भारतीय वैज्ञानिक एवं औद्योगिक अनुसंधान पत्रिका
वर्ष 28 अंक (2) दिसम्बर 2020 पृ. 132-139

उच्च तुंगता क्षेत्रों में नाइट सॉयल कम्पोस्ट विधि के संरक्षण तथा जैविक कृषि की महत्ता : एक समीक्षा

जगदीप सिंह, स्वामी प्रज्ञ प्रशांत, सारिका कुमारी, श्रुति सिनाई बोरकर एवं रक्षक कुमार
उच्च तुंगता सूक्ष्मजीव विज्ञान प्रयोगशाला, जैवप्रौद्योगिकी विभाग
सीएसआईआर-हिमालय जैवसंपदा प्रौद्योगिकी संस्थान
पोस्ट बॉक्स नं-06, पालमपुर 176 061 (हिमाचल प्रदेश)

सारांश : मानव सभ्यता ने कृषि के आगमन के साथ एक उन्नत कदम उठाया। लंबे समय तक कृषि कार्य प्राकृतिक आदानों पर निर्भर थे, लेकिन औद्योगिक क्रांति की शुरुआत के साथ तेजी से बढ़ती मानव आबादी की मांगों को पूरा करने के लिए रासायनिक उर्वरकों को विकसित किया गया था। रासायनिक आदानों ने नाटकीय रूप से कृषि उपज में वृद्धि की, हालांकि, कुछ हानिकारक दुष्प्रभावों को साथ लाया, जो पर्यावरण और किसान दोनों को नुकसान पहुंचाते हैं। परिणामवश, जैविक खेती के रूप में प्राकृतिक आदानों का उपयोग एक क्रमिक परिवर्तन के रूप में हो रहा है। हिमाचल प्रदेश के उच्च तुंगता क्षेत्र, जैसे लाहौल-स्पीति, पारंपरिक नाइट सॉयल खाद का उपयोग करके जैविक खेती का अभ्यास करते आ रहे थे। हालांकि, सब्सिडी वाले रासायनिक उर्वरकों की आसानी से उपलब्धता और आधुनिकीकरण के कारण, इस अभ्यास में लगातार अवनति हो रही है। रासायनिक आदानों के उपयोग से पहले से ही नाजुक वातावरण क्षेत्र में प्रदूषण का ख़तरा बढ़ता जा रहा है। इस प्रकार रसायनों के माध्यम से क्षेत्र को प्रदूषण से बचाने और नाइट सॉइल कम्पोस्टिंग की पारंपरिक प्रथा को संरक्षित करने के लिए, हम कुशल हाइड्रोलाइटिक एंजाइमेटिक गतिविधि के साथ शीततापी जीवाणुओं का उपयोग करके नाइट सॉयल के तेजी से अपघटन के लिए एक सूक्ष्मजैविक हस्तक्षेप को लागू करने की कोशिश कर रहे हैं।

Conservation of the night soil composting and the importance of organic farming in high altitude regions : A review

Jagdeep Singh, Swami Pragya Prashant, Sareeka Kumari, Shruti Sinai Borker & Rakshak Kumar
High Altitude Microbiology Laboratory (HAM-LAB), Department of Biotechnology
CSIR-Institute of Himalayan Bioresource Technology
Post Box No.06, Palampur 176 061 (Himachal Pradesh)

Abstract

Human civilization took an advanced step with the advent of agriculture. For long agricultural operations were dependent on natural inputs, but with the onset of Industrial Revolution chemical fertilizers were developed to fulfil the demands of rapidly growing human population. The chemical inputs that dramatically increased the agricultural yield, however, brought along some detrimental side effects that harm both the environment and the farmer. Consequently, there's a gradual reversal towards using natural inputs in the form of organic farming. The high altitude regions of Himachal Pradesh viz. Lahaul-Spiti had been practicing organic farming using traditional night soil compost. However, due to modernization and easy availability of subsidized chemical fertilizers, this practice is facing steady decline. Usage of chemical inputs puts the already fragile environment of the region at risk of pollution. Thus, to save the region from pollution via chemicals and preserve the traditional practice of Night Soil Composting, we are trying to improve the hygiene of the winter dry toilet. Accelerated degradation leading to minimizing the foul odor to negligible level have been obtained with implementation of microbial intervention for rapid decomposition using cold tolerant bacteria with efficient hydrolytic enzymatic activity.

रासायनिक कृषि : आशीर्वाद या अभिशाप

धरती पर मानव जीवन के क्रम विकास में कई अहम् पड़ाव आये हैं किन्तु बिना किसी मतभेद के यह कहा जा सकता है कि कृषि का उद्‌गम सभी पड़ावों में सबसे महत्वपूर्ण था। कृषि के उत्वोपरांत मनुष्य ने अपने सहचर जीवों से भिन्न एक स्थानबद्ध जीवन-शैली का आरंभ किया, जिसमें उसे आहार की खोज में संलिप्त घुमंतू पशु की अवस्था से उन्नति प्राप्त हुई (1&2)। कृषि-कार्य के साथ मनुष्य की जैवप्राकृतिक सिद्धांतों की समझ प्रवीण हुई जिसके परिणामस्वरूप उसने वन्य पौधों का वंश-सुधार कर खाद्यानों का विकास किया। समय के साथ मनुष्य की कृषि में कुशलता एवं निपुणता में निरंतर वृद्धि हुई और इससे उसकी सभ्यता का विकास हुआ। काफ़ी लम्बे समय तक कृषि में उपयोग किए जाने वाली निविष्टियाँ प्राकृतिक स्रोतों से प्राप्त की जाती थीं। परन्तु 20वीं सदी के आरम्भ में कृषि में एक महत्वपूर्ण बदलाव आया। औद्योगिक क्रांति से प्रेरित वैज्ञानिकों ने निरंतर बढ़ती जनसंख्या की खाद्य आवश्यकता की आपूर्ति के लिए कृत्रिम रासायनिक उर्वरकों का आविष्कार किया[3]। रासायनिक उर्वरकों के प्रयोग के परिणामस्वरूप कृषि उत्पाद में विशेषकर वृद्धि हुई एवं इससे प्रोत्साहित होकर वैज्ञानिकों ने कई प्रकार के रासायनिक उर्वरकों एवं कीटनाशकों का विकास किया। भारत में भी स्वतंत्रता के पश्चात् राज्य सरकार ने कृषि के विकास के लिए न केवल रासायनिक उर्वरकों के नए उद्योग स्थापित किए बल्कि कृषकों की आर्थिक सहायता के लिए इन उर्वरकों एवं कीटनाशकों का लागत मुक्त वितरण भी किया। इस प्रकार उद्योग एवं राज्यनीतियों के समग्र प्रयास के फलस्वरूप देश में हरित क्रांति का उद्‌घोष हुआ तथा भारत ने अपनी कृषि उत्पाद में इतनी वृद्धि की कि यहाँ के अधिशेषफल एवं अन्न दूसरे देशों में निर्यात होने लगे [4,5,6]। रासायनिक उर्वरकों के प्रभाव से उत्पाद में आयी तीव्र वृद्धि से सम्मोहित होकर सभी लघु एवं विशाल कृषकों ने बढ़-चढ़कर इन उर्वरकों एवं कीटनाशकों का प्रयोग आरम्भ कर दिया।

रासायनिक निविष्टियों के प्रयोग से कृषकों के आर्थिक लाभ में विशेष वृद्धि होने लगी एवं इससे उत्साहित होकर उन्होंने इनका और भी वृहद स्तर पर उपयोग शुरू कर दिया। किन्तु रासायनिक निविष्टियों के वृहद उपयोग होने से कालान्तर में धीरे-धीरे कई समस्याएं उत्पन्न होने लगीं। रसायनों के उपयोग का प्रभाव कृषक एवं भूमि दोनों पर ही दर्शित होने लगा। एक ओर जहाँ रासायनिक उर्वरक भूमि की प्राकृतिक उर्वरा शक्ति को क्षीण करने लगे तथा कीटनाशकों के प्रयोग से मृदा के सूक्ष्मजीव संख्या में निरंतर अवनति होने लगी, वहीं दूसरी ओर इन रसायनों को प्रयोग करने वाले कृषक एवं श्रमिक पर्याप्त प्रशिक्षण एवं सुरक्षा उपकरण के अभाव में संक्रमित होने लगे, जिससे उन्हें कर्क रोग जैसी घातक बीमारियां तक होने लगी[7]। इसके अतिरिक्त इन रसायनों के दुष्प्रभाव कृषि भूमि के आस-पास के वातावरण पर भी स्पष्ट दिखाई देने लगे। उर्वरकों के उपयोग के बाद वर्षा होने पर जो भी अनावशोषित अतिरिक्त उर्वरक बचते हैं वह वर्षा जल के बहाव के साथ जलीय पारिस्थितिकी में पहुँच कर उसे प्रदूषित करते हैं[7]। कीटनाशकों के छिड़काव से रसायन वायु के साथ दूर तक फ़ैल कर वातावरण को क्षति पहुंचाते हैं। इसके साथ ही कीटनाशक प्रयोग किए हुए खाद्यानों के अवशेष ग्रहण करने वाले पशु रोग ग्रस्त होते हैं एवं चरम स्थिति में उनकी मृत्यु भी हो जाती है। कीटनाशकों के घातक प्रभाव का एक अप्रत्यक्ष प्रमाण देश में गिद्धों की संख्या में आई भारी गिरावट है जिसका वास्तविक कारण कीटनाशक संक्रमण से मरे पशुओं के शवों का सेवन करना है[8]। कई बार ऐसे अन्न व शाक के भोक्ता भी पत्तियों व छिलकों पर अवशोषित रसायनों के कारण गंभीर रूप से रोगग्रस्त हो जाते हैं। कीटनाशकों के प्रयोग से कीटों में भी आनुवंशिक परिवर्तन आए हैं जिसके परिणामस्वरूप उनमें प्रतिरोधक क्षमता का विकास होने लगा है।

जैविक कृषिः पोषण तथा कीट प्रबंधन

20वीं एवं 21वीं सदी में हुए शोधों से प्राप्त परिणामों से यह स्पष्ट हो चुका है कि रासायनिक निविष्टियों के प्रयोग के जितने लाभ हैं उससे अधिक हानियाँ हैं[7]। अतः इन दुष्परिणामों को ध्यान में रख कर कई जागरूक कृषक पुनः प्रकृति की ओर दिशा करते हुए जैविक कृषि के मार्ग को अपनाने लगे हैं। इस दिशा में भारत के एक उत्तरपूर्वी राज्य सिक्किम ने अविश्वसनीय उपलब्धि हासिल की है। ये जनवरी 2016 में भारत का पहला एवं एक मात्र 100% जैविक राज्य बन गया है। पारम्परिक गोबर के खाद एवं अन्य जैविक खादों के नियमबद्ध प्रयोग से राज्य ने इस अविश्वसनीय मुकाम को हासिल किया है (चित्र 1)।

वैज्ञानिक भी रासायनिक कृषि की तुलना में जैविक कृषि की आर्थिक एवं स्वास्थ्य-सम्बन्धी सुरक्षा के गुणों का समर्थन करते हैं। जैविक खेती कृषि की एक ऐसी विधि है, जिसमें रासायनिक उर्वरकों एवं रासायनिक कीटनाशकों के प्रयोग से बचा जाता है अथवा बहुत कम प्रयोग किया जाता है। भूमि की उर्वरा शक्ति को बनाये रखने के लिए फसल-चक्र, हरी खाद, कम्पोस्ट आदि का प्रयोग किया जाता है। रासायनिक खेती की तुलना में जैविक खेती के कुछ मुख्य फायदे हैं जैसे- भूमि की उपजाऊ क्षमता तथा

चित्र 1 – (क) सिक्किम में गाय के गोबर से बनी जैविक खाद, (ख) सिक्किम में धान की जैविक खेती

सिंचाई अंतराल में वृद्धि होती है, खेती की लागत में कमी आयी है। बाजार में जैविक उत्पादों की मांग बढ़ने से किसानो की आय में वृद्धि हुई है तथा फसलों की उत्पादकों की संख्या में भी वृद्धि हुई है।

विभिन्न फसलों को एक निश्चित क्षेत्र पर निश्चित क्रम में बोने को फसल-चक्र कहते हैं। इस विधि से भूमि का भौतिक, रासायनिक तथा जैविक संतुलन स्थापित होता है तथा पौधों के भोज्य पदार्थों का अधिकतम सदुपयोग होता है। उदाहरण दलहन की फसल के दौरान उसकी जड़ों में मौजूद जीवाणु वायुमंडल में मौजूद नाइट्रोजन को मिट्टी में बांधते हैं और यह नाइट्रोजन अगली फसल के लिए पोषक तत्व का काम करता है। कृषि में हरी खाद उस सहायक फसल को कहा जाता है जिसकी खेती मुख्यतः भूमि में पोषक तत्वों को बढ़ाने एवं उसमें जैविक पदार्थों की कमी को पूरा करने के उद्देश्य से की जाती है। अधिकांश तौर पर इस तरह की फसल को इसकी हरी स्थिति में ही हल चलाकर मिट्टी में मिला दिया जाता है। इससे भूमि की जैविक मात्रा एवं उपजाऊ शक्ति बढ़ती है तथा उसकी जल संग्रह क्षमता में भी बढ़ोतरी होती है। उदाहरण के लिए, किसी भी मुख्य खाद्यान की बीजाई से करीब 45 दिन पहले इनमें से किसी भी पौधे के बीजों को खेत में लगा कर पौधे को हरी अवस्था में ही हल चला कर उसको भूमि में मिला दिया जाता है। हरी खाद के लिए ऐसी फसलों को उगाया जाता है जिसमें न्यूनतम खर्च व न्यूनतम सिंचाई लगे और कम समय में ज्यादा वायुमंडलीय नाइट्रोजन का स्थितिकरण हो। जैसे- ढैंचा, उड़द, मूंग, ग्वार आदि।

जैविक कृषि में कीट प्रबंधन नाशीजीव का नियंत्रण करने वाली विधि है जिसमें कीटों, फफूंदियों, खरपतवारों आदि के प्राकृतिक शत्रुओं का प्रयोग किया जाता है। कुछ मुख्य कीट प्रबंधक जिनका इस्तेमाल किया जाता है, निम्न प्रकार से हैं-

• ***ट्राइकोग्रामा कीटः*** ट्राइकोग्रामा एक अत्यंत सूक्ष्मकीट है और ये अनेक प्रकार के शत्रु कीटों पर आक्रमण करता है। यह अंडा परजीवी शत्रु कीट के शरीर में अपना अंडा देकर उनको नष्ट कर जीवित कीटनाशक का काम करता है। यह सिर्फ अपने लक्षित कीट को मारता है और मनुष्य व पशुओं के स्वास्थ्य पर बिना कोई कुप्रभाव छोड़े पर्यावरण को भी सुरक्षित रखता है।

• ***मेटरीजियम एनीसोप्लीः*** यह मिट्टी में पायी जाने वाली फफूंदी हैं जो भृंग, तितली व पतंगे, चींटी एवं टिड्डे वर्ग के कीटों पर आक्रमण करता है। ये महत्वपूर्ण हानिकारक कीट को नियंत्रित करता है, जैसे-गन्ना, धान का भूरा मधुवा, गोभी का पतंग, सेमीलूपर किटवा कीट, मिली बग, लाही आदि। इसके अलावा *बैसिलस थुरिंजेंसिस* (बी. टी.) जैसे बैक्टीरिया, कीट रोगाणु तथा अन्य कीट जीवाणु भी जैविक कीट प्रबंधन में उपयोग किये जाते हैं।

हालांकि, जैविक और रासायनिक खेती दोनों का उपयोग करने के पक्ष और विपक्ष हैं। इनके बीच तुलनात्मक दृष्टिकोण सारणी 1 में प्रस्तुत किया गया है।

उत्तर पश्चिमी हिमालयी क्षेत्रों में जैविक कचरा प्रबंधन की चुनौतियाँ

प्रतिदिन उत्पन्न कुल नगरपालिका कचरे का एक बहुत बड़ा हिस्सा (50%) जैविक कचरे के अंतर्गत आता है। आधुनिकीकरण और जनसंख्या में वृद्धि के कारण जैविक कचरे का उत्पादन प्रत्येक दिन तीव्र गति से बढ़ रहा है। उत्पादित अधिकांश कचरे को लैंडफिल में रखा, कंपोस्ट या डंप किया जाता है। उन क्षेत्रों में जहां अपशिष्ट प्रबंधन प्रणाली और नेटवर्क अच्छी तरह से विकसित नहीं हैं, कचरे का खुला-खुला निपटान केवल पर्यावरण की गुणवत्ता के लिए बल्कि सार्वजनिक स्वास्थ्य और स्वच्छता के मामले में एक संभावित खतरा बन जाता है। हिमालयी क्षेत्र में, जैविक कचरे का प्रबंधन वास्तविक समस्या है और अपेक्षाकृत ठंडी जलवायु, तेजी से शहरीकरण, उपभोग की प्रवृत्ति में पर्याप्त वृद्धि, अत्यधिक भीड़ वाले पर्यटन स्थलों और अवैध डंपिंग के कारण प्रमुख चिंता का विषय है। बायोडिग्रेडेबल जैविक अपशिष्ट ठोस कचरे का एक बड़ा हिस्सा है, लेकिन उच्च तुंगता क्षेत्रों में मुख्य रूप से कम तापमान और नमी और माइक्रोबियल आबादी की सीमित उपलब्धता के कारण, अन्य क्षेत्रों की तुलना में प्राकृतिक परिस्थितियों में खाद बनाने की प्रक्रिया बहुत धीमी है। कम प्रारंभिक माइक्रोबियल लोड तापमान वृद्धि को सीमित करता है और मीसोफिलिक चरण को बढ़ाकर और थर्मोफिलिक चरण को छोटा करने जैसी तकनीकी चुनौतियाँ पेश करता है। शीत-सक्रिय परा-कोशिकीय एंजाइमों को संश्लेषित करने में सक्षम साइकोट्रॉफ़िक बैक्टीरिया, उन स्थितियों के तहत जैविक प्रतिक्रियाओं का कुशल उत्प्रेरण करते हैं जहां उनके मीसोफिलिक प्रतिस्थानी समक्ष कार्य नहीं कर सकते हैं। इसलिए कम तापमान के तहत जैविक पदार्थों के वायु-युक्त क्षरण में शीत-सक्रिय बैक्टीरिया को अधिक फायदेमंद माना जाता है और जैविक उपचार प्रणाली में अत्यधिक उपयुक्त हैं। ठंडे क्षेत्र में खाद की प्रक्रिया की शुरुआत में कम माइक्रोबियल लोड की समस्या को शीत तापी बैक्टीरिया के उपयोग के साथ हल किया जा सकता है, क्योंकि यह खाद की प्रक्रिया की शुरुआत में तापमान में वृद्धि को तेज करता है[9]। इसके अलावा, Hou et. al., 2017 ने बताया कि शीत तापी बैक्टीरिया द्वारा टीकाकरण परा-कोशिकीय एंजाइमों को स्रावित करके विघटन प्रक्रिया के मेसोफिलिक चरण को कम करने में मदद करता है जो कम तापमान पर बायोमास के क्षरण में मदद करते हैं[10]।

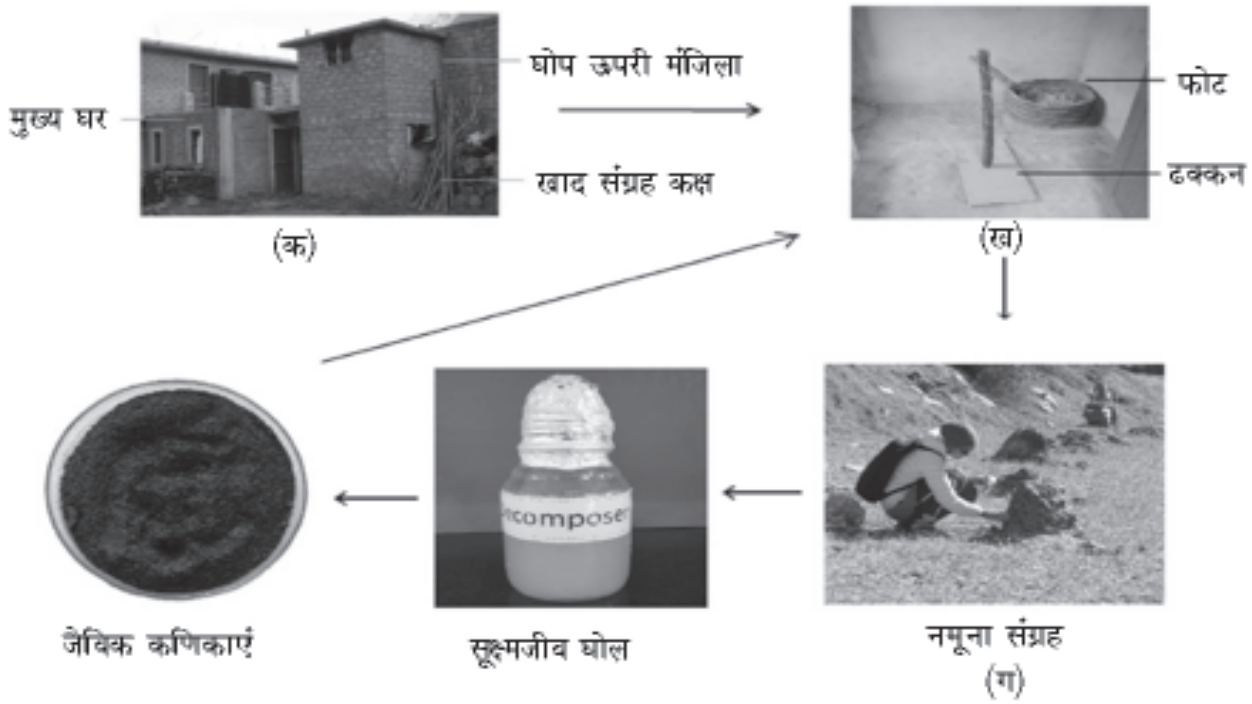
उच्च तुंगता क्षेत्रों में जैविक खाद का स्रोतः नाइट सॉयल कम्पोस्ट

हिमालयी राज्यों में कुछ क्षेत्र ऐसे भी हैं जो वर्ष में 6 महीने भारी हिमपात के कारण बाकी क्षेत्रों से कट जाते हैं। उदाहरण स्वरूप लाहौल घाटी जो कि पीर-पंजाल पर्वत श्रृंखला के वृष्टि छाया क्षेत्र में पाया जाता है, 170 मिमी की औसतन वार्षिक वर्षा होने के कारण इस क्षेत्र में पर्वतीय मरुस्थल जैसी स्थिति होती है। प्राकृतिक वानस्पतिक आवरण की कमी होने के कारण यहाँ पशुपालन भी कठिन है। फलतः यहाँ खाद आपूर्ति के लिए न तो वनस्पति और न ही पशु-मल उपलब्ध होता है। ऐसी स्थिति में कृषि व्यवस्था का संचालन करने के लिए यहाँ के निवासियों ने प्राचीन काल से ही एक अनोखी पद्धति का विकास किया जिसमे मनुष्य विष्ठा को खाद बना कर खेतों में उपयोग किया जाता है जिसे 'नाइट सॉयल कम्पोस्ट' के नाम से बेहतर जाना जाता है[11&12]। शीतकाल में जल की कमी होने के कारण यहाँ पारम्परिक रूप से निर्जल शौचालय उपयोग किए जाते हैं, जिन्हें स्थानीय भाषा में 'घोप' कहा जाता है (चित्र 2 (क)। इस तरह के शौचालय में दो मंज़िला ढाँचा होता है। ऊपरी मंज़िल पर शौचालय होता है जो कि मूल मकान से जुड़ा होता है।

शौचालय के फर्श में बने एक 12"× 6" के चौकोर मुहाने चित्र 2 : (ख) से मल निचली फर्श पर गिर कर जमा होता है तथा वहीं से इसकी खाद बनने की प्रक्रिया शुरू हो जाती है। खाद बनने की प्रक्रिया में अतिरिक्त नमी की मात्रा को लघुतम

सारणी 1 – रासायनिक एवं जैविक कृषि का तुलनात्मक दृष्टिकोण

	रासायनिक	जैविक
लाभ	• विशाल कृषकों के लिए लाभकर • अधिक उत्पाद, कम मूल्य • उत्पाद की शेल्फ आयु अधिक	• लघु कृषकों के लिए लाभकर • पर्यावरण एवं कृषक के स्वास्थ्य के लिए लाभकर • मिट्टी की जैव-विविधता एवं जल-धारण क्षमता में वृद्धि
हानि	• लघु कृषकों के लिए कमलाभकर • पर्यावरण एवं कृषक के स्वास्थ्य के लिए हानिकर • मिट्टी की जैव-विविधता एवं जल-धारण क्षमता में क्षय	• कम उत्पाद, अधिक मूल्य • उत्पाद की शेल्फ आयु कम



चित्र 2 – नाइट सॉयल कम्पोस्ट के कुशल क्षरण के लिए सूक्ष्म-जैविक हस्तक्षेपः (क) उच्च तुंगता क्षेत्रों में मकान के साथ बना हुआ पारम्परिक शौचालय (ख) घोप के ऊपरी मंजिल के अंदर का दृश्य फोट एवं चौकोर मुहाने का ढकने वाला ढक्कन। (ग) सूक्ष्मजीव घोल बनाने के लिए तैयार नाइट सॉयल खाद से नमूना संग्रह, सूक्ष्मजीव घोल तथा उससे लिप्तजैव-कणिकाएँ

रखने के लिए इन शौचालयों में जल का प्रयोग कठोरता से प्रतिबंधित रखा जाता है। मलत्याग के बाद मल को मवेशियों के गोबर, लकड़ी की राख, सूखी टहनियों एवं पत्तियों के एक सूखे मिश्रण, जिसे स्थानीय भाषा में 'फोट' कहते हैं, उससे ढक दिया जाता है। मल को फोट से ढकने से न केवल दुर्गन्ध और मक्खियों से बचाव होता है बल्कि इस मिश्रण से खाद में पोषक तत्वों की भी वृद्धि होती है।

उच्च गुणवत्ता की खाद प्राप्त करने के लिए नाइट सॉयल को कम से कम 6 महीने तक एक विशेष कोठरी में रखा जाता है। एक घोप में इस तरह की दो कोठरियाँ होती हैं। जब 6 महीनों में एक कोठरी भर जाती है तब दूसरे में मल को जमा किया जाता है और पहली वाली को खाद बनने के लिए छोड़ दिया जाता है। इस प्रकार हर 6 महीने पर खाद निकाल कर साल भर खाद की आपूर्ति की जाती है। प्रायः नाइट सॉयल कम्पोस्ट को मार्च/अप्रैल तथा अक्तूबर-नवंबर के महीने में कोठरी से निकाल कर खेतों में ढेर लगा कर रख दिया जाता है (चित्र 3)। खाद के ये ढेर करीब 4-5 महीनों के लिए खेत में पड़े रहते हैं जिससे नाइट सॉयल के मिश्रण को विघटन के लिए पर्याप्त समय मिलता है तथा कम्पोस्ट उपयोग करने के लिए सुरक्षित बनता है। फसल की बीजाई से पहले इस खाद को अच्छी तरह मिट्टी में मिला दिया जाता है। खाद के पोषक तत्वों की रक्षा के लिए इसे वर्षा से बचाया जाता है।

हालाँकि इतनी उपयोगिता के बावजूद भी विगत 4 दशकों से लोग धीरे-धीरे इस पारम्परिक विधि से दूरी बना रहे हैं। लोगों के इस प्रथा से दूर जाने के कुछ मुख्य कारण हैंः परंपरागत शौचालयों की अस्वच्छ अवस्था, खाद बनाने के लिए श्रमिकों की कमी, आधुनिक शौचालयों का आगमन, बाहरी समाज एवं संस्कृति का प्रभाव, शैक्षिक सुधार, सामाजिक स्थिति की चिंता तथा रासायनिक खाद की आर्थिक सहायता प्राप्त आसान उपलब्धि। कुछ इलाकों में तो लोगों ने इस विधि का पूर्ण रूप से परित्याग कर दिया है। मलकुंड वाले आधुनिक शौचालयों के आगमन से मुख्य रूप से नाइट सॉयल कम्पोस्ट बनाने के लिए मल अनुपलब्ध होता जा रहा है तथा परिणामवश किसानों को रासायनिक खाद का उपयोग करना पड़ रहा है। जलीय शौचालय के प्रयोग से भीषण शीतकाल में सेप्टिक नाली के जमने की समस्या सामने आ रही है तथा इसके निवारण के लिए लोगों को अतिरिक्त व्यय करना पड़ रहा है। रासायनिक खाद के प्रयोग से क्षेत्र की पहले से ही नाजुक मिट्टी पर और भी ज़्यादा दुष्प्रभाव पड़ रहा है। निःसंदेह रूप से

चित्र 3 – खेत में परिपक्व होने के लिए रखी हुई नाइट सॉयल कम्पोस्ट

लोगों को आधुनिकता को अपनाने से नहीं रोका जा सकता परन्तु नाइट सॉयल कम्पोस्ट बनाने का पूर्ण रूप से परित्याग भी क्षेत्र के लोगों के लिए आर्थिक तथा पारिस्थितिक दोनों रूपों से हानिकारक है। अभी तक इस समस्या का अभिलेखन तो किया गया है किन्तु इस पर किसी भी तरह का वैज्ञानिक हस्तक्षेप नहीं किया गया है। हिमालयी क्षेत्र में पारिस्थितिकी की सुरक्षा, लोगों के आर्थिक कल्याण तथा जैविक कृषि की पद्धति को सुदृढ़ रखने के लिए नाइट सॉयल कम्पोस्ट की पारम्परिक विधि को संरक्षित करना अत्यावश्यक है।

उच्च तुंगता क्षेत्रों में जैविक खाद बनाने की प्रक्रिया में सबसे महत्वपूर्ण बाधा है तापमान। शीतकाल में जब व्यापक तापमान 5°C से भी कम होता है, तब खाद बनाने वाले सूक्ष्म-जीवों की प्रक्रिया शिथिल पड़ जाती है जिसके परिणामस्वरूप खाद बनने की प्रक्रिया भी धीमी पड़ जाती है[13-15]। शीतकाल के दौरान भी खाद बनाने की प्रक्रिया को तेजी से ज़ारी रखने के लिए शीततापी सूक्ष्मजीवों के हस्तक्षेप से एक कुशल कम्पोस्ट बनाने की विधि विकसित करने की आवश्यकता है। इसका हल निकालने के लिए हमने नाइट सॉयल कम्पोस्ट से ही निकाली गई शीततापी सूक्ष्मजीवों को जैविक कणिकाओं के रूप में तैयार करने का लक्ष्य रखा है (चित्र 2)।

शीततापी (साइक्रोट्रॉफिक) या शीत प्रेमी (साइक्रोफिलिक) बैक्टीरिया चरम स्थिति शीत अनुकूली जीव हैं, जो 10°C से 4°C तक कम तापमान पर बढ़ने और प्रजनन करने में सक्षम हैं। वे उन स्थानों पर पाए जाते हैं जो स्थायी रूप से ठंडे होते हैं, जैसे कि ध्रुवीय क्षेत्र, उच्च तुंगता पर्वत श्रृंखलाएं और गहरे समुद्र। ये शीत-अनुकूल सूक्ष्मजीव ठंडे वातावरण में अपनी शारीरिक और पारिस्थितिक सफलताओं को अपनी झिल्लियों, प्रोटीन और थर्मल शिफ्ट्स के लिए आनुवंशिक प्रतिशोध की विशिष्ट विशेषताओं के परिणामस्वरूप प्राप्त करते हैं[16]। शीततापी जीव लचीले संरचनाओं की विशेषताओं के साथ विभिन्न हाइड्रोलाइटिक एंजाइमों जैसे प्रोटीएज, एमाइलेज, लाइपेस, सेल्यूलेज, न्यूक्लिएज, फॉस्फेटेज और गैलेक्टोसिडेज का स्राव करते हैं[17]। शीत अनुकूली एंजाइमों की लचीली संरचनाएं कम तापमान के साथ वातावरण में मौजूद कम गतिज ऊर्जा की क्षतिपूर्ति करती हैं और मध्यम ताप-प्रेमी तथा ऊष्ण-प्रेमी जीवों की तुलना में सक्रियण तापीय धारिता (activation enthalpy) में कमी और अधिक नकारात्मक सक्रियण एन्ट्रापी दिखाती है[18,19,]। नतीजतन, जब तापमान कम हो जाता है तो ऊष्ण प्रेमी-जीवों की तुलना में शीत-प्रेमी जीवों में एंजाइमों की प्रतिक्रिया दर में गिरावट कम होती है। ये शीत अनुकूली एंजाइम आर्थिक रूप से कई औद्योगिक अनुप्रयोगों जैसे कि दवा

और खाद्य उद्योग में महत्वपूर्ण हैं[20,21]। इसके अलावा, ये शीत-अनुकूली सूक्ष्मजीव ठंडे इलाकों में जैविक घरेलू कचरे के क्षरण में भी सुधार कर सकते हैं। पृथ्वी के ध्रुवीय क्षेत्रों से प्राप्त किए गए उपभेदों में कम तापमान की स्थिति के तहत नाइट्रोजन और फॉस्फोरस का क्षरण करने की एक उच्च क्षमता है[22,23] माइक्रोबियल टीके का उपयोग करके कम तापमान पर नाइट सॉयल से बायो गैस का उत्पादन दिखाया गया लेह से प्राप्त किए गए शीत प्रेमी एयरोनॉमस हाइड्रोफिला के नाइट सॉयल के क्षरण में शामिल होने की जानकारी मिली[9]। मिश्रित सूक्ष्मजीव संघ अत्यंत कम तापमान पर जैविक अपशिष्टों के जैवक्षरण में महत्वपूर्ण भूमिका निभाते हैं[24]। इस प्रकार ठंड अनुकूली सूक्ष्मजीव कम तापमान पर खाद बनाने में महत्वपूर्ण भूमिका निभा सकते हैं[10]।

हमारे अध्ययन में, हमारे पास अलग-अलग परिपक्वता चरणों की नाइट सॉयल की खाद (एनएससी) से अलग-अलग शीततापी बैक्टीरिया के उपभेद हैं। इन उपभेदों में विभिन्न एंजाइम (प्रोटीएज, सेल्यूलेस, एमाइलेज, फॉस्फोलिपेज, लाइपेज, पेक्टिनेज, और जाइलनेज) होते हैं जिनमें कुशल हाइड्रोलाइटिक गतिविधियां होती हैं। प्रत्येक उपभेद का तब साइडरोफोर उत्पादन, नाइट्रोजन स्थिरिकरण, अमोनिया उत्पादन, पोटेशियम और फॉस्फेट घुलनशीलता सहित पौधों की विकास-संवर्धन विशेषताओं के लिए जांच की गई थी। इसके अलावा, हमने 10-20°C के तापमान सीमा के भीतर उनकी सहक्रियात्मक गतिविधि और बढ़ने की क्षमता के आधार पर बैक्टीरिया के उपभेदों के अलग संयोजन के साथ तीन बैक्टीरियल संघ तैयार किए हैं। दो बैक्टीरियल संघ का लैब-स्तर पर उनके क्षरण दक्षता के लिए परीक्षण किया गया है और एक को क्षेत्र परीक्षण के लिए वृहद स्तर पर तैयार करने के लिए चुना गया है। कुशल बैक्टीरियल संघ को 50 लीटर की मात्रा तक बढ़ाया गया और पालमपुर में एक क्षेत्र परीक्षण पूरा किया गया। लंबे समय तक बैक्टीरिया के संघनन की जीवन-शक्ति बनाए रखने के लिए, जैविक क्षरण प्रक्रिया को बढ़ावा देने और अमोनिया उत्पादन के कारण दुर्गन्ध को रोकने के लिए पर्यावरण के अनुकूल वाहक अणुओं का उपयोग किया गया था। उत्पादित जीवाणु संघों को लाहौल घाटी के स्थानीय ग्रामीणों को वितरित किया गया है और क्षेत्र परीक्षण भी चल रहे हैं। प्राकृतिक नाइट सॉयल कम्पोस्ट तथा पूरित फोट से बने कम्पोस्ट के गुणों का तुलनात्मक विश्लेषण किया जाएगा साथ ही साथ पंचायत प्रधानों की सहायता से पारम्परिक निर्जल शौचालय की उन्नत अभ्यास को बढ़ावा देने के लिए जन जागरूकता अभियान भी चलाये जाएँगे।

परीक्षण में आशाजनक परिणाम प्राप्त हुए और हमें स्थानीय ग्रामीणों से अच्छी प्रतिक्रिया मिली। हस्तक्षेप को स्थानीय लोगों का बहुत समर्थन मिला है और हम भविष्य में लाहौल घाटी के स्थानीय ग्रामीणों द्वारा बैक्टीरिया के निर्माण की उच्च मांग को पूरा करने की कोशिश कर रहे हैं।

इन कणिकाओं को फोट के साथ मिलाकर उपयोग करने से मल से आने वाली दुर्गन्ध में कमी प्राप्त की जा सकती है तथा परंपरागत विधि से जुड़े अस्वच्छता के प्रश्न भी सम्बोधित होंगे। साथ ही साथ शीततापी सूक्ष्मजीवों की बढ़ी हुई संख्या की बदौलत खाद बनने की प्रक्रिया में न केवल तीव्रता आएगी बल्कि खाद की गुणवत्ता में भी वृद्धि होगी। फलतः नाइट सॉयल कम्पोस्ट अपने प्रायिक समय से पहले तैयार होकर लोगों को सरलता से उपलब्ध होगा तथा क्षेत्र में जैविक कृषि के अभ्यास को निरंतर बनाए रखने में सहायक होगा।

आभार

लेखक, निदेशक, हिमालय जैवसंपदा प्रौद्योगिकी संस्थान, पालमपुर को इस शोध कार्य के लिए प्रोत्साहित करने एवं सांस्थानिक सहायता प्रदान करने के लिए आभार व्यक्त करते हैं। लेखक वित्तीय सहायता के लिए वैज्ञानिक तथा औद्योगिक अनुसंधान परिषद् के फास्ट ट्रैक ट्रांसलेशनल प्रोजेक्ट (एमएलपी. 137) तथा राष्ट्रीय हिमालयी अध्ययन मिशन (एन.एम.एच.एस. स्वीकृति संख्या GBPNI/NMHS-2018-19/SG/178) के आभारी हैं। यह पांडुलिपि CSIR-IHBT संचार संख्या 4462 का प्रतिनिधित्व करती है।

संदर्भ

1. Nath P, The basics of human civilization food, agriculture and humanity; volume-1: Present scenario (No. BOOK). Dr. Prem Nath Agricultural Science Foundation (PNASF) (2013).
2. Nath P, The Basics of Human Civilization Food, Agricutlure and Humanity **(Vol. 3)**: Agricutlure. Scientific Publishers (2014).
3. Emmanuel D, Owusu-Sekyere, E., Owusu, V, &Jordaan H, Impact of agricultural extension service on adoption of chemical fertilizer: Implications for rice productivity and development in Ghana. *NJAS-Wageningen Journal of Life Sciences*, **79** (2016) 41-49.
4. Hazell, P B, & Ramasamy C, The Green Revolution reconsidered: the impact of high-yielding rice varieties

in South India. Johns Hopkins University PressLong, S. P., Marshall-Colon, A., & Zhu, X. G. (2015). Meeting the global food demand of the future by engineering crop photosynthesis and yield potential. Cell, **161**(1) (1991) 56-66.

5. Long S P, Marshall-Colon A, & Zhu X G, Meeting the global food demand of the future by engineering crop photosynthesis and yield potential. Cell, **161**(1) (2015) 56-66.
6. Kansanga M, *et al*., Traditional agriculture in transition: examining the impacts of agricultural modernization on small holder farming in Ghana under the new Green Revolution, *International Journal of Sustainable Development & World Ecology*, **26** (1) (2019) 11-24.
7. Kumar R, & Prakash O, The impact of chemical fertilizers on our environment and ecosystem. *In Research Trends in Environmental Sciences*, (2019) 69-86.
8. Plaza P I, Martínez-López E, & Lambertucci S A, The perfect threat: *Pesticides and vultures. Science of the total environment*, **687** (2019) 1207-1218.
9. Singh L, *et al*, Characterization of Aeromonas hydrophila strains and their evaluation for biodegradation of night soil. World Journal of Microbiology and Biotechnology, **16** (7) (2000) 625-630.
10. Hou Ning et al, Role of psychrotrophic bacteria in organic domestic waste composting in cold regions of China. *Bioresource technology,* **236** (2017) 20-28.
11. Oinam S S Traditional night-soil composting continues to bring benefits. LEISA-LEUSDEN-, **24** (2) (2008) 25.
12. Oinam S S, Rawat Y S, Kuniyal J C, Vishvakarma S C R, & Pandey D C, Thermal supplementing soil nutrients through biocomposting of night-soil in the northwestern Indian Himalaya. Waste management, **28** (6) (2008) 1008-1019.
13. Kulikowska D, Kinetics of organic matter removal and humification progress during sewage sludge composting. *Waste Management*. **49** (2016) 196-203.
14. Nakasaki K, Shoda M, & Kubota H, Effect of temperature on composting of sewage sludge. *Appl. Environ. Microbiol*., **50** (6) (1985) 1526-1530.
15. Liang C, Das K C, & McClendon R W, The influence of temperature and moisture contents regimes on the aerobic microbial activity of a biosolids composting blend. *Bioresource technology*, **86** (2) (2003) 131-137.
16. Morita R Y, Psychrophilic bacteria. *Bacteriological Reviews*, **39** (1975) 144-67.
17. Feller, Georges et al. Temperature dependence of growth, enzyme secretion and activity of psychrophilic Antarctic bacteria.*Applied microbiology and biotechnology* **41**(4) (1994) 477-479.
18. Lonhienne, Thierry, Charles Gerday, & Georges Feller. Psychrophilic enzymes: revisiting the thermodynamic parameters of activation may explain local flexibility." *Biochimica et Biophysica Acta (BBA)-Protein Structure and Molecular Enzymology,* **1543** (1) (2000) 1-10.
19. Siddiqui Khawar Sohail, & Ricardo Cavicchioli. Cold-adapted enzymes. *Annu. Rev. Biochem*. **75** (2006) 403-433.
20. Margesin R, & Schinner F, Properties of cold-adapted microorganisms and their potential role in biotechnology. *Journal of Biotechnology* **33.1** (1994) 1-14.
21. Cristóbal Héctor A, et al., Phylogenentic and enzymatic characterization of psychrophilic and psychrotolerant marine bacteria belong to? Proteobacteria group isolated from the sub-Antarctic Beagle Channel, Argentina, *Folia microbiologica* **60.3** (2015) 183-198.
22. Chevalier P, et al., "Nitrogen and phosphorus removal by high latitude mat-forming cyanobacteria for potential use in tertiary wastewater treatment, *Journal of Applied Phycology,* **12.2** (2000) 105-112
23. Singh L. et al., Production of biogas from night soil at psychrophilic temperature. *Bioresource Technology*, **53** (2) (1995) 147-149.
24. Ramana K V, & Singh L, Microbial Degradation of Organic Wastes at Low Temperatures, *Defence Science Journal*, **50** (4) (2000) 371.