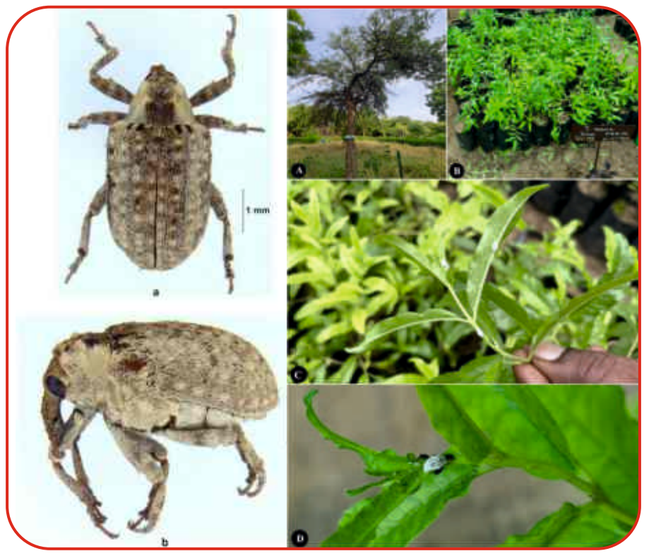
वन स्थलीय पर्यावरण के अत्यंत महत्वपूर्ण घटक हैं, क्योंकि वन जैव विविधता का संरक्षण करते हैं, कार्बन का अवशोषण करते हैं, कार्बनिक पदार्थों का उत्पादन करते हैं, जैव-भू-रासायनिक चक्रों में महत्वपूर्ण भूमिका निभाते हैं तथा विभिन्न प्रकार की पारिस्थितिकी तंत्र सेवाएँ (Ecosystem Services) प्रदान करते हैं। वन जलवायु एवं जलीय प्रणालियों के संतुलन में भी महत्वपूर्ण भूमिका निभाते हैं। इसके अतिरिक्त, वन मानव स्वास्थ्य और आजीविका को सहारा देने वाले अनेक उत्पादों एवं सेवाओं के माध्यम से वैश्विक अर्थव्यवस्था में प्रत्यक्ष एवं परोक्ष रूप से योगदान देते हैं। किन्तु वर्तमान समय में वन प्राकृतिक तथा मानवजनित दोनों प्रकार के कारणों से उत्पन्न खतरों का सामना कर रहे हैं। प्राकृतिक कारणों में बिजली गिरने (Lightning) से लगने वाली आग, भूस्खलन, बाढ़ तथा तूफान (Storms) शामिल हैं, जबकि मानवजनित कारणों में वनों की कटाई, प्रदूषण, मानव-प्रेरित वनाग्नि तथा भूमि-उपयोग में परिवर्तन प्रमुख हैं। हाल के वर्षों में कीटों एवं रोगजनकों से उत्पन्न खतरे भी वनों में बढ़ गए हैं। कीटों, कवकों, रोगजनकों तथा इनके संयुक्त प्रभावों के कारण होने वाली क्षति, वन क्षरण और वृक्षों की मृत्यु से पारिस्थितिक, आर्थिक एवं सामाजिक स्तर पर गंभीर हानियाँ हो सकती हैं। यह उल्लेखनीय है कि वानिकी प्रणाली में वन पौधशालायें कीटों एवं रोगों से सर्वाधिक प्रभावित होती हैं।



वन पौधशाला एक नियंत्रित स्थान है जहाँ पौधों को नर्सरी की आदर्श परिस्थितियों में तब तक पाला जाता है जब तक कि वे आवास पुनर्स्थापन, वनीकरण और पुनर्वनीकरण कार्यों में रोपण के लिए तैयार न हो जाएँ, जिससे वन्यजीव, जैव-विविधता और कार्बन अवशोषण को बढ़ावा मिले। ये पौधशालायें उच्च-गुणवत्ता वाले रोपण सामग्री का उत्पादन करती हैं, स्थानीय कृषि- जलवायु परिस्थितियों को ध्यान में रखते हुए ताकि वनों की प्रभावी वृद्धि सुनिश्चित की जा सके। वृक्षारोपण आपूर्ति श्रृंखला, अच्छी तरह विकसित, रोग-मुक्त पौध सामग्री की निरंतर उपलब्धता पर निर्भर करती है। यद्यपि ये नियंत्रित परिस्थितियाँ पौधों के उत्पादन के लिए आदर्श हैं, ये ऐसे वातावरण भी प्रदान करती हैं जो कई जैविक खतरों के लिए अनुकूल होते हैं, जो पौधों के स्वास्थ्य और पौधशाला की उत्पादकता पर महत्वपूर्ण नकारात्मक प्रभाव डाल सकते हैं।

इन पौधशालाओं को कीटों और फफूंद रोगजनकों के आक्रमण के कारण गंभीर समस्याओं का सामना करना पड़ता है क्योंकि ये पौधों की जड़ों, पत्तियों और तनों को खाकर नुकसान पहुँचाते हैं और damping & off तथा root rot जैसे रोग उत्पन्न करते हैं। इसलिए, वन पौधशालाओं में रासायनिक पेस्टिसाइड (Pesticides) का उपयोग पारंपरिक पौधशाला प्रबंधन का अभिन्न हिस्सा बन गया है। इस प्रकार वनीकरण प्रयासों के लिए आवश्यक होते हुए भी, पौधशालाएँ ऐसे केंद्रित वातावरण बनाती हैं जहाँ पौधों के स्वास्थ्य और उत्पादकता बनाए रखने के लिए रासायनिक पेस्टिसाइड का गहन उपयोग किया जाता है।

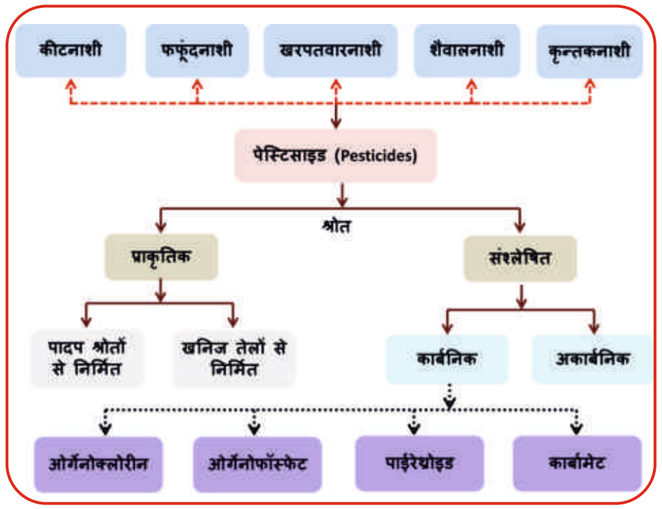
वनस्पशति संरक्षण, संगरोध एवं संग्रह निदेशालय, भारत सरकार के अनुसार भारत में वर्ष 2024-25 में रासायनिक पेस्टिसाइड की कुल खपत लगभग 67221.22 मीट्रिक टन थी। वर्ष 1999-2000 में, पेस्टिसाइड की कुल खपत का 60 प्रतिशत हिस्सा कीटनाशकों का था, इसके बाद फफूंदनाशक (21 प्रतिशत), खरपतवार-नाशक (14 प्रतिशत) और अन्य (5 प्रतिशत) का योगदान था (अग्निहोत्री, 2000)। विकसित देशों के एक आकलन के अनुसार, लगभग 10 प्रतिशत कीटनाशकों का उपयोग गैर-कृषि प्रयोजनों के लिए किया जाता है (डी ग्राफ एवं अन्य, 2022)।

रासायनिक पेस्टिसाइड का अत्यधिक उपयोग पर्यावरण और मानव स्वास्थ्य दोनों के लिए गंभीर जोखिम उत्पन्न करता है। इनका प्रभाव लक्षित जीवों से कहीं अधिक दूर तक जाता है, जिससे गैर-लक्षित प्रजातियाँ, पारिस्थितिकी तंत्र की अखंडता, जल गुणवत्ता और मानव जनसंख्या अनेक संपर्क मार्गों से प्रभावित होती है। इसलिए, इन परिणामों की समझ विकसित करना आवश्यक है ताकि ऐसी सतत पौधशाला प्रबंधन पद्धतियाँ विकसित की जा सकें जो उत्पादकता को पर्यावरण संरक्षण और सार्वजनिक स्वास्थ्य सुरक्षा के साथ संतुलित करें।

पेस्टिसाइड (Pesticides)

खाद्य और कृषि संगठन (FAO) की परिभाषा के अनुसार ''पेस्टिसाइड (Pesticide) ऐसे पदार्थ या पदार्थों के मिश्रण हैं जो किसी कीट, पशु या मानव रोग फैलाने वाले वाहकों, अवांछनीय पौधों या खाद्य उत्पादन, प्रबंधन, विक्रय, भंडारण और परिवहन को प्रभावित करने वाली जीव प्रजातियों को नियंत्रित करने, रोकने या नष्ट करने हेतु प्रयुक्त हों''।

यह कृषि, खाद्य प्रसंस्करण, भंडारण और मत्स्य पालन जैसी वाणिज्यिक एवं खाद्य आधारित औद्योगिक प्रक्रियाओं में महत्वपूर्ण भूमिका निभाता है तथा सामान्यत: वाहक द्वारा फैलाई जाने वाली बीमारियों को रोकने के लिए प्रयोग किया जाता है। इनमें कीटनाशी, फफूंदनाशी, खरपतवारनाशी, शैवालनाशी, कृन्तकनाशी आदि अनेक प्रकार के उत्पाद सम्मिलित हैं। लक्ष्य समूह, स्रोत और रासायनिक गुणों के आधार पर कीटनाशकों का वर्गीकरण चित्र 1 में दर्शाया गया है।



चित्र 1: लक्ष्य समूह, स्रोत और रासायनिक गुणों के आधार पर कीटनाशकों का वर्गीकरण

पेस्टिसाइड (Pesticides) के प्रभाव

पर्यावरण पर प्रभाव

वन पौधशालाओं में रासायनिक कीट प्रबंधन के पर्यावरणीय प्रभाव अनेक प्रदूषण मार्गों के माध्यम से पौधशाला की सीमाओं से कहीं आगे तक फैल जाते हैं। रासायनिक पेस्टिसाइड (Pesticide) का पारिस्थितिकी तंत्र के प्रत्येक तत्व पर प्रतिकूल प्रभाव पड़ता है।

ये वायुमंडल को वाष्पशील एरोसोल्स के माध्यम से प्रभावित करते हैं, जो जलवायु परिवर्तन में योगदान करते हैं। भूमि को प्राकृतिक वनस्पति एवं मृदा उर्वरता को बिगाड़कर प्रभावित करते हैं। जल की गुणवत्ता को जलों में अवशेष छोड़कर तथा घुलित ऑक्सीजन स्तर को कम करके प्रभावित करते हैं। एवं पूरे पारिस्थितिकी तंत्र पर वनस्पति एवं जीवों के अस्तित्व और स्वास्थ्य को प्रभावित करके प्रतिकूल प्रभाव डालते हैं, जो अंतत: पारिस्थितिक असंतुलन और क्षरण का कारण बनता है। पर्यावरण के विभिन्न घटकों पर प्रभाव नीचे वर्णित किए गए हैं।

(1) जलमंडल पर प्रभाव: भूजल प्रदूषण एक प्रमुख चिंता का विषय है, विशेष रूप से उन पौधशालाओं के लिए जो जल स्रोतों के पास या संवेदनशील भू-जलभृत प्रणालियों के ऊपर स्थित हैं। भूजल की प्रदूषण के प्रति संवेदनशीलता भूगर्भीय परिस्थितियों पर काफी हद तक निर्भर करती है, जिसमें रेतीली मिट्टी और उथले जल स्तर सबसे अधिक जोखिम प्रस्तुत करते हैं।

वर्षा एवं रासायनिक या पेस्टिसाइड निर्माण उद्योगों द्वारा नदियों एवं अन्य जल निकायों में अपशिष्ट रसायनों के निर्वहन जैसे अनेक स्रोतों से कीटनाशक जल निकायों में प्रवेश कर सकते हैं। ये पेस्टिसाइड मीलों तक यात्रा कर सकते हैं और जलीय वातावरण को प्रदूषित कर सकते हैं, जिससे जलीय पारिस्थितिक तंत्र को नुकसान पहुँचता है। जलीय प्रणालियों में, ये कीटनाशक एकत्रित होकर निम्न से उच्च ट्रॉफिक स्तरों तक फैल जाते हैं, जिससे जलीय वनस्पति एवं जीव सीधे प्रभावित होते हैं। वहाँ से, ये मानव स्वास्थ्य को भोजन ग्रहण या अन्य मार्गों से प्रभावित कर सकते हैं।

सतही जल प्रदूषण भी एक प्रमुख मार्ग है, जो बहाव एवं छिड़काव द्वारा होता है। पौधशाला परिचालन से निकलने वाले उर्वरक एवं कीटनाशक सतही जल के यूट्रोफिकेशन में योगदान करते हैं, जबकि पेस्टिसाइड अवशेष सीधे जलीय पारिस्थितिक तंत्र को प्रभावित कर सकते हैं। वर्षा की घटनाओं के सापेक्ष अनुप्रयोग का समय बहाव की संभावना को गंभीर रूप से प्रभावित करता है, जिसमें वर्षा से ठीक पहले अनुप्रयोग सर्वाधिक जोखिम उत्पन्न करते हैं।

इन रसायनों का स्थायी स्वभाव उन्हें मछलियों और अन्य जलीय वनस्पति और जीवों के लिए हानिकारक बनाता है। मछलियों और जलीय जीवों पर पेस्टिसाइड संपर्क के प्रभाव उनकी जैव-उपलब्धता, जैव-संकेन्द्रण, जैव-वृद्धि, एवं पर्यावरणीय स्थायित्व पर निर्भर करते हैं। विभिन्न पेस्टिसाइड के संपर्क में आने पर जलीय जीवों विशेषकर मछलियों में यकृत, गुर्दे, गलफड़े, मांसपेशियाँ, मस्तिष्क और आंत को प्रभावित करने वाले ऊतकगत असामान्यताएँ उत्पन्न होती है। जिनके कारण लाल रक्त कोशिकाओं, श्वेत रक्त कोशिकाओं या प्लाज्मा और सीरम स्तर में परिवर्तन जैसे रक्त संबंधी मानक प्रभावित होते हैं। अन्य जीव भी जल में मौजूद कीटनाशकों से शारीरिक परिवर्तनों और अप्रत्यक्ष प्रभावों के माध्यम से प्रभावित होते हैं। इसके अतिरिक्त, जलीय पौधों को नष्ट करके, कीटनाशक जलीय पारिस्थितिक तंत्र को अप्रत्यक्ष रूप से बाधित करते हैं एवं घुलित ऑक्सीजन की कमी के कारण जलीय जीवों की मृत्यु कर देते हैं।

(2) भूमि पर प्रभाव: कीटनाशक, विशेषकर जिनका आधा-जीवन (half-life) लम्बा होता है, मृदा में लंबे समय तक बने रह सकते हैं। अत्यधिक और निरंतर पेस्टिसाइड प्रयोग से मृदा में हानिकारक रसायन एकत्र हो जाते हैं, जिससे लाभकारी जीव जैसे केंचुए और मृदा सूक्ष्मजीव प्रभावित होते हैं। इससे मृदा की उर्वरता एवं मृदा पारिस्थितिकी तंत्र के समग्र स्वास्थ्य पर प्रतिकूल प्रभाव पड़ता है।

उपयोग के दौरान पेस्टिसाइड वायुमंडल के माध्यम से यात्रा करके अन्य पर्यावरणीय हिस्सों, जैसे मृदा एवं जल, में पहुँच सकते हैं। मृदा सूक्ष्मजीव समुदाय फफूंदनाशकों मृदा कीटनाशकों दोनों से गंभीर रूप से प्रभावित होते हैं। अध्ययनों से पता चला है कि सामान्य फफूंदनाशक जैसे benomyl, captan और chlorothalonil मृदा के एंजाइम क्रियाओं को बदल सकते हैं, सूक्ष्मजीव

विविधता को कम कर सकते हैं तथा बैक्टीरिया-फफूंद अनुपात को बदल सकते हैं, जिससे मृदा के स्वास्थ्य तथा पारिस्थितिकी तंत्र के कार्य प्रभावित होते हैं।

फफूंदनाशकों के प्रयोग से urease क्रियाशीलता में 32.8 प्रतिशत तक की कमी और नाइट्रोजन स्थिर करने वाले बैक्टीरिया की जनसंख्या में 74 प्रतिशत तक की कमी देखी गई है। ऑर्गेनोक्लोरीन (Organochlorine) एक ऐसा उदाहरण है जो दशकों तक मृदा में स्थायी रह सकता है, निरंतर मृदा में रहने वाले जीवों को प्रभावित कर सकता है एवं कीटनाशकों के प्रति प्रतिरोधक सूक्ष्मजीव आबादी के उभरने का कारण बन सकता है।

हालाँकि, अध्ययनों से यह भी पता चला है कि जब पेस्टिसाइड का प्रयोग सीमित या बंद कर दिया जाता है, तो मृदा प्रदूषण से उबर सकती है। कुछ महीनों में सूक्ष्मजीव समुदाय की संरचना में सुधार देखा गया, जैसा कि सूक्ष्मजीव बायोमास और विविधता में स्पष्ट वृद्धि से पता चला। इसके अतिरिक्त, प्राकृतिक अपघटन तंत्र जैसे प्रकाश-विघटन (photolysis) एवं सूक्ष्मजीव विघटन (microbial breakdown) समय के साथ मृदा में कीटनाशक अवशेषों को धीरे-धीरे कम कर सकते हैं।

(3) वायुमंडल पर प्रभाव : पेस्टिसाइड वायुमंडलीय प्रदूषण का एक महत्वपूर्ण लेकिन अक्सर नजरअंदाज किया जाने वाला स्रोत हैं, जो अनुप्रयोग स्थलों से कहीं आगे तक वायु गुणवत्ता में गिरावट में योगदान करते हैं। वायुमंडल में पेस्टिसाइड का उत्सर्जन छिड़काव के दौरान drift, उपचारित सतहों से वाष्पीकरण, प्रदूषित कणों के पवन अपरदन, और निर्माण एवं निपटान प्रक्रियाओं से प्रत्यक्ष उत्सर्जन के माध्यम से होता है।

ये वायुमंडलीय कीटनाशक जटिल वायु गुणवत्ता चुनौतियाँ पैदा करते हैं, जो क्षेत्रीय एवं महाद्वीपीय स्तर पर मानव स्वास्थ्य और पर्यावरण प्रणालियों दोनों को प्रभावित करते हैं। वाष्पीकरण (volatilization) वायुमंडलीय प्रदूषण का प्रमुख मार्ग है, जिसमें अध्ययनों से यह पाया गया है कि अनुप्रयोग किये गये पेस्टिसाइड का 30-50 प्रतिशत तक वाष्पीकरण प्रक्रियाओं के माध्यम से वायुमंडल में प्रवेश कर सकता है। वाष्पीकरण की संभावना पेस्टिसाइड के वाष्प-दाब, आणविक भार, तापमान और मिट्टी की नमी की स्थिति पर निर्भर करती है। जैसे-जैसे वातावरण का तापमान बढ़ता है, वाष्पीकरण की गति तेज हो जाती है। Methyl bromide और Methyl iodide जैसे फ्यूमिगेंट्स (fumigants) लगभग 100 प्रतिशत तक वाष्पीकरण कर सकते हैं, जिससे तत्काल और गंभीर वायुमंडलीय प्रदूषण उत्पन्न होता है।

(4) पारिस्थितिकी तंत्र पर प्रभाव : पेस्टिसाइड जिनका उद्देश्य कीटों का उन्मूलन करना होता है, अनजाने में गैर-लक्षित प्रजातियों को नुकसान पहुँचाते हैं, मिट्टी के सूक्ष्मजीवों को प्रभावित करते हैं, पारिस्थितिकी तंत्र को प्रदूषित करते हैं और मिट्टी, पानी एवं वायु की गुणवत्ता को बिगाड़ते हैं। इसका नकारात्मक प्रभाव मनुष्यों, वन्यजीवों और खाद्य सुरक्षा पर पड़ता है।

कीटनाशकों का अत्यधिक उपयोग परागणकों (Pollinators), जैसे मधुमक्खियों, तितलियों तथा अन्य लाभकारी कीटों के लिए एक गंभीर खतरे के रूप में उभरा है, जो कृषि तथा पारिस्थितिकी तंत्र की उत्पादकता को बनाए रखने में महत्वपूर्ण भूमिका निभाते हैं। नियोनिकोटिनोइड्स, ऑर्गेनोफॉस्फेट्स तथा अन्य कृषि रसायनों के संपर्क से परागणकों की दिशा-ज्ञान क्षमता, प्रजनन, प्रतिरक्षा तथा भोजन संग्रहण व्यवहार प्रभावित होता है, जिससे उनकी आबादी में गिरावट आती है। परागणकों की विविधता में कमी पौधा-परागणक अंत:क्रियाओं को बाधित करती है, जिससे कृषि तथा पारिस्थितिकी तंत्र की पैदावार घट सकती है। चूंकि विश्व की अनेक खाद्य फसलें परागणकों पर निर्भर हैं, इसलिए परागणकों की क्षति वैश्विक खाद्य सुरक्षा, पोषण विविधता एवं पारिस्थितिक संतुलन के लिए जोखिम उत्पन्न करती है।

मानव स्वास्थ्य पर प्रभाव

मनुष्य सीधे या परोक्ष रूप से पेस्टिसाइड के संपर्क में आते हैं। संपर्क की अवधि एवं सांद्रता प्रभाव की गंभीरता निर्धारित करती है। तीव्र प्रतिक्रियाओं में सिरदर्द, जलन, उल्टी, छींक और त्वचा पर चकत्ते शामिल हैं।

हालाँकि, पेस्टिसाइड की स्थायित्व (persistence) एवं जैव-वृद्धि (bio-magnification) के कारण इनका व्यापक प्रयोग गंभीर स्वास्थ्य समस्याओं का कारण बन सकता है। पेस्टिसाइड वाष्प वायु, जल एवं मृदा में प्रवेश कर सकते हैं तथा अंतत: खाद्य श्रृंखला में शामिल होकर मानव स्वास्थ्य को खतरे में डाल सकते हैं। पेस्टिसाइड प्राकृतिक हार्मोनों की नकल या विरोध कर सकते हैं, जिससे हार्मोनल संतुलन बिगड़ सकता है, प्रतिरक्षा शक्ति कम हो सकती है तथा प्रजनन संबंधी समस्याएँ उत्पन्न हो सकती हैं। मधुमेह के मामलों में वृद्धि और लिम्फैटिक एवं रक्त निर्माण ऊतकों के कैंसर तथा जठरांत्र (gastrointestinal) कैंसर की उच्च घटनाएँ भी दर्ज की गई हैं। श्वसन (inhalation), अंतर्ग्रहण (ingestion) और त्वचा अवशोषण (dermal Absorption) केमिकल पेस्टिसाइड्स के Exposure (संपर्क) के मार्ग हैं । व्यावसायिक (occupational) संपर्क रासायनिक पेस्टिसाइड के संपर्क का सबसे प्रमुख स्रोत है। अत: उक्त मानव स्वस्थ्य प्रभावों से बचने हेतु निम्नलिखित सावधानियां बरतनी आवश्यक है :

पेस्टिसाइड के छिडकाव के समय बरती जाने वाली सावधानियां:

- ❖ पेस्टिसाइड अनुप्रयोग/छिड़काव के समय फुल-स्लीव कपड़े, रबर के दस्ताने, गमबूट, फेस शील्ड या सुरक्षा मास्क तथा सुरक्षात्मक चश्मा पहनना आवश्यक है।
- ❖ रसायनों के संपर्क में आए कपड़ों को अलग से धोना चाहिए और पुन: उपयोग से पहले साफ करना चाहिए।
- ❖ हवा की दिशा के विपरीत खड़े होकर अनुप्रयोग/छिड़काव नहीं करना चाहिये हमेशा हवा की दिशा के साथ या पार्श्व दिशा में छिड़काव करना चाहिये ताकि ड्रिफ्ट कम हो।
- ❖ तेज हवा, अत्यधिक तापमान या वर्षा से पहले छिड़काव नहीं करना चाहिये।
- ❖ निर्धारित मात्रा एवं लेबल निर्देशों के अनुसार ही घोल तैयार करना चाहिये।
- ❖ आँखों या त्वचा पर रसायन गिरने पर तुरंत साफ पानी से धोकर प्राथमिक उपचार लेना चाहिये।

अत: वन पौधशालाओं में पेस्टिसाइड्स का उपयोग पौध संरक्षण के लिए आवश्यक होने के बावजूद पर्यावरण और मानव स्वास्थ्य पर इसके गंभीर दुष्प्रभाव स्पष्ट रूप से सामने आते हैं। जल, मृदा और वायु प्रदूषण के माध्यम से ये रसायन पारिस्थितिकी तंत्र की संरचना को प्रभावित करते हैं तथा जैव-विविधता और मृदा सूक्ष्मजीवों को नुकसान पहुँचाते हैं। मानव में इनके संपर्क से तात्कालिक तथा दीर्घकालिक स्वास्थ्य समस्याएँ उत्पन्न हो सकती हैं। अत: सतत् पौधशाला प्रबंधन, इंटीग्रेटेड पेस्ट मैनेजमेंट (IPM), जैविक नियंत्रण उपायों, सुरक्षित उपयोग पद्धतियों तथा जागरूकता कार्यक्रमों को बढ़ावा देना आवश्यक है, ताकि उत्पादकता और पर्यावरण संरक्षण के बीच संतुलन स्थापित किया जा सके।

द्वारा प्रकाशित:

डॉ. आशुतोष कुमार त्रिपाठी

निदेशक

भा.वा.अ.शि.प.-शुष्क वन अनुसंधान संस्थान

पोस्ट ऑफिस कृषि मंडी

न्यू पाली रोड, जोधपुर- 342005 राजस्थान

संपर्क- : http://afri.icfre.org ईमेल: dir_afri@icfre.org

फोन : +91-0291-2722549

संकलन:

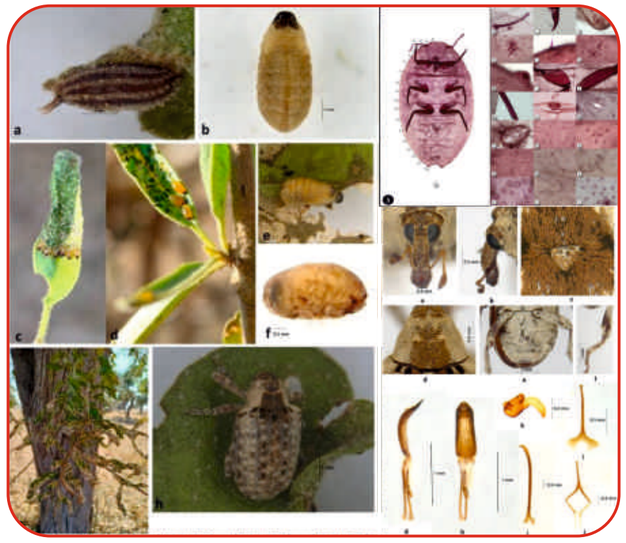
डॉ. अतहर परवेज, वैज्ञानिक-बी, विस्तार प्रभाग

डॉ. तन्मय कुमार भोई, वैज्ञानिक-सी, वन संरक्षण प्रभाग

(केम्पा एक्सटेंशन द्वारा वित्त पोषित 2025-26)

डिजाईन : कुसुम लता परिहार, विस्तार प्रभाग

वन पौधशालाओं में पेस्टिसाइड्स (Pesticides) के उपयोग के पर्यावरणीय एवं मानव स्वास्थ्य प्रभाव



भा.व.अ.शि.प.–शुष्क वन अनुसंधान संस्थान जोधपुर

(भारतीय वानिकी अनुसंधान एवं शिक्षा परिषद्, पर्यावरण, वन तथा जलवायु परिवर्तन मंत्रालय, भारत सरकार के अंतर्गत एक स्वायत्त संस्था)

पोस्ट ऑफिस कृषि मंडी, न्यू पाली रोड, जोधपुर- 342005 राजस्थान