माइकोराइज़ल कवक: पौधों के सहजीवी मित्र

साहब: मैंने कुछ जीवविज्ञानियों को एएम और पी के बारे में गड़गड़ाते हुए सुना: क्या वे सुबह और दोपहर के बारे में बात कर रहे थे?

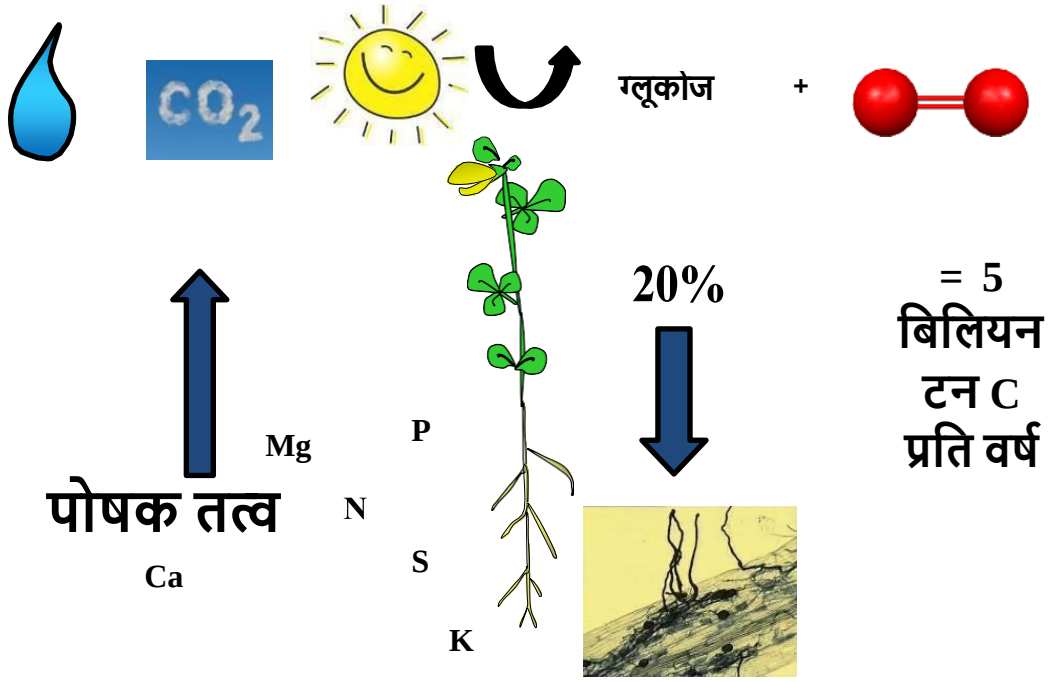
पाओला बोनफेंट

जीवन विज्ञान और प्रणाली जीव विज्ञान विभाग, तोरिनो विश्वविद्यालय, इटली

माइकोराइज़ल कवकः

कथानक

पौधे प्रकाश संश्लेषण नामक एक अद्भुत प्रक्रिया कर सकते हैंः



चित्र. 1. प्रकाश संश्लेषक प्रक्रिया के लिए, पौधों को न केवल पानी और कार्बन डाइऑक्साइड की आवश्यकता होती है, बल्कि खनिज पोषक तत्वों की भी आवश्यकता होती है जिन्हें उन्हें मिट्टी से लेना चाहिए। माइकोराइज़ल कवक जो अपनी जड़ों में रहते हैं, जैसा कि नीचे दिए गए छोटे से बॉक्स में दिखाया गया है, उनकी बहुत कुशल तरीके से मदद करते हैं। दूसरी ओर, पौधे मिट्टी में कार्बन छोड़ते हैं, जिसका उपयोग सीधे माइकोराइज़ल कवक द्वारा किया जाता है। प्रकाश संश्लेषण ग्लूकोज बनाता है, जो पौधे और उसके कवक और ऑक्सीजन को खिलाता है, जिसकी हमें, अन्य जानवरों और पौधों को श्वसन के लिए आवश्यकता होती है।

इस प्रक्रिया के दौरान, पौधे सूर्य के प्रकाश से ऊर्जा लेते हैं और इसका उपयोग कार्बन डाइऑक्साइड और पानी को अपने लिए (उगाने के लिए, फूल, बीज और नए छोटे पौधों का उत्पादन करने के लिए) और हम सभी के लिए भोजन में परिवर्तित करने के लिए करते हैं। इसके अलावा, पौधे ऑक्सीजन छोड़ते हैं, जो हमारे लिए अपरिहार्य है। इसलिए ग्रह में अधिकांश जीवन पौधों के प्रकाश संश्लेषण पर निर्भर करता है (रोगाणु प्रकाश संश्लेषण भी करते हैं, और फिर भी अन्य रोगाणु सूर्य से ऊर्जा के बजाय रासायनिक ऊर्जा का उपयोग करके बढ़ सकते हैं।) हालांकि, जो कम ज्ञात है, वह यह है कि, स्वस्थ होने और उत्कृष्ट प्रकाश संश्लेषण करने के लिए, पौधों को भी कई पोषक तत्वों की आवश्यकता होती है, i.e। मिट्टी से आने वाले खनिज, जिसे हम पौधों का खनिज पोषण कहते हैं, उसे पूरा करने के लिए। स्वस्थ और उपजाऊ होने के लिए, मिट्टी में पोषक तत्वों की एक बड़ी आपूर्ति होनी चाहिए, जो पौधों द्वारा पानी को अवशोषित करने पर ली जाती है। चूँकि जानवर पौधों को खाते हैं, और हम पौधों और जानवरों को खाते हैं, इसलिए मिट्टी सभी जीवित प्राणियों के लिए खनिज पोषक तत्वों का अंतिम स्रोत है।

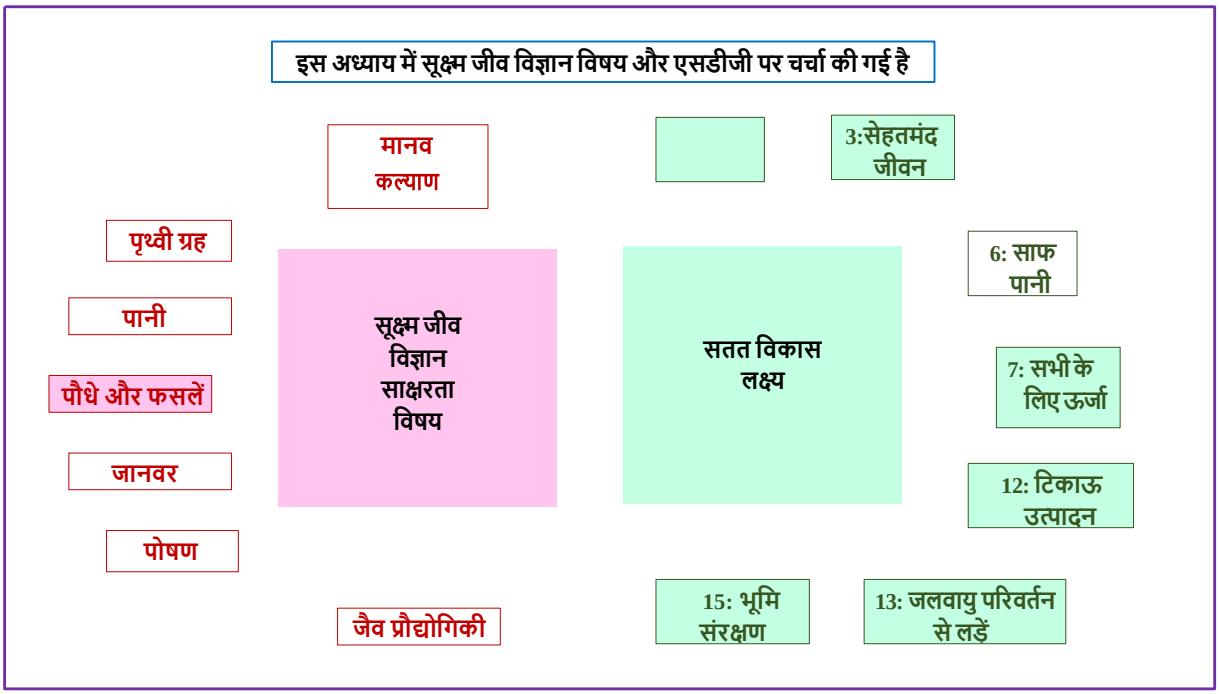
खनिज कई अलग-अलग तरीकों से मिट्टी में प्रवेश करते हैंः नाइट्रोजन का उत्पादन विघटित पशु अपशिष्ट और मृत पौधों से होता है, सैप्रोट्रोफिक रोगाणुओं के लिए धन्यवाद, या वायुमंडल से, विशेष बैक्टीरिया के लिए धन्यवाद जो इसे अमोनियम में परिवर्तित करते हैं जो पौधे उपयोग कर सकते हैं। फॉस्फोरस, पोटेशियम, कैल्शियम और मैग्नीशियम जैसे अन्य पोषक तत्व चट्टानों जैसे अकार्बनिक स्रोतों से निकलते हैं, जबकि सल्फर जैसे अन्य तत्व वातावरण सहित कार्बनिक और अकार्बनिक दोनों स्रोतों से आते हैं। दुर्भाग्य से, ये सभी पोषक तत्व मिट्टी में बहुत कम मात्रा में मौजूद होते हैं, जिससे पौधे हमेशा इन कीमती पोषक तत्वों के लिए भूखे रहते हैं। लेकिन सौभाग्य से, पौधे इस काम का सामना करने में अकेले नहीं हैंः rhizobia के अलावा, बैक्टीरिया जो वायुमंडलीय नाइट्रोजन को ठीक करते हैं, पौधों को कवक की एक भीड़ द्वारा मदद की जाती है, (चित्र.1, जो 90% से अधिक भूमि पौधों की जड़ों के साथ सहजीवन में रहते हैं।)

अधिकांश फसलें जो हम खाते हैं (चावल, गेहूं, टमाटर, आलू, काली मिर्च, गाजर, साथ ही सेब, आड़ू, संतरे और चेरी) सूक्ष्म कवक की मेजबानी करते हैं जिन्हें अर्बस्कुलर माइकोराइज़ल कवक (ए. एम. कवक) कहा जाता है जो उनकी जड़ कोशिकाओं को अंतरंग रूप से उपनिवेशित करते हैं। जंगलों में रहने वाले कई पेड़, पाइन से लेकर ओक, विलो और बीच तक, अन्य कवक की मेजबानी करते हैं जिन्हें हम एक्टोमिकोरिज़ल कवक कहते हैं। (ECM कवक). एएम कवक के विपरीत, इनमें से कुछ ईसीएम बड़े फल देने वाले निकायों का उत्पादन करते हैं जिन्हें आप जंगलों में चलते समय देख सकते हैं। लेकिन इसके अलावा, हीदर और ऑर्किड को उनके अपने सहजीवी कवक से मदद मिलती है। ये सभी माइकोराइज़ल कवक अपने सूक्ष्म हाइफ़े के साथ मिट्टी का पता लगाते हैं और खनिजों को लेते हैंः अपने मेजबान पौधे के साथ एक अंतरंग संपर्क में प्रवेश करते हुए, वे पौधों को कीमती खनिज छोड़ते हैं। लेकिन माइकोराइज़ल कवक न केवल पौधों को जैव-उर्वरक के रूप में सहारा देते हैं, बल्कि वे रोगजनक रोगाणुओं के खिलाफ अपने हरे मेजबान सुरक्षा भी देते हैं। बदले में, संयंत्र अपने सहजीवी कवक को अच्छी मात्रा में कार्बनिक कार्बन के साथ पुरस्कृत करता है (जो प्रकाश संश्लेषण का उत्पाद है।) विभिन्न जीवों के बीच उत्कृष्ट सहयोग का एक व्यापक उदाहरण।

सूक्ष्म जीव विज्ञान और सामाजिक संदर्भ

सूक्ष्म जीव विज्ञानः सूक्ष्म रूप से संचालित कार्बन, नाइट्रोजन और फास्फोरस चक्र; फॉस्फोरस चक्र में माइकोरिज़ल कवक की भूमिका; मिट्टी के पोषक तत्वों के नुकसान को कम करने में माइकोरिज़ल कवक की भूमिका; पौधे माइक्रोबायोटाः न केवल बैक्टीरिया। स्थिरता के मुद्देः जैव विविधता संरक्षण; फसलें और भोजनः अधिक टिकाऊ कृषि के लिए माइकोराइज़ल कवक की भूमिका।

एक बाल-केंद्रित सूक्ष्म जीव विज्ञान शिक्षा ढांचा



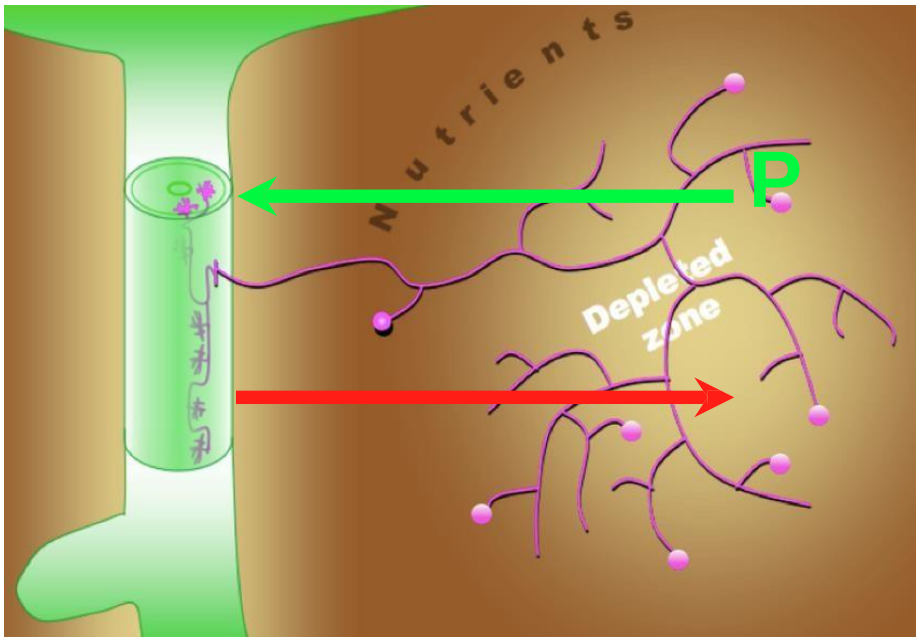
माइकोराइज़ल कवकः सूक्ष्म जीव विज्ञान

1. ***सूक्ष्म रूप से संचालित कार्बन, नाइट्रोजन और फास्फोरस चक्र.*** सूक्ष्मजीव पोषक चक्रों में केंद्रीय और आवश्यक भूमिका निभाते हैं। अपने प्लास्टिक चयापचय के लिए धन्यवाद, वे जैविक भूरासायनिक चक्रों को चलाते हुए मौलिक प्रतिक्रियाओं को जोड़ते हैं जिसमें कार्बन (सी) नाइट्रोजन (एन) फास्फोरस (पी) और सल्फर शामिल होते हैं। (S). ये घटनाएं कार्बन चक्र के साथ जुड़े नाइट्रोजन, सल्फर और फास्फोरस के विभिन्न रूपों के अंतर-रूपांतरण के माध्यम से पौधे और फसल के विकास के लिए आवश्यक पोषक तत्वों का कारोबार और आपूर्ति सुनिश्चित करती हैं। सूक्ष्मजीव कार्बनिक पदार्थों के क्षरण के लिए जिम्मेदार होते हैं, जो पौधों के पोषक तत्वों की रिहाई को नियंत्रित करते हैं, लेकिन मिट्टी की संरचना के रखरखाव और पौधे के विकास के लिए मिट्टी की गुणवत्ता की स्थिरता के लिए भी महत्वपूर्ण है। मिट्टी में माइक्रोबियल गतिविधि श्वसन और मेथेनोजेनेसिस के माध्यम से वायुमंडल में कार्बन के नुकसान के लिए भी जिम्मेदार है, और कार्बनिक प्रदूषकों के क्षरण और भारी धातुओं के स्थिरीकरण के माध्यम से उपचार के लिए सूक्ष्मजीवों की आवश्यकता होती है, जो मिट्टी की गुणवत्ता में सुधार के स्पष्ट उदाहरण प्रदान करते हैं।

2. ***फॉस्फोरस चक्र में माइकोराइज़ल कवक की भूमिका।*** पृथ्वी की जैविक प्रणालियाँ जीवन की शुरुआत से ही फास्फोरस की उपलब्धता के इर्द-गिर्द घूम चुकी हैं। डीएनए-आनुवंशिकता निर्धारित करने वाले जीन की सामग्री, एडेनोसिन ट्राइफॉस्फेट (एटीपी) जो सेलुलर चयापचय को चलाने के लिए आवश्यक ऊर्जा प्रदान करता है, फॉस्फोलिपिड्स जो सेल झिल्ली बनाते हैं, सभी में फॉस्फेट होता है। लेकिन फॉस्फोरस (पी) पृथ्वी की पपड़ी में केवल मिनट मात्रा में मौजूद है (0.09 wt.%) ज्यादातर कुछ कार्बोनेट खनिजों में मौजूद है। ये चट्टानें पी भंडार का प्रतिनिधित्व करती हैं जो आर्थिक रूप से व्यवहार्य तरीके से दोहन योग्य हैं और जो अगली शताब्दी के दौरान समाप्त होने का अनुमान है। मिट्टी में, अपक्षय कई प्रक्रियाओं द्वारा

खनिजों से फॉस्फेट के रूप में पी जारी करता है, जैसे कि माइक्रोबियल श्वसन, जो CO2 जारी करता है, जो बदले में कार्बनिक पदार्थों और जड़ के बालों के क्षरण के आसपास अम्लता को बढ़ाता है। एक बार जब पी अपक्षय के दौरान खनिजों से मुक्त हो जाता है, तो यह 10-20 पीपीएम की एकाग्रता के साथ परिसंचारी मिट्टी के समाधान का हिस्सा बन जाता है। हालांकि, फॉस्फेट को जल्दी से विभिन्न मिट्टी परिसरों में अलग किया जाता है, जिससे पौधों और जीवों के लिए इसकी उपलब्धता सीमित हो जाती है। सिद्धांत रूप में, इसलिए, पी पौधे के विकास के लिए एक सीमित कारक है।

हालांकि, माइकोराइज़ल कवक, i.e. कवक जो लगभग 90% भूमि पौधों की जड़ों से जुड़े रहते हैं, पौधों को पी प्राप्त करने में मदद करते हैं। वास्तव में माइकोराइज़ल कवक एक डबल आला पर कब्जा करते हैं: पौधे की जड़ों के साथ उनके अंतरंग संबंध के अलावा, वे मिट्टी में भी दूर तक फैलते हैं, जहां वे एक व्यापक अवशोषण नेटवर्क का उत्पादन करते हैं जो रूट डिप्लीशन ज़ोन, i.e से परे है। जड़ के आसपास का क्षेत्र, जहां फॉस्फेट (और अन्य खनिजों का) का घोल इसकी पुनःपूर्ति की तुलना में अधिक तेज़ी से समाप्त हो जाता है।



चित्र. 2. ए. एम. कवक हाइफा (गुलाबी रंग में) का एक नेटवर्क उत्पन्न करता है जो जड़ को घेरने वाले अवक्षय क्षेत्र से परे मिट्टी (भूरे रंग में) का पता लगाता है। (हरे रंग में). कवक फॉस्फेट (पी, हरा तीर) सहित कई खनिजों को ग्रहण करता है और उन्हें हाइफा के साथ स्थानांतरित करता है जो जड़ों को उपनिवेशित करता है। जड़ कोशिकाओं के अंदर छोटे छोटे पेड़ (अर्बुस्क्यूल्स) पैदा होते हैं। यहाँ पौधा कवक को कार्बन (लाल तीर) छोड़ता है।

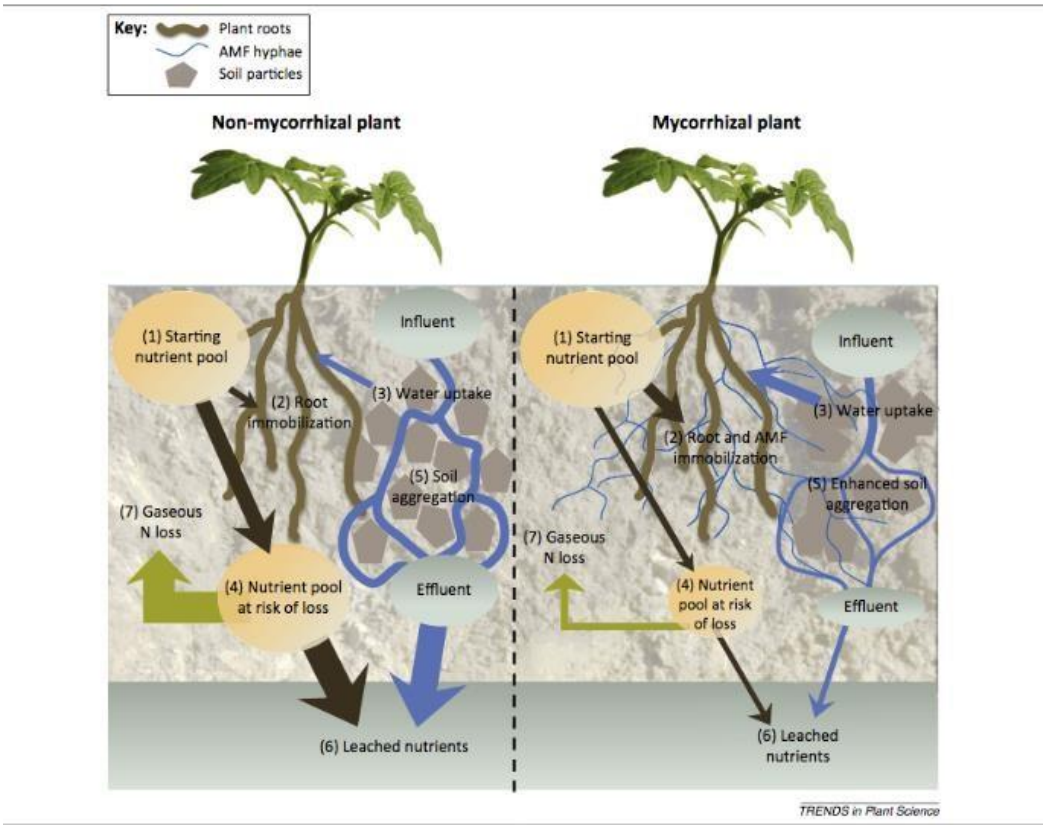
इस क्षमता के लिए धन्यवाद, माइकोराइज़ल कवक, और विशेष रूप से एएम कवक, मिट्टी की एक बड़ी मात्रा तक पहुंच है, जिससे वे पी, जस्ता, अमोनियम, नाइट्रेट, तांबा, पोटेशियम (के) और एस सहित पोषक तत्वों को ग्रहण करते हैं। 90% पौधे पी और 20% पौधे एन को एएम कवक द्वारा प्रदान किया जा सकता है, जबकि अन्य माइकोराइज़ल कवक, जैसे कि जंगल के पेड़ों की जड़ों से जुड़े लोग एन के उत्थान में अधिक प्रासंगिक भूमिका निभाते हैं। पौधे में पी की गति पौधे से कवक तक कार्बन की गति से प्रेरित होती है।

ए. एम. कवक विशिष्ट पी ट्रांसपोर्टरों से अच्छी तरह से सुसज्जित होते हैं, जो मिट्टी के साथ इंटरफेस पर अपनी हाइफल सतह पर स्थित होते हैं। एक बार जब फॉस्फेट हाइफा में प्रवेश करता है, तो यह हाइफा के साथ पॉलीफॉस्फेट कणिकाओं के रूप में चलता है। ये पौधे की जड़ में प्रवेश करते हैं, कॉर्टिकल कोशिकाओं में arbuscules नामक अत्यधिक शाखाओं वाली संरचनाओं का निर्माण करते हैं, और पौधे की जड़ (चित्र.2) में फॉस्फेट वितरित करते हैं, जहां से यह ऊपरी भागों की यात्रा करता है, शायद संवहनी ऊतकों के माध्यम से एपिजियस अंगों तक पहुंचता है।

3. ***मिट्टी के पोषक तत्वों के नुकसान को कम करने में माइकोराइज़ल कवक की भूमिका।*** कृषि और मानव गतिविधियों का खनिज चक्रों पर गहरा प्रभाव पड़ता हैः हरित क्रांति के परिणामस्वरूप, उर्वरक-आधारित खाद्य उत्पादन और व्यावसायिक रूप से उपलब्ध उर्वरकों में एन, के और अन्य सूक्ष्म पोषक तत्वों के साथ पी का उपयोग, ग्रह के कई क्षेत्रों में तेजी से बढ़ रहा है। हरित क्रांति ने कुछ देशों में समृद्धि और वैश्विक जनसंख्या में तेजी से वृद्धि की, लेकिन पर्यावरण को भी नुकसान पहुंचाया। एक प्रमुख पोषक तत्वों की भारी मात्रा है, जो-उर्वरकों के रूप में प्रदान किए जाते हैं-मिट्टी से खो जाते हैं, जिन पर उन्हें लीचिंग के माध्यम से लगाया जाता है और मिट्टी और सतह के पानी की गहरी परतों तक पहुंचते हैं। लीचिंग के कारण प्रति हेक्टेयर 160 किलोग्राम नाइट्रोजन (एन) और 30 किलोग्राम पी तक की हानि हो सकती है। नाइट्रस ऑक्साइड (एन2ओ) एक शक्तिशाली ग्रीनहाउस गैस के रूप में भी नष्ट हो जाता है, जिसमें 143 किलोग्राम एन प्रति हेक्टेयर तक का नुकसान होता है। मिट्टी के पोषक तत्वों के नुकसान को कम करने में माइकोराइज़ल कवक, विशेष रूप से ए. एम. कवक की भूमिका अब उभर रही है। माइकोराइज़ल कवक द्वारा पोषक तत्वों के नुकसान में कमी को पोषक तत्वों के उन्नत स्थिरीकरण और शायद कुछ पोषक चक्र प्रक्रियाओं को बदलकर पूरा किया जाता है, जो मिट्टी में पोषक तत्वों के प्रतिधारण का समर्थन करते हैं। चित्र 3 यह दर्शाता है कि कैसे ए. एम. कवक एन और पी के नुकसान को कम करता है, कृषि पारिस्थितिकी तंत्र में एक महत्वपूर्ण पारिस्थितिक सेवा को निष्पादित करता है।

4. ***पादप माइक्रोबायोटाः न केवल बैक्टीरिया।*** पादप पारिस्थितिकी तंत्र में रहते हैं जहाँ वे जटिल सूक्ष्मजीव समुदायों के साथ बातचीत करते हैं जिनके साथ वे संबंधों की एक विस्तृत श्रृंखला स्थापित करते हैं। ये रोगाणु तथाकथित 'माइक्रोबायोटा' का गठन करते हैं, यह शब्द ज्यादातर लाभकारी रोगाणुओं की विविधता का वर्णन करने के लिए गढ़ा गया है जो जड़ों से लेकर बीजों तक, बाहरी सतहों से लेकर आंतरिक ऊतकों तक सभी पौधों के अंगों को उपनिवेशित करते हैं। जैसा कि हमारे आंत में रहने वाले रोगाणुओं के मामले में था, पादप सूक्ष्मजीव के ज्ञान के लिए महत्वपूर्ण तकनीकी प्रगति की आवश्यकता है, जिसे आमतौर पर 'ओमिक्स प्रौद्योगिकियों' के रूप में पहचाना जाता है, जहां सूचना विज्ञान, बड़ा डेटा और जीव विज्ञान मिलते हैं। पादपसँ जुड़ल सूक्ष्मजैविकमे उपस्थित जीनोमिक जानकारीकेँ "सूक्ष्मजैविक" क रूपमे परिभाषित कयल जाइत अछि, जकरा दोसर पादप जीनोमक रूपमे सेहो जानल जाइत अछि। सूक्ष्मजीव पौधों की सहायता करते हैं, उनके खनिज पोषण में सुधार करते हैं, कुछ विकासात्मक प्रक्रियाओं को प्रभावित करते हैं (उदाहरण के लिए जड़ वास्तुकला) और उनकी प्राकृतिक प्रतिरक्षा को बढ़ाते हैं। पादप और पशु सूक्ष्मजीव की संरचना में अंतर के बावजूद, वे इन मुख्य कार्यों को साझा करते हैं।

पादप माइक्रोबायोटा के कारक कौन से हैं? बैक्टीरिया, आर्किया, वायरस, कीड़े और ऊमिसेट्स के अलावा, कवक पौधे के माइक्रोबायोटा के एक प्रासंगिक घटक का प्रतिनिधित्व करते हैं। इन रोगाणुओं को एक विशिष्ट नाम (माइकोबायोटा) दिया गया है जो-सैप्रोट्रॉफिक, एंडोफाइटिक या सहजीवी रोगाणु के रूप में-पौधों के अंगों के साथ जुड़ते हैं। माइकोराइज़ल कवक और अन्य लाभकारी कवक जड़ों में हावी होते हैं, जबकि एसकोमाइकोटा और बेसिडियोमाइकोटा पत्तियों में बहुत आम हैं।



चित्र. 3 मिट्टी के पोषक तत्वों के नुकसान के मार्ग पर माइकोराइज़ल बनाम गैर-माइकोराइज़ल पौधों के प्रभाव। प्रारंभिक पोषक तत्व पूल (1) में अकार्बनिक और/या कार्बनिक एन-और पी-युक्त यौगिक शामिल हो सकते हैं। पोषक तत्वों का स्थिरीकरण (2) और जल ग्रहण (3) बढ़ जाता है जब पौधों को ए. एम. कवक द्वारा उपनिवेशित किया जाता है। नतीजतन, लीच होने के जोखिम में पोषक तत्वों का पूल (4) माइकोराइज़ल पौधों के साथ कम हो जाएगा (6). साथ ही, ए. एम. एफ. मिट्टी के एकत्रीकरण में सुधार कर सकता है (5). गैसीय एन हानि (7) तब बढ़ जाती है जब पौधे एन के अवशोषण में कमी के कारण गैर-माइकोरिज़ल होते हैं। (Cavagnaro et al से 2015)

सतत विकास लक्ष्यों और बड़ी चुनौतियों के लिए प्रासंगिकता

माइकोराइजल कवक द्वारा पोषक तत्वों के अधिग्रहण का माइक्रोबियल आयाम भूमि संरक्षण; स्वस्थ वातावरण, स्वस्थ जीवन, जलवायु परिवर्तनों का मुकाबला करने सहित कई एसडीजी से संबंधित है। निम्नलिखित मुद्दे-जैव विविधता संरक्षण और माइकोराइजल कवक; फसलें और भोजनः माइकोराइजल कवक की भूमिका-ऐसी बड़ी चुनौतियों के संदर्भ में विकसित किए गए हैं।

- **जैव विविधता और कवक सूक्ष्मजीवों का संरक्षण।** माइकोराइज़ेशन एक व्यापक प्रक्रिया है, जो अब तक पहचानी गई 340,000 पौधों की प्रजातियों के एक बड़े हिस्से में मौजूद है, और इसमें लगभग 50,000 कवक प्रजातियां शामिल हैं। माइकोराइज़ल सहजीवन ज्यादातर सभी पारिस्थितिक तंत्रों में मौजूद हैं, जंगलों से लेकर रेगिस्तानों तक, घास के मैदानों से लेकर कृषि पारिस्थितिकी तंत्र तक। इस सहजीवन की सफलता उस क्षण से शुरू होती है जब पौधों ने भूमि पर उपनिवेश किया था। जीवाश्म रिपोर्टों से पता चलता है कि 400 मिलियन से अधिक वर्ष पहले के मौजूदा पौधों के प्रकंदों ने आज के ए. एम. कवक द्वारा उत्पादित कवक संरचनाओं की तुलना में कवक संरचनाएं प्रस्तुत कीं। समय और स्थान में माइकोराइज़ा की सफलता दृढ़ता से बताती है कि माइकोराइज़ल कवक पादप समुदायों के लिए महत्वपूर्ण निर्धारक हैं। कई अध्ययनों ने वास्तव में बताया है कि ए.

एम. कवक विशेष रूप से अधीनस्थ, अक्सर दुर्लभ पौधों की प्रजातियों के विकास को प्रोत्साहित करके घास के मैदानों की पौधों की विविधता को बढ़ाता है।

ए. एम. कवक जिन अंतर्निहित तंत्रों द्वारा ऐसी कवक-निर्भर पौधों की प्रजातियों के विकास को बढ़ावा देते हैं, वे बता सकते हैं कि ये कवक पौधों की विविधता को कैसे बढ़ावा देते हैं। एक पौधे की माइकोराइज़ल निर्भरता और ए. एम. कवक द्वारा जारी फास्फोरस की मात्रा के बीच एक सकारात्मक संबंध है। इसके अलावा, एक पौधे से दूसरे पौधे में माइकोराइज़ल हाइफ़ल नेटवर्क के माध्यम से अंतःरोपण कार्बन परिवहन, सबसे अधिक माइकोराइज़ल निर्भरता वाले पौधों की प्रजातियों की ओर निर्देशित किया जाता है। उच्च माइकोराइज़ल निर्भरता वाली पादप प्रजातियाँ, इसलिए, कम निर्भरता वाली पादप प्रजातियों की तुलना में ए. एम. कवक से बहुत अधिक संसाधन प्राप्त करती हैं। हालाँकि, कुछ उदाहरण हैं जहाँ ए. एम. कवक विविधता को कम कर सकता है। यह लंबे घास के मैदानों में देखा गया है जिनमें अधिकांश पौधों में माइकोराइज़ल निर्भरता कम थी। अंत में, पादप समुदायों की जैव विविधता को उच्च रखने में माइकोराइज़ल कवक की उपस्थिति महत्वपूर्ण है, जो प्राकृतिक वातावरण की स्थिरता के लिए एक महत्वपूर्ण पैरामीटर है।

- **एक बदलती दुनिया में फसलें और भोजनः माइकोराइज़ल कवक की भूमिका।** 2050 में मनुष्यों की जनसंख्या 10 अरब से अधिक होने की उम्मीद है। इस बढ़ती आबादी के लिए पौष्टिक और सुरक्षित भोजन प्रदान करना मानवता और विज्ञान के लिए सबसे बड़ी चुनौतियों में से एक है। चरम घटनाओं के साथ जलवायु परिवर्तन का परिदृश्य एक और तेजी से चुनौतीपूर्ण कार्य है। कुछ नवीनतम अनुमानों ने अधिक टिकाऊ दृष्टिकोण विकसित करके 2050 तक कृषि उत्पादकता में कम से कम 70% की वृद्धि करने की आवश्यकता का अनुमान लगाया है। गहन कृषि, जो हरित क्रांति का अंतिम उत्पाद है, से अधिक टिकाऊ कृषि की ओर बढ़ने पर ध्यान केंद्रित किया गया है, जो, हालांकि, कम उत्पादक नहीं है।

एक एकीकृत कृषि, कम से कम आंशिक रूप से तथाकथित माइक्रोबियल क्रांति पर आधारित, आंशिक रूप से इन आवश्यकताओं का जवाब दे सकती है। इस संदर्भ में मिट्टी की जैव विविधता की भूमिका महत्वपूर्ण हो जाती है और पौधे-विकास को बढ़ावा देने वाले बैक्टीरिया, साथ ही माइकोराइज़ल कवक, इन नए लक्ष्यों को स्थायी तरीके से प्राप्त करने के लिए प्रासंगिक उपकरण बन जाते हैं। इसके अलावा, कृषि उत्पादकता को नए रोगजनकों के लिए अधिक प्रतिरोधी और लचीला बनने की आवश्यकता है, जो तेजी से महाद्वीपों में फैलते हैं, साथ ही चरम जलवायु घटनाओं के लिए जो आवृत्ति में बढ़ रहे हैं। AM कवक दुनिया को खिलाने वाली अधिकांश फसलों का उपनिवेश करता है (चित्र.4)

चित्र. 4. हम जो पौधे खाते हैं वे ज्यादातर ए. एम. पौधे हैं। केंद्रीय ब्रोकोली को छोड़कर सभी सचित्र सब्जियां ए. एम. कवक द्वारा उपनिवेशित पौधों से आती हैं।

फसल रोगजनक कवक और अन्य कीटों का दुनिया भर में एक विशाल सार्वजनिक स्वास्थ्य प्रभाव है, क्योंकि वे प्रति वर्ष 20-40% उपज नुकसान के लिए जिम्मेदार हो सकते हैं, जिससे वैश्विक स्तर पर खाद्य सुरक्षा को मजबूती से कम किया जा सकता है। इसके लिए फसल रोगों के बेहतर प्रबंधन की आवश्यकता है। अधिक पर्यावरण-अनुकूल दृष्टिकोण के बीच, माइकोराइज़ल कवक एक अप्रत्याशित सहायता प्रदान करता है। कई अध्ययनों ने वास्तव में प्रारंभिक एएम गठन के दौरान प्रदर्शित किया है, पौधों की रक्षा प्रतिक्रियाओं का एक सक्रियण है, जिन्हें पौधे प्राइमिंग के एक रूप के रूप में समझाया गया है। इस तरह की सुरक्षा तथाकथित माइकोराइज़ा-प्रेरित प्रतिरोध में योगदान देती है जब एएम पौधों को बायोट्रॉफिक और नेक्रोट्रॉफिक रोगजनकों, नेमाटोड्स, कीड़ों और वायरस द्वारा चुनौती दी जाती है। इन ए. एम. क्षमताओं (न केवल जैव उर्वरक, बल्कि जैव संरक्षक भी) के कारण कई नवीन कृषि परियोजनाएं वर्तमान में ए. एम. इनोकुला के अनुप्रयोग पर आधारित हैं, जिन्हें अक्सर अन्य लाभकारी रोगाणुओं के साथ मिलाया जाता है। कई प्रयोगों ने पहले ही पौधों की उत्पादकता में महत्वपूर्ण वृद्धि का प्रदर्शन किया है। यह देखना प्रभावशाली है कि, भले ही एएम कवक पौधों के छिपे हुए अंगों-जड़ों में बढ़ता है-उनके लाभकारी प्रभाव पूरे पौधे पर पाए जाते हैं, जो अक्सर प्रकाश संश्लेषक प्रक्रिया को बढ़ाते हैं, साथ ही साथ बीज की गुणवत्ता में सुधार करते हैं। यह देखते हुए कि एएम कवक को अब तक अनिवार्य बायोट्रॉफिक रोगाणु माना जाता है (उन्हें अपने जीवन चक्र को पूरा करने के लिए पौधे की आवश्यकता होती है) उच्च-स्तरीय और कुशल इनोकुला स्थापित करना भविष्य की कृषि के लिए एक महत्वपूर्ण लक्ष्य होगा।

निर्णयों के लिए संभावित प्रभाव

1. ***व्यक्तिगत***
    a. बाज़ारों की तलाश करने के लिए जहाँ माइकोराइज़ल पौधों की सब्जियाँ बेची जाती हैं

2. ***सामुदायिक नीतियाँ***
    a. माइकोराइजल पौधों के साथ क्षेत्रीय प्रयोगों को बढ़ावा देने वाली स्थानीय और राष्ट्रीय स्तर की परियोजनाओं का समर्थन करना
    b. माइकोराइजल पेड़ों के साथ वन प्रयोगों को बढ़ावा देने वाली स्थानीय और राष्ट्रीय स्तर की परियोजनाओं का समर्थन करना
    c. पूरी श्रृंखला के बाद आने वाली परियोजनाओं का समर्थन करनाः माइकोराइजल पौधों का उत्पादन; अंतिम उत्पादों की फसल (उदाहरण के लिए टमाटर) उपभोक्ताओं द्वारा मूल्यांकन

3. ***राष्ट्रीय नीतियाँ***
    a. माइक्रोबियल इनोकुला के उत्पादन और विपणन के संबंध में नीति

छात्रों की भागीदारी

1. ***क्लास डिस्कशन*** फास्फोरस से जुड़े मुद्दों पर चर्चा (मछली खाने से..)

2. ***व्यायाम***(इसे किसी भी स्तर पर बनाया जा सकता है, लेकिन ये शायद माध्यमिक शिक्षा स्तर के हैं)

    a. क्या छात्रों ने जंगल में मशरूम इकट्ठा किए हैं?
    b. वे माइकोलॉजी के बारे में क्या जानते हैं?

c. क्या वे चित्र पर टिप्पणी कर सकते हैं? 1?
d. एस. डी. जी. को देखते हुए, हम माइकोराइज़ल कवक की पारिस्थितिक भूमिका के बारे में सोचकर अपने दृष्टिकोण को कैसे बदल सकते हैं?

साक्ष्य आधार, आगे पढ़ने और शिक्षण सहायक

वेबसाइटें

https://www.kidsdiscover.com/teacherresources/fungi/
https://bbsrc.ukri.org/documents/mushroom-pdf/
http://www.davidmoore.org.uk/Assets/fungi4schools/GBF_web/Teachers%20notes.htm
https://projects.au.dk/ecofinders/ecosystem-services/nutrient-cycling-in-soil/
https://www.soils4teachers.org/lessons-and-activities/teachers-guide/soils-food-health

Berendsen R and K. Schlaeppi 2019. Themed issue on Environmental Microbiology, Plant Microbiota. Current Opinion in Microbiology 49.

Bonfante P and Venice F, 2020. Mucoromycota: going to the roots of plant-interacting fungi. Fungal Biology Reviews, https://doi.org/10.1016/j.fbr.2019.12.003

Burgin, A.J., Yang, W.H., Hamilton, S.K. and Silver, W.L. (2011), Beyond carbon and nitrogen: how the microbial energy economy couples elemental cycles in diverse ecosystems. Frontiers in Ecology and the Environment, 9: 44-52

Cavagnaro TR, Bender SF, Asghari HR, Heijden MGAV. 2015. The role of arbuscular mycorrhizas in reducing soil nutrient loss. Trends Plant Sci. 20: 283-290.

Genre A, Lanfranco L, Perotto S, Bonfante P 2020 Nature Microbiology Reviews 18, 649- 660 https://doi.org/10.1038/ s41579-020-0402-3

Moisés A. Sosa-Hernández, Eva F. Leifheit, Rosolino Ingraffia and Matthias C. Rillig. 2019 Subsoil Arbuscular Mycorrhizal Fungi for Sustainability and Climate-Smart Agriculture: A Solution Right Under Our Feet? Front. Microbiol., https://doi.org/10.3389/fmicb.2019.00744

Pozo MJ. and Azcón-Aguilar C. 2007. Unraveling mycorrhiza-induced resistance. *Curr. Opin. Plant Biol.* **10,** 393–398.

Smith S, and D. Read. 2008 Mycorrhizal symbiosis, **eBook ISBN:** 9780080559346 Academic Press

Tedersoo, L., Bahram, M. & Zob, M. How mycorrhizal associations drive plant population and community. *Science* **367,** eaba1223 (2020). very nice pictures showing the ecological impact of mycorrhizas

Van der Heijden, Marcel & Klironomos, John & Ursic, Margot & Moutoglis, Peter & Streitwolf-Engel, Ruth & Boller, Thomas & Wiemken, Andres & Sanders, Ian. (1998). Mycorrhizal fungal diversity determines plant biodiversity, ecosystem variability and productivity. Nature. 396. 10.1038/23932.