पहुँचना मिट्टी की आत्मा तक

राधा गोपालन

मिट्टी एक सजीव हस्ती है – हमारी खाद्य प्रणालियों की बुनियाद है और जलवायु परिवर्तन को सम्बोधित करने के केन्द्र में है। मिट्टी में जीवन जैविक कार्बन से आता है जो ह्यूमस में पाया जाता है। यह लेख पाठकों को उनके आस-पास की मिट्टी की खुदाई करके ह्यूमस – मिट्टी के हृदय और आत्मा – की छानबीन के लिए उत्साहित और प्रेरित करने की उम्मीद करता है।

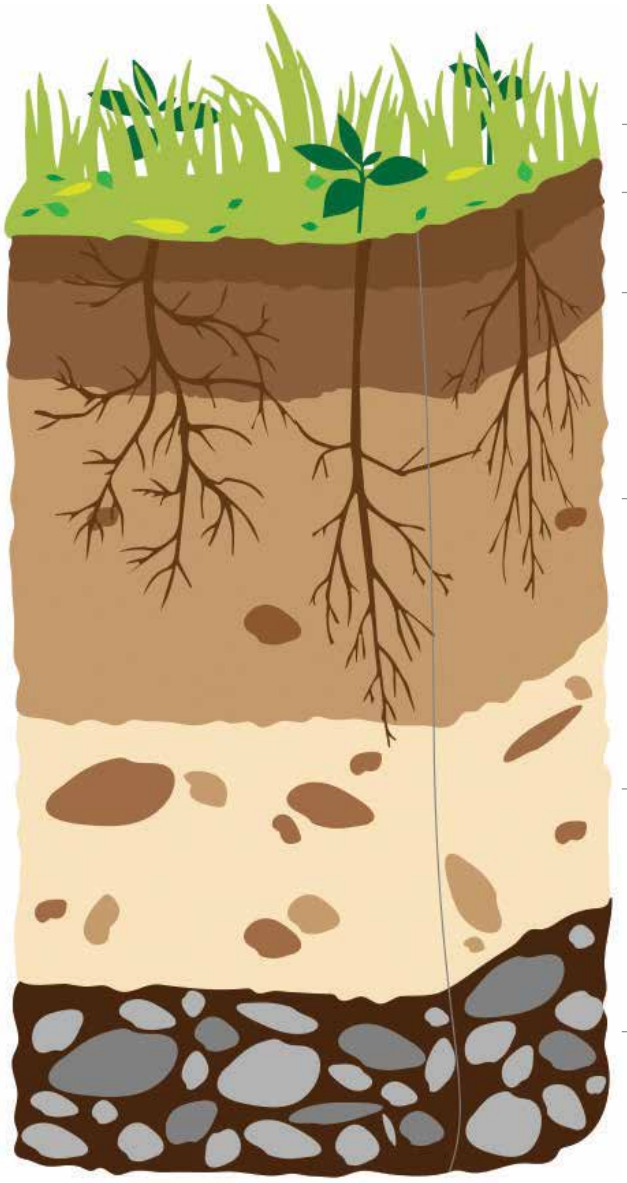
"मिट्टी की उर्वरता वह स्थिति है जो प्रकृति के चक्र से, जीवन के पहिए के क्रमबद्ध घूमने से एवं कृषि के पहले सिद्धान्त को निष्ठापूर्वक अपनाने और क्रियान्वयन का परिणाम होती है – वृद्धि की प्रक्रिया और विघटन की प्रक्रिया के बीच हमेशा पूर्ण सन्तुलन होना चाहिए। इस स्थिति का परिणाम जीवित मिट्टी है। उपजाऊ मिट्टी की कुंजी है... ह्यूमस।"

– सर अल्बर्ट हावर्ड, एन एग्रीकल्चर टेस्टामेंट, 1940।

"ह्यूमस जीवित पदार्थ का उत्पाद और इसका स्रोत है।"

– अल्ब्रेक्ट थेर 18 वीं शताब्दी के जर्मन कृषि वैज्ञानिक।

अधिकांश मिडिल स्कूल पाठ्यक्रमों में विद्यार्थी मिट्टी के बारे में विज्ञान, सामाजिक अध्ययन या भूगोल के एक अध्याय के रूप में सीखते हैं। अध्याय में आमतौर पर मिट्टी की भौतिक संरचना, मिट्टी कैसे बनती है, मिट्टी के प्रकार, मिट्टी के विभिन्न संस्तरों और विभिन्न प्रकार की मिट्टी में उगने वाली फ़सलों पर चर्चा की जाती है। मिट्टी में जीवन के बारे में सीखना आमतौर पर केंचुओं के संक्षिप्त परिचय तक ही सीमित है या यह बता दिया जाता है कि रासायनिक प्रदूषण मिट्टी में जीवन को नष्ट कर सकता है। ग्रामीण और शहरी दोनों मिडिल स्कूल के बच्चों के साथ बातचीत से पता चलता है कि इससे उनमें न तो आश्चर्य की भावना पैदा होती है और न ही इस बात की सराहना का भाव पैदा होता है कि हमारे जीवन में मिट्टी की भूमिका केन्द्रीय है। ग्रामीण समुदायों के खेतिहर पृष्ठभूमि के विद्यार्थियों के साथ काम करते समय यह विशेष रूप से स्पष्ट होता है कि वे अपनी पाठ्यपुस्तकों से जो सीखते हैं वह मिट्टी को लेकर उनके अपने एहसास (एक जीवनदायी तंत्र) से मेल नहीं खाता। इस लेख में कुछ ऐसी गतिविधियाँ प्रस्तुत की गई हैं जो मिट्टी में जान फूँकने के लिए डिज़ाइन की गई हैं जिससे विद्यार्थियों के लिए इनका अध्ययन प्रासंगिक और जुड़ने वाला बनाया जा सकता है, यहाँ तक कि खेती से जुड़े विद्यार्थियों के लिए भी। इन गतिविधियों को हैदराबाद के एक शहरी स्कूल के कक्षा छह के विद्यार्थियों के साथ एक मैदानी कार्यक्रम के दौरान हुए अनुभवों ने आकार दिया है। इन गतिविधियों के माध्यम से हम



चित्र-1 : मिट्टी के संस्तर, ह्यूमस दिखाते हुए।

मिडिल स्कूल के विद्यार्थियों और शिक्षकों को ह्यूमस, जो मिट्टी का दिल और आत्मा है, की खोजबीन को प्रोत्साहित करने की उम्मीद करते हैं। सूक्ष्मजीव इस ह्यूमस के अभिन्न अंग हैं लेकिन प्रायः ग़ुमनाम नायक होते हैं।

मिट्टी कैसे बनती है?

यद्यपि हममें से ज़्यादातर लोग मिट्टी को अचल और निष्क्रिय मानते हैं लेकिन यह वास्तव में एक जटिल माध्यम है जो लगातार बनता रहता है। अधिकांश परिभाषाएँ मिट्टी को क्ले-ह्यूमस सम्मिश्रण के रूप में दर्शाती हैं जो खनिज (चट्टानों से प्राप्त) और जैविक पदार्थों (पौधों और जानवरों से प्राप्त) के मिलने से पैदा हुआ है जो पृथ्वी पर रहने वाले बायोमास के एक बड़े हिस्से का पोषण करता है (**देखें चित्र-1**)।

खनिजों और जैविक पदार्थों का यह सम्मिश्रण निम्न कारणों से होता है :

(i) चट्टानों की टूट-फूट – मौसमी तापमान में परिवर्तन से चट्टानों का टूटना, जल अपरदन, पौधों की जड़ों द्वारा क्षरण क्रिया और मिट्टी में रहने वाले सूक्ष्म जीवों द्वारा स्रावित अम्लों की क्रिया द्वारा।

(ii) कीटों द्वारा गिरी हुई पत्तियों और जन्तु पदार्थों के विघटन से मलबे का निर्माण।

(iii) सूक्ष्मजीवों द्वारा मलबे के और अधिक विघटन और रूपान्तरण।

गिरी हुई पत्तियों और जन्तु-पदार्थों के सूक्ष्मजीवी विघटन द्वारा निर्मित पदार्थों के रूपान्तरण से धीरे-धीरे ह्यूमस बनता है (**चित्र-2 देखें**)। किसी भी स्थान पर बने ह्यूमस की मात्रा ऑक्सीजन की उपस्थिति, नमी, मिट्टी के तापमान और सड़ते कूड़े में कार्बोहाइड्रेट और प्रोटीन की मात्रा पर निर्भर करती है।

इस ग्रह पर जीवन के लिए ह्यूमस इतना महत्त्वपूर्ण क्यों है?

ह्यूमस मिट्टी को अधिक उपजाऊ बनाता है, पौधों की वृद्धि को बेहतर बनाता है और बीमारियों की रोकथाम करता है। मिट्टी की गुणवत्ता को तीन प्रमुख तरीक़ों से प्रभावित करके यह ऐसा कर पाता है :

(i) भौतिक – ह्यूमस मिट्टी के रंग, कण-गठन, नमी धारण करने की क्षमता और हवा की आवाजाही को परिवर्तित करता है। उदाहरण के लिए ह्यूमस से समृद्ध मिट्टी ढीली-ढाली होती है जिससे हवा (ऑक्सीजन) और पानी दोनों पौधों की जड़ों तक आसानी से पहुँच पाते हैं।

(ii) रासायनिक – ह्यूमस में पौधों की वृद्धि के लिए आवश्यक नाइट्रोजन जैसे कई पोषक तत्व होते हैं। यह सल्फर और फ़ॉस्फ़ोरस जैसे कुछ आवश्यक खनिजों की मिट्टी में घुलनशीलता को प्रभावित करता है। ऐसा यह लोहे जैसे तत्वों के साथ उनके यौगिक बनवाकर कर पाता है जो पौधों की वृद्धि के लिए अधिक आसानी से उपलब्ध होते हैं। ह्यूमस के कार्बनिक पदार्थ मिट्टी की pH में परिवर्तन का प्रतिरोध करते हैं जिससे मिट्टी की बफ़रिंग क्षमता बढ़ जाती है। उदाहरण के लिए ह्यूमस से भरपूर मिट्टी में कीटनाशकों या उर्वरकों का अत्यधिक उपयोग या अत्यधिक अम्लीय क्षारीय अपशिष्ट पदार्थ द्वारा सन्दूषण होने के बावजूद पौधों की वृद्धि प्रभावित नहीं होती। ह्यूमस में कार्बनिक पदार्थ हाइड्रोजन या हाइड्रॉक्सिल आयनों को बाँधकर पादप जीवन की रक्षा करते हैं।

(iii) जैविक – ह्यूमस मिट्टी के सूक्ष्मजीवों के लिए ऊर्जा के स्रोत के रूप में कार्य करके

और पौधों के जीवन के लिए पोषक तत्वों का निरन्तर धीमा प्रवाह सुनिश्चित करके उच्च श्रेणी के पौधों की वृद्धि के लिए मिट्टी को बेहतर (अधिक उपजाऊ) माध्यम बनाता है।

क्या हम ह्यूमस को देख सकते हैं?

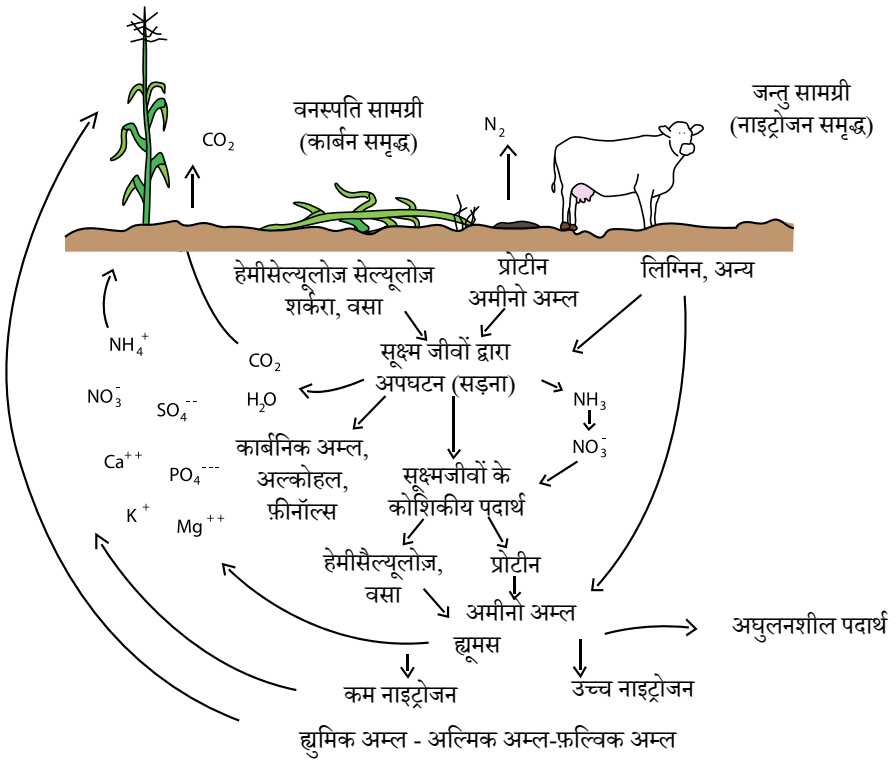
यहाँ वर्णित गतिविधि सम्भवतः बहुत सारे शिक्षक मिट्टी के सन्दर्भ में उपयोग करते हैं। इस गतिविधि के माध्यम से हम कुछ सवालों की खोजबीन कर सकते हैं। जैसे : क्या हम ह्यूमस को देख सकते हैं? क्या मिट्टी हर जगह एक जैसी होती है? क्या कुछ मिट्टियों में अन्य की तुलना में अधिक ह्यूमस होता है? ऐसा क्यों? किस तरह की मिट्टी में अधिक ह्यूमस होने की सम्भावना है – खेल के मैदान की मिट्टी/ एक पेड़ के नीचे/ गमला/ गोशाला? क्यों और आप पक्का कैसे कह सकते हैं?

गतिविधि-1 : ह्यूमस की तलाश!

अपने विद्यालय परिसर में और उसके आस-पास कई स्थानों से मिट्टी के नमूने एकत्र करें। इन स्थानों का निर्णय अपने विद्यार्थियों के साथ करें। उदाहरण के लिए, इनमें शामिल हो सकते हैं खुला मैदान, एक पेड़ के नीचे या कोई अन्य छायादार या वनस्पति से आच्छादित क्षेत्र, गमले से, एक खेत यदि उपलब्ध हो या स्कूल का बग़ीचा, गौशाला यदि उपलब्ध हो या हरी खाद/ कम्पोस्ट का नमूना यदि उपलब्ध हो आदि। प्रत्येक स्थान को एक कोड दे दें। विद्यार्थियों को 5-6 सदस्यों के समूह बनाने के लिए प्रोत्साहित करें। प्रत्येक समूह को अलग-अलग स्थान से मिट्टी के नमूने एकत्र करने को कहें। प्रत्येक समूह को मिट्टी के नमूने एकत्र करने के लिए एक बर्तन दें जिस पर स्थान का उचित कोड लिखा हो। प्रत्येक समूह को अपनी मिट्टी के नमूने के स्थान के बारे में कुछ नोट्स बनाने के लिए कहें। अवलोकनों को **तालिका-1** में दर्ज किया जा सकता है। जब विभिन्न समूह अपनी मिट्टी के नमूनों के साथ लौटें तो उन्हें अपने नमूनों का सावधानीपूर्वक निरीक्षण करने और **तालिका-2** में अपनी टिप्पणियों को रिकॉर्ड करने के लिए प्रोत्साहित करें।

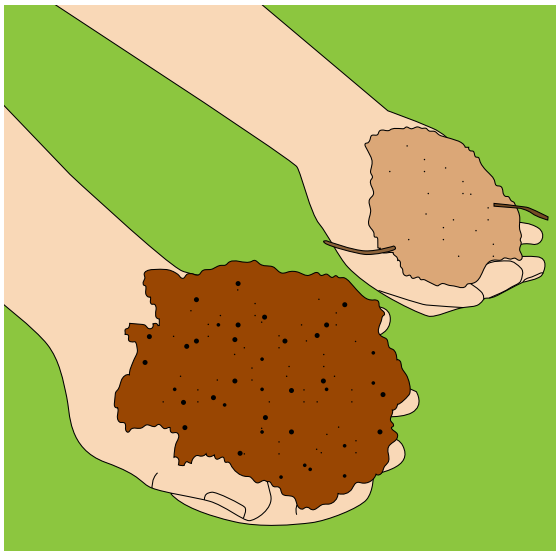
प्रत्येक नमूने के विश्लेषण के आधार पर उस स्थान की विशेषताओं पर चर्चा करें जहाँ से यह एकत्र किया गया था। आमतौर पर अधिक वनस्पति वाले क्षेत्रों या पत्ती के कूड़े के नीचे से प्राप्त मिट्टी अधिक गहरे रंग की होगी। अधिक पानी धारण करेगी और उसमें गीली मिट्टी जैसी गन्ध आ सकती है। गहरे रंग की यह मिट्टी ह्यूमस से समृद्ध है (**चित्र-3 देखें**)।

जब इस गतिविधि को एक ग्रामीण क्षेत्र में किया गया था तो विद्यार्थियों ने देखा कि गोशाला के आस-पास की मिट्टी या खेतों की मिट्टी (जहाँ बहुत अधिक पलवार थी या खाद का उपयोग किया जाता था) वह ज़्यादा गहरे रंग की थी और उसमें वनस्पति रहित क्षेत्रों से या गहन रासायनिक उपयोग वाले क्षेत्रों की मिट्टी की तुलना में अधिक कीट और कृमि थे।



चित्र-2 : ह्यूमस का निर्माण : ज़मीन पर गिरी पत्तियाँ, टहनियाँ और अन्य वनस्पति पदार्थ ढेर के रूप में जमा होकर पत्ती-कूड़ा बनाते हैं। जो वनस्पति पदार्थ जन्तुओं द्वारा नहीं खाए जाते या अनपचे रह जाते हैं वह इस पत्ती-कूड़े में मिल जाते हैं। जब जन्तु मरते हैं तब उनके अवशेष भी इस कूड़े में शामिल हो जाते हैं। मिट्टी में उपस्थित सूक्ष्मजीव इस कूड़े का विघटन करते हैं और उन तत्वों को पुनर्चक्रित करते हैं जो शुरुआत में पौधों द्वारा उनकी वृद्धि के लिए अवशोषित किए गए थे। लेकिन कुछ वनस्पति और जन्तु अवशेष होते हैं जो सूक्ष्मजीवों द्वारा पूर्ण रूप से खनिजीकृत नहीं हो पाते हैं। यह पदार्थ सामान्यतः ह्यूमस कहलाता है जो सामान्यतः गहरे भूरे या काले रंग का होता है और इसका विघटन धीरे-धीरे लम्बे समय में पूरा होता है।

ह्यूमस जीवन के लिए एक जमापूँजी एवं स्थिरतादायक की तरह कार्य करता है : ह्यूमस के निर्माण और संग्रह के फलस्वरूप जीवन के लिए आवश्यक तत्वों का कुछ हिस्सा, विशेष रूप से कार्बन, फ़ॉस्फ़ोरस, गन्धक और पोटाश बँध जाते हैं और चक्र से बाहर हो जाते हैं। चूँकि इनमें सबसे महत्त्वपूर्ण कार्बन, यौगिक में बँधी नाइट्रोजन और उपलब्ध फ़ॉस्फ़ोरस प्रकृति में सीमित मात्रा में ही पाए जाते हैं, इसलिए इनका अनुपलब्ध अवस्था में परिवर्तन पौधों के जीवन पर अंकुश लगाने का कार्य करता है। दूसरी ओर, चूँकि कुछ अनुकूल परिस्थितियों में ह्यूमस का विघटन धीमी गति से होता है, इस कारण यह पौधों की नई वृद्धि हेतु धीमी गति से परन्तु लगातार उपलब्धता सुनिश्चित करता है।



चित्र-3 : मिट्टी की तुलना : ह्यूमस से समृद्ध सजीव मिट्टी (रंग में गहरी) और ह्यूमस की कमी वाली मिट्टी (हल्के रंग की)।

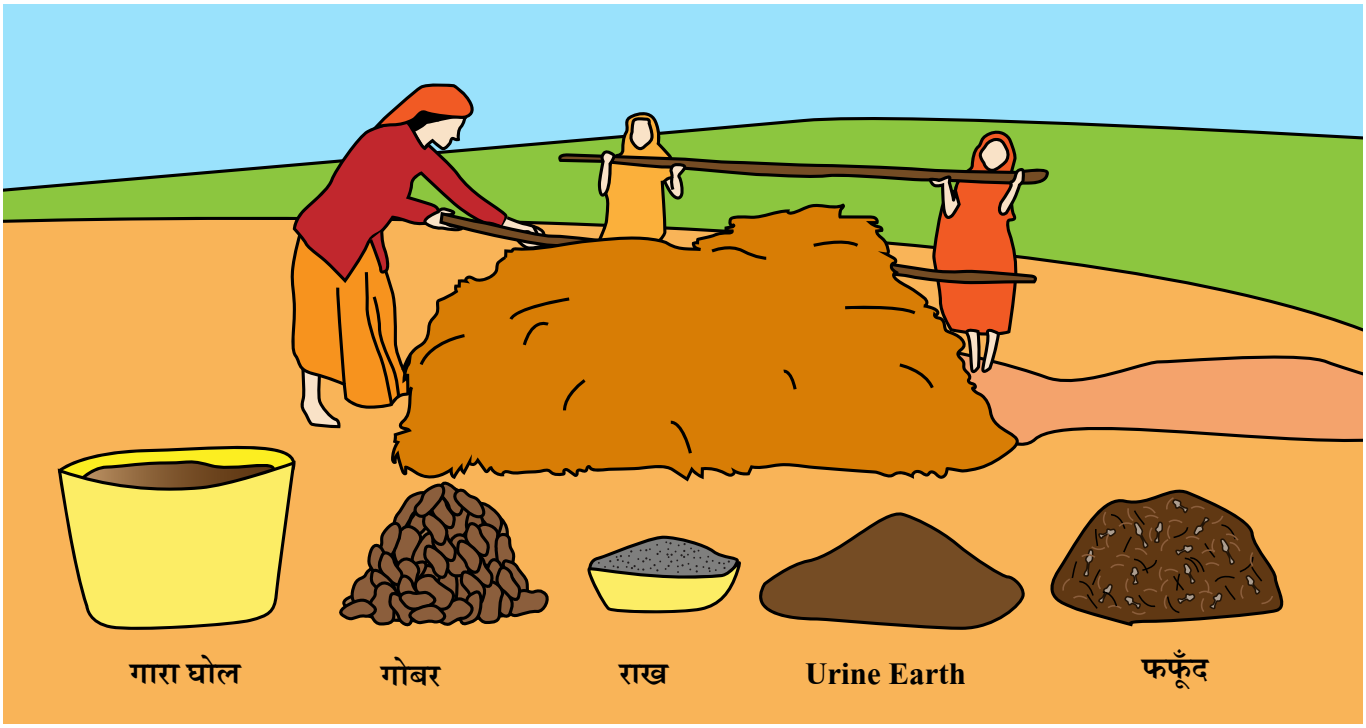
इसमें से अगला सवाल सामने आया। चूँकि कृत्रिम उर्वरकों और कीटनाशकों के भारी उपयोग से मिट्टी की उर्वरता नष्ट हो जाती है, क्या इन मिट्टी में ह्यूमस को वापस लाने का कोई तरीक़ा है? क्या किसान रसायनों के बिना मिट्टी की उर्वरता बनाए रख सकते हैं और इसके बावजूद भी पर्याप्त खाद्य सामग्री उगा सकते हैं?

क्या हम ह्यूमस पैदा कर सकते हैं?

जैसा कि हमने देखा है, ह्यूमस मिट्टी के सूक्ष्मजीवों द्वारा जैविक पदार्थों के निरन्तर प्राकृतिक विघटन के परिणाम स्वरूप उत्पन्न होता है। इसलिए उपजाऊ मिट्टी जैविक पदार्थों में समृद्ध होती है और विघटनकारी जीवाणुओं के लिए एक बढ़िया आवास प्रदान कराती है। जहाँ मिट्टी की खनिज परतें गहराई में पाई जाती हैं वहीं इसके जैविक घटक सतह के पास अधिक मात्रा में रहते हैं – जिसे टॉपसॉइल भी कहा जाता है। परिणामस्वरूप यही वह परत है जहाँ मिट्टी के जीवाणु जैविक पदार्थों का अपघटन सम्पन्न करते हैं। मिट्टी की उर्वरता बनाए रखने के लिए टॉपसॉइल का संरक्षण ज़रूरी है। अलबत्ता, विभिन्न मानवीय गतिविधियाँ, जिनमें वनों की कटाई या जुताई जैसे खेती के तौर-तरीक़े शामिल हैं, इस सतही जैविक परत को नष्ट करती है।

हालाँकि ह्यूमस प्राकृतिक रूप से जंगलों, खेतों में बनता है लेकिन हम भी इन क्षेत्रों के बाहर कम्पोस्टिंग के माध्यम से इसे बना सकते हैं। उदाहरण के लिए किसान अपने कृषि प्लॉट्स के बाहर ऐसा करते हैं – जैविक पदार्थों का ढेर लगाकर और सूक्ष्मजीवों की क्रिया के माध्यम से इसके किण्वन को बढ़ावा देकर।

ह्यूमस के समान कम्पोस्ट भी विघटित जैविक पदार्थ (जैसे जन्तुओं की विष्ठा, मानव कचरा, सड़ता हुआ जैविक पदार्थ, जैसे भोजन और बग़ीचे का कचरा आदि) से बना होता है। आश्चर्य की बात नहीं कि कम्पोस्ट निर्माण की सबसे व्यापक रूप से इस्तेमाल की जाने वाली विधि ह्यूमस निर्माण के प्राकृतिक स्थल (जंगल का फ़र्श) से प्रेरित है। अपनी पुस्तक *दी एग्रीकल्चर टेस्टामेंट* में सर अल्बर्ट हावर्ड खाद के गड्ढे के लिए स्थान चयन पर बहुत अधिक ज़ोर देते हैं। आदर्श रूप में कम्पोस्टिंग सीधी धूप और तेज़ हवा से दूर किया जाता है। जैविक पदार्थ का ढेर इस तरह बनाना चाहिए कि गर्मी के उत्पादन और ह्यूमस बनाने वाली कवक को जीवित रखने के लिए आवश्यक ऑक्सीजन आसानी से प्रवेश कर सके। जब यह सभी शर्तें पूरी हो जाती हैं तो ढेर गर्म हो जाता है (तापमान 80 डिग्री सेल्सियस तक बढ़ जाता है)। तापमान में यह वृद्धि ताप-स्नेही (thermophilic) सूक्ष्मजीवों



चित्र-4 : वर्षा काल में जलभराव से बचने के लिए किसान ज़मीन के ऊपर कम्पोस्ट का ढेर बनाते हैं।

की सक्रियता के कारण होती है। सामान्यतः लगभग 15 दिनों के बाद तापमान कम होता है और कीट और कृमि जैविक पदार्थ को तोड़ने लगते हैं। इस मुक़ाम पर ह्यूमस बनाने वाली कवक संख्यावृद्धि करने लगती हैं और विघटित वनस्पति पदार्थों से निकलने वाले सेल्यूलोज़ और लिग्निन से ह्यूमस निर्माण शुरू कर देती है। लगभग 8 सप्ताह में यह प्रक्रिया जैविक पदार्थ की सफाई और ह्यूमस बनाने की अपनी भूमिका को पूरा कर देती है (**चित्र-4 देखें**)।

गतिविधि-2 : ह्यूमस बनाना

ह्यूमस और कम्पोस्ट के बीच सम्बन्ध को समझने के लिए विद्यार्थियों को स्कूल परिसर के अन्दर उपरोक्त विधि से कम्पोस्ट बनाने के काम में शामिल करें। कम्पोस्ट गड्ढा स्थापित हो जाने के बाद, विद्यार्थियों से कहिए कि वे पहले दिन और फिर 1 सप्ताह बाद फिर से इसके रंग, गन्ध और जैविक पदार्थ बनने की जाँच करके रिकॉर्ड करें। कम्पोस्ट की पहली खेप तैयार होने तक (लगभग 6-8 सप्ताह) वे सप्ताह में दो बार इसकी जाँच करना जारी रख सकते हैं। इस खाद का उपयोग विद्यार्थियों द्वारा सब्ज़ी की छोटी क्यारी बनाने में किया जा सकता है। सूक्ष्मजीवी गतिविधि के बारे में जानने के लिए, विद्यार्थी ढेर या गड्ढे में एक छोटी-सी छड़ी घुसाकर तापमान नाप सकते हैं। तापमान को रोज़ाना नापकर इसका एक ग्राफ़ बनाया जा सकता है। इस ग्राफ़ की मदद से सूक्ष्मजैविक गतिविधि की प्रकृति और वनस्पति और अन्य जैविक पदार्थों से खाद के निर्माण के साथ उसके सम्बन्धों पर चर्चा की जा सकती है। इसका उपयोग यह पता लगाने के लिए भी किया जा सकता है कि कम्पोस्ट का उत्पादन सूक्ष्मजीवों और उसके बाद कीटों और कृमियों द्वारा किस प्रकार होता है।

इस गतिविधि पर चिन्तन से एक और सवाल पैदा हो सकता है – क्यों न पशु के गोबर या मानव अपशिष्ट को मिट्टी में सीधे डालकर ह्यूमस उत्पादन किया जाए? खेत में कम्पोस्ट डालना अधिक प्रभावी क्यों है? हालाँकि ऐसा किया जा सकता है लेकिन कम्पोस्ट बनाने की क्रिया से जैविक पदार्थों की बराबर मात्रा से ज़्यादा मात्रा में ह्यूमस पैदा होता है। उदाहरण के लिए, 1 हेक्टेयर भूमि पर 30 टन गोबर फैलाया जाए तो 3 टन ह्यूमस पैदा होगा लेकिन उसी 30 टन से कम्पोस्ट बनाया जाए तो लगभग 10 टन कम्पोस्ट का उत्पादन हो सकता है जिसमें 5 से 6 टन ह्यूमस होता है। इसके अलावा, कम्पोस्टिंग के दौरान जैविक पदार्थों का पाश्चुरीकरण होता है जिससे जानवरों के गोबर या खेत के कचरे के साथ किसी भी रोगजनक के फैलने की सम्भावना कम हो जाती है।

मिट्टी : जीवविज्ञान से आगे

जैसा कि स्पष्ट है, मिट्टी के बारे में सीखते-सीखते विद्यार्थी कई अन्य कौशल विकसित करते हैं और तराशते हैं : अवलोकन, इन्द्रियों के माध्यम से सीखना, अवलोकनों का व्यवस्थित तरीक़े से रखरखाव और इनके आधार पर किसी नतीज़े पर पहुँचना। इस प्रकार मिट्टी अन्तरविषयी अध्ययन के लिए एक हरफ़नमौला माध्यम प्रदान करती है।

मिट्टी की खोजबीन का उपयोग पारिस्थितिकी के सूक्ष्म एवं स्थूल परिप्रेक्ष्य को समझने के लिए किया जा सकता है। उदाहरण के लिए, विद्यार्थी सूक्ष्मजीवों की हरफ़नमौला प्रकृति के बारे में सीखते हैं। एक ओर दही, ब्रेड, इडली, टोफ़ू, टेम्पे आदि बनाने में पोषक तत्वों की उपलब्धता बढ़ाने में तथा दूसरी ओर रोगकारकों के रूप में उनकी भूमिका। स्पेक्ट्रम के दूसरे छोर पर वे कार्बन के स्थिरीकरण के सन्दर्भ में ह्यूमस और इसके महत्त्व के बारे में भी सीखते हैं – एक ऐसा कार्य जो जलवायु परिवर्तन को कम करने की दृष्टि से महत्त्वपूर्ण है। इसी तरह मिट्टी के बारे में सीखना पोषक तत्वों के चक्रीकरण, खनिजीकरण और जैविक या रसायन मुक्त खेती के विचारों से परिचय कराने में उपयोगी है। पृष्ठ तनाव के सिद्धान्त, पानी के अणुओं का मिट्टी के कणों से बन्धन, कणों के बीच के स्थानों और केशिका प्रभाव पर भी चर्चा की जा सकती है और इसे भौतिकी और रसायनविज्ञान की समझ बढ़ाने में उपयोग लाया जा सकता है।

इस प्रकार मिट्टी का उपयोग सामाजिक अध्ययन, विज्ञान, गणित, भाषाओं (कविता और निबन्धों) और इतिहास (वास्तुकला, भोजन, मिट्टी के बर्तनों में मिट्टी का उपयोग) के माध्यम से माध्यमिक विद्यालयों में एक थीम-आधारित अध्ययन हेतु किया जा सकता है। मिट्टी को जीवन्त बनाने के लिए थोड़ी-सी कल्पनाशीलता की ज़रूरत है, बस।

Note:

1. These activities were part of a module titled 'Soil's Health is Your Health' that was tested and used in a Government school and private rural school in Andhra Pradesh. Readers interested in accessing the entire module may contact the author for a copy.
2. Credits for the image used in the background of the article title: Soil photo. Pixabay, Pexels. URL: https://www.pexels.com/photo/grey-small-mushroom-on-brown-soil-68732/. License: CC0.

References

1. Radha Gopalan. Soil's Health is Your Health.
2. Waksman, S.A. Humus, Origin, Chemical Composition and Importance in Nature. The Williams and Wilkins Company, USA. 1936
3. Howard, A. 1940. An Agricultural Testament. First published in London, in 1940. First Indian edition published in 1996 by the Other India Press.

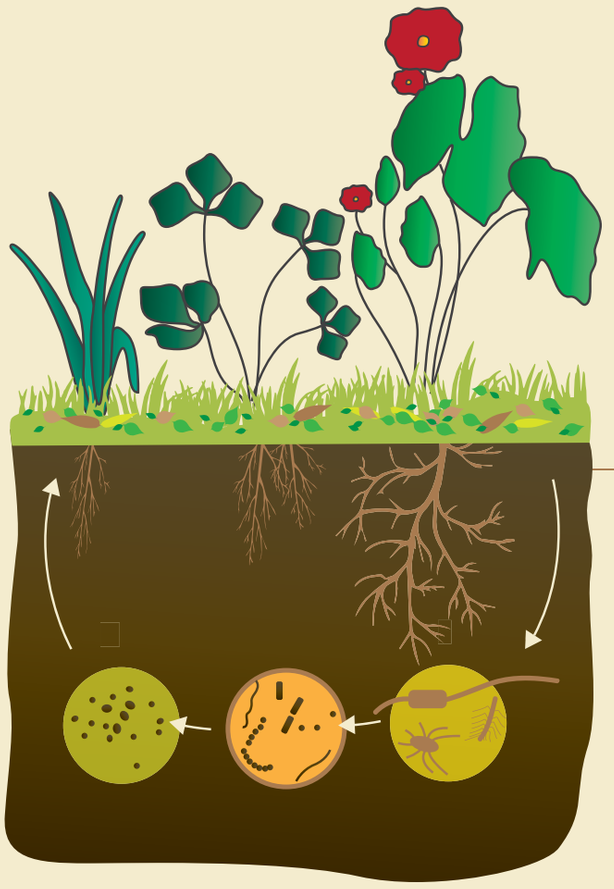
राधा गोपालन पर्यावरण वैज्ञानिक हैं। उन्होंने आईआईटी मुम्बई से पीएचडी प्राप्त की है। 18 वर्षों तक एक पर्यावरण सलाहकार के रूप में काम करने के बाद, राधा ने ऋषि वैली स्कूल में पर्यावरण विज्ञान पढ़ाया। वे स्कूल ऑफ़ डेवलपमेंट, अज़ीम प्रेमजी विश्वविद्यालय में विज़िटिंग फ़ैकल्टी है और फूड सोवेरन्टी एलाएंस, इंडिया की सदस्य हैं।

अनुवाद : किशोर पंवार **पुनरीक्षण :** सुशील जोशी **कॉपी एडिटर :** अनुज उपाध्याय

शिक्षण : मानो कि धरती मायने रखती है

— राधा गोपालन

मृदा-सूक्ष्मजीव क्यों अनिवार्य हैं?



1. **विखण्डीकरण** : मिट्टी में रहने वाले जन्तु कूड़े-करकट को उत्तरोत्तर छोटे टुकड़ों में तोड़ देते हैं, जिससे मिट्टी का सतह क्षेत्रफल बढ़ जाता है।

2. **खनिजीकरण** : मिट्टी में उपस्थित बैक्टीरिया और कवकों द्वारा स्रावित एन्जाइम कूड़े-करकट की खुली सतहों पर क्रिया करके बड़े कार्बनिक अणुओं को घुलनशील पोषक पदार्थों में बदल देते हैं।

3. **विलेयीकरण** : छोटे कार्बनिक यौगिकों और अकार्बनिक पोषक तत्वों को मिट्टी के घोल में छोड़ा जाता है जहाँ से पौधे और अन्य सूक्ष्मजीवों द्वारा इन्हें ग्रहण किया जा सकता है।

Credits: Image adapted from Ecology 2e, Figutre 21.6. Copyrighted by Sinauer Associates, Inc. URL: https://www.colorado.edu/eeb/courses/2040bowman/EBIO2040/Syllabus_files/Ecology2e-Fig-21-06-0.jpg

मिलिए मिट्टी में उपस्थित कुछ सूक्ष्मजीवों से

(क) **बैक्टीरिया** मिट्टी में सबसे प्रचुर मात्रा में पाए जाने वाले सूक्ष्मजीव हैं। वे असाधारण जैव-रासायनिक विविधता दर्शाते हैं, कार्बनिक पदार्थों को विघटित करते हैं और पौधों की जड़ों की कोशिकाओं के साथ सहजीवी सम्बन्ध बनाकर पौधों को कई आवश्यक पोषक तत्व उपलब्ध कराते हैं।

(ख) **कवक (फफूँद)** मिट्टी के सूक्ष्मजीवी जैव पदार्थ में से दो-तिहाई होती हैं और विविध कार्य करती हैं। ये एकमात्र ऐसे जीव हैं, जो पौधों की कोशिका भित्ति में उपस्थित लिग्निन का विघटन कर सकते हैं। चूँकि लिग्निन मिट्टी में ह्यूमस का मुख्य स्रोत है, इसलिए लिग्निन का विघटन ह्यूमस निर्माण का पहला क़दम होता है। पौधों पर कवकनाशियों के छिड़काव से सूक्ष्मजीवों का बहुत महत्त्वपूर्ण वर्ग नष्ट हो जाता है, जिससे ह्यूमस का निर्माण रुक जाता है।

(ग) **तन्तुमय बैक्टीरिया** बैक्टीरिया के समान कई जैव रसायन अभिक्रियाओं को सम्भव बनाते हैं। लेकिन संरचना में तन्तुमय होते हैं और कवक की तरह अन्य जीवाणुओं पर अंकुश रखने के लिए प्रतिजैविक पदार्थों (एंटीबायोटिक्स) का स्राव कर सकते हैं। ये न केवल कार्बनिक पदार्थों का खनिजीकरण करते हैं, बल्कि कुछ तन्तुमय बैक्टीरिया कुछ झाड़ियों और पेड़ों के साथ सहजीवी सम्बन्ध भी बनाते हैं और नाइट्रोजन के स्थिरीकरण में मदद करते हैं।

(घ) **शैवाल** मिट्टी की सतह पर ही पनपते हैं क्योंकि उन्हें प्रकाश-संश्लेषण के लिए सूर्य के प्रकाश की आवश्यकता होती है। जब मिट्टी नम होती है तब ये सबसे अधिक सक्रिय होते हैं। शैवाल कार्बनिक पदार्थों को उपलब्ध करवाने और नाइट्रोजन के स्थिरीकरण में महत्त्वपूर्ण भूमिका निभाते हैं।

क्या आप जानते हैं कि प्रति ग्राम बढ़िया उपजाऊ मिट्टी में एक अरब जीवित सूक्ष्मजीवों हो सकते हैं?

यह आश्चर्य लग सकता है लेकिन यही सूक्ष्मजीव हैं जो कार्बनिक पदार्थों का मिट्टी और समूची प्रकृति में पुनर्चक्रण करते हैं। ऐसा करते हुए वे खनिज और जीवजगत के बीच की खाई को पाटने का अपरिहार्य कार्य करते हैं।

अगर वह मिट्टी से गायब हो गए तो क्या होगा?

इनके बिना पौधों की वृद्धि के लिए आवश्यक प्राकृतिक रूप से उपलब्ध अधिकांश तत्व निर्जीव पादप व जन्तु अवशेषों में ही जमा रह जाएँगे। वास्तव में, यदि सूक्ष्मजीवों का अस्तित्व ही नहीं होता तो हम जिस तरह के जीवन को जानते/देखते हैं वह जीवन बहुत पहले ही हमारे ग्रह से ग़ायब हो गया होता।

क्या इसका मतलब यह है कि क्या मिट्टी की सेहत को उसमें उपस्थित सूक्ष्मजीवों के आधार पर व्यक्त करते हैं?

नहीं। अधिकांश लोग (वैज्ञानिकों और कृषि वैज्ञानिकों सहित) मिट्टी की गुणवत्ता का आकलन इस आधार पर करना पसन्द करते हैं कि वह किस तरह की फ़सलों और पशुधन को सहारा दे सकती है। इसका कारण यह है कि फ़सलों और पशुधन को सम्हालना, उनकी देख-रेख करना एवं उपज और उत्पादकता के माध्यम से मिट्टी की उर्वरता को मापना आसान होता है। ऐसा कभी-कभार ही होता है कि हम उन सूक्ष्मजीवों के बारे में सोचते हैं जो हमारी सम्पूर्ण कृषि प्रणाली का आधार हैं।

यह मिट्टी के प्रति हमारे नज़रिए में कैसे बदलाव लाता है?

सूक्ष्मजीवों की भूमिका पर समझ बनने के बाद हम मिट्टी को एक जीवित किण्वन प्रक्रिया-स्थल के रूप में देखने लगते हैं। हम इस बात को भी सराहने लगते हैं कि क्यों विशुद्ध रूप से रासायनिक खेती से, पौधों के सन्तुलित पोषण या कृषि भूमि का टिकाऊपन सुनिश्चित नहीं किया जा सकता।

Poster Design: Vidya Kamalesh

राधा गोपालन एक पर्यावरण वैज्ञानिक हैं। आईआईटी मुम्बई से पीएचडी हैं। 18 वर्ष तक बतौर पर्यावरण सलाहकार के रूप में काम करने के बाद उन्होंने ऋषि वेली में पर्यावरण विज्ञान का अध्यापन किया। वे अज़ीम प्रेमजी विश्वविद्यालय के स्कूल ऑफ़ डेवलपमेंट में विज़िटिंग फ़ैकल्टी हैं तथा फ़ूड सोवेर्निटी एलाएन्स, इंडिया (खाद्य सम्प्रभुता गठबन्धन) की सदस्य हैं।

अनुवाद : यशोधरा कनेरिया **पुनरीक्षण :** सुशील जोशी **कॉपी एडिटर :** अनुज उपाध्याय

i wonder... Rediscovering school science

Azim Premji University

शिक्षण : मानो कि धरती मायने रखती है
ह्यूमस की खोज-I

मिट्टी का नमूना एकत्र करने के लिए एक जगह चुनो – आपका खेल का मैदान, स्कूल का बग़ीचा, पेड़ के नीचे, स्कूल के गेट से बाहर। कुछ मिनट के लिए इसका अवलोकन करो।

1. अपने हाथ या खुरपी से अपने स्कूल के अन्दर और आस-पास से मिट्टी का एक नमूना एकत्र करो। प्रत्येक नमूने को एक साफ़ बर्तन में या एक ज़िप लॉक थैली में रखकर बन्द कर दो।
2. संक्षिप्त विवरण वाले स्थान में उन निर्जीव और सजीव घटकों को दर्ज करो, जिनके बारे में आप सोचते हैं कि वे मिट्टी के नमूने के गुणों को प्रभावित कर सकते हैं। उदाहरण के लिए :
   - नमूने की जगह गीली है या सूखी? क्या मिट्टी का नमूना छूने पर नम लगता है या यह रेतीला महसूस होता है? क्या आपको गीली मिट्टी की गन्ध आ रही है?
   - क्या वह स्थान बंजर है? यदि नहीं तो आपको वहाँ किस प्रकार की वनस्पति नज़र आती है (जैसे घास, छोटे पौधे आदि)? क्या वनस्पति मुख्य रूप से पेड़ों के रूप में है या अन्य कोई पौधे भी हैं? क्या वनस्पति घनी है या आपको वहाँ मिट्टी के कई खाली स्थान दिखाई दे रहे हैं? क्या वहाँ ज़मीन पर पत्ती का कूड़ा है? क्या आपने पत्ती-कूड़े के नीचे से मिट्टी का नमूना एकत्र किया? आदि।
   - क्या उस स्थान पर कोई जन्तु या पक्षी है? क्या आपको केंचुए, चींटियाँ या घोंघे नज़र आए?

आपको चाहिए

खुरपी

ज़िप लॉक थैली

पेंसिल

तालिका-1

जगह का कोड :
तारीख़ :
समय :
संक्षिप्त विवरण :

राधा गोपालन पर्यावरण वैज्ञानिक हैं। उन्होंने आईआईटी मुम्बई से पीएचडी प्राप्त की है। 18 वर्षों तक एक पर्यावरण सलाहकार के रूप में काम करने के बाद, राधा ने ऋषि वैली स्कूल में पर्यावरण विज्ञान पढ़ाया। वे स्कूल ऑफ़ डेवलपमेंट, अज़ीम प्रेमजी विश्वविद्यालय में विज़िटिंग फ़ैकल्टी है और फूड सोवेरन्टी एलाएंस, इंडिया की सदस्य हैं।

i wonder... Rediscovering school science
Azim Premji University

ह्यूमस की खोज-II

मिट्टी के प्रत्येक नमूने को खोलो। इसे छूकर और सूँघकर कुछ मिनट तक इसका परीक्षण करो।

तालिका-2

गुण	नमूना 1	नमूना 2	नमूना n
रंग			
कण-गठन (ढीली-ढाली या सख़्त, सूखी या नम)			
गन्ध			
जल धारण क्षमता*			
मूलरोम, कवक-तन्तु वग़ैरह की उपस्थिति			
कीट कृमि आदि की उपस्थिति			
अन्य कोई अवलोकन			

*मिट्टी के नमूने की जल धारण क्षमता का पता लगाने के लिए एक प्लेट पर मिट्टी के नमूने की कुछ मात्रा रखो। इसमें पानी की कुछ बूँदें डालो और 5 मिनट के लिए छोड़ दो। नमूने की सतह पर देखो कि पानी का क्या हुआ और अपने अवलोकन दर्ज करो। उदाहरण के लिए क्या मिट्टी के नमूने की सतह पर पानी बना हुआ है या प्लेट की तली पर पहुँच गया है? या पानी न तो सतह पर है और न ही प्लेट की तली पर।

राधा गोपालन पर्यावरण वैज्ञानिक हैं। उन्होंने आईआईटी मुम्बई से पीएचडी प्राप्त की है। 18 वर्षों तक एक पर्यावरण सलाहकार के रूप में काम करने के बाद, राधा ने ऋषि वैली स्कूल में पर्यावरण विज्ञान पढ़ाया। वे स्कूल ऑफ़ डेवलपमेंट, अज़ीम प्रेमजी विश्वविद्यालय में विज़िटिंग फ़ैकल्टी है और फूड सोवेरन्टी एलाएंस, इंडिया की सदस्य हैं।

i wonder... Rediscovering school science
Azim Premji University