



जलवायु अनुकूल कृषि वानिकी

रामप्रकाश यादव, प्रभात तिवारी, राकेश कुमार और एम.जे. डोबरियाल

सामान्य बोलचाल की भाषा में कृषि वानिकी का अर्थ कृषि में वृक्षों का समावेश है। यह एक ऐसी भूमि उपयोग प्रणाली है, जिसमें वृक्षों, फसलों और पशुओं को एक ही भूखंड पर योजनाबद्ध ढंग से शामिल कर उत्पादन लिया जाता है। कृषि वानिकी में कृषि और वानिकी, दोनों प्रणालियों की उपयोगी विशेषताओं का समन्वय किया जाता है। यह कृषि को जलवायु परिवर्तन के प्रभावों के प्रति अधिक लचीला बनाने में भी सहायक होती है। इसकी विशेषता यह है कि यह केवल जैव-भौतिकीय लाभों तक सीमित नहीं रहती, बल्कि सामाजिक, आर्थिक, कल्याण, बाजार और पर्यावरणीय प्रबंधन से जुड़े उद्देश्यों को प्राप्त करने में भी मदद करती है। विभिन्न घटकों के समन्वित उपयोग से भूमि की उत्पादक क्षमता का बेहतर उपयोग संभव होता है। साथ ही, यह संसाधन संरक्षण, मृदा के कटाव पर नियंत्रण तथा पारिस्थितिक लचीलेपन को बढ़ाने में भी सहायक होती है।

वैज्ञानिक दृष्टि से कृषि वानिकी एक सघन भूमि प्रबंधन प्रणाली है, जिसमें वृक्षों और/या झाड़ियों को फसलों और/या रानी लक्ष्मी बाई केंद्रीय कृषि विश्वविद्यालय, झांसी (उत्तर प्रदेश)

पशुओं के साथ योजनाबद्ध ढंग से इस प्रकार जोड़ा जाता है कि इनके बीच होने वाली पारस्परिक क्रियाओं से अधिकतम लाभ प्राप्त किया जा सके। कृषि वानिकी की स्थापना और सफल प्रबंधन के लिए

चार प्रमुख मानदंड महत्वपूर्ण माने जाते हैं।

योजनाबद्ध संयोजन

इसमें वृक्षों, फसलों और/या पशुओं को योजनाबद्ध तरीके से एक साथ जोड़ा और

प्रबंधित किया जाता है, ताकि वे मिलकर अनेक प्रकार के उत्पाद और लाभ प्रदान कर सकें।

सघन प्रबंधन

कृषि वानिकी प्रणाली के उत्पादक एवं संरक्षणात्मक कार्यों को बनाए रखने के लिए इसका नियमित और सघन प्रबंधन किया जाता है। इसके अंतर्गत जुताई, उर्वरक देना, सिंचाई, छंटाई और विरलीकरण जैसे कार्य शामिल होते हैं।

एकीकृत प्रबंधन

इसमें वृक्ष, फसल और पशु जैसे विभिन्न घटकों को संरचनात्मक एवं कार्यात्मक रूप से एक एकीकृत प्रबंधन इकाई के रूप में जोड़ा जाता है। यह एकीकरण क्षैतिज या ऊर्ध्वाधर तथा एक साथ या क्रमिक रूप से किया जा सकता है। इससे भूमि की उत्पादक क्षमता का बेहतर उपयोग करते हुए संसाधन संरक्षण और आर्थिक उत्पादन में संतुलन बनाए रखने में सहायता मिलती है।

अंतःक्रिया

कृषि वानिकी में विभिन्न घटकों के बीच जैव-भौतिक एवं भौतिक अंतःक्रियाओं का उपयोग इस प्रकार किया जाता है कि उपयोगी उत्पाद प्राप्त हों और पारिस्थितिक लचीलापन बढ़े। इससे वन्यजीव आवास के संरक्षण तथा मृदा के कटाव पर नियंत्रण जैसे लाभ भी प्राप्त होते हैं।



नीम के साथ चना की अंतर-फसल

कृषि वानिकी प्रणाली में वृक्षों के समावेश के कारण यह आजीविका सुधार,

भूमि एवं वनों के सतत प्रबंधन तथा जलवायु परिवर्तन के शमन एवं अनुकूलन में महत्वपूर्ण भूमिका निभाती है। यह उत्पादक और पर्यावरणीय, दोनों प्रकार की सेवाएं प्रदान करती है। ये सेवाएं खेती से जुड़े विभिन्न हितधारकों को जलवायु परिवर्तन के प्रभावों के प्रति अधिक लचीला बनने में सहायता करती हैं।

उत्पादक कार्य

कृषि वानिकी में विभिन्न प्रकार के वृक्षों और फसलों से अनेक उपयोगी उत्पाद प्राप्त होते हैं। इनमें ईंधन की लकड़ी, इमारती लकड़ी, चारा, फल, गोद, राल और छप्पर निर्माण की सामग्री प्रमुख हैं। इसके अतिरिक्त फल, मेवे, खाने योग्य पत्तियां और जड़ें तथा शहद जैसे खाद्य उत्पाद भी प्राप्त होते हैं। कृषि वानिकी से कन्फेक्शनरी, पेय पदार्थ, तेल और विभिन्न औद्योगिक उत्पादों के लिए कच्चा माल भी उपलब्ध होता है।

ऊर्जा के स्रोत के रूप में तरल जैव ईंधन, ईंधन की लकड़ी और लकड़ी का कोयला प्राप्त किया जा सकता है। इसी प्रकार लकड़ी, लिबास, प्लाईवुड और खंभों के रूप में निर्माण सामग्री उपलब्ध होती है। कई वृक्ष और झाड़ियां हर्बल एवं अन्य औषधीय उत्पादों का स्रोत भी होती



नीम के साथ सरसों की अंतर-फसल

हैं। इसके साथ ही पशुओं के लिए पोषक चारा और शुष्क मौसम में उपयोगी चारे की उपलब्धता सुनिश्चित करने में भी कृषि वानिकी उपयोगी है।

पर्यावरण अनुकूल

कृषि वानिकी खेत और उसके आसपास के क्षेत्र में अनेक पर्यावरणीय सेवाएं प्रदान करती है। वृक्षों और फसलों के समावेश से मृदा की उर्वरता में सुधार होता है। नाइट्रोजन स्थिरीकरण करने वाले वृक्ष मृदा में जैविक रूप से नाइट्रोजन की मात्रा बढ़ाने में सहायक होते हैं। वहीं गैर-नाइट्रोजन स्थिरीकरण वाले वृक्ष भी कार्बनिक पदार्थ जोड़कर तथा पोषक तत्वों के पुनर्चक्रण के माध्यम से मृदा के भौतिक, रासायनिक और जैविक गुणों को बेहतर बनाते हैं।

कृषि वानिकी क्षरण और कटाव को कम करके क्षरित भूमि के पुनर्वास में भी सहायक है। वृक्ष सूर्य के सीधे प्रकाश को कम करते हैं, हवा की गति घटाते हैं और उससे होने वाले कटाव को नियंत्रित करते हैं। इससे तापमान में कमी तथा आर्द्रता में वृद्धि होती है और खेत की सूक्ष्म जलवायु में सुधार होता है।

वृक्ष किस्मों और रोपण स्थानों का उचित चयन जल की घुसपैठ तथा प्रवाह के विनियमन में सहायक होता है, जिससे जल प्रबंधन बेहतर बनता है। कृषि वानिकी स्तनधारियों, पक्षियों, कीटों और अन्य जीवों को छाया, आवास और प्रवास गलियारे उपलब्ध कराकर जैव विविधता संरक्षण में भी योगदान देती है।

कृषि वानिकी प्रणालियों में वृक्षों और झाड़ियों के समावेश के कारण काष्ठ और

बांस आधारित मॉडल

डेंड्रोकैलेमस स्ट्रिक्टस एवं बैम्बुसा वल्गेरिस बांस प्रजातियों को वर्ष 2019 में 3,000 वर्ग मीटर क्षेत्र में 8×6 मीटर की दूरी पर कुल 48 पौधों के साथ लगाया गया। इनके वृद्धि व्यवहार के आकलन के लिए पौधों की ऊंचाई, प्रति झुरमुट तनों की औसत संख्या, पांच कलम की औसत ऊंचाई तथा तीसरी इंटरनोड की लंबाई और व्यास को तिमाही अंतराल पर दर्ज किया गया। परिणामों में बांस की वृद्धि में बढ़ती प्रवृत्ति देखी गई। इसके साथ अंतर-फसल के रूप में उगाए गए चना और मसूर ने बेहतर प्रदर्शन किया तथा खुले खेत के लगभग बराबर अनाज उत्पादन दिया।



बांस-ल्यूसिना-ग्लिरिसिडिया आधारित मॉडल

मृदा सुधार के उद्देश्य से बांस-जैकबीन मॉडल में ल्यूसिना की हेज-रो क्रॉपिंग अपनाई गई। अगस्त और जनवरी में ल्यूसिना हेज की छंटाई से क्रमशः 1.65 और 1.70 टन/हैक्टर बायोमास खेत में जोड़ा गया। इसी अवधि में क्रमशः 1.30 और 0.70 टन/हैक्टर घास अवशेष भी भूमि में मिलाए गए। इस हस्तक्षेप के 3.5 वर्षों के दौरान मृदा प्रोफाइल में कार्बनिक कार्बन 0.15-0.35 प्रतिशत पाया गया तथा कार्बनिक पदार्थ में भी सुधार दर्ज किया गया।

भूमि, दोनों में अधिक कार्बन का संचयन होता है। इस प्रकार कृषि वानिकी उत्पादन, संसाधन संरक्षण और पर्यावरणीय संतुलन को एक साथ मजबूत करने वाली उपयोगी प्रणाली है।

जलवायु परिवर्तन शमन

कृषि वानिकी कार्बन पृथक्करण,

जलवायु अनुकूल

कृषि वानिकी जलवायु परिवर्तन के प्रभावों को कम करने और उनके अनुरूप कृषि को ढालने में महत्वपूर्ण भूमिका निभाती है। एकल फसल प्रणाली की तुलना में इसमें विभिन्न फसलों और वृक्षों का समावेश होने से जोखिम कम रहता है। उदाहरण के लिए, किसी एक प्रजाति पर कीट का प्रकोप होने पर अन्य प्रजातियों से उत्पादन मिलता रहता है, जिससे कुल नुकसान कम होता है। इस प्रकार कृषि वानिकी किसानों की अनुकूलन क्षमता बढ़ाकर उनकी भेद्यता कम करती है और जलवायु लचीलापन मजबूत करती है। कृषि वानिकी से प्राप्त विविध उत्पादन किसानों को सामाजिक-आर्थिक सुरक्षा भी प्रदान करता है। किसी फसल के फेल होने पर वृक्षों से प्राप्त उत्पादों का उपयोग या विक्रय कर किसान पूर्ण नुकसान से बच सकते हैं। वृक्ष कार्बन अवशोषित कर भविष्य में ताप वृद्धि को कम करने में सहायक होते हैं तथा लंबे या बार-बार पड़ने वाले सूखे और भारी वर्षा जैसी चरम जलवायु घटनाओं से जुड़े जोखिमों को सीमित करते हैं। सीमित आय वाले किसानों के लिए विविध भोजन, आय के अतिरिक्त स्रोत, लकड़ी, छाया और औषधीय उत्पाद जीवनयापन को अधिक स्थिर बनाते हैं। जलवायु अनुकूल कृषि वानिकी प्रणाली अत्यधिक एकीकृत, अधिक घनत्व वाली, बहुमंजिला तथा बहुप्रजातीय होनी चाहिए।

बागवानी-वानिकी-चारागाह



यह प्रणाली 2,000 वर्ग मीटर क्षेत्र में 5×4 मीटर तथा 5×3 मीटर की दूरी पर कुल 72 पौधों के साथ स्थापित की गई। इसमें चिरौल को वानिकी घटक के रूप में, अनार एवं शरीफा को फल घटक के रूप में तथा बी.एन. हाइब्रिड को चारागाह घटक के रूप में शामिल किया गया। बी.एन. हाइब्रिड की सर्वाधिक उपज 5×4 मीटर की दूरी पर दर्ज की गई। अनार और शरीफा की तुलना में चिरौल में ऊंचाई तथा आधार व्यास की वृद्धि अधिक तेज पाई गई।

संरक्षण और प्रतिस्थापन के माध्यम से वायुमंडलीय कार्बन डाइऑक्साइड के स्तर को कम करने तथा जलवायु परिवर्तन शमन में योगदान देती है। कृषि-पारिस्थितिकी तंत्र में विश्व के स्थलीय कार्बन का लगभग 12 प्रतिशत भाग पाया जाता है। विभिन्न भूमि उपयोग प्रणालियों में कृषि वानिकी की कार्बन पृथक्करण क्षमता सर्वाधिक मानी जाती है।

कृषि वानिकी प्रणालियों में भूमि के ऊपर 0.29 से 15.21 मेगाग्राम कार्बन/हैक्टर तथा मृदा में 1 मीटर की गहराई तक 30 से 300 मेगाग्राम कार्बन/हैक्टर संग्रहीत हो सकता है। एक अनुमान के अनुसार, वर्ष 2040 तक कृषि वानिकी में प्रति वर्ष 550 मीट्रिक टन कार्बन पृथक्करण की संभावित क्षमता है, जो भूमि उपयोग एवं प्रबंधन के विकल्पों में सर्वाधिक बताई गई है।

जलवायु अनुकूल कृषि वानिकी मॉडल

नीम-फलीदार फसल आधारित मॉडल

नीम रोपण के साथ लगातार दो वर्षों (2021-22 एवं 2022-23) तक रबी मौसम में फलीदार फसलों को अंतर-फसल के रूप में उगाया गया। परिणामों से पता चला कि चना और मसूर इस प्रणाली में अधिक आशाजनक रहे। चना की उपज 1,440-1,456 कि.ग्रा./हैक्टर तथा मसूर की उपज 1,362-1,381 कि.ग्रा./हैक्टर दर्ज की गई। इन फसलों को नीम के साथ अंतर-फसल के रूप में सफलतापूर्वक उगाया जा सकता है और इनकी उपज एकल फसल के लगभग बराबर प्राप्त हुई।

नीम आधारित कृषि वानिकी के लिए उपयुक्त सरसों की किस्में

नीम के साथ अंतर-फसल के रूप में सरसों की विभिन्न किस्मों का दो वर्षों (2022-23 एवं 2023-24) तक मूल्यांकन किया गया। परिणामों के अनुसार आरवीएम 2, पी बोल्ड, आरजीएन 298, पीएम 31, आरजीएन 236 तथा आरएच 406 किस्में नीम आधारित कृषि वानिकी में अंतर-फसल के लिए उपयुक्त पाई गईं। इनसे 1,110-1,258 कि.ग्रा./हैक्टर उपज प्राप्त हुई।

सरसों की अंतर-फसल के लिए नीम की छंटाई

सरसों की गिरिराज किस्म को दो वर्षों (2022-23 एवं 2023-24) तक नीम की अलग-अलग छंटाई व्यवस्थाओं के अंतर्गत अंतर-फसल के रूप में उगाया गया। अध्ययन



व्यावसायिक कृषि वानिकी की भरपूर संभावनाएं

में पाया गया कि सरसों की एकल फसल से प्राप्त 1,311 कि.ग्रा./हैक्टर उपज के लगभग बराबर 1,262-1,279 कि.ग्रा./हैक्टर उपज प्राप्त करने के लिए 4-5 वर्ष आयु के नीम वृक्षों में 20 प्रतिशत से अधिक छंटाई आवश्यक है।

चना, मसूर और सरसों के अतिरिक्त नीम आधारित कृषि वानिकी में अरबी एवं हल्दी जैसी छायाप्रिय फसलों को भी सफलतापूर्वक उगाया जा सकता है।

औद्योगिक कृषि वानिकी

मिलिया (मेलिया डुबिया), खमेर (मेलिना आर्बोरिया), कदम्ब (नियोलामार्किया कदम्बा) तथा अर्दु (एलेन्थस एक्सेलसा) को विभिन्न रोपण अंतरालों पर लगाया गया। मिलिया, खमेर एवं कदम्ब को 5×3 मीटर, 5×4 मीटर और 5×3 मीटर के अंतराल पर, जबकि अर्दु को 5×4 मीटर तथा 5×3 मीटर के अंतराल पर लगाया गया। इसके अंतर्गत 2,500 वर्ग मीटर क्षेत्र में मिलिया के 144 पौधे, 3,000 वर्ग मीटर में खमेर के 168 पौधे, 3,000 वर्ग मीटर में कदम्ब के 148 पौधे तथा 2,000 वर्ग मीटर में अर्दु के 44 पौधे लगाए गए। इन औद्योगिक वृक्षों के साथ चना, मसूर, अदरक, अरबी और हल्दी जैसी फसलों को अंतर-फसल के रूप में सफलतापूर्वक उगाया जा सकता है।

त्रिफला आधारित कृषिवानिकी

जी-4 क्विनोआ जर्मप्लाज्म से औसतन 3.56 टन/हैक्टर अनाज उपज प्राप्त हुई। इसके

साथ आंवला, हरड़ और बहेड़ा वृक्षों के प्रदर्शन का लगातार चार वर्षों (2021-2024) तक आकलन किया गया। परिणामों से पता चला कि ऊंचाई और तने के व्यास की वृद्धि के मामले में आंवला ने बेहतर प्रदर्शन किया, जबकि हरड़ और बहेड़ा की वृद्धि अपेक्षाकृत धीमी रही।

कृषिवानिकी जलवायु परिवर्तन से जुड़ी भेद्यता, जोखिम एवं संवेदनशीलता को कम करने के साथ कृषि प्रणालियों की अनुकूलन क्षमता बढ़ाती है। यह जलवायु संबंधी प्रतिकूल घटनाओं के प्रभावों को सहने, उनसे उबरने तथा उत्पादन प्रणाली की कार्यक्षमता बनाए रखने में सहायक होती है। वृक्षों एवं मृदा में वायुमंडलीय कार्बन डाइऑक्साइड का संचयन कर यह जलवायु परिवर्तन के शमन में भी योगदान देती है।

कृषि वानिकी मृदा को सुरक्षात्मक आवरण प्रदान कर उसकी उर्वरता और जैव विविधता बढ़ाने में सहायक है। इससे उत्पादन में वृद्धि, खाद्य विविधता और किसानों की आजीविका में सुधार संभव होता है। इस प्रकार यह किसानों तथा कृषि प्रणालियों को जलवायु जोखिमों के प्रति अधिक लचीला बनाने का प्रभावी माध्यम है। बुंदेलखंड क्षेत्र में चना, मसूर और सरसों के साथ अदरक, अरबी तथा हल्दी जैसी छायाप्रिय फसलों को भी कृषि वानिकी प्रणालियों में सफलतापूर्वक उगाया जा सकता है।