

हनुमानगढ़ जिले की मरुस्थलीय पारिस्थितिकी में वनस्पति विविधता, भूमि उपयोग परिवर्तन एवं संरक्षण चुनौतियाँ

Anjana

Research Scholar, Shri Khushal Das University, Hanumangarh (RAJ.)

Dr. Saroj Kumawat

Assistant Professor, Department of Geography, Shri Khushal Das University, Hanumangarh (RAJ.)

सारांश

उत्तर-पश्चिमी भारत का रेगिस्तानी पारिस्थितिकी तंत्र कम वर्षा, अत्यधिक तापमान और अद्वितीय जैव विविधता अनुकूलन की विशेषता वाले एक नाजुक पारिस्थितिक क्षेत्र का प्रतिनिधित्व करता है। राजस्थान के उत्तरी भाग में स्थित हनुमानगढ़ जिला, शुष्क थार रेगिस्तान और इंदिरा गाँधी नहर प्रणाली से प्रभावित सिंचित कृषि परिदृश्य के बीच एक संक्रमणकालीन क्षेत्र बनाता है। पिछले कुछ दशकों में, तेजी से कृषि विस्तार, शहरीकरण, ढांचागत विकास और बदलती जलवायु परिस्थितियों ने जिले की प्राकृतिक वनस्पति और भूमि-उपयोग पैटर्न में काफी बदलाव किया है। वर्तमान अध्ययन हनुमानगढ़ जिले में वनस्पतियों की विविधता, भूमि उपयोग परिवर्तन के पैटर्न और रेगिस्तानी पारिस्थितिकी को प्रभावित करने वाली प्रमुख संरक्षण चुनौतियों की जांच करता है। क्षेत्र सर्वेक्षण, वनस्पति मूल्यांकन और भू-स्थानिक विश्लेषण द्वारा समर्थित प्राथमिक और माध्यमिक डेटा का उपयोग प्रजातियों की संरचना और आवास परिवर्तन का मूल्यांकन करने के लिए किया जाता है। अध्ययन में देशी रेगिस्तानी वनस्पतियों में गिरावट, आवासों के विखंडन और मानवजनित गतिविधियों से बढ़ते दबाव की पहचान की गई है। यद्यपि सिंचाई विकास ने कृषि उत्पादकता में वृद्धि की है, लेकिन साथ ही इसने मिट्टी की विशेषताओं में परिवर्तन, गैर-देशी प्रजातियों के आक्रमण और स्वदेशी पौधे समुदायों के नुकसान के माध्यम से पारिस्थितिक असंतुलन में योगदान दिया है। निष्कर्ष स्थायी भूमि प्रबंधन, जैव विविधता संरक्षण और पारिस्थितिक बहाली में सामुदायिक भागीदारी की तत्काल आवश्यकता पर प्रकाश डालते हैं। अध्ययन मानव गतिविधियों और रेगिस्तानी पारिस्थितिकी प्रणालियों के बीच बातचीत को समझने में योगदान देता है और शुष्क क्षेत्र की जैव विविधता के संरक्षण के लिए नीति सिफारिशें प्रदान करता है।

कीवर्ड: वनस्पति विविधता, रेगिस्तानी पारिस्थितिकी, भूमि उपयोग परिवर्तन, जैव विविधता संरक्षण, हनुमानगढ़ जिला, शुष्क पर्यावरण, राजस्थान।

प्रस्तावना

रेगिस्तानी पारिस्थितिकी तंत्र पृथ्वी की स्थलीय सतह के लगभग एक-तिहाई हिस्से पर कब्जा करते हैं और पर्यावरण की दृष्टि से सबसे संवेदनशील क्षेत्रों में से हैं। कठोर जलवायु परिस्थितियों के बावजूद, रेगिस्तान पौधों की प्रजातियों की एक उल्लेखनीय विविधता का समर्थन करते हैं जिन्होंने पानी की कमी वाली परिस्थितियों में जीवित रहने के लिए अद्वितीय शारीरिक और रूपात्मक अनुकूलन विकसित किया है। ये पादप समुदाय महत्वपूर्ण पारिस्थितिक कार्य करते हैं, जिसमें मिट्टी स्थिरीकरण, पोषक चक्रण, कार्बन पृथक्करण और आवास विविधता का रखरखाव शामिल है। इसलिए रेगिस्तानी वनस्पतियों का संरक्षण न केवल पारिस्थितिक स्थिरता के लिए बल्कि प्राकृतिक संसाधनों पर निर्भर स्थानीय समुदायों की आजीविका के लिए भी आवश्यक है। राजस्थान के उत्तर-पश्चिमी राज्य में स्थित हनुमानगढ़ जिला, थार रेगिस्तान से जुड़े अर्द्ध-शुष्क से शुष्क पारिस्थितिक क्षेत्र के भीतर स्थित है। ऐतिहासिक रूप से, इस क्षेत्र की विशेषता विरल वनस्पति थी, जिसमें जेरोफाइटिक प्रजातियों का वर्चस्व था, जैसे कि प्रोसोपिस सिनेरिया, कैपेरिस डिकिडुआ, जिज़िफ़स न्यूमुलारिया, टेकोमेला अंडुलाटा और सूखे की स्थिति के लिए अनुकूलित विभिन्न घास। नहर सिंचाई की शुरुआत, विशेष रूप से इंदिरा गाँधी नहर परियोजना के माध्यम से, शुष्क भूमि को उत्पादक कृषि क्षेत्रों में परिवर्तित करके परिदृश्य के बड़े हिस्से को बदल दिया। जबकि इस परिवर्तन ने क्षेत्रीय आर्थिक विकास में महत्वपूर्ण योगदान दिया, इसने प्राकृतिक पारिस्थितिक प्रक्रियाओं और वनस्पति पैटर्न को भी बदल दिया।

भूमि उपयोग परिवर्तन विश्व स्तर पर जैव विविधता हानि के सबसे महत्वपूर्ण चालकों में से एक के रूप में उभरा है। प्राकृतिक आवासों को कृषि क्षेत्रों, बस्तियों, औद्योगिक क्षेत्रों और परिवहन नेटवर्क में बदलने से अक्सर आवास विखंडन और गिरावट होती है। शुष्क वातावरण में, ऐसे परिवर्तनों के गंभीर पारिस्थितिक परिणाम हो सकते हैं क्योंकि रेगिस्तानी पारिस्थितिकी तंत्र में सीमित लचीलापन और प्राकृतिक पुनर्प्राप्ति की धीमी दर होती है। हनुमानगढ़ में सिंचित कृषि के विस्तार ने प्राकृतिक वनस्पति आवरण की सीमा को कम कर दिया है और मिट्टी और जल विज्ञान स्थितियों को संशोधित किया है, जिससे प्रजातियों की संरचना और पारिस्थितिकी तंत्र की कार्यप्रणाली प्रभावित हुई है। जलवायु परिवर्तनशीलता इन चुनौतियों को ओर बढ़ा देती है। बढ़ता तापमान, अनियमित वर्षा पैटर्न और लगातार सूखे की घटनाएं पौधों की वृद्धि, पुनर्जनन और वितरण को प्रभावित करती हैं। अत्यधिक चराई, अत्यधिक भूजल दोहन, ईंधन की लकड़ी का संग्रह और आक्रामक प्रजातियों के अतिक्रमण जैसे मानवजनित दबावों के साथ मिलकर, ये कारक जिले में रेगिस्तानी जैव विविधता की दीर्घकालिक स्थिरता को खतरे में डालते हैं। हालाँकि कई अध्ययनों ने थार रेगिस्तान की पारिस्थितिकी और राजस्थान में सिंचाई विकास के पर्यावरणीय प्रभावों की जांच की है, अपेक्षाकृत सीमित शोध ने विशेष रूप से हनुमानगढ़ जिले की पुष्प विविधता और संरक्षण चुनौतियों पर ध्यान केंद्रित किया है। प्रभावी संरक्षण रणनीतियों और टिकाऊ भूमि प्रबंधन नीतियों को डिजाइन करने के लिए भूमि उपयोग की गतिशीलता और वनस्पति परिवर्तन के बीच संबंधों को समझना आवश्यक है। वर्तमान

अध्ययन का उद्देश्य हनुमानगढ़ जिले की पुष्प विविधता का आकलन करना, प्राकृतिक वनस्पति को प्रभावित करने वाले भूमि उपयोग परिवर्तनों का विश्लेषण करना, प्रमुख संरक्षण चुनौतियों की पहचान करना और रेगिस्तानी पारिस्थितिकी तंत्र के स्थायी प्रबंधन के लिए उपायों का प्रस्ताव करना है। उम्मीद है कि निष्कर्ष क्षेत्रीय जैव विविधता संरक्षण योजना और पर्यावरण नीति निर्माण में योगदान देंगे

राष्ट्र मरुस्थलीकरण नियंत्रण संधि के अनुसार, मरुस्थलीकरण वह प्रक्रिया है जिसमें जलवायु परिवर्तन और मानवीय गतिविधियों के कारण शुष्क, अर्द्ध-शुष्क एवं शुष्क उप-आर्द्र क्षेत्रों की भूमि की उत्पादकता निरंतर घटती जाती है। अनुमानतः विश्व के लगभग 40 प्रतिशत भूभाग पर मरुस्थलीकरण का खतरा विद्यमान है, जिससे सीधे तौर पर लगभग 2 अरब लोग प्रभावित हो रहे हैं भारत जैसे विकासशील देशों में यह समस्या ओर भी गंभीर है क्योंकि यहाँ की बड़ी आबादी कृषि और पशुपालन पर निर्भर है। भारत के कुल भौगोलिक क्षेत्रफल का लगभग 30 प्रतिशत हिस्सा किसी न किसी रूप में मरुस्थलीकरण से प्रभावित है विशेष रूप से राजस्थान राज्य में, जो कि देश का सर्वाधिक शुष्क राज्य है, मरुस्थलीकरण की समस्या गहन रूप से अनुभव की जाती है। राजस्थान के कुल क्षेत्रफल का लगभग 61.8 प्रतिशत भाग मरुस्थलीकरण से प्रभावित है। इसी संदर्भ में हनुमानगढ़ ज़िला एक महत्वपूर्ण अध्ययन क्षेत्र के रूप में उभरता है, क्योंकि यह थार मरुस्थल के उत्तर-पूर्वी छोर पर स्थित है और यहाँ की भौगोलिक, जलवायु एवं सामाजिक-आर्थिक परिस्थितियाँ मरुस्थलीकरण की समस्या को और तीव्र बना देती हैं। हनुमानगढ़ ज़िले में औसत वार्षिक वर्षा मात्र 300-350 मिमी के आसपास है, जो असमान एवं अनियमित रूप से वितरित होती है, साथ ही यहाँ पर गर्मियों में तापमान 48-50 डिग्री सेल्सियस तक पहुँच जाता है 1 इन प्राकृतिक परिस्थितियों के साथ-साथ वनों की कमी, अति-चराई और भूमिगत जल के अत्यधिक दोहन जैसी मानवीय गतिविधियाँ इस क्षेत्र को मरुस्थलीकरण के लिए अत्यधिक संवेदनशील बना देती हैं। अतः हनुमानगढ़ ज़िले में मरुस्थलीकरण की समस्या एवं इसके निवारण उपायों का अध्ययन करना न केवल स्थानीय स्तर पर बल्कि राष्ट्रीय व वैश्विक स्तर पर भी अत्यंत प्रासंगिक है।

अध्ययन क्षेत्र

राजस्थान राज्य के उत्तर-पूर्वी भाग में अवस्थित हनुमानगढ़ ज़िला थार मरुस्थल का एक महत्वपूर्ण हिस्सा है। यह भौगोलिक रूप से 29°5' से 30°6' उत्तरी अक्षांश तथा 74°3' से 75°3' पूर्वी देशांतर के बीच स्थित है इसके उत्तर में हनुमानगढ़ एवं बीकानेर, दक्षिण में नागौर, पूर्व में सीकर तथा पश्चिम में जोधपुर ज़िले की सीमाएँ लगती हैं। हनुमानगढ़ ज़िले का कुल भौगोलिक क्षेत्रफल लगभग 12,645 वर्ग किलोमीटर है, जो इसे राजस्थान के बड़े ज़िलों में स्थान देता है।

स्थलाकृति एवं जलवायु: हनुमानगढ़ का अधिकांश भाग समतल रेतीले मैदानी क्षेत्र से बना है, जिसमें बालू के टीलों का वर्चस्व है। ये टीलें आंधी और हवाओं के साथ अपना स्वरूप बदलती रहती हैं। यहाँ की जलवायु अति-शुष्क है, जहाँ ग्रीष्म ऋतु में तापमान 48-50° C तक पहुँच जाता है, जबकि शीत ऋतु में

तापमान 0°C से भी नीचे दर्ज किया गया है औसत वार्षिक वर्षा लगभग **300-350** मिमी है, जो अत्यंत असमान एवं अनिश्चित है।

मिट्टी एवं प्राकृतिक वनस्पति: हनुमानगढ़ ज़िले में प्रमुखतः हल्की, रेतीली एवं शुष्क बलुई मिट्टी पाई जाती है, जिसमें जलधारण क्षमता अत्यंत कम है। मिट्टी का कटाव तथा क्षारीयता यहाँ की प्रमुख समस्याएँ हैं। प्राकृतिक वनस्पति विरल है, जिसमें मुख्यतः खेजड़ी, बबूल रोहिड़ा और थोर जैसी झाड़ियाँ पाई जाती हैं। शुष्क परिस्थितियों के कारण चारागाहों का भी ह्रास हुआ है।

सामाजिक-आर्थिक पृष्ठभूमि: जनगणना **2011** के अनुसार हनुमानगढ़ ज़िले की कुल जनसंख्या लगभग **20.41** लाख है, जिसमें ग्रामीण जनसंख्या का प्रतिशत **68%** से अधिक है। यहाँ की अर्थव्यवस्था मुख्यतः कृषि एवं पशुपालन पर आधारित है। बाजरा, ग्वार, मूंग, चना एवं जौ यहाँ की प्रमुख फसलें हैं, किन्तु वर्षा पर निर्भर कृषि प्रणाली इसे अत्यंत अस्थिर बनाती है। पशुपालन, विशेषकर ऊँट, भेड़ और बकरी पालन स्थानीय लोगों की आजीविका का आधार है। मरुस्थलीय परिस्थितियों एवं सीमित संसाधनों के कारण यहाँ से रोजगार हेतु प्रवासन की प्रवृत्ति भी प्रबल है।

मानचित्र: अध्ययन क्षेत्र को भौगोलिक रूप से स्पष्ट करने के लिए हनुमानगढ़ ज़िले का ब्लॉक-वार मानचित्र संलग्न किया जाना आवश्यक है। इस मानचित्र में हनुमानगढ़ ज़िले की सीमा, तहसील/ब्लॉक, प्रमुख नगर तथा भौगोलिक विशेषताओं को प्रदर्शित किया जा सकता है।

मरुस्थलीकरण की अवधारणा

मरुस्थलीकरण एक ऐसी वैश्विक पर्यावरणीय प्रक्रिया है जो विशेष रूप से शुष्क एवं अर्ध-शुष्क क्षेत्रों में भूमि की उत्पादकता को निरंतर क्षीण करती है। संयुक्त राष्ट्र मरुस्थलीकरण नियंत्रण संधि के अनुसार, “मरुस्थलीकरण भूमि का क्षरण है जो शुष्क, अर्द्ध-शुष्क और शुष्क उप-आर्द्र क्षेत्रों में विभिन्न कारणों, जिनमें जलवायु परिवर्तन एवं मानवीय गतिविधियाँ शामिल हैं, के परिणामस्वरूप होता है”। इसी प्रकार संयुक्त राष्ट्र पर्यावरण कार्यक्रम ने मरुस्थलीकरण को उस प्रक्रिया के रूप में परिभाषित किया है जिसमें मानवीय दबाव और प्रतिकूल प्राकृतिक परिस्थितियों के कारण भूमि की पारिस्थितिकीय क्षमता घट जाती है। भारत में भी यह समस्या अत्यंत गंभीर है, जहाँ कुल भू-क्षेत्र का लगभग **30** प्रतिशत भाग मरुस्थलीकरण से प्रभावित है।

मरुस्थलीकरण की पहचान कुछ प्रमुख संकेतकों के आधार पर की जाती है। पहला संकेतक है भूमि क्षरण, जिसमें भूमि की सतही परत का कटाव, बालू का जमाव और उपजाऊ मिट्टी का क्षरण शामिल है। दूसरा संकेतक है जल स्रोतों का लोप, जो वर्षा की कमी, भूमिगत जल स्तर में गिरावट और तालाब-जोहड़ों के सूखने के रूप में परिलक्षित होता है। तीसरा है जैव विविधता का क्षरण, जिसमें स्थानीय वनस्पति और

जीव-जंतुओं की प्रजातियों का लुप्त होना सम्मिलित है। चौथा प्रमुख संकेतक है मिट्टी की उर्वरता में कमी, जिसमें जैविक पदार्थों की कमी, पोषक तत्वों का अभाव और लवणीयता/क्षारीयता में वृद्धि देखी जाती है। इन संकेतकों के आधार पर यह स्पष्ट होता है कि मरुस्थलीकरण केवल एक भौतिक समस्या नहीं है, बल्कि यह सामाजिक-आर्थिक जीवन, कृषि उत्पादन और पारिस्थितिकीय संतुलन पर भी गहरा प्रभाव डालता है।

हनुमानगढ़ ज़िले में मरुस्थलीकरण की स्थिति

हनुमानगढ़ ज़िला मरुस्थलीकरण की दृष्टि से राजस्थान के सर्वाधिक संवेदनशील क्षेत्रों में गिना जाता है। ऐतिहासिक परिप्रेक्ष्य में देखें तो पिछले 30-40 वर्षों में यहाँ भूमि क्षरण और जल स्रोतों के लोप की प्रक्रिया तेजी से बढ़ी है। 1970-80 के दशक में हनुमानगढ़ का बड़ा भाग अर्द्ध-शुष्क माना जाता था, जहाँ पारंपरिक जल संचयन पद्धतियों (जोहड़, टांके, खडीन आदि) और चारागाहों के कारण भूमि की उत्पादकता आंशिक रूप से बनी हुई थी। किंतु 1990 के बाद से भूमिगत जल के अत्यधिक दोहन, ट्यूबवेल सिंचाई के विस्तार, वनों की कटाई और लगातार आने वाले सूखों ने मरुस्थलीकरण की प्रक्रिया को तीव्र कर दिया।

रिमोट सेंसिंग और गिस् आधारित अध्ययनों से यह स्पष्ट होता है कि हनुमानगढ़ ज़िले के कुल क्षेत्रफल का लगभग 70-75% भाग किसी न किसी रूप में मरुस्थलीकरण की चपेट में है। इसमें सबसे अधिक प्रभाव बालू के टीलों के विस्तार और भूमि की सतही परत के क्षरण के रूप में देखा गया है। भारतीय अंतरिक्ष अनुसंधान संगठन के 2011-2013 के आकलन के अनुसार, हनुमानगढ़ में भूमि क्षरण की वार्षिक दर लगभग 0.5-1.0% पाई गई, जो राजस्थान के अन्य ज़िलों की तुलना में अधिक है।

ब्लॉकवार विश्लेषण से ज्ञात होता है कि रत्नगढ़, तारानगर और सरदारशहर ब्लॉक मरुस्थलीकरण से सर्वाधिक प्रभावित हैं, जहाँ औसत वर्षा 250-300 मिमी से भी कम है और भूजल स्तर 120-150 मीटर गहराई तक गिर चुका है। हनुमानगढ़ मुख्यालय और राजगढ़ ब्लॉक में भी मरुस्थलीकरण की समस्या गंभीर है, विशेषकर अति-चराई और बालू के टीलों के बढ़ते विस्तार के कारण। वहीं सुइजंग और बीदासर क्षेत्र में वनों के अभाव और निरंतर कटाव ने पारिस्थितिकीय असंतुलन को और गहरा किया है।

गाँव स्तर पर देखें तो सुइजंग, झंझार, जसरासर, सिधमुख और भालेरी क्षेत्र के गाँवों में मरुस्थलीकरण के कारण कृषि भूमि बंजर हो चुकी है। कई गाँवों में परंपरागत तालाब और जोहड़ सूख चुके हैं, जिससे पेयजल संकट भी बढ़ गया है। इन परिस्थितियों के चलते ग्रामीण आजीविका पर गहरा असर पड़ा है और बड़ी संख्या में लोग मौसमी प्रवासन के लिए बाध्य हुए हैं।

मरुस्थलीकरण के कारण

हनुमानगढ़ ज़िले में मरुस्थलीकरण की समस्या प्राकृतिक एवं मानवीय दोनों कारणों से उत्पन्न हुई है। प्राकृतिक कारणों में प्रमुख है अल्प एवं अनियमित वर्षा, जो यहाँ औसतन 300-350 मिमी प्रतिवर्ष होती

है, किंतु इसका वितरण अत्यंत असमान और अनिश्चित है। कई बार वर्षा का अधिकांश भाग कुछ ही दिनों में अत्यधिक तीव्रता के साथ हो जाता है, जिससे मिट्टी की ऊपरी परत बहकर चली जाती है और भूमि की उत्पादकता घट जाती है दूसरा कारण है बार-बार आने वाला सूखा, जिसने ग्रामीण जीवन और कृषि प्रणाली को गहराई से प्रभावित किया है। पिछले तीन दशकों में हनुमानगढ़ ज़िले ने लगभग **18-20** सूखा वर्षों का अनुभव किया है इसके अतिरिक्त, लू और धूलभरी आँधियाँ यहाँ की विशिष्ट जलवायु विशेषताएँ हैं, जो न केवल वनस्पति को नष्ट करती हैं बल्कि भूमि की सतह पर रेत जमाव और मिट्टी क्षरण को भी बढ़ाती हैं

मानवीय कारण भी मरुस्थलीकरण की गति को ओर तीव्र बनाते हैं। इनमें सबसे पहला है अति-चराई हनुमानगढ़ ज़िले में पशुपालन स्थानीय आजीविका का मुख्य आधार है, परंतु भेड़-बकरी तथा ऊँट की बढ़ती संख्या ने चारागाहों पर अत्यधिक दबाव डाला है, जिसके कारण प्राकृतिक वनस्पति तेजी से समाप्त हो रही है। दूसरा कारण है वनों की कटाई और वृक्षों का अभाव, जिससे रेत को रोकने वाले प्राकृतिक अवरोध कम हो गए हैं और बालू के टीलों का विस्तार बढ़ा है। तीसरा महत्वपूर्ण कारण है भूमिगत जल का अंधाधुंध दोहन । पिछले तीन दशकों में ट्यूबवेल तकनीक के व्यापक उपयोग ने भूजल स्तर को **100-150** मीटर तक गिरा दिया है, जिससे न केवल कृषि अस्थिर हुई है बल्कि भूमि की लवणीयता भी बढ़ी है इसके अतिरिक्त अनुचित खेती पद्धतियाँ, जैसे अधिक जल की माँग करने वाली फसलों (जैसे- ग्वार, कपास) की ओर रुझान, ने मिट्टी की उर्वरता और जल संसाधनों को नुकसान पहुँचाया है। अंततः शहरीकरण और जनसंख्या दबाव भी एक महत्वपूर्ण कारण हैं। हनुमानगढ़ नगर तथा आस-पास के कस्बों में जनसंख्या वृद्धि और भूमि के गैर-कृषि उपयोग में वृद्धि ने कृषि योग्य भूमि के सिकुड़ने और भूमि क्षरण की समस्या को बढ़ा दिया है

मरुस्थलीकरण के प्रभाव

हनुमानगढ़ ज़िले में मरुस्थलीकरण ने जीवन के लगभग हर पहलू को प्रभावित किया है। सबसे पहले, इसका प्रत्यक्ष प्रभाव कृषि उत्पादन पर देखा जाता है। भूमि की उर्वरता में कमी, बालू के जमाव और मिट्टी के क्षरण के कारण बाजरा, ग्वार, मूंग, चना जैसी पारंपरिक फसलों का उत्पादन लगातार घट रहा है। अनेक गाँवों में कृषि भूमि बंजर में बदल चुकी है, जिससे खाद्यान्न असुरक्षा बढ़ी है दूसरा प्रभाव पशुपालन पर पड़ता है। हनुमानगढ़ की ग्रामीण अर्थव्यवस्था में ऊँट, भेड़ और बकरी पालन केंद्रीय स्थान रखते हैं, परंतु चारागाहों के क्षरण और प्राकृतिक चारे की कमी ने पशुओं की सेहत और उत्पादकता दोनों को प्रभावित किया है

तीसरा महत्वपूर्ण परिणाम है जल संकट । भूमिगत जल स्तर **100-150** मीटर से भी नीचे पहुँच जाने के कारण न केवल सिंचाई असंभव हो गई है, बल्कि ग्रामीण क्षेत्रों में पेयजल की समस्या विकराल रूप ले चुकी है। कई गाँवों में टैंकरों और नलकूपों पर निर्भरता बढ़ी है, जिससे पानी की उपलब्धता महँगी और

असमान हो गई है इसके साथ ही ग्रामीण आजीविका और प्रवासन भी गहराई से प्रभावित हुए हैं। मरुस्थलीकरण के कारण खेती और पशुपालन से मिलने वाली आय घटने लगी, जिसके चलते बड़ी संख्या में ग्रामीण विशेषकर युवा, रोज़गार की तलाश में जयपुर, दिल्ली और हरियाणा जैसे शहरों की ओर पलायन करने लगे

इसके अतिरिक्त, मरुस्थलीकरण से सामाजिक-आर्थिक असमानताएँ भी बढ़ी हैं। सीमित संसाधनों पर प्रतिस्पर्धा के कारण छोटे और सीमांत किसान सबसे अधिक प्रभावित हुए हैं, जबकि बड़े किसानों ने गहरे ट्यूबवेल और आधुनिक तकनीक के माध्यम से आंशिक रूप से इस संकट से निपटा। परिणामस्वरूप, ग्रामीण समाज में आर्थिक असमानताएँ और सामाजिक तनाव बढ़े हैं।

पर्यावरणीय दृष्टि से भी इसके गंभीर दुष्परिणाम सामने आए हैं। मरुस्थलीकरण के चलते जैव विविधता में कमी आई है-खेजड़ी, रोहिड़ा और स्थानीय चारागाह घासों तेजी से लुप्त हो रही हैं। पक्षियों और वन्यजीवों का प्राकृतिक आवास भी नष्ट हुआ है। साथ ही, भूमि क्षरण और रेत के जमाव ने जलवायु परिवर्तन के संकेत और तीव्र कर दिए हैं, जैसे कि तापमान में निरंतर वृद्धि, वर्षा की अनिश्चितता और चरम मौसमी घटनाओं में वृद्धि इस प्रकार, हनुमानगढ़ ज़िले में मरुस्थलीकरण केवल एक भौगोलिक या पर्यावरणीय समस्या न होकर सामाजिक-आर्थिक और पारिस्थितिकीय संकट के रूप में उभर कर सामने आया है।

मरुस्थलीकरण से निपटने के उपाय

हनुमानगढ़ ज़िले में मरुस्थलीकरण की समस्या से निपटने के लिए पारंपरिक और आधुनिक दोनों प्रकार के उपाय अपनाए गए हैं। परंपरागत रूप से यहाँ के ग्रामीण समुदाय जोहड़, तालाब, टांके और खडीन जैसी जल संचयन पद्धतियों का उपयोग करते आए हैं। ये संरचनाएँ न केवल वर्षा जल को संग्रहित करती थीं बल्कि भूमिगत जल स्तर को रिचार्ज करें करने में भी सहायक थीं इसी प्रकार, चारागाह प्रबंधन और सामुदायिक भूमि पर चराई नियंत्रण ग्रामीण जीवन का हिस्सा रहा है, जिसने मरुस्थलीकरण को काफी हद तक रोकने में योगदान दिया।

आधुनिक स्तर पर, विभिन्न तकनीकी और वैज्ञानिक उपाय विकसित किए गए हैं। इनमें सबसे प्रमुख है जल संरक्षण तकनीक, जैसे- वर्षा जल संचयन और ड्रिप सिंचाई, जो कम पानी में अधिक उत्पादन देने में सहायक हैं वनीकरण और सामाजिक वानिकी भी अत्यंत महत्वपूर्ण हैं, जिनके तहत खेजड़ी, रोहिड़ा, बबूल जैसे स्थानीय वृक्षों के रोपण से न केवल भूमि क्षरण रोका जा सकता है बल्कि चारागाहों और ग्रामीण आजीविका को भी सुदृढ़ किया जा सकता है। इसके अतिरिक्त, चराई पर नियंत्रण और चारागाह विकास की नीतियाँ भी लागू की जा रही हैं, जिनमें गाँव स्तर पर गोचर भूमि का संरक्षण और पौधारोपण शामिल है। सतत कृषि पद्धतियाँ जैसे- मिश्रित खेती, फसल चक्र, कम जल वाली फसलों का चयन और जैविक खादों का प्रयोग भी मरुस्थलीकरण नियंत्रण के लिए उपयोगी हैं। इसके अलावा, रिमोट सेंसिंग आधारित

निगरानी आज के समय में एक सशक्त उपकरण है, जिसके माध्यम से भूमि क्षरण की सीमा, रेत के टीलों की गति और वनस्पति परिवर्तन का आकलन किया जा सकता है

नीतिगत स्तर पर भी अनेक प्रयास किए गए हैं। राजस्थान सरकार ने मुख्यमंत्री जल स्वावलंबन अभियान और राजस्थान राज्य कार्य योजना जलवायु परिवर्तन जैसी योजनाएँ लागू की हैं। इसी प्रकार, आईसीएआर और काजरी, जोधपुर ने मरुस्थलीय क्षेत्रों में वैज्ञानिक कृषि और चारागाह विकास की कई तकनीकें विकसित की हैं। अंतरराष्ट्रीय स्तर पर, संयुक्त राष्ट्र मरुस्थलीकरण नियंत्रण संधि के तहत भारत ने भी प्रतिबद्धता जताई है कि वह वर्ष **2030** तक **26** मिलियन हेक्टेयर भूमि का भूमि क्षरण तटस्थता प्राप्त करेगा इन उपायों से स्पष्ट है कि मरुस्थलीकरण की समस्या से निपटने के लिए केवल तकनीकी हस्तक्षेप ही पर्याप्त नहीं हैं, बल्कि सामुदायिक भागीदारी, पारंपरिक ज्ञान और नीतिगत समर्थन का सम्मिलित दृष्टिकोण आवश्यक है।

साहित्य की समीक्षा

जैव विविधता हानि और पर्यावरणीय क्षरण के संबंध में बढ़ती चिंताओं के कारण रेगिस्तानी वनस्पतियों और पारिस्थितिक गतिशीलता के अध्ययन ने काफी ध्यान आकर्षित किया है। दुनिया भर के शोधकर्ताओं ने शुष्क पारिस्थितिक तंत्र के पारिस्थितिक महत्व का दस्तावेजीकरण किया है और मानवजनित गड़बड़ी और जलवायु परिवर्तनों के प्रति रेगिस्तानी जैव विविधता की संवेदनशीलता पर जोर दिया है। शिमडा (1985) ने देखा कि रेगिस्तानी पारिस्थितिकी तंत्र अत्यधिक पर्यावरणीय तनाव के तहत जीवित रहने में सक्षम विशेष पादप समुदायों का समर्थन करते हैं। लेखक ने इस बात पर जोर दिया कि रेगिस्तानी वनस्पतियाँ उल्लेखनीय अनुकूली तंत्र प्रदर्शित करती हैं, जिसमें कम पत्ती क्षेत्र, गहरी जड़ प्रणाली और सूखा-प्रतिरोधी शारीरिक लक्षण शामिल हैं, जो पानी की कमी वाले वातावरण में जीवित रहने में सक्षम बनाते हैं। नोय-मीर (1973) ने रेगिस्तानी पारिस्थितिक तंत्र में उत्पादकता और वनस्पति की गतिशीलता को समझने के लिए एक व्यापक पारिस्थितिक ढांचा विकसित किया। अध्ययन के अनुसार, वर्षा परिवर्तनशीलता शुष्क क्षेत्रों में प्रजातियों के वितरण, बायोमास उत्पादन और पारिस्थितिक स्थिरता को नियंत्रित करने वाला प्राथमिक कारक है।

ले होउएरौ (1996) ने शुष्क भूमि में पारिस्थितिक संतुलन बनाए रखने में वनस्पति के महत्व पर प्रकाश डाला। अध्ययन में बताया गया है कि रेगिस्तानी पौधे मृदा संरक्षण, मरुस्थलीकरण की रोकथाम और पारिस्थितिकी तंत्र सेवाओं के रखरखाव में महत्वपूर्ण योगदान देते हैं। लेखक ने आगे कहा कि मानव-प्रेरित गड़बड़ी अक्सर भूमि क्षरण प्रक्रियाओं को तेज कर देती है। भारतीय संदर्भ में, थार रेगिस्तान पर किए गए अध्ययनों ने फूलों की विविधता और पर्यावरणीय परिवर्तन में बहुमूल्य अंतर्दृष्टि प्रदान की है। भंडारी (1990) ने राजस्थान में रेगिस्तानी वनस्पति की समृद्ध विविधता का दस्तावेजीकरण किया और शुष्क परिस्थितियों के अनुकूल कई आर्थिक और पारिस्थितिक रूप से महत्वपूर्ण पौधों की प्रजातियों की पहचान की। अध्ययन में स्वदेशी प्रजातियों के संरक्षण मूल्य पर जोर दिया गया और निवास स्थान परिवर्तन से

बढ़ते खतरों पर प्रकाश डाला गया। शंकर और पांडे (2014) ने राजस्थान के शुष्क क्षेत्रों में जैव विविधता पैटर्न की जांच की और बताया कि तेजी से कृषि विस्तार और शहरी विकास ने प्राकृतिक वनस्पति कवर को काफी कम कर दिया है। उनके निष्कर्षों से संकेत मिलता है कि आवास विखंडन जैव विविधता संरक्षण के लिए एक बड़ी चुनौती बन गया है।

रॉय और तोमर (2000) द्वारा रिमोट सेंसिंग तकनीकों का उपयोग करके किए गए शोध ने हाल के दशकों में थार रेगिस्तान में पर्याप्त भूमि उपयोग और भूमि कवर परिवर्तन का प्रदर्शन किया। अध्ययन से पता चला कि सिंचित कृषि के विस्तार ने पहले प्राकृतिक रेगिस्तानी वनस्पति के प्रभुत्व वाले व्यापक क्षेत्रों को बदल दिया है। सिंह और अन्य ने भी इसी तरह की टिप्पणियाँ कीं। (2012), जिन्होंने नोट किया कि सिंचाई विकास ने कृषि उत्पादकता में सुधार किया है, लेकिन पारिस्थितिक प्रक्रियाओं और देशी पौधों के समुदायों में भी बदलाव किया है। जैन और सिंह (2016) ने उत्तर-पश्चिमी राजस्थान में नहर सिंचाई प्रणालियों से जुड़े वनस्पति परिवर्तनों की जांच की। लेखकों ने पाया कि सिंचाई-प्रेरित परिदृश्य परिवर्तन ने देशी ज़ेरोफाइटिक वनस्पतियों के प्रभुत्व को कम करते हुए खेती की प्रजातियों की प्रचुरता में वृद्धि की। अध्ययन में आर्थिक विकास और पारिस्थितिक स्थिरता को संतुलित करने के लिए एकीकृत भूमि प्रबंधन रणनीतियों की आवश्यकता पर जोर दिया गया।

जलवायु परिवर्तन रेगिस्तानी वनस्पति की गतिशीलता को प्रभावित करने वाले एक अन्य प्रमुख कारक के रूप में उभरा है। आईपीसीसी रिपोर्टों ने लगातार बढ़ते तापमान और बदलते वर्षा पैटर्न के कारण शुष्क पारिस्थितिक तंत्र की संवेदनशीलता को उजागर किया है। शर्मा एट अल द्वारा संचालित अध्ययन। (2018) से पता चला कि लंबे समय तक सूखे की स्थिति और बढ़ता तापमान राजस्थान के रेगिस्तानी परिदृश्य में प्रजातियों की समृद्धि और पुनर्जनन क्षमता पर प्रतिकूल प्रभाव डालता है। संरक्षण-संबंधी अनुसंधान ने सामुदायिक भागीदारी और पारिस्थितिकी तंत्र-आधारित दृष्टिकोणों पर तेजी से ध्यान केंद्रित किया है। कुमार और जोशी (2020) ने तर्क दिया कि शुष्क क्षेत्रों में स्थायी संरक्षण के लिए स्थानीय पारिस्थितिक ज्ञान, भागीदारी संसाधन प्रबंधन और आवास बहाली कार्यक्रमों के एकीकरण की आवश्यकता है। उनके निष्कर्ष बताते हैं कि सामुदायिक भागीदारी जैव विविधता संरक्षण पहल की प्रभावशीलता को बढ़ाती है।

रेगिस्तानी पारिस्थितिकी पर साहित्य के बढ़ते भंडार के बावजूद, हनुमानगढ़ में पुष्प विविधता और भूमि उपयोग परिवर्तन के जिला-स्तरीय आकलन के संबंध में एक महत्वपूर्ण शोध अंतर बना हुआ है। पिछले अधिकांश अध्ययनों ने थार रेगिस्तान के व्यापक क्षेत्रीय विश्लेषणों पर ध्यान केंद्रित किया है, जो अक्सर स्थानीय पारिस्थितिक परिवर्तनों की अनदेखी करते हैं। नतीजतन, विस्तृत जांच की आवश्यकता है जो हनुमानगढ़ जिले के विशिष्ट भौगोलिक संदर्भ में भूमि उपयोग की गतिशीलता, वनस्पति विविधता और संरक्षण चुनौतियों के बीच बातचीत की जांच करती है। वर्तमान अध्ययन का उद्देश्य क्षेत्र में रेगिस्तानी वनस्पतियों और पारिस्थितिक परिवर्तन का व्यापक मूल्यांकन प्रदान करके इस अंतर को संबोधित करना है।

अध्ययन क्षेत्र प्रोफ़ाइल

हनुमानगढ़ जिला राजस्थान के सबसे उत्तरी भाग में स्थित है और थार रेगिस्तान और नहर सिंचाई से प्रभावित उपजाऊ मैदानों के बीच संक्रमणकालीन क्षेत्र में रणनीतिक रूप से महत्वपूर्ण स्थान रखता है। भौगोलिक दृष्टि से, जिला लगभग $29^{\circ}05'$ से $30^{\circ}06'$ उत्तरी अक्षांश और $74^{\circ}03'$ से $75^{\circ}03'$ पूर्वी देशांतर के बीच स्थित है। इसकी सीमाएँ पश्चिम में श्री गंगानगर जिले, दक्षिण में चूरू जिले और उत्तर और उत्तर-पूर्व में पंजाब राज्य से लगती हैं। जिला लगभग 9,656 वर्ग किलोमीटर क्षेत्र में फैला है और उत्तर-पश्चिमी भारत के शुष्क और अर्द्ध-शुष्क पारिस्थितिकी तंत्र का एक अभिन्न अंग है।

हनुमानगढ़ की जलवायु अत्यधिक तापमान और कम वार्षिक वर्षा की विशेषता है। गर्मियाँ असाधारण रूप से गर्म होती हैं, तापमान अक्सर 45°C से अधिक होता है, जबकि सर्दियाँ अपेक्षाकृत ठंडी होती हैं, तापमान कभी-कभी 5°C से नीचे चला जाता है। औसत वार्षिक वर्षा 200 और 350 मिमी के बीच होती है और यह काफी हद तक दक्षिण-पश्चिम मानसून पर निर्भर है। वर्षा परिवर्तनशीलता इस क्षेत्र की एक परिभाषित विशेषता है, जिसके परिणामस्वरूप समय-समय पर सूखा पड़ता है और वनस्पति विकास में उतार-चढ़ाव होता है। जिले में उच्च वाष्पीकरण-उत्सर्जन दर, कम आर्द्रता और बार-बार धूल भरी आंधियाँ आती हैं, जो सभी पारिस्थितिक प्रक्रियाओं और पौधों के वितरण को प्रभावित करते हैं। स्थलाकृतिक दृष्टि से, यह जिला मुख्यतः समतल है और इसमें हल्के लहरदार रेतीले मैदान हैं। मिट्टी आमतौर पर रेतीली से दोमट-रेत वाली होती है, जिसमें कार्बनिक पदार्थ की मात्रा कम होती है और जल-धारण क्षमता सीमित होती है। नहर सिंचाई की शुरुआत से पहले, परिदृश्य में रेगिस्तानी वनस्पति का प्रभुत्व था और बिखरे हुए घास के मैदान ज़ेरिक परिस्थितियों के अनुकूल थे। इंदिरा गाँधी नहर परियोजना के कार्यान्वयन ने बड़े पैमाने पर सिंचाई सुविधाओं की शुरुआत करके क्षेत्र की भौतिक और पारिस्थितिक विशेषताओं को महत्वपूर्ण रूप से बदल दिया।

हनुमानगढ़ की प्राकृतिक वनस्पति में सूखा प्रतिरोधी प्रजातियाँ जैसे प्रोसोपिस सिनेरिया, कैपेरिस डिकिडुआ, बबूल सेनेगल, साल्वाडोरा पर्सिका, ज़िज़िफस न्यूमुलरिया और विभिन्न घास शामिल हैं। इन प्रजातियों में विशेष अनुकूलन होते हैं जो पानी की कमी वाली परिस्थितियों में भी जीवित रहने में सक्षम होते हैं। हालाँकि, कृषि विस्तार, बस्ती वृद्धि और बुनियादी ढाँचे के विकास ने जिले के कई हिस्सों में प्राकृतिक आवासों की सीमा को कम कर दिया है। कृषि प्राथमिक आर्थिक गतिविधि है, जिसमें गेहूँ, कपास, सरसों, चना और ग्वार जैसी फसलों की व्यापक रूप से खेती की जाती है। सिंचाई की उपलब्धता ने गहन कृषि पद्धतियों और जनसंख्या वृद्धि को प्रोत्साहित किया है। जबकि इन विकासों ने सामाजिक-आर्थिक स्थितियों में सुधार किया है, उन्होंने पर्यावरण संबंधी चिंताएँ भी उत्पन्न की हैं, जिनमें निवास स्थान का विखंडन, मिट्टी का लवणीकरण, जैव विविधता की हानि और प्राकृतिक वनस्पति पर दबाव शामिल है। इसलिए, हनुमानगढ़ एक रेगिस्तानी पारिस्थितिकी तंत्र के भीतर वनस्पति विविधता, भूमि उपयोग परिवर्तन और संरक्षण चुनौतियों के बीच संबंधों की जांच के लिए एक आदर्श भौगोलिक सेटिंग प्रदान करता है।

सामग्री और विधियाँ

वर्तमान अध्ययन हनुमानगढ़ जिले की रेगिस्तानी पारिस्थितिकी में वनस्पति विविधता, भूमि उपयोग परिवर्तन और संरक्षण चुनौतियों की जांच करने के लिए एक वर्णनात्मक और विश्लेषणात्मक अनुसंधान डिजाइन को अपनाता है। डेटा के प्राथमिक और द्वितीयक दोनों स्रोतों का उपयोग वनस्पति विशेषताओं, भूमि उपयोग पैटर्न और क्षेत्र को प्रभावित करने वाले पर्यावरणीय दबावों के बारे में व्यापक जानकारी प्राप्त करने के लिए किया गया था। इस पद्धति को भू-स्थानिक और सांख्यिकीय विश्लेषण तकनीकों के साथ क्षेत्र-आधारित पारिस्थितिक अवलोकनों को एकीकृत करने के लिए डिज़ाइन किया गया था। जिले के विभिन्न पारिस्थितिक क्षेत्रों में किए गए व्यापक क्षेत्र सर्वेक्षणों के माध्यम से प्राथमिक डेटा एकत्र किया गया था। कृषि भूमि, प्राकृतिक वनस्पति पैच, चरागाह क्षेत्रों, नहर-सिंचित क्षेत्रों और निपटान क्षेत्रों की कवरेज सुनिश्चित करने के लिए एक स्तरीकृत यादृच्छिक नमूना दृष्टिकोण का उपयोग करके प्रतिनिधि नमूना स्थलों का चयन किया गया था। पौधों की प्रजातियों की संरचना, बहुतायत, घनत्व और आवृत्ति का आकलन करने के लिए क्वाड्रेट नमूनाकरण तकनीकों को नियोजित किया गया था। विभिन्न पादप समुदायों का सटीक प्रतिनिधित्व सुनिश्चित करने के लिए पेड़ों, झाड़ियों और शाकाहारी वनस्पतियों के लिए अलग-अलग चतुर्भुज आकार का उपयोग किया गया था। क्षेत्रीय वनस्पतियों, वनस्पति मैनुअल और स्थानीय विशेषज्ञों के परामर्श की मदद से प्रजातियों की पहचान की गई।

द्वितीयक डेटा सरकारी प्रकाशनों, वन विभाग के रिकॉर्ड, जनगणना रिपोर्ट, मौसम संबंधी डेटाबेस, शोध लेख और पर्यावरण संगठनों द्वारा प्रकाशित रिपोर्ट से प्राप्त किए गए थे। वनस्पति और परिदृश्य पैटर्न में दीर्घकालिक परिवर्तनों को समझने के लिए ऐतिहासिक भूमि उपयोग और भूमि कवर जानकारी एकत्र की गई थी। पौधों की विविधता को प्रभावित करने वाली पर्यावरणीय स्थितियों का मूल्यांकन करने के लिए तापमान और वर्षा रिकॉर्ड सहित जलवायु डेटा का उपयोग किया गया था। भौगोलिक सूचना प्रणाली (जीआईएस) और रिमोट सेंसिंग तकनीकों ने भूमि उपयोग परिवर्तन के स्थानिक पैटर्न का विश्लेषण करने में महत्वपूर्ण भूमिका निभाई। विभिन्न अवधियों से उपग्रह इमेजरी को संसाधित किया गया और कृषि भूमि, बंजर भूमि, बस्तियों, जल निकायों और प्राकृतिक वनस्पति जैसी प्रमुख भूमि उपयोग श्रेणियों में वर्गीकृत किया गया। समय के साथ भूमि आवरण में परिवर्तनों की पहचान करने के लिए परिवर्तन का पता लगाने का विश्लेषण किया गया। वनस्पति वितरण और पारिस्थितिक तनाव का सामना करने वाले क्षेत्रों की कल्पना करने के लिए स्थानिक मानचित्रण तकनीकों को नियोजित किया गया था।

परिणाम और चर्चा

हनुमानगढ़ जिले में वनस्पति विविधता, भूमि उपयोग परिवर्तन और संरक्षण चुनौतियों के विश्लेषण से प्राकृतिक और मानवजनित दोनों कारकों के परिणामस्वरूप महत्वपूर्ण पारिस्थितिक परिवर्तनों का पता चलता है। उत्तर-पश्चिमी राजस्थान के शुष्क पारिस्थितिकी तंत्र के भीतर स्थित इस जिले में कृषि विस्तार, नहर सिंचाई, जनसंख्या वृद्धि और जलवायु परिवर्तनशीलता के कारण वनस्पति पैटर्न में पर्याप्त बदलाव हुए हैं। क्षेत्र अवलोकनों, वनस्पति सर्वेक्षणों और भूमि-उपयोग आकलन के माध्यम से प्राप्त निष्कर्ष नीचे प्रस्तुत और चर्चा किए गए हैं।

हनुमानगढ़ जिले की पुष्प संरचना

क्षेत्र सर्वेक्षण के दौरान 39 परिवारों से संबंधित कुल 85 पौधों की प्रजातियां दर्ज की गईं। वनस्पति में जेरोफाइटिक पेड़ों, झाड़ियों, जड़ी-बूटियों और शुष्क जलवायु परिस्थितियों के अनुकूल घास का प्रभुत्व था।

तालिका 1: हनुमानगढ़ जिले में पहचानी गई प्रमुख पादप प्रजातियाँ

क्र.सं.	प्रजाति का नाम	कुल (परिवार)	स्वभाव	पारिस्थितिक महत्व
1	प्रोसोपिस सिनेरिया	फेबेसी	वृक्ष	मृदा उर्वरता में सुधार
2	अकासिया निलोटिका	फेबेसी	वृक्ष	नाइट्रोजन स्थिरीकरण
3	कैप्परिस डेसिडुआ	कैप्परिडेसी	झाड़ी	मरुस्थलीय आवास का समर्थन
4	साल्वाडोरा पर्सिका	साल्वाडोरेसी	वृक्ष	सूखा सहनशीलता
5	जिजिफस न्यूमुलारिया	रामनेसी	झाड़ी	चारा स्रोत
6	टेकोमेला अंडुलाटा	बिग्नोनिएसी	वृक्ष	संकटग्रस्त मरुस्थलीय प्रजाति
7	सेक्रस सिलीएरिस	पोएसी	घास	चराई संसाधन
8	कैलोट्रोपिस प्रोसेरा	एपोसाइनेसी	झाड़ी	औषधीय महत्व
9	ट्रिब्युलस टेरेस्ट्रिस	जाइगोफाइलेसी	शाकीय पौधा	मृदा स

व्याख्या

पुष्प सर्वेक्षण से पता चलता है कि फेबेसी प्रमुख परिवार है जिसका प्रतिनिधित्व कई सूखा-सहिष्णु प्रजातियों द्वारा किया जाता है। मिट्टी की उर्वरता बनाए रखने और कृषि वानिकी प्रणालियों का समर्थन करने में इसकी भूमिका के कारण प्रोसोपिस सिनेरिया (खेजरी) को पारिस्थितिक रूप से सबसे महत्वपूर्ण प्रजाति पाया गया। कैप्परिस डिकिडुआ और जिजिफस न्यूमुलारिया जैसी झाड़ीदार प्रजातियाँ व्यापक रूप से चरागाह भूमि और बंजर भूमि में वितरित की गईं। सीमित क्षेत्रों में टेकोमेला अंडुलाटा की उपस्थिति इसकी घटती जनसंख्या के कारण तत्काल संरक्षण उपायों की आवश्यकता का सुझाव देती है।

प्रजाति विविधता विश्लेषण

विभिन्न आवासों के पारिस्थितिक स्वास्थ्य का आकलन करने के लिए प्रजाति विविधता सूचकांकों की गणना की गई।

तालिका 2: प्रमुख वनस्पति क्षेत्रों के विविधता सूचकांक

वनस्पति क्षेत्र	प्रजातीय समृद्धि	शैनन विविधता सूचकांक (एच')	सिम्पसन विविधता सूचकांक
प्राकृतिक मरुस्थलीय वनस्पति क्षेत्र	48	3.52	0.91
नहर सिंचित क्षेत्र	37	2.89	0.83
कृषि क्षेत्र	28	2.31	0.75
चारागाह भूमि	42	3.14	0.87
शहरी परिधीय क्षेत्र	22	1.95	0.69

व्याख्या

सबसे अधिक जैव विविधता प्राकृतिक रेगिस्तानी वनस्पति क्षेत्रों में 3.52 के शैनन विविधता सूचकांक के साथ दर्ज की गई। निवास स्थान में गड़बड़ी और भूमि रूपांतरण के कारण शहरी सीमांत क्षेत्रों में सबसे कम विविधता प्रदर्शित हुई। नतीजे बताते हैं कि प्राकृतिक आवास मानव-संशोधित परिदृश्यों की तुलना में अधिक पारिस्थितिक जटिलता का समर्थन करना जारी रखते हैं।

भूमि उपयोग और भूमि आवरण परिवर्तन

2000 और 2025 के बीच भूमि उपयोग पैटर्न में महत्वपूर्ण परिवर्तन देखे गए।

तालिका 3: हनुमानगढ़ जिले में भूमि उपयोग/भूमि आवरण परिवर्तन

भूमि उपयोग श्रेणी	क्षेत्रफल (2000) कि.मी.	क्षेत्रफल (2025) कि.मी.	परिवर्तन (%)
कृषि भूमि	4,100	5,250	+28.05
प्राकृतिक वनस्पति क्षेत्र	2,450	1,680	-31.43
चारागाह भूमि	1,350	980	-27.41
आवासीय बस्तियाँ	520	950	+82.69

जल निकाय	310	410	+32.26
बंजर भूमि	926	386	-58.31

व्याख्या

सिंचित खेती के विस्तार से कृषि भूमि में काफी वृद्धि हुई। प्राकृतिक वनस्पति और चरागाह भूमि में महत्वपूर्ण गिरावट देखी गई, जो निवास स्थान के विखंडन और जैव विविधता के नुकसान का संकेत है। अध्ययन अवधि के दौरान निपटान क्षेत्र लगभग दोगुना हो गए, जो तेजी से शहरीकरण और बुनियादी ढांचे के विकास को दर्शाता है।

नहर सिंचाई का वनस्पति पर प्रभाव

इंदिरा गांधी नहर की शुरूआत ने हनुमानगढ़ जिले के पारिस्थितिक परिदृश्य को बदल दिया है।

तालिका 4: नहर सिंचाई से पूर्व एवं पश्चात् वनस्पति की विशेषताएँ

मानदण्ड	नहर सिंचाई से पूर्व	नहर सिंचाई के पश्चात्
प्रमुख वनस्पति	शुष्कतारोधी पौधे	कृषि फसलें
देशी प्रजातियों का घनत्व	उच्च	मध्यम
बाह्य (विदेशी) प्रजातियों की उपस्थिति	निम्न	उच्च
मृदा आर्द्रता	अत्यंत निम्न	मध्यम से उच्च
प्रजातीय संरचना की स्थिरता	स्थिर	परिवर्तनशील

व्याख्या

नहर सिंचाई से कृषि उत्पादकता में सुधार हुआ लेकिन प्राकृतिक वनस्पति समुदायों में उल्लेखनीय परिवर्तन आया। कई देशी प्रजातियों को खेती की गई फसलों से प्रतिस्थापित कर दिया गया है और पौधों की प्रजातियों को पेश किया गया है। बढ़ी हुई नमी की उपलब्धता ने आक्रामक वनस्पति के विकास को सुविधाजनक बनाया है, जिससे पारिस्थितिकी तंत्र संरचना में बदलाव आया है।

पादप जीवन-रूपों का वितरण

तालिका 5: पादप जीवन-रूपों का वितरण

जीवन-रूप	प्रजातियों की संख्या	प्रतिशत (%)
वृक्ष	18	21.18
झाड़ियाँ	24	28.24
शाकीय पौधे	29	34.12
घास	14	16.46
कुल	85	100

व्याख्या

जड़ी-बूटी वाली प्रजातियाँ वनस्पति विविधता का सबसे बड़ा हिस्सा हैं, जो दर्ज प्रजातियों का **34.12%** है। कठोर जलवायु परिस्थितियों में जीवित रहने की क्षमता के कारण झाड़ियाँ रेगिस्तानी पारिस्थितिकी तंत्र के एक महत्वपूर्ण घटक का प्रतिनिधित्व करती हैं। पेड़ों की प्रजातियाँ अपेक्षाकृत कम थीं लेकिन उन्होंने आवास स्थिरता बनाए रखने में महत्वपूर्ण पारिस्थितिक भूमिकाएँ निभाईं।

वनस्पति विविधता के लिए प्रमुख खतरे

क्षेत्रीय जांच में वनस्पति विविधता को प्रभावित करने वाले कई खतरों की पहचान की गई।

तालिका 6: मरुस्थलीय वनस्पति के समक्ष प्रमुख खतरे

खतरे का कारक	गंभीरता का स्तर
कृषि क्षेत्र का विस्तार	अत्यधिक उच्च
अत्यधिक चराई	उच्च
शहरीकरण	उच्च
आक्रामक प्रजातियाँ	मध्यम
जलवायु परिवर्तनशीलता	उच्च
ईंधन हेतु लकड़ी का संग्रहण	मध्यम
मृदा लवणता	मध्यम

व्याख्या

कृषि विस्तार देशी वनस्पति के लिए सबसे बड़ा खतरा बनकर उभरा। प्राकृतिक आवासों को फसल भूमि में बदलने से प्रजातियों की समृद्धि और पारिस्थितिक कनेक्टिविटी कम हो गई है। अत्यधिक चराई और शहरी विकास निवास स्थान के क्षरण में योगदान करते हैं। जलवायु परिवर्तनशीलता पुनर्जनन क्षमता को कम करके और प्रजातियों के वितरण में परिवर्तन करके पारिस्थितिक तनाव को बढ़ाती है।

महत्वपूर्ण पादप प्रजातियों की संरक्षण स्थिति

तालिका 7: प्रमुख पादप प्रजातियों की संरक्षण स्थिति

प्रजाति का नाम	स्थानीय संरक्षण स्थिति
प्रोसोपिस सिनेरेरिया	स्थिर
अकासिया निलोटिका	स्थिर
कैप्परिस डेसिडुआ	मध्यम रूप से घटती हुई
साल्वाडोरा पर्सिका	मध्यम रूप से स्थिर
टेकोमेला उन्डुलाटा	घटती हुई
लेप्टाडेनिया पाइरोटेक्रिका	संवेदनशील
सेंक्रस सिलीएरिस	स्थिर

व्याख्या

हालाँकि कई प्रमुख प्रजातियाँ स्थिर बनी हुई हैं, लेकिन पारिस्थितिक रूप से मूल्यवान प्रजातियाँ जैसे टेकोमेला अंडुलाटा और लेप्टाडेनिया पाइरोटेक्रिका जनसंख्या में गिरावट के संकेत दिखा रही हैं। उनका प्रतिबंधित वितरण और निवास स्थान का नुकसान लक्षित संरक्षण हस्तक्षेप की आवश्यकता को दर्शाता है।

संरक्षण के प्रति सामुदायिक दृष्टिकोण

जैव विविधता संरक्षण के प्रति स्थानीय समुदाय की जागरूकता और सहभागिता का आकलन करने के लिए स्थानीय निवासियों के बीच एक प्रश्नावली सर्वेक्षण आयोजित किया गया। सर्वेक्षण के माध्यम से यह जानने का प्रयास किया गया कि लोग संरक्षण के महत्व, सरकारी योजनाओं तथा सामुदायिक संरक्षण गतिविधियों के प्रति कितने जागरूक हैं।

तालिका 8: संरक्षण के प्रति सामुदायिक जागरूकता

प्रतिक्रिया श्रेणी	प्रतिशत (%)
--------------------	-------------

जैव विविधता के महत्व के प्रति जागरूक	72
वृक्षारोपण गतिविधियों में भागीदारी	58
आवासीय क्षेत्रों के क्षरण के प्रति चिंतित	81
सरकारी संरक्षण कार्यक्रमों की जानकारी रखने वाले	46
सामुदायिक संरक्षण पहलों का समर्थन करने वाले	69

व्याख्या

अधिकांश उत्तरदाताओं ने आवास क्षरण और जैव विविधता हानि के बारे में चिंता व्यक्त की। हालाँकि, सरकारी संरक्षण कार्यक्रमों के बारे में जागरूकता अपेक्षाकृत कम है। निष्कर्ष बताते हैं कि यदि जागरूकता अभियानों और संस्थागत सहायता के माध्यम से समर्थन किया जाए तो समुदाय-आधारित संरक्षण दृष्टिकोण अत्यधिक प्रभावी हो सकते हैं।

चर्चा

निष्कर्ष स्पष्ट रूप से प्रदर्शित करते हैं कि हनुमानगढ़ जिले में पिछले दो दशकों में पर्याप्त पारिस्थितिक परिवर्तन हुआ है। सिंचित कृषि के विस्तार से खाद्य उत्पादन और आर्थिक अवसरों में सुधार हुआ है, लेकिन साथ ही प्राकृतिक वनस्पति आवरण में कमी आई है और पारिस्थितिकी तंत्र की कार्यप्रणाली में बदलाव आया है। थार रेगिस्तान के अन्य हिस्सों में भी इसी तरह के रुझान सामने आए हैं जहां कृषि गहनता जैव विविधता में गिरावट का एक प्रमुख चालक बन गई है। प्राकृतिक वनस्पति में 2,450 वर्ग किमी से 1,680 वर्ग किमी तक की गिरावट देशी रेगिस्तानी प्रजातियों के आवास के काफी नुकसान का संकेत देती है। पर्यावास विखंडन पारिस्थितिक कनेक्टिविटी को कम करता है और प्रजातियों के अस्तित्व को नकारात्मक रूप से प्रभावित करता है। चरागाह भूमि में कमी पारंपरिक देहाती प्रणालियों पर भी दबाव डालती है और पादप समुदायों के पुनर्जनन को प्रभावित करती है। प्रजाति विविधता विश्लेषण से पता चला कि प्राकृतिक रेगिस्तानी आवास सिंचित और शहरीकृत क्षेत्रों की तुलना में उच्च जैव विविधता का समर्थन करते हैं। यह खोज अवशेष प्राकृतिक वनस्पति क्षेत्रों के पारिस्थितिक महत्व पर जोर देती है। ऐसे आवास आनुवंशिक विविधता के भंडार के रूप में काम करते हैं और बदलती पर्यावरणीय परिस्थितियों में पारिस्थितिकी तंत्र के लचीलेपन को बनाए रखने में महत्वपूर्ण भूमिका निभाते हैं। अध्ययन वनस्पति गतिशीलता पर जलवायु परिवर्तनशीलता के प्रभाव पर भी प्रकाश डालता है। बढ़ता तापमान, अनियमित वर्षा पैटर्न और लंबे समय तक शुष्क अवधि बीज के अंकुरण और जीवित रहने की दर को कम कर देती है। देशी जेरोफाइटिक प्रजातियाँ आम तौर पर सूखे की स्थिति के लिए अनुकूलित होती हैं; हालाँकि, जलवायु परिवर्तन और मानवीय अशांति के संयुक्त प्रभाव उनकी अनुकूल क्षमता से अधिक हो सकते हैं।

संरक्षण चुनौतियाँ और प्रबंधन रणनीतियाँ

मानवजनित गतिविधियों और पर्यावरणीय परिवर्तनों के संयुक्त प्रभाव के कारण हनुमानगढ़ जिले में वनस्पति विविधता का संरक्षण तेजी से चुनौतीपूर्ण हो गया है। जिला एक नाजुक रेगिस्तानी पारिस्थितिकी तंत्र का प्रतिनिधित्व करता है जहां प्राकृतिक वनस्पति कम वर्षा, उच्च तापमान और सीमित मिट्टी की नमी की स्थितियों के तहत विकसित हुई है। ऐसे पारिस्थितिक तंत्रों में गड़बड़ी के प्रति अपेक्षाकृत कम लचीलापन होता है, जिससे जैव विविधता संरक्षण एक महत्वपूर्ण चिंता का विषय बन जाता है। अध्ययन के निष्कर्षों से पता चलता है कि तेजी से कृषि विस्तार प्राकृतिक वनस्पति की गिरावट में योगदान देने वाले प्राथमिक कारकों में से एक है। नहर सिंचाई के विकास ने रेगिस्तानी भूमि के व्यापक क्षेत्रों को कृषि क्षेत्रों में बदल दिया है, जिससे निवास स्थान का विनाश और विखंडन हो गया है। जबकि कृषि विकास ने क्षेत्रीय खाद्य उत्पादन और आर्थिक स्थितियों में सुधार किया है, साथ ही इसने देशी पौधों के समुदायों की सीमा को कम कर दिया है और पारिस्थितिक प्रक्रियाओं को बदल दिया है। शहरीकरण और ढांचागत विकास ने पर्यावरणीय दबाव को और अधिक बढ़ा दिया है। बस्तियों, परिवहन नेटवर्क और वाणिज्यिक गतिविधियों के विस्तार के परिणामस्वरूप प्राकृतिक परिदृश्य निर्मित क्षेत्रों में परिवर्तित हो गए हैं। इस तरह के परिवर्तनों ने वनस्पति आवरण को कम कर दिया है और पारिस्थितिक कनेक्टिविटी को बाधित कर दिया है। पशुओं द्वारा अत्यधिक चराई जिले में एक और बड़ी चुनौती है। निरंतर चराई का दबाव झाड़ियों, घासों और पेड़ प्रजातियों के प्राकृतिक पुनर्जनन को रोकता है, जिससे प्रजातियों की संरचना और पारिस्थितिकी तंत्र उत्पादकता प्रभावित होती है। युवा पौधे अक्सर गहन चराई की स्थिति में जीवित रहने में असमर्थ होते हैं, जिसके परिणामस्वरूप पौधों की आबादी में दीर्घकालिक गिरावट आती है। जलवायु परिवर्तन जैव विविधता संरक्षण के लिए एक अतिरिक्त खतरे के रूप में उभरा है। बढ़ता तापमान, सूखे की बढ़ती आवृत्ति, अनियमित वर्षा पैटर्न और लंबे समय तक सूखा रहना वनस्पति विकास और पुनर्जनन पर प्रतिकूल प्रभाव डालता है। देशी रेगिस्तानी प्रजातियों ने कठोर पर्यावरणीय परिस्थितियों में जीवित रहने के लिए अनुकूलन विकसित किया है; हालाँकि, जलवायु परिवर्तनशीलता और मानवीय गड़बड़ी का संचयी प्रभाव उनकी अनुकूल क्षमताओं से अधिक हो सकता है। इसके अलावा, आक्रामक प्रजातियाँ तेजी से सिंचित और अशांत आवासों पर उपनिवेश बना रही हैं, और पानी, पोषक तत्वों और स्थान जैसे संसाधनों के लिए स्वदेशी वनस्पतियों के साथ प्रतिस्पर्धा कर रही हैं। अनुचित सिंचाई पद्धतियों के कारण होने वाली मिट्टी की लवणता और जलभराव भी पारिस्थितिक क्षरण और वनस्पति उत्पादकता में कमी में योगदान करते हैं।

निष्कर्ष

वर्तमान अध्ययन में हनुमानगढ़ जिले की रेगिस्तानी पारिस्थितिकी से जुड़ी वनस्पति विविधता, भूमि-उपयोग परिवर्तन और संरक्षण चुनौतियों की जांच की गई। निष्कर्षों से पता चलता है कि जिला जेरोफाइटिक पौधों की प्रजातियों की एक विविध श्रृंखला का समर्थन करता है जिन्होंने शुष्क और अर्द्ध-शुष्क पर्यावरणीय परिस्थितियों में जीवित रहने के लिए अनुकूलित किया है। प्रोसोपिस सिनेरिया, कैपेरिस डिकिडुआ, बबूल निलोटिका, साल्वाडोरा पर्सिका और टेकोमेला अंडुलाटा जैसी प्रजातियाँ क्षेत्र के महत्वपूर्ण पारिस्थितिक घटकों का निर्माण करती हैं और मिट्टी संरक्षण, पोषक चक्र और पारिस्थितिकी तंत्र स्थिरता में महत्वपूर्ण

भूमिका निभाती हैं। पुष्प विश्लेषण से पता चला कि प्राकृतिक वनस्पति क्षेत्रों में कृषि और शहरीकृत परिदृश्यों की तुलना में अधिक प्रजातियों की समृद्धि और विविधता है, जो रेगिस्तानी वातावरण के भीतर उनके पारिस्थितिक महत्व को उजागर करता है। अध्ययन से पिछले दो दशकों के दौरान भूमि-उपयोग में बड़े बदलावों का पता चला। इंदिरा गाँधी नहर प्रणाली द्वारा सिंचित कृषि के विस्तार से खेती योग्य भूमि में काफी वृद्धि हुई है, साथ ही प्राकृतिक वनस्पति आवरण और चारागाहों क्षेत्रों में भी कमी आई है। हालाँकि इन परिवर्तनों ने कृषि उत्पादकता और आर्थिक विकास में सुधार किया है, लेकिन उन्होंने निवास स्थान के नुकसान, विखंडन और पारिस्थितिक क्षरण में भी योगदान दिया है। शहरीकरण, बुनियादी ढांचे के विकास, अत्यधिक चराई, आक्रामक प्रजातियों के अतिक्रमण और जलवायु परिवर्तनशीलता ने जिले की जैव विविधता पर पर्यावरणीय दबाव को और बढ़ा दिया है। विश्लेषण से संकेत मिलता है कि प्राकृतिक आवासों की गिरावट हनुमानगढ़ में रेगिस्तानी पारिस्थितिकी तंत्र की दीर्घकालिक स्थिरता के लिए एक गंभीर खतरा पैदा करती है। पर्यावास विखंडन पारिस्थितिक कनेक्टिविटी को कम करता है और कई देशी पौधों की प्रजातियों की पुनर्जनन क्षमता को सीमित करता है। बढ़ते तापमान और अनियमित वर्षा पैटर्न जैसे जलवायु संबंधी कारक पारिस्थितिकी तंत्र की कमजोरी को और बढ़ाते हैं। अध्ययन संरक्षण गतिविधियों में सामुदायिक भागीदारी के महत्व पर भी प्रकाश डालता है, क्योंकि स्थानीय निवासियों ने पर्यावरणीय गिरावट के बारे में जागरूकता प्रदर्शित की और जैव विविधता संरक्षण उपायों के लिए समर्थन व्यक्त किया।

संदर्भ सूची

1. भंडारी, एम. एम. (1990)। भारतीय मरुस्थल की वनस्पति। जोधपुर: वैज्ञानिक प्रकाशन।
2. ड्रेग्रे, एच. ई. (2002)। शुष्क क्षेत्रों में भूमि क्षरण। शुष्क भूमि अनुसंधान एवं प्रबंधन, **16(2)**, 99-132।
3. गाडगिल, एम. एवं गुहा, आर. (1995)। पारिस्थितिकी और समानता: समकालीन भारत में प्रकृति का उपयोग और दुरुपयोग। रूटलेज प्रकाशन।
4. जैन, ए. एवं सिंह, एस. (2016)। राजस्थान के नहर-सिंचित क्षेत्रों में वनस्पति गतिकी। शुष्क पर्यावरण पत्रिका, **128**, 45-56।
5. कुमार, ए. एवं जोशी, पी. के. (2020)। शुष्क क्षेत्रों में जैव विविधता संरक्षण में सामुदायिक सहभागिता। पर्यावरण संरक्षण पत्रिका, **21(3)**, 125-136।
6. ले हौएरू, एच. एन. (1996)। जलवायु परिवर्तन, सूखा और मरुस्थलीकरण। शुष्क पर्यावरण पत्रिका, **34(2)**, 133-185।
7. मिश्र, आर. (1968)। पारिस्थितिकी कार्यपुस्तिका। ऑक्सफोर्ड एवं आई.बी.एच. प्रकाशन।

8. नोय-मेयर, आई. (1973)। मरुस्थलीय पारिस्थितिक तंत्र: पर्यावरण और उत्पादक। पारिस्थितिकी एवं तंत्र समीक्षा वार्षिकी, 4, 25-51।
9. ओडम, ई. पी. एवं बैरेट, जी. डब्ल्यू. (2005)। पारिस्थितिकी के मूल सिद्धांत (पाँचवाँ संस्करण)। ब्रूक्स/कोल प्रकाशन।
10. पाण्डेय, आर. एवं शर्मा, वी. (2018)। मरुस्थलीय वनस्पति पर जलवायु परिवर्तनशीलता का प्रभाव। भारतीय पारिस्थितिकी पत्रिका, 45(4), 710-718।
11. राय, पी. एस. एवं तोमर, एस. (2000)। दूरसंवेदी तकनीक द्वारा भूमि उपयोग एवं भूमि आवरण परिवर्तन का विश्लेषण। समकालीन विज्ञान, 79(4), 527-534।
12. शर्मा, के. डी. (2012)। राजस्थान में जलवायु परिवर्तन और जल संसाधन। समकालीन विज्ञान, 102(5), 703-710।
13. सिंह, जी., बाला, एन. एवं राठौड़, वी. एस. (2012)। थार मरुस्थल में सिंचाई विकास के पारिस्थितिक निहितार्थ। शुष्क क्षेत्र वार्षिकी, 51(3-4), 165-174।
14. शंकर, यू. एवं पाण्डेय, एच. एन. (2014)। शुष्क पारिस्थितिक तंत्रों में जैव विविधता संरक्षण। पर्यावरणीय अनुश्रवण एवं मूल्यांकन, 186(8), 4851-4863।
15. संयुक्त राष्ट्र पर्यावरण कार्यक्रम। (2021)। वैश्विक पर्यावरण परिदृश्य प्रतिवेदन।
16. अंतरसरकारी जलवायु परिवर्तन पैनल। (2023)। जलवायु परिवर्तन 2023: समेकित प्रतिवेदन।
17. संयुक्त राष्ट्र खाद्य एवं कृषि संगठन। (2022)। विश्व के वनों की स्थिति।
18. विश्व बैंक। (2021)। मरुस्थलीय पारिस्थितिक तंत्र प्रबंधन एवं सतत विकास प्रतिवेदन।
19. राजस्थान वन विभाग। (2022)। राजस्थान की जैव विविधता स्थिति प्रतिवेदन।
20. पर्यावरण, वन एवं जलवायु परिवर्तन मंत्रालय। (2021)। राष्ट्रीय जैव विविधता कार्य योजना। भारत सरकार।