मानसून और कृषि उत्पादन का स्थानिक वितरण

अभिनव नारायणन और हरेंद्र कुमार बेहेरा ^

यह अध्ययन भारत में वर्षा के स्थानिक वितरण और खरीफ फसलों की खेती पर इसके प्रभाव का विश्लेषण करता है। जिला स्तर पर वर्षा और कृषि उत्पादन पर सुमेलित लॉन्जीट्यूडीनल डाटा का उपयोग करके, यह अध्ययन फसल उत्पादन पर इसके प्रभाव का आकलन करने के लिए वर्षा में भिन्नताओं का उपयोग करता है। निष्कर्ष सभी फसलों के लिए वर्षा के महत्व को रेखांकित करते हैं; हालाँकि, चरम मौसम की घटनाएँ - जैसे कि अत्यधिक या अपर्याप्त वर्षा उत्पादन प्रक्रियाओं को बाधित करती हैं, जिससे फसलों को नुकसान होता है और उपज की गुणवत्ता कम हो जाती है। अलग-अलग फसल उत्पादन चक्रों के कारण इन चरम मौसम की घटनाओं का समय भी महत्वपूर्ण है। जून और जुलाई में अपर्याप्त वर्षा होने से अनाज और दलहन उत्पादन पर प्रतिकूल प्रभाव पड़ता है, जबकि तिलहन फसल कटाई के दौरान अत्यधिक वर्षा होने से खराब हो सकती है।

परिचय

खरीफ फसलों के उत्पादन में वर्षा महत्वपूर्ण भूमिका निभाती है, मुख्यतः इसलिए क्योंकि केवल सिंचाई इन फसलों की जल आवश्यकताओं को पूरा नहीं कर सकती। उच्च उपज वाली फसल किस्मों, जलवायु-क्षम किस्मों और फसल प्रौद्योगिकियों के विकास के लिए दशकों के अनुसंधान के बावजूद, अधिकांश उत्पादन अभी भी वर्षा पर निर्भर करता है। जलवायु परिवर्तन ने वैश्विक स्तर पर मौसम के मिजाज़ को बदल दिया है, जिसके परिणामस्वरूप हाल के वर्षों में भारत में बाढ़, सूखा और लू जैसी चरम स्थितियाँ उत्पन्न हुई हैं। इस संदर्भ में, यह अध्ययन फसल उत्पादन में वर्षा की भूमिका का विश्लेषण करता है, जिसमें विशेष रूप से अत्यधिक और अपर्याप्त वर्षा, दोनों के प्रभावों पर ध्यान केंद्रित किया गया है।

कृषि उत्पादन देश की अर्थव्यवस्था के लिए महत्वपूर्ण है क्योंकि यह क्षेत्र सकल घरेलू उत्पाद में 18.2 प्रतिशत का योगदान देता है और 42.3 प्रतिशत कार्यबल को रोजगार देता है।[1] अतः, वर्षा समष्टि आर्थिक नीतियों को प्रभावित करती है। राजकोषीय नीति विभिन्न मूल्य समर्थन प्रणालियों और कृषि सब्सिडी से जुड़ी होती है, जबकि मौद्रिक नीति मूल्य स्थिरता बनाए रखने के उद्देश्य से बनाए गए तंत्रों से प्रभावित होती है, जो खाद्य कीमतों से प्रभावित होते हैं।

भारत जैसे विशाल भूभाग और विविध कृषि-जलवायु परिस्थितियों वाले देश में विभिन्न क्षेत्रों में फसल उत्पादन में काफी भिन्नता होती है। यद्यपि समय के साथ विभिन्न नीतियों ने किसानों को विशिष्ट फसलों की खेती के लिए प्रोत्साहित किया है, फिर भी उत्पादन काफी हद तक स्थानीय कृषि-जलवायु कारकों से प्रभावित होता है। उदाहरण के लिए, धान, कुछ दलहनों और तिलहनों जैसी फसलें मुख्य रूप से उन क्षेत्रों में उगाई जाती हैं जहाँ दक्षिण-पश्चिम मानसून में पर्याप्त वर्षा होती है। अन्यथा, उत्पादन प्रक्रिया बहुत अधिक सिंचाई पर निर्भर होगी जिससे जल के वैकल्पिक स्रोतों (भूजल, जलाशयों, आदि) पर दबाव पड़ता है। इस अध्ययन में जिलों में वर्षा की स्थानिक भिन्नता का उपयोग किया गया है और विभिन्न खरीफ फसलों की उत्पादन प्रक्रिया पर इसके प्रभाव का अनुमान लगाया गया है। यह अध्ययन इन फसलों की खेती करने वाले जिलों में कम या अधिक वर्षा के प्रभावों का भी अनुमान लगाता है, और किस प्रकार ये विविधताएं उत्पादन प्रक्रियाओं को बाधित करती हैं। इन फसलों की प्रकृति के कारण, यह पहचानना महत्वपूर्ण है कि बुवाई या कटाई के चरणों के दौरान अपर्याप्त या अत्यधिक वर्षा अंतिम उत्पादन परिणामों पर अलग-अलग प्रभाव डाल सकती है। इस प्रकार, यह अध्ययन विशिष्ट महीनों में चरम मौसम की घटनाओं की पहचान करने की कोशिश करता है जो विभिन्न फसलों पर प्रभाव डाल सकती हैं। यह देखते हुए कि दक्षिण-पश्चिम मानसून की वर्षा जून से सितंबर तक होती है, हम उत्पादन पर इसके प्रभावों का मूल्यांकन करने के लिए इस समय सीमा और विशिष्ट महीनों में वर्षा के स्थानिक वितरण पर ध्यान केंद्रित करते हैं।

लेख का शेष भाग मोटे तौर पर इस प्रकार संरचित है। खंड II में वर्षा-कृषि संबंध पर प्रासंगिक जानकारी प्रस्तुत की गई है। खंड II में भारत में वर्षा के स्थानिक वितरण और कृषि उत्पादन से

^ लेखक आर्थिक और नीति अनुसंधान विभाग से हैं। इस लेख में व्यक्त किए गए विचार लेखकों के हैं और भारतीय रिज़र्व बैंक के विचारों का प्रतिनिधित्व नहीं करते हैं।

[1] https://pib.gov.in/PressReleasePage.aspx?PRID=2034943

संबंधित शैलीगत तथ्यों का परीक्षण किया गया है। कृषि उत्पादन पर वर्षा के स्थानिक और वास्तविक वितरण के प्रभाव का अध्ययन करने की पद्धति पर खंड IV में चर्चा की गई है, तथा अनुभवजन्य परिणाम खंड V में प्रस्तुत किए गए हैं। खंड VI अध्ययन का समापन खंड है।

II. चयनित जानकारी

भारत में वर्षा और कृषि के बीच संबंधों का व्यापक रूप से अध्ययन किया गया। संक्षिप्तता के लिए हम उन चुनिंदा अध्ययनों पर ध्यान केंद्रित करते हैं जिनमें इस विषय का अध्ययन करने के लिए विस्तृत आँकड़ों का उपयोग किया गया है। प्रसन्ना (2014) ने पाया कि मानसूनी वर्षा का खरीफ मौसम में पैदावार पर सीधा और सकारात्मक प्रभाव पड़ता है, जबकि मानसून के बाद की वर्षा जल और मिट्टी की नमी को प्रभावित करके रबी फसलों को प्रभावित करती है। गैल और काज़ेनबर्गर (2024) ने फसल की पैदावार पर जलवायु परिवर्तन के प्रभाव का अनुमान लगाने के लिए वैश्विक जलवायु मॉडल की भविष्यवाणियों का इस्तेमाल किया और पाया कि, वर्षा और तापमान को प्रभावित करने वाले विभिन्न उत्सर्जन परिदृश्यों के आधार पर, 2021-2100 के बीच चावल की पैदावार में 3-22 प्रतिशत की कमी हो सकती है। महाराष्ट्र राज्य पर ध्यान केंद्रित करते हुए ज़कारिया एवं अन्य (2020) ने पाया कि बढ़ते तापमान की तुलना में वर्षा की कमी का फसल उत्पादन पर अपेक्षाकृत अधिक प्रभाव पड़ता है। घोष और कौस्तुभ (2023) ने पाया कि वर्षा का मुद्रास्फीति के साथ एक अ-रैखिक संबंध है, मुख्य रूप से कृषि जीवीए पर इसके प्रभावों के माध्यम से। गुप्ता और अन्य (2023) ने सिंचाई बुनियादी ढांचे में सुधार के संदर्भ में खरीफ फसलों पर दक्षिण-पश्चिम मानसून के महत्व का मूल्यांकन करने के लिए राज्य-स्तरीय उत्पादन और वर्षा के आंकड़ों का विश्लेषण किया और पाया कि सिंचाई के माध्यम से अल्प वर्षा के प्रभाव को कम किया जा सकता है। वर्षा और कृषि फसल उत्पादन के बीच संबंधों पर ध्यान केंद्रित करने वाले अन्य अध्ययनों में मेहर एवं अन्य (2015); ऑफहैमर एवं अन्य (2012); फिशमैन (2016); रेवाडेकर और प्रीति (2012) शामिल हैं। कपूर (2018) का मत है कि समग्र स्तर पर अत्यधिक/अल्प वर्षा का कृषि गतिविधि पर महत्वपूर्ण प्रभाव पड़ता है। यह शोधपत्र मानसून ऋतु के दौरान अपर्याप्त और अत्यधिक वर्षा, दोनों के प्रभावों की पड़ताल करके विश्लेषण को आगे बढ़ाता है, और वर्षा के स्थानिक वितरण को बेहतर ढंग से दर्शाने के लिए जिला-स्तरीय आँकड़ों का उपयोग करता है। इसके अलावा, हमारा उद्देश्य विभिन्न फसलों के अलग-अलग फसल चक्रों को ध्यान में रखते हुए मानसून ऋतु के विशिष्ट महीनों में वर्षा के प्रभावों की पहचान करना है।

III. आँकड़े और शैलीबद्ध तथ्य

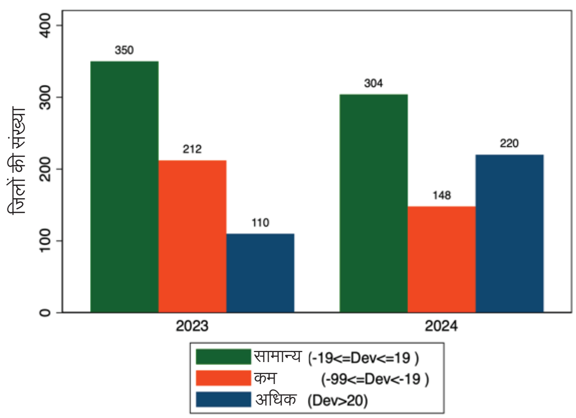
यह शोधपत्र वर्षा के स्थानिक विश्लेषण के लिए भारत मौसम विज्ञान विभाग (आईएमडी) के आँकड़ों का उपयोग करता है, जो दैनिक और मासिक आवृत्ति पर उपलब्ध हैं। जिला-स्तरीय कृषि उत्पादन आँकड़े भारत सरकार के कृषि मंत्रालय से हैं और विभिन्न वर्षों और जिलों में एकरूपता बनाए रखने के लिए भारतीय अर्थव्यवस्था निगरानी केंद्र (सीएमआईई) के कमोडिटी डेटाबेस से एकत्र किए गए हैं।

भारत में दक्षिण-पश्चिम मानसून हवाओं का एक मौसमी स्वरूप है जो जून और सितंबर के बीच देश की अधिकांश वार्षिक वर्षा लाता है। यह हिंद महासागर से उत्पन्न होता है और गर्मियों के दौरान भूभाग की गर्मी से आकर्षित होकर भारतीय उपमहाद्वीप की ओर बढ़ता है। यह मानसून भारत की जलवायु और कृषि का एक महत्वपूर्ण हिस्सा है, जो फसलों के लिए आवश्यक वर्षा प्रदान करता है, विशेष रूप से खरीफ मौसम (जून से अक्टूबर) के दौरान, जिसमें चावल, कपास और दालें जैसी फसलें शामिल हैं। गर्मियों के महीनों के दौरान अत्यधिक गर्मी के दौर के बाद, 2024 में दक्षिण-पश्चिम मानसून का मौसम जून 2024 में कम वर्षा के साथ शुरू हुआ और उसके बाद जुलाई, अगस्त और सितंबर 2024 में अधिक वर्षा हुई। पहले दो महीनों के दौरान वर्षा का स्थानिक वितरण असमान था, लेकिन अगले दो महीनों के दौरान इसमें सुधार हुआ। 2024 में अधिक वर्षा वाले जिलों में वृद्धि हुई, जबकि कम और सामान्य वर्षा वाले जिलों में 2023 की तुलना में कमी आई है।

भारत में 2023 और 2024 के लिए दक्षिण-पश्चिम मानसून वर्षा का स्थानिक वितरण दर्शाता है कि 2023 की तुलना में 2024 में सामान्य वर्षा वाले जिलों की संख्या में कमी आई है (चार्ट 1ए)। हालाँकि, 2024 में कम वर्षा वाले जिलों की संख्या

चार्ट 1 : 2023 की तुलना में 2024 में वर्षा वितरण

ए. श्रेणीनुसार वर्षा वितरण



बी. जिला और श्रेणीनुसार विर्षा वितरण

		2024 (जिलों की संख्या)		
		सामान्य	कम	अधिक
2023 (जिलों की संख्या)	सामान्य	170	59	121
	कम	96	81	35
	अधिक	38	8	64

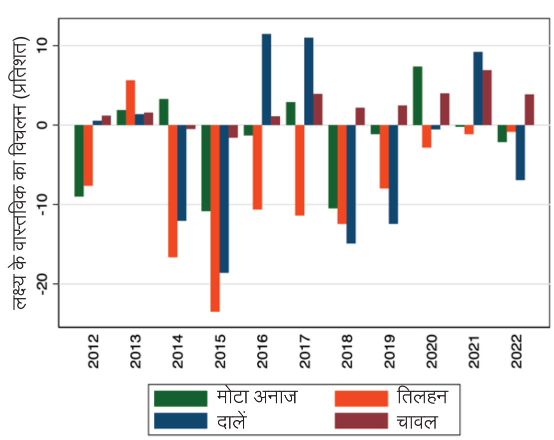
टिप्पणी: वर्षा की श्रेणियां भारतीय मौसम विभाग (आईएमडी) की परिभाषा पर आधारित हैं। देखें https://mausam.imd.gov.in/imd_latest/monsoonfaq.pdf.
स्रोत: आईएमडी

कम हो गई, जबकि अधिक वर्षा वाले जिलों की संख्या बढ़ गई। जिला आंकड़े दर्शाते हैं कि 2023 में सामान्य वर्षा वाले 59 जिलों में 2024 में कम वर्षा हुई, जबकि 2023 में सामान्य वर्षा वाले 121 जिलों में 2024 में अधिक वर्षा हुई (चार्ट 1बी)। दूसरी ओर, 2023 में कम वर्षा वाले 96 जिलों में 2024 में सामान्य वर्षा दर्ज की गई। स्थानिक वितरण की अंतर्निहित गतिशीलता के आधार पर, 2023 की तुलना में 2024 में अल्प वर्षा वाले जिले जिनमें सामान्य वर्षा हुई, उनमें निवल वृद्धि 37 है जबकि सामान्य वर्षा वाले जिले, जिनमें अधिक वर्षा हुई, उनमें निवल कमी 83 है।

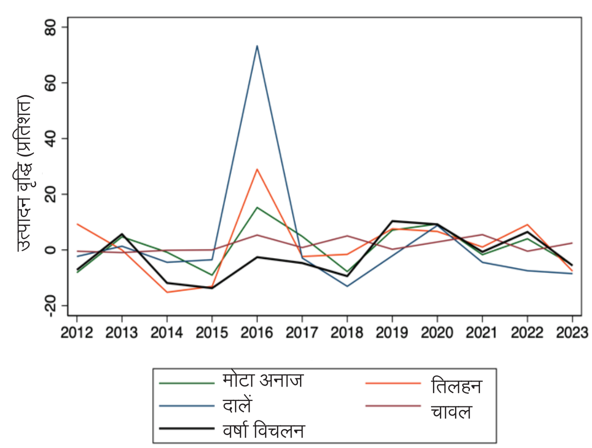
विभिन्न फसल समूहों के उत्पादन पैटर्न और उनके लक्ष्यों में पाया गया अंतर यह दर्शाता है कि चावल ही एकमात्र ऐसी फसल है जो लगभग हर साल लक्ष्य उत्पादन को पूरा करती है (चार्ट 2ए)। दूसरी ओर, तिलहन और दलहन लगातार लक्ष्य उत्पादन से नीचे रहते हैं। खरीफ मौसम के दौरान इन चार फसल समूहों के

चार्ट 2 : उत्पादन (लक्ष्य की तुलना में वास्तविक) और वर्षा विचलन

ए. फसलवार उत्पादन विचलन



बी. फसलवार उत्पादन वृद्धि



स्रोत: लेखकों की गणनाएं अर्थशास्त्र और सांख्यिकी निदेशालय, कृषि और किसान कल्याण विभाग तथा आईएमडी के डेटा पर आधारित हैं।

उत्पादन में होने वाली वार्षिक वृद्धि दर्शाती है कि उन वर्षों में उच्च उत्पादन का एक सामान्य रुझान है जब दक्षिण-पश्चिम मानसून सभी फसलों के लिए बेहतर होता है (चार्ट 2बी)। चावल उत्पादन एक सुसंगत पैटर्न के अनुसार होता दिखाई देता है, जबकि अन्य फसलें, विशेष रूप से तिलहन और दलहन, मानसूनी वर्षा पर अत्यधिक निर्भर हैं। यह भारतीय कृषि पैटर्न पर आधारित एक ज्ञात तथ्य है, जबकि चावल उत्पादन की स्थिरता का श्रेय चावल उत्पादन के लिए सिंचित भूमि के उच्च उपलब्धता को दिया जा सकता है।

उक्त अवलोकन दर्शाते हैं कि वर्षा के स्थानिक वितरण में वर्ष-दर-वर्ष उतार-चढ़ाव होता रहता है। यह स्पष्ट है कि खरीफ फसलों के लिए वर्षा महत्वपूर्ण है, लेकिन वर्षा की मात्रा और पैटर्न के आधार पर विभिन्न फसलों के बीच उत्पादन पर इसका प्रभाव भिन्न होता है। इस अध्ययन का उद्देश्य वर्षा के स्थानिक वितरण का विश्लेषण करना तथा यह बताना है कि यह विभिन्न फसलों के उत्पादन को किस प्रकार प्रभावित करता है।

IV. अनुभवजन्य रणनीति

हम मानसून ऋतु के दौरान प्रत्येक फसल के वार्षिक उत्पादन आँकड़ों का मिलान जिला स्तर पर वर्षा से करते हैं। इसके अतिरिक्त, हम उन माह-वर्ष संयोजनों की पहचान करते हैं जिनमें वर्षा कम या अधिक रही। फसल उत्पादन पर वर्षा के स्थानिक पैटर्न के प्रभाव का आकलन करने के लिए, हम पहले निम्नलिखित विनिर्देश का उपयोग करते हैं:

$$\ln(production)_{cdst} = \alpha_d + \theta_{st} + \beta_1 * \ln(Rainfall)_{dst} + \beta_2 * \ln(Rainfall)_{dst} * Deficient_{dst} + \beta_3 * \ln(Rainfall)_{dst} * Excess_{dst} + \beta_4 * \ln(Area\ Sown)_{dst} + \epsilon_{cdst} \quad \ldots (1)$$

जहाँ $\ln(production)_{cdst}$ वर्ष t में जिला d, राज्य s में फसल c के उत्पादन (लॉग) को दर्शाता है। $\ln(\text{Rainfall})_{dst}$ और $\ln(\text{Area Sown})_{dst}$ जिला d, राज्य s और वर्ष t में वास्तविक वर्षा और बुआई क्षेत्र को दर्शाते हैं। यदि वर्ष t में जिला d में कम या अधिक वर्षा होती है, तो Deficient_{dst} और Excess_{dst} का मान क्रमशः 1 होता है, अन्यथा शून्य होता है। वेरिएबल ऑफ इंटरेस्ट $\beta1$ है जो हमें फसल उत्पादन पर वर्षा के सीमांत प्रभाव को बताता है। गुणांक $\beta2$ और $\beta3$, किसी जिले में किसी विशेष वर्ष में कम या अधिक वर्षा होने पर वर्षा के सीमांत प्रभाव को दर्शाते हैं। अतः , यदि किसी विशेष वर्ष में सभी जिलों में सामान्य वर्षा हुई, तो वर्षा का सीमांत प्रभाव $\beta1$ होगा। लेकिन यदि कोई ऐसे जिले हैं जहाँ उस वर्ष कम (या अधिक) वर्षा हुई है, तो वर्षा का प्रभाव $\beta1 + \beta2$ (या $\beta1 + \beta3$) होगा।

हम जिला स्थिर प्रभावों (α_d) को शामिल करते हैं जो किसी भी समय अपरिवर्तनीय विशेषताओं (जैसे, मिट्टी की विशेषताएँ, दीर्घकालिक कृषि-जलवायु परिस्थितियाँ) और किसी भी अप्रत्याशित जिला-स्तरीय परिस्थितियों को नियंत्रित करते हैं जो किसी विशेष फसल के उत्पादन को प्रभावित कर सकती हैं। विनिर्देश में राज्य-विशिष्ट वर्ष स्थिर प्रभाव (θ_{st}) शामिल हैं जो किसी भी व्यापक आर्थिक घटनाओं जैसे नीतिगत परिवर्तन (जैसे, न्यूनतम समर्थन मूल्य, उर्वरक सब्सिडी, व्यापार नीतियाँ) या जलवायु परिवर्तन (जैसे, अल नीनो, ला नीना) को नियंत्रित करते हैं जो किसी विशेष वर्ष में किसी विशेष राज्य में घटित हो सकते हैं और एक ही समय में राज्य के सभी जिलों को प्रभावित करते हैं। राज्य-विशिष्ट वर्ष के निश्चित प्रभाव उन सभी राज्य-स्तरीय चरों (जैसे, राज्य सकल घरेलू उत्पाद, ऋण, राज्य-स्तर पर सिंचाई अवसंरचना, आदि) को भी नियंत्रित करते हैं जो उत्पादन प्रक्रिया को प्रभावित कर सकते हैं।

चूँकि विभिन्न फसलों का फसल चक्र अलग-अलग होता है, इसलिए हम प्रत्येक फसल के लिए किसी विशेष महीने में कम या अधिक वर्षा के प्रभाव का पता लगाने का प्रयास करते हैं। ऐसा करने के लिए, हम महीनेवार अंतःक्रियात्मक पदों को शामिल करके पहले विनिर्देश (स्पेसिफिकेशन) को और विस्तृत करते हैं:

$$\ln(production)_{cdst} = \alpha_d + \theta_{st} + \beta_1 * \ln(Rainfall)_{dst} + \sum_{m = Jun, Jul, Aug, Sep} \beta_{2,m} * \ln(Rainfall)_{dst} * Deficient_{dstm} + \sum_{m = Jun, Jul, Aug, Sep} \beta_{3,m} * \ln(Rainfall)_{dst} * Excess_{dstm} + \beta_4 * \ln(Area\ Sown)_{dst} + \epsilon_{cdst} \quad \ldots (2)$$

यहाँ, वर्ष ‘t’ में यदि जिला ‘d’ में जून के महीने में कम वर्षा हुई है, तो $Deficient_{dstm}$ (यदि m = jun) का मान 1 होगा। अन्य महीनों और अधिक वर्षा के लिए भी यही बात लागू होती है। शेष

चरों की व्याख्या समीकरण 1 के समान ही है। इस विनिर्देश में, हम यह देखने के लिए गहराई से अध्ययन करने का प्रयास करते हैं कि क्या मानसून ऋतु के दौरान किसी विशेष महीने में अधिक कम वर्षा फसल उत्पादन के लिए मायने रखती है। विशेष रूप से, यदि जिलों में जून, जुलाई, अगस्त या सितंबर में कम या अधिक वर्षा होती है, तो फसल उत्पादन पर वर्षा का कुल सीमांत प्रभाव क्या है। यह महत्वपूर्ण है क्योंकि विभिन्न फसलों के लिए जल और मृदा नमी की आवश्यकता अलग-अलग होती है। उदाहरण के लिए, कटाई के मौसम में अत्यधिक वर्षा आमतौर पर फसलों को नुकसान पहुँचाती है और अधिकांश फसलों के लिए हानिकारक होती है। वास्तव में, दलहन फसलों के लिए पुष्पन के मौसम में अत्यधिक वर्षा और बुवाई के मौसम में कम वर्षा फसलों के लिए हानिकारक होती है। चूँकि इस विश्लेषण के लिए जिला स्तर पर उत्पादन और वर्षा दोनों के आँकड़े आवश्यक हैं, इसलिए जिलों में उपलब्ध निरंतर आँकड़ों के आधार पर समयावधि 2012-2022 तक सीमित है। ऐतिहासिक आँकड़ों की तुलना में हाल की अवधि के आँकड़े रखने का एक लाभ यह है कि जिला स्तर पर फसल उत्पादन को प्रभावित करने वाले किसी भी दीर्घकालिक परिवर्तन को ध्यान में रखा जा सकता है। हमारे सभी विनिर्देशों में, हम जिलों के भीतर किसी भी क्रमिक सहसंबंध को ध्यान में रखते हुए जिला स्तर पर मानक त्रुटियों को समूहीकृत करते हैं।

चूँकि किसी जिले में किसी फसल का वास्तविक उत्पादन पिछले वर्ष के उत्पादन पर निर्भर हो सकता है, इसलिए एक गतिशील पैनल विनिर्देश का उपयोग एक सुदृढ़ता जाँच के रूप में किया जाता है जिसमें उत्पादन का विलंबित मान शामिल होता है। इस विनिर्देश के परिणाम परिशिष्ट सारणी ए.1-ए.3 में प्रस्तुत किए गए हैं।

V. परिणाम

हम कुल अनाज उत्पादन और दो प्रमुख फसलों: धान और मक्का के लिए समीकरण 1 का अनुमान लगाते हैं। परिणाम बताते हैं कि कृषि उत्पादन को प्रभावित करने में वर्षा की महत्वपूर्ण भूमिका होती है, हालाँकि इसका प्रभाव विभिन्न फसलों पर अलग-अलग होता है (सारणी 1)। एक प्रतिशत अधिक वर्षा से अनाज उत्पादन में 0.04 प्रतिशत, धान उत्पादन में 0.03 प्रतिशत और मक्का उत्पादन में 0.16 प्रतिशत की वृद्धि होती है। ये परिणाम दर्शाते हैं कि धान की तुलना में वर्षा में परिवर्तन के प्रति मक्का अधिक संवेदनशील है, जो संभवतः वर्षा आधारित क्षेत्रों में प्राकृतिक जल स्रोतों पर इस फसल की निर्भरता के कारण है।

सारणी 1: फसल उत्पादन पर वर्षा का असर (अनाज)

	(1)	(2)	(3)
	अनाज	**धान**	**मक्का**
ln Rainfall(Actual)	0.038* (0.019)	0.031* (0.017)	0.159** (0.071)
ln Rainfall*Deficient	-0.007*** (0.002)	-0.005** (0.002)	0.0002 (0.006)
ln Rainfall*Excess	-0.003 (0.002)	0.002 (0.002)	-0.011* (0.006)
ln AreaSown	1.049*** (0.040)	1.066*** (0.040)	1.065*** (0.026)
Constant	14.205*** (0.245)	14.245*** (0.229)	13.511*** (0.499)
District FE	हां	हां	हां
State*Year FE	हां	हां	हां
N	4165	3807	3278
R^2	0.95	0.96	0.97

टिप्पणियां: मानक त्रुटियों को जिला*वर्ष स्तर पर समूहीकृत किया गया है।
* $p<0.10$, ** $p<0.05$, *** $p<0.01$
स्रोत: लेखकों की गणनाएं।

परिणाम वर्षा परिवर्तनों से होने वाले अलग-अलग प्रभावों को भी उजागर करते हैं। कम वर्षा का कुल अनाज और धान उत्पादन पर मामूली नकारात्मक प्रभाव पड़ता है। वर्षा की कमी का धान पर कम प्रभाव पड़ता है जिसका कारण धान की खेती में सिंचाई प्रणालियों का व्यापक उपयोग हो सकता है, जिससे फसल पर कम वर्षा का बड़ा प्रभाव नहीं होता। जबकि, मक्का का उत्पादन कम वर्षा से अप्रभावित रहता है, जो इसकी अनुकूलन क्षमता और मिट्टी की नमी या कम वर्षा वाली परिस्थितियों के अनुकूल कृषि पद्धतियों पर संभावित निर्भरता को दर्शाता है।

दूसरी ओर, अत्यधिक वर्षा, विशेष रूप से मक्का के लिए, एक महत्वपूर्ण बाधा के रूप में उभरती है। अत्यधिक वर्षा मक्का उत्पादन को आधार रेखा से 0.011 प्रतिशत कम कर देती है, जिससे यह पता चलता है कि जलभराव या लंबे समय तक पानी का जमा रहना इस फसल पर प्रतिकूल प्रभाव डालता है। यह मक्का की भौगोलिक विशेषताओं के अनुरूप है, क्योंकि

यह खराब जल निकासी और जल संचय के प्रति अत्यधिक संवेदनशील है।

सारणी 2 दलहन के संबंध में समीकरण 1 से प्राप्त रिग्रे-शन परिणामों को दर्शाती है। कॉलम 1 समग्र दलहन उत्पादन के परिणामों दर्शाता है जबकि कॉलम 2, 3 और 4 खरीफ मौसम के दौरान उगाई गई तीन प्रमुख दालों, अर्थात् अरहर, मूंग और उड़द के परिणामों को दर्शाते हैं। परिणाम दर्शाते हैं कि मूंग को छोड़कर सभी दालों पर वर्षा का बड़ा सकारात्मक प्रभाव पड़ता है, जबकि मूंग के लिए वर्षा सांख्यिकीय रूप से महत्वपूर्ण नहीं है। वर्षा में 1 प्रतिशत की वृद्धि से समग्र दलहन उत्पादन में 0.33 प्रतिशत की वृद्धि होती है। कम वर्षा से समग्र दलहन और अरहर उत्पादन प्रभावित होता है और मूंग पर इसका नकारात्मक लेकिन सांख्यिकीय रूप से महत्वहीन प्रभाव पड़ता है। कम वर्षा का उड़द उत्पादन पर सकारात्मक प्रभाव पड़ता है। दिलचस्प बात यह है कि अधिक वर्षा सभी प्रकार की दालों के लिए काफी हानिकारक प्रतीत होती है। अरहर और मूंग की सफलता के लिए एक पूर्वा-पेक्षा यह है कि उसके लिए उचित जल निकासी हो। उन क्षेत्रों में मेड़ स्थापन प्रभावी है जहां उप-सतही जल निकासी खराब है। कुल मिलाकर, दालों का उत्पादन कम और अधिक वर्षा, दोनों के प्रति काफ़ी संवेदनशील प्रतीत होता है। इसलिए, इसके लिए सही मात्रा में वर्षा की ज़रूरत होती है, जो न ज़्यादा हो और न ही कम।

हम तिलहनों के भी लिए समीकरण 1 का अनुमान लगाते हैं, जिसमें तीन प्रमुख खरीफ तिलहनों, अर्थात् सोयाबीन, मूंगफली और सूरजमुखी (सारणी 3) पर ध्यान केंद्रित किया गया है। कुल तिलहन उत्पादन के लिए वर्षा महत्वपूर्ण प्रतीत होती है। वर्षा में एक प्रतिशत की वृद्धि से उत्पादन में 0.3 प्रतिशत की वृद्धि होती है। हालाँकि, प्रत्येक फसल पर व्यक्तिगत प्रतिक्रियाएँ अपेक्षाकृत कमज़ोर हैं। कम वर्षा तिलहनों (सूरजमुखी को छोड़कर) पर नका-रात्मक प्रभाव डालती है, लेकिन इनमें से कोई भी प्रभाव सां-ख्यिकीय रूप से महत्वपूर्ण नहीं है। अत्यधिक वर्षा समग्र तिलहन उत्पादन, विशेष रूप से सोयाबीन, को महत्वपूर्ण रूप से कम कर देती है।

सोयाबीन एक वर्षा आधारित फसल है जिसकी खेती खरीफ मौसम में की जाती है और इसे मानसून आने के बाद ही बोया जाता है। किसानों को सलाह दी जाती है कि वे उचित अंकुरण और स्थिर वृद्धि सुनिश्चित करने के लिए 100 मिमी वर्षा होने के बाद ही अपनी फसल बोएँ। तथापि, फसल पकने के दौरान अत्यधिक वर्षा सोयाबीन की गुणवत्ता को कम कर सकती है। जहाँ गर्म और आर्द्र परिस्थितियाँ स्वस्थ वृद्धि को बढ़ावा देती हैं, वहीं

सारणी 2: फसल उत्पादन पर वर्षा का असर (दालें)

	(1)	(2)	(3)	(4)
	दालें	अरहर	मूंग	उड़द
ln Rainfall(Actual)	0.333*** (0.107)	0.345*** (0.133)	0.203 (0.206)	0.466*** (0.130)
ln Rainfall*Deficient	-0.017** (0.008)	-0.018* (0.010)	-0.025 (0.019)	0.024*** (0.009)
ln Rainfall*Excess	-0.033*** (0.010)	-0.017* (0.010)	-0.054*** (0.020)	-0.038*** (0.009)
ln AreaSown	1.023*** (0.023)	1.034*** (0.039)	1.048*** (0.071)	1.016*** (0.030)
Constant	11.246*** (0.700)	11.253*** (0.894)	11.623*** (1.313)	9.982*** (0.875)
District FE	हां	हां	हां	हां
State*Year FE	हां	हां	हां	हां
N	3307	2519	1827	2603
R^2	0.95	0.96	0.97	0.96

टिप्पणियां: मानक त्रुटियों को जिला*वर्ष स्तर पर समूहीकृत किया गया है।
* p<0.10, ** p<0.05, *** p<0.01
स्रोत: लेखकों की गणनाएं।

सारणी 3: फसल उत्पादन पर वर्षा का असर (तिलहन)

	(1)	(2)	(3)	(4)
	तिलहन	सोयाबीन	मूंगफली	सूरजमुखी
ln Rainfall(Actual)	0.303** (0.143)	0.089 (0.084)	0.197 (0.184)	0.382 (0.316)
ln Rainfall*Deficient	-0.005 (0.010)	-0.013 (0.009)	-0.023 (0.025)	0.005 (0.020)
ln Rainfall*Excess	-0.036*** (0.010)	-0.036*** (0.009)	-0.001 (0.014)	0.0001 (0.016)
ln AreaSown	0.911*** (0.051)	0.910*** (0.042)	1.075*** (0.093)	1.028*** (0.046)
Constant	12.350*** (0.963)	13.710*** (0.585)	12.642*** (1.281)	11.171*** (1.888)
District FE	हां	हां	हां	हां
State*Year FE	हां	हां	हां	हां
N	2237	1160	1937	315
R^2	0.92	0.92	0.95	0.96

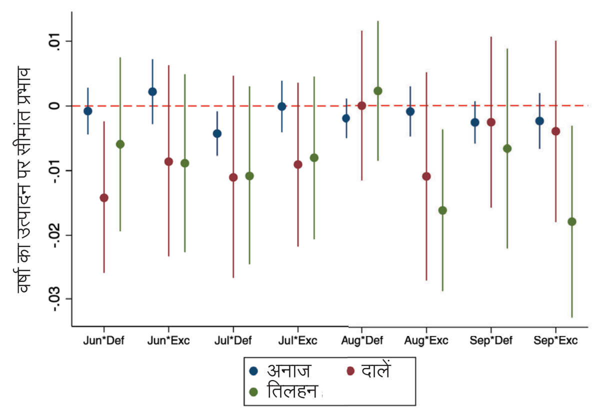
टिप्पणियां: मानक त्रुटियों को जिला*वर्ष स्तर पर समूहीकृत किया गया है।
* p<0.10, ** p<0.05, *** p<0.01
स्रोत: लेखकों की गणनाएं।

ठंडा और गीला मौसम अंकुरण में बाधा डालता है और बीज सड़ने का जोखिम बढ़ाता है। हालाँकि हमें मूंगफली पर कम या ज़्यादा बारिश का कोई ख़ास असर नहीं दिखता, लेकिन इसका उत्पादन पाले, भयंकर सूखे या रुके हुए पानी जैसी चरम स्थितियों के प्रति संवेदनशील होता है। अधिकतम उपज और उच्च गुणवत्ता वाली मूंगफली प्राप्त करने के लिए फूल आने, फलियाँ बनने और फलियाँ बनने के दौरान पर्याप्त वर्षा बेहद ज़रूरी है।

सारणियां ए.1-ए.3 एक गतिशील पैनल विनिर्देशन के परिणाम प्रस्तुत करती हैं। उत्पादन पर वर्षा का प्रभाव हमारे आधारभूत विनिर्देशन के अनुरूप प्रतीत होता है। कम या अधिक वर्षा का प्रभाव, प्रभाव की दिशा में सुसंगत होते हुए भी, सांख्यिकीय महत्त्व की दृष्टि से मामूली विचलन हैं। उदाहरण के लिए, जहाँ हमारे आधारभूत परिणामों में अत्यधिक वर्षा का दलहन उत्पादन पर सांख्यिकीय रूप से महत्वपूर्ण नकारात्मक प्रभाव पड़ता है, वहीं गतिशील पैनल अनुमान के परिणाम सांख्यिकीय रूप से महत्वपूर्ण नहीं हैं। दूसरी ओर, कम वर्षा का हमारे आधारभूत विनिर्देशन में तिलहन उत्पादन पर कोई महत्वपूर्ण प्रभाव नहीं पड़ता है, लेकिन गतिशील पैनल विनिर्देशन में इसका नकारात्मक और सांख्यिकीय रूप से महत्वपूर्ण प्रभाव पड़ता है। इन मामूली विचलनों को ध्यान में रखते हुए, कुल मिलाकर परिणाम दोनों प्रकार के विनिर्देशनों में एक समान पाए जाते हैं।

सारणी 1, 2 और 3 के परिणाम दर्शाते हैं कि समग्र वर्षा विभिन्न फसलों के उत्पादन को कैसे प्रभावित करती है और साथ ही कम या अधिक वर्षा के प्रति उनकी संवेदनशीलता को भी उजागर करती है। ये अनुमान पूरे मानसून ऋतु के दौरान कम या अधिक वर्षा के प्रभाव का औसत दर्शाते हैं। हालाँकि, पानी की आवश्यकता, मिट्टी की नमी और उत्पादन चक्र की अवधि के आधार पर प्रत्येक फसल के लिए फसल चक्र अलग-अलग होते हैं। उदाहरण के लिए, धान के खेतों को फसल जीवन चक्र के बढ़ते मौसम के दौरान कम से कम 10 सप्ताह तक पर्याप्त पानी से भरा रहना चाहिए। दूसरी ओर, मक्का की बुवाई उस इष्टतम समय पर की जानी चाहिए जब जलभराव की संभावना कम हो। इसी प्रकार, दलहन और तिलहन खरीफ मौसम में उगाए जाते हैं, हालाँकि ये वर्षा पर निर्भर होते हैं, इसलिए वर्षा का समय और तीव्रता महत्वपूर्ण होती है।

चार्ट 3: स्थानिक वर्षा का उत्पादन पर सीमांत प्रभाव



टिप्पणी: यह चार्ट बाद के समीकरण विनिर्देश के आधार पर, विश्वास अंतरालों के साथ मासिक गुणांक अनुमानों को दर्शाता है। 'Def' और 'Exc' क्रमशः जिला स्तर पर कम और अधिक वर्षा के डमी को दर्शाते हैं।
स्रोत: लेखकों के अनुमान।

वर्षा के स्थानिक परिवर्तन को बनाए रखते हुए, इसके कालिक पहलू को समझने के लिए, समीकरण 2 दक्षिण-पश्चिम मानसून ऋतु के दौरान कम या अधिक वर्षा के लिए मासिक डमी चर प्रस्तुत करता है। मासिक गुणांक किसी विशेष माह में कम या अधिक वर्षा के सीमांत प्रभाव को दर्शाते हैं (चार्ट 3)। बिंदु बिंदु अनुमानों को दर्शाते हैं जबकि ऊर्ध्वाधर रेखाएँ 95 प्रतिशत विश्वास अंतराल को दर्शाती हैं। अनुमान दर्शाते हैं कि वर्षा का स्थानिक और कालिक वितरण फसल उत्पादन को महत्वपूर्ण रूप से प्रभावित करता है। अनाज उत्पादन के लिए, जुलाई में कम वर्षा उत्पादन पर प्रतिकूल प्रभाव डालती है। बुवाई के मौसम में दलहन उत्पादन कम वर्षा के प्रति संवेदनशील होता है, जबकि अगस्त और सितंबर में अधिक वर्षा तिलहन उत्पादन के लिए हानिकारक होती है। इस प्रकार, फसलों की बुवाई, अंकुरण और कटाई के समय के आधार पर, कम या अधिक वर्षा का उत्पादन पर अलग-अलग प्रभाव पड़ता है।

VI. निष्कर्ष

यह लेख दक्षिण-पश्चिम मानसून के स्थानिक वितरण पर ज़ोर देते हुए, खरीफ फसल उत्पादन पर वर्षा के प्रभाव की जाँच करता है। हमारा विश्लेषण विभिन्न फसलों के उत्पादन परिणामों को निर्धारित करने में वर्षा की महत्वपूर्ण भूमिका पर प्रकाश डालता है, और समय, तीव्रता और वितरण के विभेदक प्रभावों

पर ज़ोर देता है। निष्कर्ष बताते हैं कि औसत वर्षा फसल उत्पादन के लिए महत्वपूर्ण है। जहाँ अनाज, दलहन और तिलहन को समय पर और पर्याप्त वर्षा से लाभ होता है, वहीं प्रमुख विकास चरणों के दौरान कमी या अधिकता के रूप में विचलन से महत्वपूर्ण नुकसान हो सकता है। चूँकि विभिन्न फसलों के फसल चक्र अलग-अलग होते हैं, इसलिए बुवाई और कटाई के समय अपर्याप्त या अत्यधिक वर्षा समग्र उत्पादन पर नकारात्मक प्रभाव डालती है।

हमारे निष्कर्ष बताते हैं कि भारी वर्षा वाले क्षेत्रों में, जल्दी बुवाई की सलाह दी जाती है ताकि मक्के के पौधे विकास की अधिक मज़बूत अवस्था तक पहुँच सकें, जिससे वे ऐसी प्रतिकूल परिस्थितियों का बेहतर ढंग से सामना करने में सक्षम हो सकें। दिलचस्प बात यह है कि धान की उच्च जल आवश्यकता को देखते हुए, अत्यधिक वर्षा उसके उत्पादन पर महत्वपूर्ण प्रभाव नहीं डाल सकती है। धान की स्थिर जल को सहन करने की क्षमता अत्यधिक वर्षा के प्रति उसके लचीलेपन का कारण हो सकती है।

कुल मिलाकर, परिणाम क्षेत्र-विशिष्ट और फसल-विशिष्ट जल प्रबंधन रणनीतियों की आवश्यकता को रेखांकित करते हैं। जहाँ वर्षा आम तौर पर उत्पादन को बढ़ावा देती है, वहीं अत्यधिक वर्षा, विशेष रूप से मक्का, दलहन और तिलहन के लिए, महत्वपूर्ण चुनौतियाँ पेश करती है। नीति निर्माता और कृषि विस्तार सेवाएँ इन जानकारियों का उपयोग फसल विविधीकरण को बढ़ावा देने, जल निकासी के बुनियादी ढाँचे में सुधार लाने और जलभराव के जोखिमों को कम करने वाली रोपण रणनीतियों को प्रोत्साहित करने के लिए कर सकते हैं, जिससे वर्षा परिवर्तनशीलता के प्रति लचीलापन बढ़ेगा। नीति निर्माताओं और कृषि व्यवसायियों को वर्षा परिवर्तनशीलता के प्रतिकूल प्रभावों को कम करने के लिए सिंचाई प्रणालियों में सुधार और लचीली फसल किस्मों को अपनाने पर ध्यान केंद्रित करना चाहिए। इन चुनौतियों का समाधान करके, किसान बदलते मानसून पैटर्न से उत्पन्न अनिश्चितताओं के बावजूद अधिक स्थिर और टिकाऊ फसल पैदावार प्राप्त कर सकते हैं।

चूँकि जलवायु परिवर्तन चरम मौसम की घटनाओं का कारण बनता है, इसलिए फसल उत्पादन के लिए जोखिम बढ़ते हैं जा रहे हैं। भारत जैसे विविधतापूर्ण देश में, जलवायु परिवर्तन का प्रभाव विभिन्न क्षेत्रों में अलग-अलग होगा। इसलिए, यह पता लगाने के लिए और अधिक शोध आवश्यक है कि इन चरम घटनाओं का स्थानिक वितरण कृषि उत्पादन और फसल चक्रों को कैसे प्रभावित करता है। यह अध्ययन इसी दिशा में एक प्रयास है।

संदर्भ

Auffhammer, M., Ramanathan, V. and Vincent, J.R. Climate change, the monsoon, and rice yield in India. *Climatic Change* 111, 411–424 (2012).

Fishman, R. (2016). More uneven distributions overturn benefits of higher precipitation for crop yields. *Environmental Research Letters*, *11*(2), 024004.

Gallé, J., and Katzenberger, A. (2024). Indian agriculture under climate change: The competing effect of temperature and rainfall anomalies. *Economics of Disasters and Climate Change*, 1-53.

Gupta, K., Kumar, S., and Gulati, S. (2023). Agriculture's dependency on monsoon rainfall in India. Reserve Bank of India Bulletin. August.

Ghosh, S., Kaustubh. (2023). Weather events and their impact on growth and inflation in India. Reserve Bank of India Bulletin. June.

Kapur, M. (2018). Macroeconomic policies and transmission dynamics in India. MPRA Working Paper No. 88566, August.

Meher, J. K., Das, L., and Dutta, M. (2015). Recent trends in monsoon rainfall and its effect on yield of *Kharif* rice in five subdivisions of North India. *Journal of Agroecology and Natural Resource Management*, *2*(3), 192-196.

Prasanna, V. (2014). Impact of monsoon rainfall on the total foodgrain yield over India. *Journal of Earth System Science*, *123*(5), 1129-1145.

Revadekar, J. V., and Preethi, B. (2012). Statistical analysis of the relationship between summer monsoon precipitation extremes and foodgrain yield over India. *International Journal of Climatology*, *32*(3), 419-429.

Zachariah, M., Mondal, A., Das, M., AchutaRao, K. M., and Ghosh, S. (2020). On the role of rainfall deficits and cropping choices in loss of agricultural yield in Marathwada, India. *Environmental Research Letters*, *15*(9), 094029.

परिशिष्ट

सारणी ए.1: फसल उत्पादन (अनाज) पर वर्षा का प्रभाव: गतिशील पैनल अनुमान

	(1)	(2)	(3)
	अनाज	**धान**	**मक्का**
ln Production(lagged)	0.929***	0.954***	0.888***
	(0.009)	(0.009)	(0.024)
ln Rainfall(Actual)	0.058***	0.034*	0.181***
	(0.018)	(0.020)	(0.052)
ln Rainfall*Deficient	-0.008***	-0.004*	-0.007
	(0.003)	(0.002)	(0.009)
ln Rainfall*Excess	-0.000	0.003	-0.007
	(0.003)	(0.004)	(0.008)
ln AreaSown	0.206***	0.133***	0.287***
	(0.020)	(0.016)	(0.035)
District FE	हां	हां	हां
State*Year FE	हां	हां	हां
N	3575.00	3248.00	2737.00

टिप्पणियां: मानक त्रुटियों को जिला*वर्ष स्तर पर समूहीकृत किया गया है।
* $p<0.10$, ** $p<0.05$, *** $p<0.01$
स्रोत: लेखकों की गणनाएं।

सारणी ए.2: फसल उत्पादन (दालें) पर वर्षा का प्रभाव: गतिशील पैनल अनुमान

	(1)	(2)	(3)	(4)
	दालें	**अरहर**	**मूंग**	**उड़द**
ln Production(lagged)	0.797***	1.021***	0.894***	0.809***
	(0.041)	(0.069)	(0.084)	(0.078)
ln Rainfall(Actual)	0.245***	-0.162	0.004	0.292*
	(0.094)	(0.152)	(0.179)	(0.168)
ln Rainfall*Deficient	-0.026**	-0.050***	-0.046**	0.027**
	(0.011)	(0.016)	(0.020)	(0.011)
ln Rainfall*Excess	-0.010	0.005	-0.005	-0.026*
	(0.011)	(0.017)	(0.022)	(0.015)
ln AreaSown	0.480***	0.205***	0.314***	0.323***
	(0.043)	(0.069)	(0.084)	(0.064)
District FE	हां	हां	हां	हां
State*Year FE	हां	हां	हां	हां
N	2741.00	2078.00	1447.00	2149.00

टिप्पणियां: मानक त्रुटियों को जिला*वर्ष स्तर पर समूहीकृत किया गया है।
* $p<0.10$, ** $p<0.05$, *** $p<0.01$
स्रोत: लेखकों की गणनाएं।

सारणी ए.3: फसल उत्पादन (तिलहन) पर वर्षा का प्रभाव: गतिशील पैनल अनुमान

	(1)	(2)	(3)	(4)
	तिलहन	**सोयाबीन**	**मूंगफली**	**सूरजमुखी**
ln Production(lagged)	0.940***	0.768***	1.157***	0.721***
	(0.042)	(0.054)	(0.094)	(0.050)
ln Rainfall(Actual)	0.118	0.362***	-0.292	0.534***
	(0.083)	(0.114)	(0.188)	(0.104)
ln Rainfall*Deficient	-0.020*	-0.002	-0.085**	-0.071***
	(0.012)	(0.012)	(0.041)	(0.024)
ln Rainfall*Excess	-0.014	-0.050***	0.057*	0.005
	(0.010)	(0.012)	(0.031)	(0.022)
ln AreaSown	0.183***	0.340***	-0.073	0.614***
	(0.051)	(0.059)	(0.099)	(0.068)
District FE	हां	हां	हां	हां
State*Year FE	हां	हां	हां	हां
N	2426.00	966.00	1564.00	238.00

टिप्पणियां: मानक त्रुटियों को जिला*वर्ष स्तर पर समूहीकृत किया गया है।
* $p<0.10$, ** $p<0.05$, *** $p<0.01$
स्रोत: लेखकों की गणनाएं।