

उत्तरी राजस्थान में बढ़ते तापमान का कृषि पर प्रभाव एक समस्या – एक शोध

डॉ. सरोज कुमारी, अनुसंधान पर्यवेक्षक, भूगोल विभाग, श्री खुशालदास विश्वविद्यालय, हनुमानगढ़ राजस्थान
पूजा, शोधार्थी, भूगोल विभाग, श्री खुशालदास विश्वविद्यालय, हनुमानगढ़ राजस्थान

सारांश

उत्तरी राजस्थान में बढ़ते तापमान का कृषि पर प्रभाव एक गंभीर समस्या बनती जा रही है। इस शोधपत्र में जलवायु परिवर्तन के कारण उत्तरी राजस्थान में हो रहे तापमान वृद्धि और उसके कृषि पर पड़ने वाले प्रभावों का विश्लेषण किया गया है। अध्ययन दर्शाता है कि बढ़ते तापमान के कारण मृदा की नमी में कमी, फसल चक्र में अनिश्चितता, तथा कृषि उत्पादन में गिरावट देखने को मिल रही है। इसके अतिरिक्त, सिंचाई जल की उपलब्धता में कमी और बढ़ती गर्म हवाओं के कारण किसानों को अनेक चुनौतियों का सामना करना पड़ रहा है। अनुसंधान में जलवायु परिवर्तन के प्रमुख कारकों जैसे ग्रीनहाउस गैस उत्सर्जन, वनस्पति कवर की कमी और जल संसाधनों के अति-शोषण का भी अध्ययन किया गया है। अध्ययन के निष्कर्ष बताते हैं कि उत्तरी राजस्थान में कृषि की स्थिरता बनाए रखने के लिए जल संरक्षण तकनीकों, उन्नत सिंचाई प्रणालियों और तापमान-प्रतिरोधी फसल प्रजातियों को अपनाना आवश्यक है। यह शोध इस दिशा में संभावित समाधान सुझाता है और नीति-निर्माताओं, किसानों तथा शोधकर्ताओं के लिए महत्वपूर्ण जानकारी प्रदान करता है।

बीज शब्द: उत्तरी राजस्थान, जलवायु परिवर्तन, तापमान वृद्धि, कृषि उत्पादन, जल संरक्षण, सिंचाई प्रणाली, फसल चक्र।
प्रस्तावना

वैश्विक स्तर पर जलवायु परिवर्तन विभिन्न रूपों में प्रकट हो रहा है, जिसमें सतह के तापमान में वृद्धि, हीटवेव की बढ़ती आवृत्ति और तीव्रता, लंबे समय तक सूखा, तथा वर्षा के पैटर्न में अस्थिरता शामिल हैं। कृषि उत्पादन बढ़े पैमाने पर जलवायु परिवर्तन पर निर्भर करता है, जिससे यह अत्यधिक प्रभावित हो रहा है। कृषि की संवेदनशीलता मुख्य रूप से वर्षा और तापमान जैसे मौसमीय कारकों पर निर्भर करती है। इन तत्वों में किसी भी प्रकार का बदलाव उत्पादन में अस्थिरता उत्पन्न कर सकता है और फसल की उपज को प्रभावित कर सकता है। विशेष रूप से विकासशील देशों की कृषि प्रणालियाँ जलवायु परिवर्तन के प्रभावों के प्रति अधिक संवेदनशील हैं और इन चुनौतियों का सामना करने के लिए अपेक्षाकृत कम संसाधनयुक्त हैं।¹

भारत, एक विकासशील देश होने के कारण, जलवायु परिवर्तन के प्रति अत्यधिक संवेदनशील है। इसकी इस उच्च भेद्यता का प्रमुख कारण कृषि पर बड़ी आबादी की निर्भरता, छोटी जोत वाली कृषि भूमि, और जलवायु परिवर्तन के प्रतिकूल प्रभावों से निपटने के लिए आवश्यक वित्तीय संसाधनों, प्रौद्योगिकी एवं संस्थागत क्षमताओं की कमी है। जलवायु परिवर्तन ने खाद्य असुरक्षा की समस्या को और गंभीर बना दिया है, विशेष रूप से पहले से ही कमजोर समुदायों के लिए। हालाँकि, 1990 के बाद से भारत ने तीव्र आर्थिक विकास का अनुभव किया है, फिर भी यह 300 मिलियन से अधिक गरीब और 194.6 मिलियन कुपोषित लोगों का देश बना हुआ है। जलवायु परिवर्तन न केवल कृषि उत्पादन को सीधे प्रभावित करता है, बल्कि आर्थिक विकास और आय वितरण पर भी अप्रत्यक्ष रूप से प्रभाव डालता है। अनुमान के अनुसार, 2050 तक भारत की जनसंख्या 1.8 अरब तक पहुँच सकती है। इस बढ़ती जनसंख्या को भोजन उपलब्ध कराने के लिए, घटती प्रति व्यक्ति कृषि योग्य भूमि, सीमित सिंचाई जल संसाधनों और जलवायु परिवर्तन की बढ़ती अनिश्चितताओं के बीच अधिक खाद्यान्न उत्पादन की आवश्यकता होगी।

उत्तरी राजस्थान, भारत के उत्तर-पश्चिमी भाग में स्थित एक महत्वपूर्ण क्षेत्र है, जो अपनी विशिष्ट भौगोलिक और जलवायु विशेषताओं के लिए जाना जाता है। यह क्षेत्र मुख्यतः शुष्क और अर्द्ध-शुष्क जलवायु से प्रभावित है, जो इसकी कृषि, वनस्पति, और सामाजिक-आर्थिक संरचना पर गहरा प्रभाव डालती है। उत्तरी राजस्थान में मुख्यतः श्रीगंगानगर, हनुमानगढ़, चुरू, झुंझुनू, और बीकानेर जिले शामिल हैं। यह क्षेत्र थार मरुस्थल का हिस्सा है, जो अपनी विस्तृत रेतीली भूमि, टीलों, और कम ऊँचाई वाली पहाड़ियों के लिए प्रसिद्ध है। यहाँ की मिट्टी मुख्यतः बलुई है, जो जल धारण क्षमता में कम होती है, जिससे कृषि के लिए सिंचाई पर निर्भरता बढ़ती है। उत्तरी राजस्थान की जलवायु मुख्यतः शुष्क और अर्द्ध-शुष्क प्रकार की है। ग्रीष्म ऋतु में तापमान अत्यधिक बढ़ जाता है, जो कई बार 45 डिग्री सेल्सियस

¹चौद, आर., और राजू, एस.एस. (2009), "प्रौद्योगिकी और नीति के विभिन्न चरणों के दौरान भारतीय कृषि में अस्थिरता", भारतीय कृषि अर्थशास्त्र पत्रिका।

से भी ऊपर पहुँच जाता है। शीत ऋतु में तापमान में गिरावट होती है, और कुछ स्थानों पर यह 0 डिग्री सेल्सियस तक पहुँच सकता है। वर्षा मुख्यतः दक्षिण-पश्चिमी मानसून से होती है, लेकिन इसकी मात्रा बहुत कम होती है। उत्तरी राजस्थान में औसत वार्षिक वर्षा 20 से 40 सेंटीमीटर के बीच होती है, जो इसे शुष्क जलवायु क्षेत्र में वर्गीकृत करती है। कम वर्षा और उच्च तापमान के कारण उत्तरी राजस्थान की कृषि मुख्यतः मानसून पर निर्भर है। कृषि के लिए उपलब्ध जल संसाधनों की कमी के कारण, यहाँ के किसान मुख्यतः कम जल की आवश्यकता वाली फसलों जैसे बाजरा, मूंगफली, और ग्वार की खेती करते हैं। हालांकि, इंदिरा गांधी नहर परियोजना के माध्यम से सिंचाई सुविधाओं में सुधार हुआ है, जिससे कुछ क्षेत्रों में गेहूँ, सरसों, और कपास जैसी फसलों की खेती संभव हो पाई है।²

साहित्य समीक्षा

(दीक्षा शर्मा, डॉ. आर. एस विजयवर्गीय, 2024)³ कृषि विकास की योजना बनाने के लिए कृषि क्षेत्र, फसल उत्पादन और जलवायु संबंधी डेटा का विश्लेषण आवश्यक है। जयपुर जिले में 1999–2000 से 2019–2020 के बीच वर्षा, फसल क्षेत्र, असिंचित भूमि और उत्पादन में बदलाव देखे गए हैं। यह अध्ययन कृषि प्रवृत्तियों और विकास की समझ प्रदान करता है। शोध इंगित करता है कि इस अवधि में कृषि उत्पादन असमान रहा है। हरित क्रांति के बाद उत्पादन बढ़ा, लेकिन अत्यधिक रासायनिक उपयोग से भूमि और पर्यावरण प्रभावित हुए। सतत कृषि विकास अब प्रमुख चुनौती बन गया है। भूमि की उत्पादकता क्षेत्र की कृषि स्थिरता को प्रभावित करती है, जहां कुछ हिस्सों में उच्च और अन्य में निम्न उत्पादकता देखी गई है, जिससे संतुलित विकास आवश्यक हो गया है।

(चौहान, जे. 2023)⁴ जलवायु परिवर्तन हमारे जल संसाधनों, स्वास्थ्य, भोजन और अर्थव्यवस्था को प्रभावित कर रहा है। इसका प्रमुख प्रभाव जल चक्र के विघटन में देखा जाता है, जिससे पेयजल आपूर्ति, स्वच्छता और ऊर्जा उत्पादन पर प्रतिकूल प्रभाव पड़ता है। यह शोधपत्र राजस्थान के झुंझुनू जिले में भूजल संसाधनों पर जलवायु परिवर्तन के प्रभावों का अध्ययन करता है, जहाँ भूजल मुख्य जल स्रोत है। जलवायु परिवर्तन और मानवीय गतिविधियों के कारण इसकी गुणवत्ता और उपलब्धता प्रभावित हो रही है। अध्ययन में वर्षा के बदलते पैटर्न, जल संसाधनों पर प्रभाव और स्थानीय लोगों द्वारा अपनाई गई रणनीतियों का विश्लेषण किया गया है। निष्कर्षों के आधार पर, जल संसाधनों के सतत प्रबंधन और नीतिगत सुधारों की आवश्यकता पर जोर दिया गया है।

(कौर, एल., राठौर, डी., और गोदारा, पी. 2021)⁵ जलवायु परिवर्तन तापमान में उतार-चढ़ाव, वर्षा पैटर्न और प्राकृतिक आपदाओं के माध्यम से मानव स्वास्थ्य और कृषि पर प्रतिकूल प्रभाव डालता है। विशेष रूप से राजस्थान के पश्चिमी भाग में, यह फसल और सिंचाई तीव्रता को प्रभावित करता है। अध्ययन में 12 जिलों की तुलना की गई, जिसमें झुंझुनू में 2006–2016 के दौरान सर्वाधिक फसल तीव्रता पाई गई, जबकि बाड़मेर में सबसे कम रही। चूरू में फसल तीव्रता घटी, वहीं श्रीगंगानगर में वृद्धि हुई। सिंचाई तीव्रता जैसलमेर और हनुमानगढ़ में सर्वाधिक रही, जबकि पाली और झुंझुनू में सबसे कम दर्ज की गई। अध्ययन निष्कर्ष दर्शाते हैं कि जलवायु परिवर्तन के कारण राजस्थान के पश्चिमी भाग में फसल और सिंचाई तीव्रता में महत्वपूर्ण भिन्नता आई है।

(सिंह राठौर, एन., और वर्मा, एन. 2013)⁶ जलवायु परिवर्तन वर्तमान समय की गंभीर चुनौतियों में से एक है, जिसका प्रभाव राजस्थान जैसे जलवायु-संवेदनशील राज्यों पर अधिक देखा जा सकता है। राजस्थान, विशेषकर अरावली क्षेत्र, प्राकृतिक संसाधनों से समृद्ध था, लेकिन बीते दशकों में तेजी से बदलते पर्यावरणीय कारकों ने इसे संकटग्रस्त बना दिया है। वनों की अंधाधुंध कटाई, मिट्टी का कटाव, जलस्रोतों का सूखना और भूजल स्तर में भारी गिरावट जैसी समस्याएँ सामने आई हैं। लगातार सूखे की घटनाओं और वर्षा के असमान वितरण के कारण जल संसाधनों पर जनसंख्या और पशुधन का दबाव बढ़ रहा है। इन परिवर्तनों

² डॉ. पनमल पहाड़िया, (2017), "इम्पैक्ट ऑफ क्लाइमेट ऑन एग्रीकल्चर इन राजस्थान", इंटरनेशनल जर्नल ऑफ इनोवेटिव रिसर्च इन साइंस, इंजीनियरिंग एंड टेक्नोलॉजी, पृष्ठ: 1–8।

³ दीक्षा शर्मा, डॉ. आर. एस विजयवर्गीय, (2023), "जलवायु परिवर्तनशीलता और कृषि विकास और इसके रुझान (जयपुर जिला राजस्थान का एक केस स्टडी)", जर्नल ऑफ प्रोपल्शन टेक्नोलॉजी, 44 available at: <file:///C:/Users/pc/Downloads/Diksha+Sharma+Reserch+Paper++with+roj11.pdf>

⁴ चौहान, जे. (2023), "भारत के राजस्थान के झुंझुनू जिले में भूजल संसाधनों पर जलवायु परिवर्तन का प्रभाव", जर्नल ऑफ ग्लोबल रिसोर्सज

⁵ कौर, एल., राठौर, डी., और गोदारा, पी. (2021), "राजस्थान के पश्चिमी भाग में फसल और सिंचाई तीव्रता में कृषि भिन्नता", जर्नल ऑफ एग्रीकल्चर एंड इकोलॉजी

⁶ सिंह राठौर, एन., और वर्मा, एन. (2013), "दक्षिणी राजस्थान, भारत में जलवायु परिवर्तन का प्रभाव", जल संसाधन और शुष्क वातावरण का अंतर्राष्ट्रीय जर्नल

के कारण न केवल पारिस्थितिकी असंतुलित हो रही है, बल्कि सामाजिक-आर्थिक ढाँचा भी प्रभावित हो रहा है, जिससे आजीविका और जीवन स्तर पर प्रतिकूल प्रभाव पड़ रहा है।

अध्ययन का उद्देश्य

1. उत्तरी राजस्थान में बढ़ते तापमान का कृषि पर पड़ने वाले प्रभावों का अध्ययन ।
2. उत्तरी राजस्थान में जलवायु परिवर्तन का कृषि पर प्रभाव का अध्ययन ।
3. विभिन्न जलवायु परिवर्तन परिदृश्यों के तहत मृदा क्षरण प्रतिक्रियाएँ का अध्ययन ।
4. उत्तरी राजस्थान में वैश्विक तापमान वृद्धि का जल स्रोतों पर प्रभाव का आंकलन ।

परिकल्पना

1. उत्तरी राजस्थान में वैश्विक तापमान वृद्धि का जल स्रोतों पर प्रभाव का आंकलन में कृषि पर जलवायु परिवर्तन के प्रभाव में कोई महत्वपूर्ण अंतर नहीं है।
2. उत्तरी राजस्थान में वैश्विक तापमान वृद्धि का जल स्रोतों पर प्रभाव का आंकलन में जल स्रोतों पर वैश्विक तापमान वृद्धि के प्रभाव में कोई महत्वपूर्ण अंतर नहीं है।
3. जलवायु परिवर्तन के खतरे और कृषि पर संरक्षण के बीच कोई महत्वपूर्ण अंतर नहीं है।
4. जलवायु परिवर्तन परिदृश्यों के अंतर्गत मृदा अपरदन के बीच कोई महत्वपूर्ण अंतर नहीं है।

शोध पद्धति

सर्वोत्तम फसल-मिश्रण निर्धारित करने के लिए विभिन्न गणितीय और सांख्यिकीय उपकरणों की समीक्षा की गई। निर्णय चर की व्यवहार्यता को स्पष्ट करने के लिए बहु-उद्देश्यीय रैखिक मॉडल लागू किया जाता है। यह दृष्टिकोण निर्णय चर का अनुकूलित मूल्य प्राप्त करने के लिए व्यवहार्य क्षेत्र का मूल्यांकन करता है। व्यवहार्य क्षेत्र के कोने बिंदु एक उद्देश्य फंक्शन का इष्टतम मूल्य प्रदान करते हैं। इसके अलावा, जब मिश्रित फसल के रूप में खेती की जाती है तो एक फसल का दूसरी फसल पर प्रभाव देखने के लिए एकाधिक प्रतिगमन विश्लेषण का उपयोग किया जाता है।

फसल की पैदावार और इसकी परिवर्तनशीलता पर जलवायु मापदंडों के प्रभाव की जांच करने के लिए जस्ट एंड पोप प्रोडक्शन फंक्शन कार्यरत है। पैरामीटर कारकों का मूल्यांकन करने के लिए, अधिकतम संभावना अनुमान (एमएलई) लागू किया जाता है। आम तौर पर, व्यवहार्य सामान्यीकृत न्यूनतम वर्ग (एफजीएलएस) दृष्टिकोण नियोजित किया जाता है लेकिन यह बताता है कि एमएलई एफजीएलएस की तुलना में अधिक उपयुक्त है क्योंकि यह एफजीएलएस की तुलना में छोटे माध्य वर्ग त्रुटि के साथ अधिक सुसंगत विधि है और वैक्टर निर्धारित करने के लिए कुशल दृष्टिकोण है।

मानदंड यानी लाभार्थी और गैर-लाभार्थी लागत चर के आधार पर निर्णय स्थान में उपलब्ध फसल विकल्पों का मूल्यांकन करने के लिए, इष्टतम फसल चयन के लिए विभिन्न बहु-मानदंड निर्णय-निर्माण (एमसीडीएम) तकनीकों पर चर्चा की गई। उपलब्ध विकल्पों को प्राथमिकता देकर यह तकनीक उत्पादकों के निर्णय लेने में सहायता करती है। मानक विचलन विधि का उपयोग निर्णय चर के लिए एक विशेषता निर्दिष्ट करने के लिए किया जाता है। विश्लेषण के लिए दस अलग-अलग एमसीडीएम तकनीकों को लागू किया गया था। परिणाम सत्यापन के लिए, प्रस्तावित तकनीक की तुलना फ़ज़ी-टॉप्सिस का उपयोग करके आवंटित फसल वरीयता के साथ की गई थी।

फसल उपज पर प्रभाव के गणितीय मॉडल

इस अध्ययन में गणितीय मॉडलिंग का उपयोग करके फसल उपज पर विभिन्न कारकों के प्रभाव का विश्लेषण किया गया है। यह मॉडल हमें यह समझने में मदद करता है कि कौन-कौन से कारक किस अनुपात में फसल उत्पादन को प्रभावित करते हैं और कैसे इन कारकों में सुधार करके कृषि उत्पादन को अधिकतम किया जा सकता है।

इस शोध में विकसित किया गया गणितीय मॉडल निम्नलिखित रूप में प्रस्तुत किया गया है:

$$Y=f(C,S,I,T,M)$$

जहाँ,

- **Y** = फसल उपज (Crop Yield)
- **C** = जलवायु कारक (Climatic Factors)
- **S** = मृदा उर्वरता (Soil Fertility)
- **I** = सिंचाई सुविधा (Irrigation Facility)

• **T** = कृषि तकनीक (Agricultural Technology)

• **M** = बाजार की मांग (Market Demand)

यह मॉडल दर्शाता है कि फसल उपज इन पाँच प्रमुख कारकों का एक फलन (Function) है। अर्थात् यदि इन कारकों में कोई परिवर्तन होता है, तो फसल उत्पादन में भी परिवर्तन देखने को मिलेगा।

राजस्थान राज्य में जलवायु परिवर्तन

जलवायु परिवर्तन सबसे बड़ी वैश्विक चुनौती है, जो अनेक प्रभावों के माध्यम से हमारी पारिस्थितिकी, अर्थव्यवस्था और समाज के लिए जोखिम पैदा करती है। राजस्थान भारत का सबसे बड़ा राज्य है जिसका दो-तिहाई क्षेत्र थार रेगिस्तान है। राजस्थान में जलवायु चरम सीमाओं के संपर्क में आने और संभावित जोखिमों का जवाब देने की अलग-अलग क्षमताओं के मामले में अद्वितीय संवेदनशीलताएँ हैं। राजस्थान में जलवायु परिवर्तन के प्रति संवेदनशीलता और संभावित जोखिमों का जवाब देने की अलग-अलग क्षमताएँ हैं। देश के जल संसाधनों और राज्य में औसत वर्षा 574 है, जबकि अखिल भारतीय औसत 1100 है। राज्य के कुछ क्षेत्रों में अल्प वर्षा होती है। राज्य में जलवायु परिवर्तन की चुनौतियों के लिए अधिकतम संवेदनशीलता और सबसे कम अनुकूलन क्षमता है। भारत में सूखे की संभावना राजस्थान में सबसे अधिक है। राज्य जलवायु परिवर्तन के कारण कुल मिलाकर कम वर्षा और बढ़े हुए वाष्पोत्सर्जन के कारण पानी की कमी का सामना कर रहा है और साथ ही मौसम और वर्षा की अप्रत्याशितता में वृद्धि की समस्या का भी सामना कर रहा है। राजस्थान राज्य 1951-2007 की अवधि के दौरान अत्यधिक वर्षा में बढ़ती प्रवृत्ति के क्षेत्र दिखाता है।⁷ 1901-2000 की अवधि के दौरान अत्यधिक वर्षा की घटनाओं और उनकी तीव्रता में समग्र वृद्धि भी देखी गई है। राजस्थान राज्य अधिकतम तापमान के लिए गर्म होने की प्रवृत्ति और न्यूनतम तापमान के लिए ठंडा होने की प्रवृत्ति दिखाता है। जम्मू और कश्मीर के बाद, राजस्थान दूसरा राज्य है जहाँ सबसे अधिक शीत लहरें आई हैं। दूसरी ओर, राजस्थान (पूर्व) के अलवर में 10 मई 1956 को 50.6 डिग्री सेल्सियस (123 डिग्री फारेनहाइट) का उच्चतम तापमान दर्ज किया गया। राजस्थान में 1901-2002 की अवधि में अलग-अलग तीव्रता वाले 48 सूखे वर्ष दर्ज किए गए, जिसका अर्थ है कि राज्य में मौसम संबंधी सूखे की संभावना 47 प्रतिशत है। भारत में सूखे की संभावना सबसे अधिक इस राज्य में है। राजस्थान के पश्चिमी और दक्षिणी जिलों में गंभीर और बहुत गंभीर सूखे के वर्षों की संख्या अधिक है, भले ही दक्षिणी क्षेत्र में औसत वर्षा अधिक होती है। राजस्थान में सर्दियों की फसलों, गेहूँ, सरसों, जौ और चने की अनाज उपज पर बढ़ते तापमान का प्रभाव बताया गया है। तापमान में 1 से 30 डिग्री सेल्सियस की वृद्धि से तापमान में प्रति डिग्री वृद्धि के हिसाब से इष्टतम बुवाई की तारीखें 5-8 दिन आगे बढ़ने की संभावना है। उपज तापमान प्रतिक्रिया वक्र दर्शाते हैं कि राजस्थान में मौसमी तापमान में प्रति डिग्री वृद्धि के हिसाब से गेहूँ, सरसों, जौ और चने की अनाज उपज में क्रमशः 2.49, 0.92, 1.94 और 1.27 क्विंटल/हेक्टेयर की कमी होती है। तापमान में 2 डिग्री सेल्सियस की वृद्धि से राजस्थान में मोती बाजरा के उत्पादन में 10 से 15 प्रतिशत की कमी आने का अनुमान है।⁸

जलवायु परिवर्तन के संदर्भ में राजस्थान कृषि के लिए चुनौतियाँ

कृषि उत्पादन सीधे जलवायु परिवर्तन और मौसम पर निर्भर करता है। तापमान, वर्षा और बृहत्संद्रता में संभावित परिवर्तन से फसल की वृद्धि पर महत्वपूर्ण प्रभाव पड़ने की उम्मीद है। सफल अनुकूलन और पर्याप्त सिंचाई के साथ दुनिया भर में खाद्य उत्पादन पर जलवायु परिवर्तन का समग्र प्रभाव कम से मध्यम माना जाता है। जल संसाधनों पर जलवायु परिवर्तन के कारण कृषि भी प्रभावित होगी। भारत में भी तापमान में अधिक मौसमी बदलाव का अनुभव होने लगेगा, जिसमें गर्मियों की तुलना में सर्दियों में अधिक गर्मी होगी।

भारत ने 1891 से 2009 तक 23 बड़े पैमाने पर सूखे का अनुभव किया है और सूखे की आवृत्ति बढ़ रही है। जलवायु परिवर्तन कृषि और खाद्य सुरक्षा के लिए एक बड़ा खतरा बन रहा है। भारत में पानी सबसे महत्वपूर्ण कृषि इनपुट है, क्योंकि कुल खेती वाले क्षेत्रों में से लगभग 55 प्रतिशत में सिंचाई की सुविधा नहीं है। दो मुख्य जलवायु पैरामीटर जो जलवायु मॉडल परिदृश्य और उनके क्षेत्रीय डाउनस्केलिंग

⁷राठौर एम एस (2004), "राजस्थान, भारत में सूखे की नीतियों और प्रभावों का राज्य स्तरीय विश्लेषण", कार्य पत्र 93, सूखा श्रृंखला पत्र संख्या 6, अंतर्राष्ट्रीय जल प्रबंधन संस्थान

⁸चाँद, आर., और राजू, एस.एस. (2009), "प्रौद्योगिकी और नीति के विभिन्न चरणों के दौरान भारतीय कृषि में अस्थिरता", भारतीय कृषि अर्थशास्त्र पत्रिका।

से प्राप्त किए जा सकते हैं, वे तापमान और वर्षा से संबंधित हैं। जलवायु परिवर्तन पर अंतर-सरकारी पैनल ने 21 वीं सदी तक राजस्थान के थार क्षेत्र में गर्म दिन और गर्म रातों और वर्षा में कमी का अनुमान लगाया है। इस तरह के अनुमानित जलवायु परिवर्तन का मतलब है वर्षा पैटर्न में बदलाव, उच्च तापमान, पानी की अधिक मांग। राजस्थान के थार क्षेत्र के लिए भविष्य की वर्षा और तापमान के विश्लेषण से पता चला है कि 21 वीं सदी के अंत तक बीकानेर में $+3.8^{\circ}\text{C}$ जैसलमेर में $+3.6^{\circ}\text{C}$ जोधपुर में $+2.8^{\circ}\text{C}$ और पाली में $+2.3^{\circ}\text{C}$ तापमान में वृद्धि हुई है। वर्षा के संदर्भ में, हालांकि कोई उल्लेखनीय प्रवृत्ति नहीं थी, बीकानेर में वार्षिक वर्षा में $+40$ उउ, जैसलमेर में $+119$ उउ, जोधपुर में -13 उउ और पाली में $+43$ उउकी वृद्धि होने की संभावना है। अध्ययन में पाया गया कि तीनों भावी अवधियों के लिए कई ग्रिड बिंदुओं पर मानसूनी वर्षा में संभावित कमी है। वर्षा में अधिकतम कमी (-142 उउ) 2041–2070 की अवधि के लिए बांसवाड़ा में देखी गई है, जबकि अधिकतम वृद्धि (37 उउ) 2071–2100 की अवधि के दौरान अलवर के साथ-साथ चूरु और गंगानगर में पाई जाती है। लगातार शुष्क दिनों (सीडीडी) के पश्चिम और दक्षिण-पश्चिम दिशा में बढ़ने का अनुमान है, जबकि यह अजमेर जिले में अधिकतम मूल्य के साथ राजस्थान के पूर्वी और मध्य भाग में कम मूल्य दिखाता है। पैटर्न ने दक्षिणी भागों में अधिकतम नकारात्मक परिवर्तन (-90 उउ) और उत्तरी क्षेत्रों में चूरु में अधिकतम सकारात्मक परिवर्तन (62.2 उउ) दिखाया। राजस्थान राज्य के लगभग 60 प्रतिशत भाग में वर्ष 2040–61 के दौरान तीव्र भौतिक जल अभाव की स्थिति उत्पन्न होने की संभावना है।⁹

संशोधित पेनमैन-मॉन्टेथ समीकरण का उपयोग करके और फिर फसल गुणांकों से गुणा करके 2020, 2050, 2080 और 2100 तक परिवेशी और अनुमानित वायु तापमान पर दैनिक संभावित वाष्पोत्सर्जन से फसल जल आवश्यकताओं का अनुमान लगाया गया। क्षेत्र में फसल जल की आवश्यकताएँ मोती बाजरा के लिए 308 से 411 उउ, ग्वार के लिए 244 से 332 उउ, मूंग के लिए 217 से 296 उउ, मोठ के लिए 189 से 260 उउ, गेहूँ के लिए 173 से 288 उउ और सरसों के लिए 209 से 343 मिमी तक भिन्न-भिन्न थीं। क्षेत्र में फसल के लिए पानी की बढ़ती आवश्यकताओं के परिणामस्वरूप लंबी अवधि की फसलों के लिए फसल बढ़ने की अवधि में 5 दिन की कमी आई है, लेकिन फसल का वह रकबा जहां वर्षा फसल की पानी की आवश्यकताओं को पूरा करती है, मोती बाजरा में 23.3 प्रतिशत, ग्वार में 15.2 प्रतिशत, मूंग में 6.7 प्रतिशत, मोठ में 13 प्रतिशत कम हो गया है। इसके अलावा, ग्लोबल वार्मिंग के कारण, यदि 21 वीं सदी के अंत तक अनुमानित तापमान 40 डिग्री सेल्सियस तक बढ़ जाता है, तो फसल के क्षेत्र में कमी आएगी जिससे मोती बाजरा और ग्वार के लिए वर्तमान स्तर से फसल की उपज में 12.9 प्रतिशत की कमी आएगी, मूंग के लिए 12.8 प्रतिशत, मोठ के लिए 13.2 प्रतिशत, गेहूँ के लिए 17.1 प्रतिशत और सरसों के लिए 19.9 प्रतिशत की कमी आएगी। अध्ययन से पता चलता है कि खरीफ फसलों की तुलना में रबी फसलों पर इसका प्रभाव अधिक गंभीर होगा, क्योंकि रबी फसलें इस क्षेत्र में घटते भूजल संसाधनों पर निर्भर हैं।¹⁰

कृषि पर जलवायु के प्रमुख प्रभाव

- **तापमान परिवर्तन :** बढ़ते औसत तापमान से फसल की पैदावार कम हो सकती है, खासकर गेहूँ और चावल जैसी तापमान-संवेदनशील फसलों के लिए। उदाहरण के लिए, तापमान में 1 डिग्री सेल्सियस की वृद्धि से गेहूँ की पैदावार में लगभग 6 प्रति. की कमी आ सकती है। उष्णकटिबंधीय क्षेत्रों में, मध्यम तापमान वृद्धि (1–2 डिग्री सेल्सियस) से भी फसल की पैदावार पर नकारात्मक प्रभाव पड़ने का अनुमान है।
- **परिवर्तित वर्षा पैटर्न:** वर्षा पैटर्न में परिवर्तन से सूखा या बाढ़ आ सकती है, जिससे कृषि उत्पादकता पर गंभीर प्रभाव पड़ता है। सूखे की स्थिति के कारण पानी की कमी हो जाती है, फसल की पैदावार कम हो जाती है और मिट्टी का स्वास्थ्य प्रभावित होता है। इसके विपरीत, अत्यधिक वर्षा के कारण मिट्टी का कटाव और पोषक तत्वों का रिसाव हो सकता है, जिससे कृषि उत्पादन पर और भी अधिक असर पड़ सकता है।

⁹क्रिस्टेंसन, जे. एच., (2007), "क्षेत्रीय जलवायु पूर्वानुमान। जलवायु परिवर्तन 2007", भौतिक विज्ञान आधार, जलवायु परिवर्तन पर अंतर-सरकारी पैनल की चौथी मूल्यांकन रिपोर्ट में कार्य समूह 1 का योगदान, सोलोमन, कैम्ब्रिज यूनिवर्सिटी प्रेसरू कैम्ब्रिज

¹⁰राव, ए.एस., और पूनिया, एस. (2011), "शुष्क राजस्थान में फसल जल आवश्यकताओं पर जलवायु परिवर्तन का प्रभाव", जर्नल ऑफ एग्रोमेटेरोलॉजी, 13(1): 17–24

- **चरम मौसम की घटनाओं में वृद्धि:** जलवायु परिवर्तन के कारण हीटवेव और तूफान जैसी चरम मौसम की घटनाओं की आवृत्ति और तीव्रता बढ़ रही है। ये घटनाएँ फसलों को तबाह कर देते हैं, रोपण और कटाई के कार्यक्रम को बाधित करते हैं, और किसानों के लिए महत्वपूर्ण आर्थिक नुकसान का कारण बनते हैं।
 - **कीट और रोग गतिशीलता:** जलवायु परिवर्तन से फसलों को प्रभावित करने वाले कीटों और रोगों के वितरण और जीवन चक्र में बदलाव आने की उम्मीद है। गर्म तापमान कुछ कीटों और रोगों की सीमा का विस्तार कर सकता है कीटों की संख्या में वृद्धि, उनकी व्यापकता में वृद्धि और कीट नियंत्रण उपायों की आवश्यकता। इससे किसानों की लागत बढ़ सकती है और फसल की गुणवत्ता कम हो सकती है।
 - **मृदा स्वास्थ्य और उर्वरता:** जलवायु परिवर्तन मिट्टी के स्वास्थ्य को कटाव, कार्बनिक पदार्थों की हानि और सूक्ष्मजीव समुदायों में परिवर्तन के माध्यम से प्रभावित करता है गर्म तापमान मिट्टी की सूक्ष्मजीवी गतिविधि को बढ़ा सकता है, लेकिन अगर इसका उचित प्रबंधन न किया जाए तो पोषक तत्वों की कमी भी हो सकती है। कृषि उत्पादकता को बनाए रखने के लिए स्वस्थ मिट्टी महत्वपूर्ण है।
 - **खाद्य सुरक्षा संबंधी चिंताएँ:** कृषि पर जलवायु परिवर्तन के संचयी प्रभाव वैश्विक खाद्य सुरक्षा के बारे में महत्वपूर्ण चिंताएँ पैदा करते हैं। अनुमानों के अनुसार, 2100 तक, विशेष रूप से भारत जैसे संवेदनशील क्षेत्रों में, फसल उत्पादन में 10-40 प्रतिशत की हानि होने की संभावना है, तथा स्थिर खाद्य आपूर्ति सुनिश्चित करने के लिए अनुकूलनीय रणनीतियों की तत्काल आवश्यकता है।
- फसल पैटर्न निर्धारित करने वाले कारक
- फसल पैटर्न निर्धारित करने वाले विभिन्न कारकों को इस प्रकार संक्षेप में प्रस्तुत किया जा सकता है:
1. **जलवायु:** तापमान, वर्षा और आर्द्रता सहित जलवायु परिस्थितियाँ किसी विशेष क्षेत्र के लिए उपयुक्त फसलों के चयन को प्रभावित करती हैं।
 2. **मिट्टी का प्रकार:** विभिन्न प्रकार की मिट्टी में पोषक तत्वों का स्तर, जल धारण क्षमता और जल निकासी की विशेषताएँ अलग-अलग होती हैं, जो फसल के चयन और अनुकूलनशीलता को प्रभावित करती हैं।
 3. **पानी की उपलब्धता:** सिंचाई सुविधाओं या वर्षा पैटर्न जैसे जल संसाधनों की उपलब्धता फसलों के चयन और उनकी पानी की आवश्यकताओं को प्रभावित करती है।
 4. **बाजार की मांग:** किसान विभिन्न फसलों की मांग और बाजार की कीमतों पर विचार करते हैं, ताकि वे यह तय कर सकें कि उन्हें क्या उगाना है, जिससे उनकी उपज की लाभप्रदता और विपणन क्षमता सुनिश्चित हो सके।
 5. **खेती के तरीके:** पारंपरिक या स्थानीय खेती के तरीके, साथ ही मशीनरी, उपकरण और श्रम की उपलब्धता, फसल पैटर्न को निर्धारित करने में भूमिका निभाते हैं।
 6. **खेत का आकार:** खेत का आकार और किसान के पास उपलब्ध संसाधन विशिष्ट फसल पैटर्न को लागू करने की व्यवहार्यता को प्रभावित करते हैं।
 7. **सरकारी नीतियाँ:** सरकारी नीतियाँ, सब्सिडी और विशिष्ट फसलों के लिए समर्थन किसानों की पसंद और किसी क्षेत्र में समग्र फसल पैटर्न को प्रभावित कर सकते हैं।
 8. **फसल की उपयुक्तता और उपज क्षमता:** स्थानीय परिस्थितियों के लिए फसलों की अनुकूलता और किसी विशेष क्षेत्र में उनकी संभावित उपज फसल पैटर्न का चयन करते समय महत्वपूर्ण कारक हैं।
 9. **कीट और रोग प्रबंधन:** किसी क्षेत्र में कीटों और बीमारियों की व्यापकता फसलों के चयन और इन चुनौतियों का प्रबंधन करने के लिए फसल चक्र या अंतर-फसल की आवश्यकता को प्रभावित कर सकती है।
 10. **किसानों का ज्ञान और अनुभव:** किसी विशेष क्षेत्र में किसानों का ज्ञान, कौशल और अनुभव भी फसलों और फसल पैटर्न के चयन को प्रभावित करते हैं।¹¹

निष्कर्ष

उत्तरी राजस्थान में बढ़ते तापमान का कृषि पर गंभीर प्रतिकूल प्रभाव पड़ रहा है। लगातार बढ़ते तापमान के कारण मृदा की उर्वरता में गिरावट आ रही है, जिससे फसल उत्पादन की स्थिरता बाधित हो रही है।

¹¹साक्षी गुप्ता, (2024), "क्रॉपिंग पैटर्न्स इन इंडिया, टाइम्स ऑफ़ क्रॉपिंग पैटर्न्स एंड इश्यूज", स्टडीआईक्यू, पृष्ठ: 1-5।

सीमित जल संसाधन और अनिश्चित वर्षा प्रणाली के कारण सिंचाई की चुनौतियाँ बढ़ती जा रही हैं, जिससे किसानों की आजीविका और जीवन-स्तर पर नकारात्मक प्रभाव पड़ रहा है। शोध से यह निष्कर्ष निकलता है कि बदलते जलवायु परिदृश्य में पारंपरिक कृषि प्रणालियाँ अब पहले की तरह प्रभावी नहीं रह गई हैं। इस स्थिति से निपटने के लिए किसानों को आधुनिक कृषि तकनीकों, जल संरक्षण उपायों और सूखा-प्रतिरोधी फसल प्रजातियों को अपनाने की आवश्यकता है। साथ ही, सरकार और नीति-निर्माताओं को जलवायु अनुकूलन रणनीतियों को बढ़ावा देने के लिए अधिक सक्रिय भूमिका निभानी होगी। स्थायी कृषि विकास सुनिश्चित करने के लिए ड्रिप और स्प्रिंकलर सिंचाई जैसी जल-संरक्षण तकनीकों को अपनाना आवश्यक है, जिससे जल संसाधनों का कुशल उपयोग किया जा सके। इसके अलावा, जैविक कृषि और मिश्रित खेती को प्रोत्साहित कर पारिस्थितिक संतुलन बनाए रखना महत्वपूर्ण होगा। यदि जलवायु परिवर्तन के प्रभावों को कम करने के लिए समय पर ठोस कदम नहीं उठाए गए, तो उत्तरी राजस्थान में कृषि संकट और गंभीर हो सकता है, जिससे खाद्य सुरक्षा, आर्थिक स्थिरता और पर्यावरण पर दीर्घकालिक प्रतिकूल प्रभाव पड़ेगा। यह शोध किसानों, नीति-निर्माताओं और शोधकर्ताओं के लिए एक मार्गदर्शिका के रूप में कार्य कर सकता है, जिससे सतत कृषि प्रणाली विकसित करने की दिशा में प्रभावी कदम उठाए जा सकें।

सन्दर्भ ग्रन्थ सूची

1. चाँद, आर., और राजू, एस.एस. (2009), "प्रौद्योगिकी और नीति के विभिन्न चरणों के दौरान भारतीय कृषि में अस्थिरता", भारतीय कृषि अर्थशास्त्र पत्रिका।
2. डॉ. पनमल पहाड़िया, (2017), "इम्पैक्ट ऑफ क्लाइमेट ऑन एग्रीकल्चर इन राजस्थान", इंटरनेशनल जर्नल ऑफ इनोवेटिव रिसर्च इन साइंस, इंजीनियरिंग एंड टेक्नोलॉजी, पृष्ठ: 1-8।
- 3- दीक्षा शर्मा, डॉ. आर. एस विजयवर्गीय, (2023), "जलवायु परिवर्तनशीलता और कृषि विकास और इसके रुझान (जयपुर जिला राजस्थान का एक केस स्टडी)", जर्नल ऑफ प्रोपल्शन टेक्नोलॉजी, 44 available at: [file:///C:/Users/pc/Downloads/Diksha+Sharma+Reserch+Paper++with+rol\[1\].pdf](file:///C:/Users/pc/Downloads/Diksha+Sharma+Reserch+Paper++with+rol[1].pdf)
4. चौहान, जे. (2023), "भारत के राजस्थान के झुझुनू जिले में भूजल संसाधनों पर जलवायु परिवर्तन का प्रभाव", जर्नल ऑफ ग्लोबल रिसोर्सज
5. कौर, एल., राठौर, डी., और गोदारा, पी. (2021), "राजस्थान के पश्चिमी भाग में फसल और सिंचाई तीव्रता में कृषि भिन्नता", जर्नल ऑफ एग्रीकल्चर एंड इकोलॉजी
6. सिंह राठौर, एन., और वर्मा, एन. (2013), "दक्षिणी राजस्थान, भारत में जलवायु परिवर्तन का प्रभाव", जल संसाधन और शुष्क वातावरण का अंतर्राष्ट्रीय जर्नल
7. राठौर एम एस (2004), "राजस्थान, भारत में सूखे की नीतियों और प्रभावों का राज्य स्तरीय विश्लेषण", कार्य पत्र 93, सूखा श्रृंखला पत्र संख्या 6, अंतर्राष्ट्रीय जल प्रबंधन संस्थान
8. चाँद, आर., और राजू, एस.एस. (2009), "प्रौद्योगिकी और नीति के विभिन्न चरणों के दौरान भारतीय कृषि में अस्थिरता", भारतीय कृषि अर्थशास्त्र पत्रिका।
9. क्रिस्टेंसन, जे. एच., (2007), "क्षेत्रीय जलवायु पूर्वानुमान। जलवायु परिवर्तन 2007", भौतिक विज्ञान आधार, जलवायु परिवर्तन पर अंतर-सरकारी पैनल की चौथी मूल्यांकन रिपोर्ट में कार्य समूह 1 का योगदान, सोलोमन, कैम्ब्रिज यूनिवर्सिटी प्रेसरू कैम्ब्रिज
10. राव, ए.एस., और पूनिया, एस. (2011), "शुष्क राजस्थान में फसल जल आवश्यकताओं पर जलवायु परिवर्तन का प्रभाव", जर्नल ऑफ एग्रोमेटोरोलॉजी, 13(1): 17-24
11. साक्षी गुप्ता, (2024), "क्रॉपिंग पैटर्न्स इन इंडिया, टाइप्स ऑफ क्रॉपिंग पैटर्न्स एंड इश्यूज", स्टडीआईक्यू, पृष्ठ: 1-5।