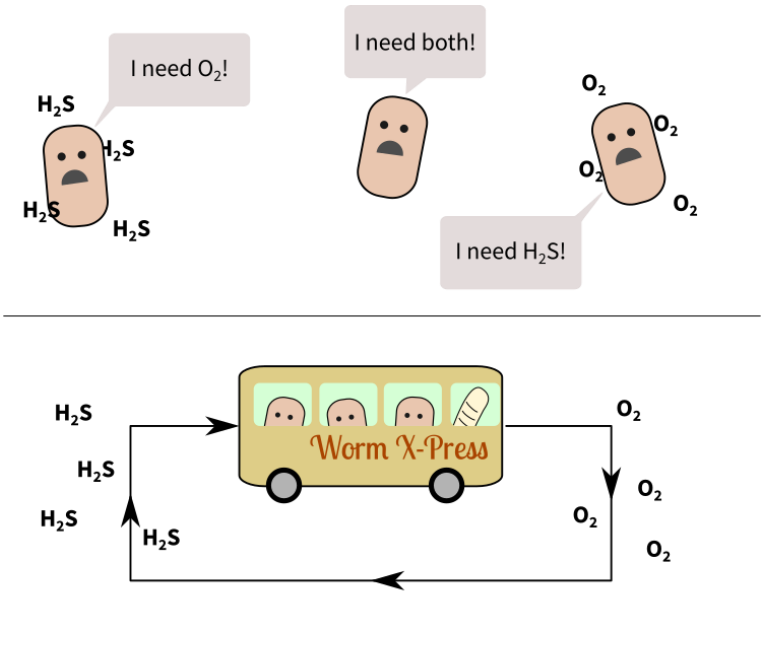
यह संभव हो सकता है कि CO_2 स्थिरीकरण को पूरी तरह से समाप्त किया जा सके, जैसे कि एक सिलीएट (एककोशिकीय यूकैरियोट) केंट्रोफोरोस के सहजीवी में, जिनमें सामान्य CO_2 स्थिरीकरण मार्ग नहीं होते और ये केवल ऐसे "निम्न गुणवत्ता" के कार्बनिक यौगिकों का उपयोग करके वृद्धि करते हैं, जो सल्फाइड ऑक्सीकरण द्वारा ऊर्जा प्राप्त करते हैं। यह विशेष सहजीविता इसलिए हरे पौधे की तरह कम, बल्कि कम गुणवत्ता वाले कार्बनिक कार्बन के पुनः चक्रण संयंत्र की तरह अधिक कार्य करती है



रासायन संश्लेषण करने वाले सहजीवी नए जैवमास का उत्पादन करते हैं जो उनके मेज़बानों को खिलाता है, लेकिन वे मेज़बान से कुछ अपशिष्ट उत्पादों को भी पुनर्चक्रित कर सकते हैं, जैसे छोटे कार्बनिक यौगिक और कार्बन डाइऑक्साइड

हिंदी अनुवाद - डॉ. पुष्प लता (प्राणिविज्ञान विभाग, दिल्ली विश्वविद्यालय)

4. जो जानवर इन सहजीवियों को रखते हैं, उनके पास ऐसी अनुकूलनाएँ होती हैं, जो उन्हें विकास के लिए आवश्यक ऑक्सीजन और रासायनिक पदार्थों की आपूर्ति करती हैं। मेज़बान जानवरों और प्रोटिस्टों को बिना किसी लागत के लाभ नहीं मिलता। उन्हें अपने सहजीवी बैक्टीरिया के लिए उपयुक्त वृद्धि की स्थितियाँ बनाए रखनी होती हैं। कुछ जानवर यह काम इस तरह करते हैं कि वे रासायनिक ईंधन और ऑक्सीजन के स्रोतों के बीच लगातार मूव करते रहते हैं, जैसे तटीय तलछटों में रहने वाले निमेटोड कीड़े, जो तलछटों के बीच ऊपर और नीचे जाते हैं, ताकि वे सतही परतों से ऑक्सीजन और गहरी परतों से रिड्यूस्ड यौगिकों तक पहुँच सकें। कुछ अन्य जानवर अपने शरीर के माध्यम से निरंतर ऑक्सीजन और सब्सट्रेट-समृद्ध समुद्री जल का प्रवाह बनाए रखते हैं, ताकि वे और उनके बैक्टीरिया दोनों को विकास के लिए पर्याप्त मात्रा में ये पदार्थ मिल सकें, जैसे गहरे समुद्र में पाए जाने वाले मसल्स, जिनके सहजीवी उनके गलफड़ों में रहते हैं। जब ये बैक्टीरिया सक्रिय रूप से बायोमास का उत्पादन कर रहे होते हैं, तो ये उच्च दर पर ऑक्सीजन का उपभोग कर सकते हैं, और इस ऑक्सीजन की माँग मेज़बान के अपने मेटाबोलिज़म दर पर एक सीमा निर्धारित कर देती है। फिर यह कोई आश्चर्य की बात नहीं है कि मेज़बान जानवर अक्सर स्थिर (sessile) होते हैं, जैसे गहरे समुद्र के ट्यूबवर्म्स, क्योंकि न हिलने-डुलने से ऊर्जा का उपयोग कम होता है और इस प्रकार मेज़बान को अपनी ज़रूरतों के लिए कम ऑक्सीजन की आवश्यकता होती है। इसके अलावा, यदि मेज़बान जानवर छोटा होता है, जैसे कि वे निमेटोड जो केवल एक या दो मिलीमीटर लंबा होते हैं, तो ऑक्सीजन उनके शरीर में तेजी से प्रवेश कर सकती है, जैसा कि एक बड़े जीव में नहीं हो सकता, इसलिये वे अभी भी अपने ऑक्सीजन की ज़रूरतों के ऊपर बैक्टीरिया के सहजीवियों की एक जनसंख्या का समर्थन कर सकते हैं। यह बैक्टीरिया जीव के आयतन का एक महत्वपूर्ण प्रतिशत ले सकते हैं, जैसे रिफ्टिया ट्यूबवर्म्स में 5%, और पैराकैटेनेला फ्लैटवर्म्स और केंट्रोफोरोस सिलीएट्स में 30-50% तक।



कैसे मेज़बान अपने सहजीवियों को वृद्धि के लिए उपयुक्त स्थितियाँ प्रदान करते हैं। रासायनिक संश्लेषण करने वाले बैक्टीरिया को वृद्धि के लिए ऑक्सीजन और जैसे सल्फाइड जैसे रासायनिक पदार्थों की आवश्यकता होती है, लेकिन बैक्टीरिया जल्दी से बड़े अंतरालों तक नहीं पहुँच सकते (ऊपर)। कुछ मेज़बान, जैसे कीड़े, बैक्टीरिया को अपने साथ लेकर इन्हें उन विभिन्न कच्चे पदार्थों के स्रोतों के बीच शटल करते हैं, जो इनकी वृद्धि के लिए आवश्यक होते हैं (मध्य)। अन्य मेज़बान, जैसे शंख, इन पदार्थों से युक्त पानी को पंप और मिला सकते हैं, और इसे अपने सहजीवियों तक पहुँचाने का काम करते हैं (नीचे)।

5. हम उन सभी पौधों को क्यों नहीं ले कर चल सकते जो हमें अपना पेट भरने के लिए आवश्यक हैं, जैसे ये सहजीवी जानवर करते हैं? इनके मुकाबले हमारी मेटाबोलिक ज़रूरतें बहुत अधिक हैं क्योंकि हम गर्म रक्त वाले हैं, हमारे आकार बड़े हैं, और हम बहुत अधिक सक्रिय होते हैं। हमारे मेटाबोलिक दर और पौधों की वृद्धि दर का अनुपात यह निर्धारित करता है कि हमें खुद को भोजन देने के लिए कितनी पौधों की सामग्री की आवश्यकता होगी। इसके अतिरिक्त, पौधों को बढ़ाने के लिए मिट्टी, उर्वरक और पानी की भी आवश्यकता होगी। इसे समझने का एक मोटा तरीका यह है कि पृथ्वी पर हर व्यक्ति के लिए उपलब्ध कृषि योग्य भूमि का अनुमान लगाया जाए। 2013 तक, दुनिया भर में प्रत्येक व्यक्ति के लिए लगभग 0.7 हेक्टेयर कृषि योग्य भूमि उपलब्ध थी, लेकिन यह मान क्षेत्र दर क्षेत्र काफी भिन्न होता है, जैसे दक्षिण एशिया में लगभग 0.18 हेक्टेयर से लेकर दक्षिण अमेरिका में 1.52 हेक्टेयर तक, जहाँ अधिक भूमि पशुपालन के लिए उपयोग की जाती है। कृषि प्रौद्योगिकी और फसलों की नस्ल सुधार (या आनुवंशिक संशोधन) ने समय के साथ उत्पादन में वृद्धि की है, लेकिन यह बढ़ती वैश्विक जनसंख्या और प्रति व्यक्ति उपभोग द्वारा संतुलित हो जाता है।

6. रासायनिक संश्लेषण करने वाले बैक्टीरिया की मेटाबोलिक रणनीतियाँ अनुप्रयुक्त और औद्योगिक सूक्ष्मजीवविज्ञान में समानताएँ रखती हैं। कई रासायनिक संश्लेषण करने वाले सहजीवी अपने कोशिकाओं के अंदर कार्बन या ऊर्जा स्रोतों को "बफर" के रूप में संग्रहित कर सकते हैं, ताकि भविष्य में कमी या परिवर्तनीय परिस्थितियों से निपट सकें। यह वास्तव में सामान्य रूप से सूक्ष्मजीवों के बीच एक सामान्य रणनीति है, और केवल सहजीवी प्रजातियों तक सीमित नहीं है। संग्रहण सामान्यतः कोशिका के अंदर ग्लोब्यूल्स या दाने के रूप में होता है, जो पॉलीहाइड्रॉक्सीअल्केनोएट्स (***PHA***), ग्लाइकोजन, या पॉलीफॉस्फेट्स जैसे पॉलिमरों से बने होते हैं। ***PHA*** जैसे पॉलिमरों को "बायोप्लास्टिक" कहा जाता है, क्योंकि इनमें प्लास्टिक जैसी गुण होते हैं और इसके अलावा, इन्हें सूक्ष्मजीव नवीकरणीय स्रोतों से उत्पन्न कर सकते हैं, और ये स्वयं भी जैविक रूप से विघटित (***biodegradable***) होते हैं। औद्योगिक सूक्ष्मजीवविज्ञानी फ्री-लिविंग बैक्टीरिया का उपयोग करते हैं, ताकि वे अपशिष्ट जल से किण्वन अपशिष्ट उत्पादों को ***PHA*** में परिवर्तित कर सकें; इसमें शामिल मेटाबोलिक मार्ग सहजीवी रासायनिक संश्लेषण करने वाले बैक्टीरिया में पाए जाने वाले मार्गों से संबंधित होते हैं।

सतत विकास लक्ष्यों और महान चुनौतियों के लिए प्रासंगिकता

- **लक्ष्य 12. जिम्मेदार उपभोग और उत्पादन:** रासायनिक संश्लेषण करने वाले बैक्टीरिया CO_2 से नई बायोमास (प्राथमिक उत्पादन) उत्पन्न करते हैं और अपने मेज़बान या पर्यावरण में अन्य जीवों से उत्पन्न रासायनिक अपशिष्ट यौगिकों को पुनः चक्रित करते हैं। इन सूक्ष्मजीवों द्वारा अपशिष्ट को बायोमास में पुनः चक्रित करने की प्रक्रिया कृषि या खाद्य उत्पादन से उत्पन्न अपशिष्ट सामग्रियों का उपयोग करके नए उत्पाद बनाने के समान है, जिसे उद्योग में "अपशिष्ट मूल्यवर्धन" (***Waste Valorization***) कहा जाता है। खाद्य उद्योग से अपशिष्ट मूल्यवर्धन का एक उदाहरण है जब संतरे से रस निकालने के बाद उनके छिलकों का उपयोग किया जाता है। आम तौर पर, छिलके के अपशिष्ट को पशु आहार में बदला जाता है या जलाकर नष्ट कर दिया जाता है। हालांकि, इन छिलकों में आवश्यक तेलों और पेक्टिन जैसे पदार्थ होते हैं जिन्हें निकाला जा सकता है और उपभोक्ता उत्पादों में उपयोग किया जा सकता है। इसके अतिरिक्त, यह भी प्रमाण है कि कच्चे छिलके का अपशिष्ट कई वर्षों तक क्षतिग्रस्त जंगलों की भूमि को उर्वरक के रूप में पुनर्स्थापित करने के लिए उपयोग किया जा सकता है। इसका दूसरा पहलू यह है कि उत्पादक से खुदरा व्यापारी और उपभोक्ता तक खाद्य अपशिष्ट की मात्रा को कम किया जाए। 2011 में अनुमानित किया गया था कि वैश्विक खाद्य उत्पादन का एक तिहाई तक खाद्य अपशिष्ट हो जाता है, अर्थात लगभग 1.3 बिलियन टन प्रति वर्ष। विकसित देशों में, अपशिष्ट का 40% हिस्सा खुदरा व्यापारी या उपभोक्ता के स्तर पर होता है, यानी दुकानों और घरों में, न कि उत्पादन स्तर पर। यही वह स्थान है जहाँ व्यक्तिगत क्रियाएँ और आदतें महत्वपूर्ण प्रभाव डाल सकती हैं।

- लक्ष्य 14. महासागरों का संरक्षण: ये सहजीवी जीव ऐसे आवासों में रहते हैं जैसे गहरे समुद्र के हाइड्रोथर्मल वेंट्स और तटीय मैंग्रोव वन। वे मानव गतिविधियों से सीधे खतरे में हैं, जैसे गहरे समुद्र की खनन गतिविधियाँ, जो विशेष रूप से हाइड्रोथर्मल वेंट्स पर खनिजों के भंडार को निशाना बनाती हैं, जिनका उपयोग इस्पात बनाने और इलेक्ट्रॉनिक्स में होता है, और तटीय और नदी की बालू खनन, जो निर्माण के लिए कंक्रीट बनाने में उपयोग किया जाता है। इसके अलावा, जलवायु परिवर्तन के कारण होने वाले वैश्विक परिवर्तनों का भी इन पर असर पड़ता है। स्थिर शंख और सूक्ष्मकाय कृमि शायद जनता के लिए "चारिशमेटिक प्रजातियों" जैसे रंगीन ऑक्टोपस या बड़े स्तनधारियों के मुकाबले कम दृश्यमान या आकर्षक होते हैं। फिर भी, ये अपने-अपने आवासों में जैव-रासायनिक चक्रों को समर्थन प्रदान करते हैं, और वैज्ञानिकों के लिए स्वाभाविक रूप से दिलचस्प होते हैं, क्योंकि ये हमें यह समझने में मदद कर सकते हैं कि जीवित प्रणालियाँ कैसे काम करती है!

एक बाल-केंद्रित सूक्ष्मजीवविज्ञान शिक्षा ढांचा

निर्णयों के लिए संभावित निहितार्थ

1. व्यक्तिगत स्तर पर:

(क). यह समझें कि जानवरों के जीवन को बनाए रखने के लिए प्राथमिक उत्पादन (चाहे वह हरे पौधों से हो या सूक्ष्मजीव स्रोतों से) में कितने संसाधनों की आवश्यकता होती है।

(ख)**.** भोजन की तैयारी**,** भंडारण और उपभोग की व्यक्तिगत आदतों पर पुनर्विचार करें**,** ताकि भोजन की बर्बादी को न्यूनतम किया जा सके।

(ग)**.** दलदलों और मैंग्रोव जैसे आवासों को "गंदे" या अस्वच्छ मानने जैसे सामान्य मिथकों पर पुनर्विचार करें।

सामुदायिक स्तर पर:

(क)**.** भोजन की बर्बादी को कम करने के लिए सामुदायिक प्रयासों को प्रेरित करें**,** जैसे भोजन बैंकों को दान करना या अनावश्यक भोजन वस्तुओं का पुनर्वितरण।

राष्ट्रीय स्तर पर:

(क)**.** तटीय और गहरे समुद्र के पारिस्थितिक तंत्रों से संबंधित विकास या संसाधन दोहन पर नीतियों को सूचित करें और "अदृश्य" जैव विविधता और पारिस्थितिकी पर उनके प्रभाव के लिए जवाबदेह बनें।

विद्यार्थियों की भागीदारी

1. कक्षा चर्चा: भोजन की बर्बादी को कम करने की ज़िम्मेदारी किसकी होनी चाहिए—उत्पादकों, **खुदरा विक्रेताओं**, **या उपभोक्ताओं की**?

विद्यार्थी निम्नलिखित बिंदुओं पर विचार कर सकते हैं:

(क)**.** उत्पादन/उपभोग की श्रृंखला में सबसे अधिक बर्बादी कहां होती है**?**

(ख)**.** उपभोक्ताओं की व्यक्तिगत पसंद कैसे खुदरा विक्रेताओं और उत्पादकों के निर्णयों को प्रभावित करती हैं**? (**जैसे टेढ़े-मेढ़े या आकारहीन सब्जियों को फेंकना)

(ग)**.** आपका भोजन कहां से आता है**?** उत्पादक यह कैसे सुनिश्चित करते हैं कि वह यात्रा के दौरान खराब न हो**?**

2. विद्यार्थियों के बीच जागरूकता बढ़ाना. व्यक्तिगत संसाधन ऑडिट:जो भोजन आप हर सप्ताह खाते हैं, **उसे तैयार करने के लिए किन संसाधनों की आवश्यकता होती है**?

इसे निम्नलिखित मापदंडों में मापा जा सकता है:

खेती के लिए जमीन,ऊर्जा की खपत,CO_2 उत्सर्जन,पानी,फसल को तैयार करने में लगने वाला समय। यह अभ्यास विद्यार्थियों की संख्या संबंधित कौशल (**numeracy skills)** को भी विकसित करने के लिए है**,** ताकि वे अनुमान लगा सकें और विभिन्न मापों का विश्लेषण कर सकें।

(क)**.** विद्यार्थियों से आम खाद्य पदार्थों को तैयार करने में लगने वाले संसाधनों के कुछ उदाहरण साझा करने के बाद एक शिक्षित अनुमान लगाने के लिए कहें।

(ख)**.** इसके बाद**,** उन्हें व्यक्तिगत ऑडिट करने के लिए कहें**,** और यह बताएं कि संसाधन खपत के आंकड़ों के लिए कौन-कौन से विश्वसनीय स्रोत हैं।

(ग)**.** अपने शुरुआती अनुमानों की तुलना अपने अंतिम निष्कर्षों से करें। यह अनुमान से अधिक था या कम**?**

3. अभ्यास

(क)**.** प्राथमिक उत्पादन और आत्मपोषण (***autotrophy)*** को परिभाषित करें: यह जैविक प्रक्रिया है जिसमें कार्बन डाइऑक्साइड जैसे अकार्बनिक कार्बन स्रोतों से नया कार्बनिक कार्बन तैयार किया जाता है।

(ख)**.** आत्मपोषण (***Autotrophy)*** और परपोषण (***Heterotrophy)*** की तुलना करें और उनमें अंतर स्पष्ट करें**,** साथ ही दोनों श्रेणियों के जीवों के उदाहरण दें।

(ग)**.** रासायनिक संश्लेषण (***Chemosynthesis)*** को परिभाषित करें: यह वह प्रक्रिया है जिसमें रासायनिक ऊर्जा स्रोतों (जैसे**,** रिड्यूसिंग एजेंट) का उपयोग आत्मपोषण वृद्धि के लिए किया जाता है।

(घ)**.** रासायनिक संश्लेषण और प्रकाश संश्लेषण (***Photosynthesis)*** की तुलना करें और उनका अंतर स्पष्ट करें।

(च)**.** उन जीवों के उदाहरण दें जिनका चयापचय (***metabolism)*** रासायनिक संश्लेषण पर आधारित होता है**,** और वे कहां पाए

जाते हैं।

(छ). पारिस्थितिक परिस्थितियों और जीवों की चयापचय क्षमता के आधार पर कारण प्रस्तावित करें कि रासायनिक संश्लेषण कुछ विशिष्ट आवासों तक ही सीमित क्यों है और यह मनुष्यों जैसे जानवरों की पोषण आवश्यकताओं को क्यों पूरा नहीं कर सकता।

(ज). यह समझाएं कि व्यक्तिगत संदर्भ में कृषि के लिए आवश्यक संसाधनों का अनुमान कैसे लगाया जा सकता है, जैसे किसी के अपने उपभोग को समर्थन देने के लिए कितनी भूमि और संसाधनों की आवश्यकता है।

(झ). अपना स्वयं का सहजीवी (***symbiotic)*** जानवर डिज़ाइन करें: आपने ऐसे सिलीएट्स, कीड़े, मसल्स और क्लैम्स की तस्वीरें देखी होंगी जिनमें सहजीवी बैक्टीरिया होते हैं। अब अपनी कल्पना से एक ऐसा सहजीवी जानवर डिज़ाइन करें, जिसमें विशेष क्षमताएं हों। निम्नलिखित सवालों के जवाब देना सुनिश्चित करें:

(***i)*** बैक्टीरिया जानवर के अंदर/ऊपर कहां रहते हैं, और उनकी संख्या कितनी है***?***

(***ii)*** बैक्टीरिया जैवमास (***biomass)*** कैसे बनाते हैं, और जानवर यह सुनिश्चित कैसे करता है कि बैक्टीरिया को पर्याप्त ऑक्सीजन और रासायनिक संसाधन मिलें***?***

(***iii)*** पोषक तत्व बैक्टीरिया से जानवर तक कैसे स्थानांतरित होते हैं***?***

शिक्षक इस अभ्यास को आरंभ करने में मदद के लिए अकशेरुकी (***invertebrate)*** प्राणियों के फाइलम की छवियां और आरेख का उपयोग कर सकते हैं।

साक्ष्य आधार, आगे पढ़ना, और शिक्षण सहायक सामग्री

साक्ष्य आधार

ब्राइट, एम., एस्पाडा-हिनोज़ा, एस., लैगकौवार्डोस, आई., और वोलैंड, जे.-एम. (2014):
विशाल सिलीएट ज़ूथैम्नियम निवियम और इसके थायोट्रॉफिक एपिबायंट कैंडिडेटस थायोबायोस ज़ूथैम्निकोलि: प्रजातियों के बीच सहयोग का अध्ययन करने के लिए एक मॉडल प्रणाली। (फ्रंट. माइक्रोबायोल. 5: 145)

चाइल्ड्रेस, जे.जे. और गिर्गुइस, पी.आर. (2011):
एंडोसिम्बायोटिक केमोऑटोट्रॉफिक चयापचय की मेज़बान (host) की शारीरिक क्षमताओं पर मेटाबॉलिक मांग। (जे. एक्स्प. बायोल. 214: 312-325)

डुबिलियर, एन., बर्गिन, सी., और लॉट, सी. (2008):समुद्री जीवों में सहजीवी विविधता: रासायनिक संश्लेषण (केमोसिंथेसिस) का उपयोग करने की कला। (नेचर रिव्यू. माइक्रोबायोल. 6: 725-740)

गुस्तावसन, जे., सेडरबर्ग, सी., सोनेसन, यू., वैन ओटरडिज्क, आर., और मेयबेक, ए. (2011):वैश्विक खाद्य हानि और अपशिष्ट: सीमा, कारण और रोकथाम। खाद्य और कृषि संगठन, रोम।

जेकल, ओ., सीह, बी.के.बी., टीटजेन, एम., लीश, एन., लिबेके, एम., क्लेनर, एम., आदि। (2019):
समुद्री फ्लैटवॉर्म पैराकेटेनुला में केमोसिंथेटिक सहजीवी (सिंबायोन्ट), जो अत्यधिक घटित जीनोम के साथ प्राथमिक ऊर्जा भंडारण के रूप में कार्य करता है। (प्रोक नैशनल अकैडमी ऑफ साइंस यूएसए 116: 8505-8514)

क्लेनर, एम., पीटरसन, जे.एम., और डुबिलियर, एन. (2012):सल्फर-ऑक्सीकरण सहजीवियों में चयापचय का अभिसारी और विचलनशील विकास और क्षैतिज जीन स्थानांतरण की भूमिका। (करंट ओपिनियन. माइक्रोबायोल. 15: 621-631)

मैकेंज़ी, एल.एस., टायरल, एच., थॉमस, आर., माथारू, ए.एस., क्लार्क, जे.एच., और हर्स्ट, जी.ए. (2019):
खट्टे फलों के छिलकों का पुनर्मूल्यांकन: शीयर-थिनिंग जैल का उत्पादन। (जे. केम. एजुकेशन. 96: 3025-3029)

ओट, जे.ए., नोवाक, आर., शिमर, एफ., हेंटशेल, यू., नेबेलसिक, एम., और पोल्ज़, एम. (1991):सल्फाइड ग्रेडिएंट से निपटने की रणनीति: समुद्री नेमाटोड और केमोऑटोट्रॉफिक एक्टोसिम्बायंट्स की भूमिका। (मरीन इकोलॉजी 12: 261-279)

रिची, एच. और रोसर, एम. (2013):
भूमि उपयोग (Land Use)। आवर वर्ल्ड इन डेटा। OurWorldInData.org।

रोसलेर्स, जी. और न्यूटन, आई.एल.जी. (2012):
केमोसंश्लेषण करने वाले बैक्टीरिया और बिवाल्व्स (दो-दरवाजे वाले शंख) के बीच सहजीवी संबंधों की विकासात्मक पारिस्थितिकी।
(Appl. Microbiol. Biotechnol. 94: 1-10)।

सीह, बी.के.बी., एंटनी, सी.पी., ह्यूटेल, बी., ज़ारज़िक्की, जे., शादा वॉन बॉरीस्कोव्स्की, एल., अर्ब, टी.जे., आदि। (2019):
गंधक-ऑक्सीकरण सहजीवी जिनके पास स्वाभाविक CO_2 निर्धारण (autotrophic fixation) के लिए पारंपरिक जीन नहीं हैं।
(MBio 10:01112-19)।

सोगिन, ई.एम., लीश, एन., और डुबिलियर, एन. (2020)
केमोसिंथेटिक सहजीव।

(Curr. Biol. 30: R1137-R1142)।
स्टीवर्ट, एफ.जे., न्यूटन, आई.एल.जी., और कैवनॉ, सी.एम. (2005):
केमोसिंथेटिक एंडोसिम्बायोसिस: ऑक्सी-अनॉक्सिक सीमाओं के अनुकूलन।
(Trends Microbiol. 13: 439-448)।
ट्रुएर, टी.एल.एच., चोई, जे.जे., जानजेन, डी.एच., हॉलवाक्स, डब्ल्यू., पेरेज़-अविल्स, डी., डॉबसन, ए.पी., आदि। (2017):
कम लागत वाला कृषि अपशिष्ट उष्णकटिबंधीय जंगलों के पुनर्जनन को तेज करता है।
(Restor. Ecol. 26: 275-283)।

अधिक पठन सामग्री (Further Reading)

यॉन्ग, ई. (2016):
I Contain Multitudes: The Microbes Within Us and a Grander View of Life।
रैंडम हाउस, 18 अगस्त 2016।
फेंचल, टी. और फिनले, बी.जे. (1995):
Ecology and Evolution in Anoxic Worlds।
पहला संस्करण। ऑक्सफोर्ड यूनिवर्सिटी प्रेस, ऑक्सफोर्ड।
ऐकरमैन, डी. (31 अगस्त 2020):
गहरे समुद्र की खनन: धातुओं की आवश्यकता और पारिस्थितिक प्रभावों के बीच संतुलन कैसे बनाएं।
(Scientific American)
https://www.scientificamerican.com/article/deep-sea-mining-how-to-balance-need-for-metals-with-ecological-impacts1/
बेइज़र, वी. (27 फरवरी 2017):
रेत खनन: वैश्विक पर्यावरणीय संकट जिसके बारे में आपने कभी नहीं सुना।
(The Guardian)
https://www.theguardian.com/cities/2017/feb/27/sand-mining-global-environmental-crisis-never-heard

शैक्षणिक सहायक सामग्री - वीडियो

उथले पानी में सहजीविता

Kentrophores: Life with Sand and Sulfur
https://vimeo.com/446257781
Kentrophores: A Symbiotic Dance
https://vimeo.com/89605962
Paracatenula sp.
http://vimeo.com/290672261
तटीय तलछट (Coastal Sediment) में विभिन्न सहजीवी जीव
https://vimeo.com/479952519
Kuphut polythalamia का विच्छेदन (Dissection)
Distel et al. 2017 के पूरक जानकारी के रूप में।
https://www.pnas.org/content/suppl/2017/04/14/1620470114DCSupplemental

---

एक बाल-केंद्रित सूक्ष्मजीवविज्ञान शिक्षा ढांचा

गहरे समुद्र में सहजीविता
"How giant tube worms survive at hydrothermal vents | I Contain Multitudes"
प्रस्तुतकर्ता: एड योंग (Ed Yong)
https://youtu.be/8WywzhkR90
"Hydrothermal vents in the deep sea"
द्वारा: marumTV
https://youtu.be/rTR6gGDWcJk
"40 Years of Hydrothermal Vent Exploration Nautilus Live"
द्वारा: EVNautilus
https://youtu.be/UV:BjY8oLkk

कोलाज के लिए चित्र स्रोत

- Solemya velum
https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Solemya_velum_(11271)_(29011292636)
स्मिथसोनियन एनवायरनमेंटल रिसर्च सेंटर, CC BY 2.0
https://creativecommons.org/licenses/by/2.0%
विकिमीडिया कॉमन्स के माध्यम से

- Paracatenula
https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Paracatenula_sediment_Of_2015.tif
ओलिवर जैकले, CC BY-SA 4.0
https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0
विकिमीडिया कॉमन्स के माध्यम से

- Riftia pachyptila
https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Riftia_tube_worm_colony_Galapagos_2011.jpg
NOAA ओकीनोस एक्सप्लोरर प्रोग्राम, गैलापागोस रिफ्ट एक्सपेडिशन 2011, सार्वजनिक डोमेन
विकिमीडिया कॉमन्स के माध्यम से

- Leptonemella sp. from Piran, Slovenia
(c) फ्लोरियन शाथाउसर्स, अनुमति के साथ उपयोग किया गया

- Kentrophoros sp.
https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Kentrophoros_from_Isola_D%27Elba.jpg
Kbseah, CC BY-SA 4.0
https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0
विकिमीडिया कॉमन्स के माध्यम से

शब्दावली (Glossary)

कार्बन डाइऑक्साइड (Carbon dioxide)

एक अकार्बनिक यौगिक (रासायनिक सूत्र CO_2) जो वायुमंडल और जलीय पर्यावरण (जैसे समुद्र का पानी, झील का पानी) में घुले हुए रूप में पाया जाता है। कार्बन डाइऑक्साइड एरोबिक श्वसन के दौरान अपशिष्ट उत्पाद के रूप में उत्पन्न होता है और इसे ऑटोट्रॉफिक जीवों (देखें "ऑटोट्रॉफी") जैसे पौधों द्वारा नए बायोमास के उत्पादन के लिए उपयोग किया जाता है। यह पृथ्वी पर कार्बन चक्र का एक महत्वपूर्ण हिस्सा है।

कीमोसिंथेसिस (Chemosynthesis)

अकार्बनिक रासायनिक प्रतिक्रियाओं (जैसे हाइड्रोजन गैस का ऑक्सीजन द्वारा ऑक्सीकरण) से ऊर्जा का उपयोग करके बायोमास के उत्पादन के लिए ऊर्जा स्रोत के रूप में प्रयोग।

फोटोसिंथेसिस (Photosynthesis)

प्रकाश का उपयोग करके किसी जीव द्वारा बायोमास के उत्पादन के लिए मुख्य ऊर्जा स्रोत के रूप में प्रयोग।

ऑटोट्रॉफी (Autotrophy)

नए बायोमास का उत्पादन किसी जीव द्वारा जो केवल अकार्बनिक यौगिकों (जैसे कार्बन डाइऑक्साइड, मीथेन) को कार्बन स्रोत के रूप में उपयोग करता है। पौधे, सायनोबैक्टीरिया, और सल्फर-ऑक्सीडाइज़िंग बैक्टीरिया ऑटोट्रॉफ्स के उदाहरण हैं।

हेटेरोट्रॉफी (Heterotrophy)

नए बायोमास का उत्पादन किसी जीव द्वारा जो मुख्य रूप से जैविक यौगिकों (जैसे शर्करा, प्रोटीन, वसा अम्ल) को कार्बन स्रोत के रूप में उपयोग करता है। मनुष्य और एंटरोबैक्टीरिया जैसे E. coli हेटेरोट्रॉफ्स के उदाहरण हैं।

मिक्सोट्रॉफी (Mixotrophy)

नए बायोमास का उत्पादन किसी जीव द्वारा जो ऑटोट्रॉफिक (देखें "ऑटोट्रॉफी") और हेटेरोट्रॉफिक (देखें "हेटेरोट्रॉफी") मार्गों का मिश्रण उपयोग करता है। कई यूकैरियोटिक शैवाल (जैसे यूगलीना) और सल्फर-ऑक्सीडाइज़िंग बैक्टीरिया (जैसे बेग्ज़ियाटोआ) मिक्सोट्रॉफ्स के उदाहरण हैं।

प्राथमिक उत्पादन (Primary production)

पारिस्थितिकी में, यह कार्बन डाइऑक्साइड से ऑटोट्रॉफिक जीवों (देखें "ऑटोट्रॉफी") द्वारा उत्पादित नए बायोमास (जैविक यौगिकों) को संदर्भित करता है। यह शब्द आमतौर पर एकल जीवों की बजाय पारिस्थितिकी तंत्र स्तर (जैसे किसी पारिस्थितिकी तंत्र का शुद्ध प्राथमिक उत्पादन) पर लागू होता है।

किण्वन (Fermentation)

जैविक यौगिकों (विशेष रूप से कार्बोहाइड्रेट्स) को ऊर्जा स्रोत के रूप में उपयोग करना, जिसमें श्वसन प्रक्रिया शामिल नहीं होती।

पॉलिमर (Polymer)

एक रासायनिक यौगिक जो पुनरावृत्त इकाइयों से बना होता है और लंबे श्रृंखलाओं का निर्माण करता है, जो कभी-कभी शाखित भी हो सकते हैं। यह प्राकृतिक स्रोतों से हो सकता है (जैसे पौधों की कोशिकाओं में स्टार्च, सेलूलोज़) या कृत्रिम (जैसे पॉलिएस्टर, नायलॉन)।

हाइड्रोथर्मल वेंट (Hydrothermal vent)

समुद्र तल पर एक प्रकार की भूवैज्ञानिक संरचना जहां भू-तापीय प्रक्रियाओं द्वारा गरम किया गया पानी निकलता है। इस वेंट के द्रव में घुले हुए रसायन होते हैं, जो क्रस्ट की चट्टानों और तलछट से आते हैं। इनमें से कुछ रसायन कीमोसिंथेटिक जीवों द्वारा उनके विकास का समर्थन करने के लिए उपयोग किए जा सकते हैं (देखें "कीमोसिंथेसिस")।

अपशिष्ट पुनर्मूल्यांकन (Waste valorization)

कृषि या औद्योगिक प्रक्रियाओं से उत्पन्न कचरे को पुनः कच्चे माल के रूप में उपयोग करके आर्थिक रूप से उपयोगी उत्पाद बनाने के लिए पुन: चक्रित करना।