

भारत में मानसून वर्षा पर कृषि की निर्भरता

कश्यप गुप्ता, सुनील कुमार और सार्थक गुलाटी¹ द्वारा

दक्षिण-पश्चिम मानसून (एसडब्ल्यूएम) खाद्यान्न उत्पादन के लिए महत्वपूर्ण बना हुआ है। अल नीनो की चिंताओं को देखते हुए, यह अध्ययन सिंचाई के बुनियादी ढांचे में सुधार के बीच खरीफ फसलों के उत्पादन के लिए एसडब्ल्यूएम के महत्व की अनुभवजन्य जांच करता है। परिणामों से संकेत मिलता है कि एसडब्ल्यूएम वर्षा का प्रभाव सांख्यिकीय रूप से महत्वपूर्ण है, लेकिन हाल की अवधि में इसमें कमी आई है। इसके अलावा, कम सिंचाई की तुलना में अधिक सिंचाई वाली अवधि में प्रभाव अपेक्षाकृत कम स्पष्ट पाया जाता है, यह दर्शाता है कि सिंचाई कृषि उत्पादन पर मानसून की कमी के प्रतिकूल परिणामों को कम करती है।

भारत में कृषि क्षेत्र मानसून वर्षा, विशेष रूप से दक्षिण-पश्चिम मानसून (एसडब्ल्यूएम) पर निर्भर रहता है। भारत में औसत वार्षिक वर्षा 4,000 बिलियन क्यूबिक मीटर (बीसीएम) होने का अनुमान है, जिसमें एसडब्ल्यूएम (जून-सितंबर) के दौरान औसत वर्षा 3,000 बीसीएम है, जो वार्षिक वर्षा का लगभग 80 प्रतिशत योगदान देती है (भारतीय कृषि राज्य, भारत सरकार, 2017)। जलवायु परिवर्तन को दर्शाते हुए एसडब्ल्यूएम के स्थानिक वितरण में कुछ बदलाव आया है। इस संबंध में, भाटला एट अल (2022) ने पश्चिमी भारत में आईएसएमआर की वृद्धि के साथ जलवायु परिवर्तन में भारतीय ग्रीष्मकालीन मानसून वर्षा (आईएसएमआर) के पश्चिमी बदलाव की रिपोर्ट की, जबकि पूर्वोत्तर भारतीय क्षेत्र में काफी गिरावट आई। खरीफ मौसम के दौरान कृषि उत्पादन के लिए एसडब्ल्यूएम के दौरान वर्षा महत्वपूर्ण रहती है; हालांकि, मात्रा और पहुंच दोनों के संदर्भ में सिंचाई सुविधाओं में वृद्धि और जल-कुशल सिंचाई तकनीकों को अपनाने से, भारतीय कृषि की मानसून वर्षा पर निर्भरता कम हो

रही है। उदाहरण के लिए, 2021 में अखिल भारतीय स्तर पर एसडब्ल्यूएम दीर्घकालिक औसत (एलपीए) से 0.7 प्रतिशत नीचे था और वर्ष के दौरान खरीफ खाद्यान्न उत्पादन में 3.2 प्रतिशत की वृद्धि हुई। एसडब्ल्यूएम कई कारकों से प्रभावित होता है, विशेष रूप से अल नीनो जो पूर्वी प्रशांत क्षेत्र में भूमध्य रेखा के साथ गर्म पानी के निर्माण के कारण होता है। गर्म महासागर की सतह वायुमंडल को गर्म करती है, जिससे नमी युक्त हवा ऊपर उठती है और बारिश को तूफान में बदल देती है। हालांकि 2023 एक अल नीनो वर्ष है, भारतीय मौसम विज्ञान विभाग (आईएमडी) ने 2023 के दौरान एक सामान्य एसडब्ल्यूएम का अनुमान लगाया है क्योंकि एसडब्ल्यूएम अवधि के दौरान सकारात्मक "हिंद महासागर द्विध्रुवीय (आईओडी)" स्थितियां (एक अन्य मौसम प्रभाव) विकसित होने और अल नीनो के प्रभाव को रोकने की संभावना है।

एसडब्ल्यूएम न केवल खरीफ खाद्यान्न उत्पादन के लिए बल्कि रबी खाद्यान्न उत्पादन के लिए भी महत्वपूर्ण है क्योंकि वे नमी के स्तर में सुधार और जलाशय के स्तर को बढ़ाकर बाद में मदद करते हैं। घोष एट अल (2023) के एक हालिया अध्ययन में पूरे देश के लिए वार्षिक वर्षा वृद्धि और कृषि जीवीए में वृद्धि के बीच एक सकारात्मक और सांख्यिकीय रूप से महत्वपूर्ण संबंध पाया गया है। इस पृष्ठभूमि में और अल नीनो की चिंताओं को देखते हुए, यह अध्ययन एक पैनल सह-एकीकरण ढांचे (कोइटीग्रेशन प्रेमवर्क) में 1988-89 से 2021-22 तक एसडब्ल्यूएम वर्षा, सिंचाई और खरीफ फसलों के उत्पादन के राज्य-वार¹ वार्षिक आंकड़ों का उपयोग करके वर्षा के प्रति फसल उत्पादन की संवेदनशीलता की जांच करने पर केंद्रित है। अनुभवजन्य विश्लेषण से संकेत मिलता है कि हाल की अवधि में एसडब्ल्यूएम के लिए कृषि उत्पादन की लोच कम हो गई है, जो मानसून के झटकों के प्रति कृषि की प्रवणता में वृद्धि का सुझाव देती है। इसके अलावा, बढ़ती सिंचाई के साथ एसडब्ल्यूएम का प्रभाव अपेक्षाकृत कम स्पष्ट पाया जाता है। शेष अध्ययन की संरचना इस प्रकार है: खंड II एसडब्ल्यूएम और खाद्यान्न उत्पादन में रुझानों पर प्रकाश

¹ लेखक मौद्रिक नीति विभाग से हैं। ये विचार व्यक्तिगत हैं और भारतीय रिजर्व बैंक के विचारों का प्रतिनिधित्व नहीं करते हैं। लेखक श्री मनीष कपूर के बहुमूल्य मार्गदर्शन और सुझावों के लिए आभारी हैं। लेखक डेटा सहायता के लिए प्रांजलि आनंदराव दुरातकर के बहुमूल्य योगदान की सराहना करते हैं।

¹ 1988-89 से शुरू होने वाली एक सुसंगत समय श्रृंखला को बनाए रखने के लिए, निम्नलिखित राज्यों के लिए वर्षा विचलन, फसल उत्पादन और सिंचाई डेटा एकत्र किया गया है: आंध्र प्रदेश और तेलंगाना; बिहार और झारखंड; मध्य प्रदेश और छत्तीसगढ़; और उत्तर प्रदेश और उत्तराखंड। कुल वर्षा के लिए, भारत औसत वर्षा डेटा का उपयोग राज्यों के क्षेत्र के रूप में भार के साथ किया गया है।

सारणी 1: एसडब्ल्यूएम और खरीफ फसल उत्पादन में प्रवृत्तियां (प्रतिशत में उत्पादन वृद्धि और प्रतिशत में वर्षा विचलन)

वर्ष	वर्षा विचलन	खाद्यान्न उत्पादन	चावल का उत्पादन	मोटे अनाज का उत्पादन	दलहन उत्पादन	तिलहन उत्पादन	वर्ष	वर्षा विचलन	खाद्यान्न उत्पादन	चावल का उत्पादन	मोटे अनाज का उत्पादन	दलहन उत्पादन	तिलहन उत्पादन
1990	8.3	-1.2	0.7	-6.4	2.0	1.9	2006	4.0	0.7	2.4	-4.2	-1.4	-16.4
1991	-2.1	-7.2	0.1	-21.0	-19.9	-4.9	2007	8.6	9.3	3.2	24.3	33.5	47.9
1992	-4.9	10.2	-1.7	39.7	31.7	29.1	2008	0.0	-2.3	2.7	-10.6	-26.8	-14.0
1993	-0.2	-1.6	8.4	-20.6	-9.3	2.7	2009	-21.4	-12.0	-10.6	-16.7	-10.3	-11.7
1994	10.8	0.5	2.7	-2.0	-11.1	-3.2	2010	2.0	16.7	6.1	41.5	69.4	39.4
1995	2.6	-6.0	-6.5	-4.8	-4.4	9.6	2011	1.6	8.6	15.1	-1.9	-14.9	-5.6
1996	-0.6	6.4	5.1	18.0	-19.2	4.2	2012	-7.1	-2.4	-0.4	-8.1	-2.4	0.5
1997	-2.8	-2.2	1.7	-9.1	-20.4	3.5	2013	5.7	0.5	-0.9	4.7	1.4	8.8
1998	-1.0	1.3	0.3	1.0	19.9	11.8	2014	-11.9	-0.5	-0.1	-0.8	-4.4	-15.0
1999	-7.1	2.6	6.6	-7.3	-6.3	-21.0	2015	-13.7	-2.3	0.0	-9.0	-3.5	-13.2
2000	-10.5	-3.1	-6.1	7.8	-7.6	-4.4	2016	-2.6	10.6	5.4	15.3	73.3	29.0
2001	-9.0	9.8	10.6	7.6	8.8	10.7	2017	-4.7	1.6	0.9	4.9	-2.9	-2.4
2002	-22.1	-22.2	-21.7	-25.4	-14.2	-32.1	2018	-9.4	0.8	5.1	-7.8	-13.1	-1.6
2003	1.3	34.1	24.6	61.6	48.5	85.8	2019	10.4	1.6	0.2	7.1	-2.1	7.6
2004	-11.4	-11.7	-8.1	-18.3	-23.5	-15.1	2020	9.2	4.7	2.9	9.3	8.8	6.6
2005	-1.4	6.3	8.4	1.2	3.1	18.5	2021	-0.7	3.2	5.5	-1.7	-4.5	1.1

नोट: वर्षा विचलन लंबी अवधि के औसत पर वास्तविक वर्षा के विचलन को संदर्भित करता है।

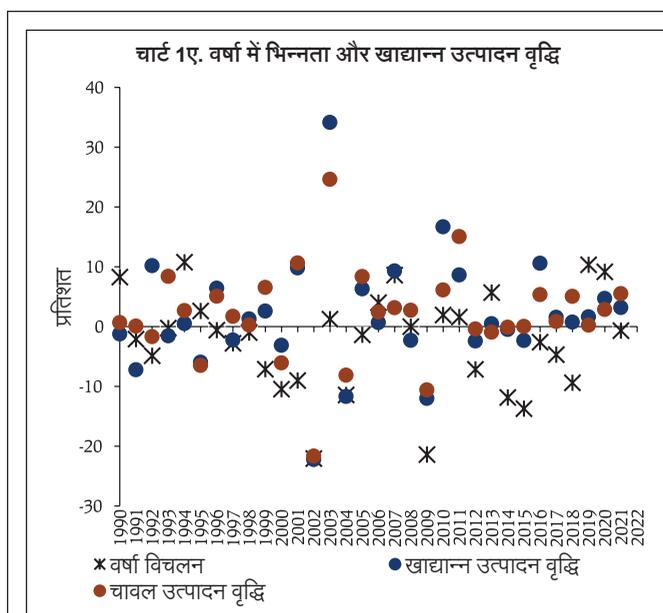
स्रोत: भारत मौसम विज्ञान विभाग और कृषि और किसान कल्याण मंत्रालय।

डालता है; खंड III में अनुभवजन्य निष्कर्षों को विस्तार से बताया गया है, और खंड IV में मुख्य निष्कर्ष शामिल हैं।

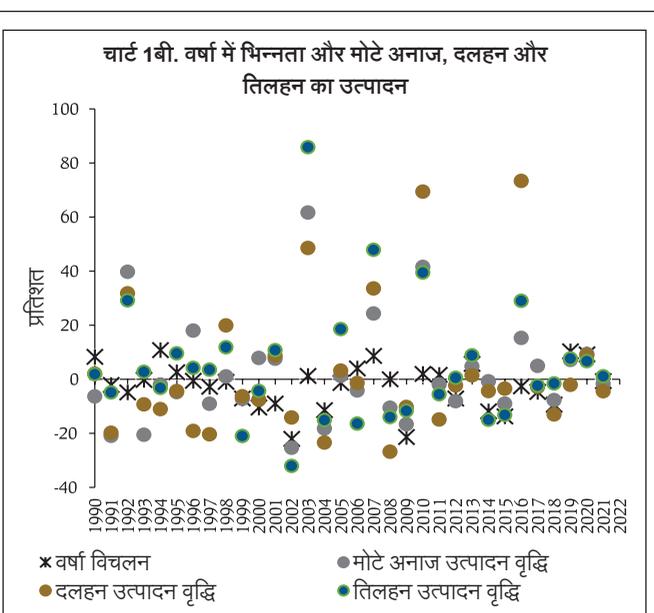
II: एसडब्ल्यूएम और खरीफ फसल उत्पादन में रुझान

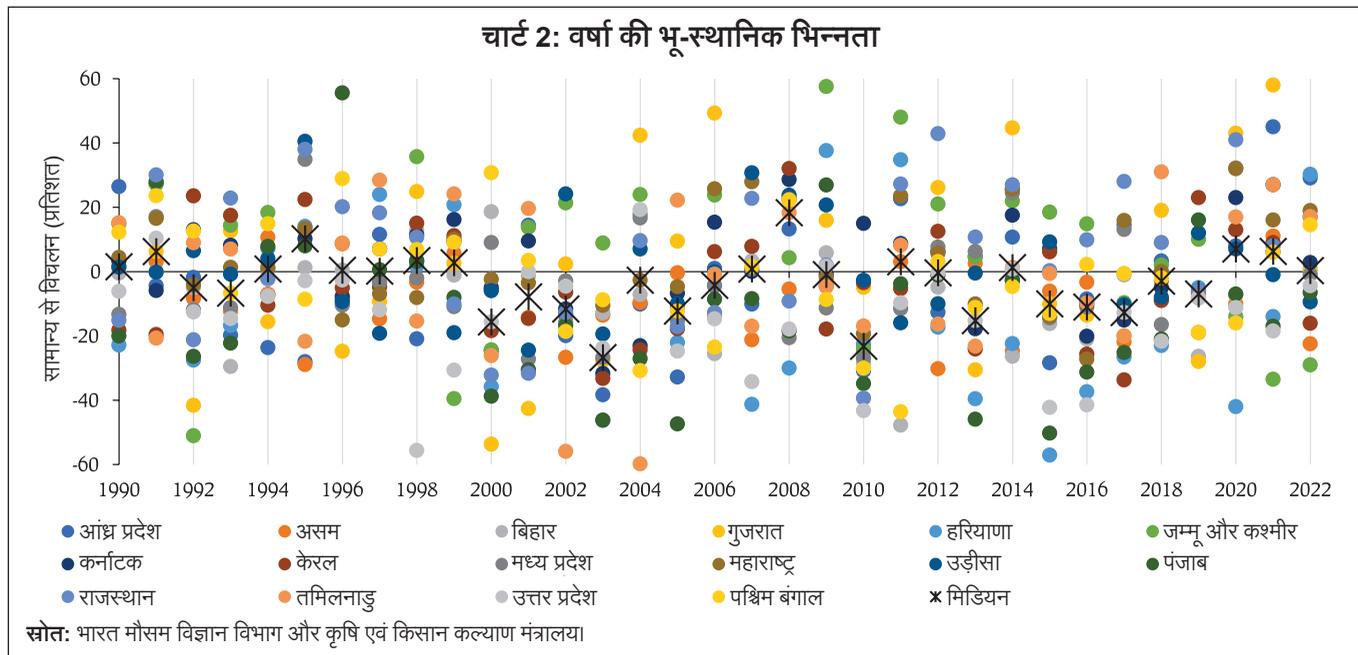
एसडब्ल्यूएम कई वायुमंडलीय और महासागरीय घटनाओं का एक कार्यकलाप बना हुआ है जो इसकी अस्थिरता का कारण

बन सकता है। यह अस्थिरता जलवायु परिवर्तन और अत्यधिक मौसम की घटनाओं में वृद्धि के साथ बढ़ी है, जो बदले में भारतीय कृषि के लिए पानी की उपलब्धता को प्रभावित करती है। इस संदर्भ में, सारणी 1 में पिछले 30 वर्षों में एसडब्ल्यूएम वर्षा विचलन और प्रमुख खरीफ फसलों के उत्पादन में वर्ष-दर-वर्ष वृद्धि पर प्रकाश डाला गया है।



स्रोत: भारत मौसम विज्ञान विभाग और कृषि एवं किसान कल्याण मंत्रालय।



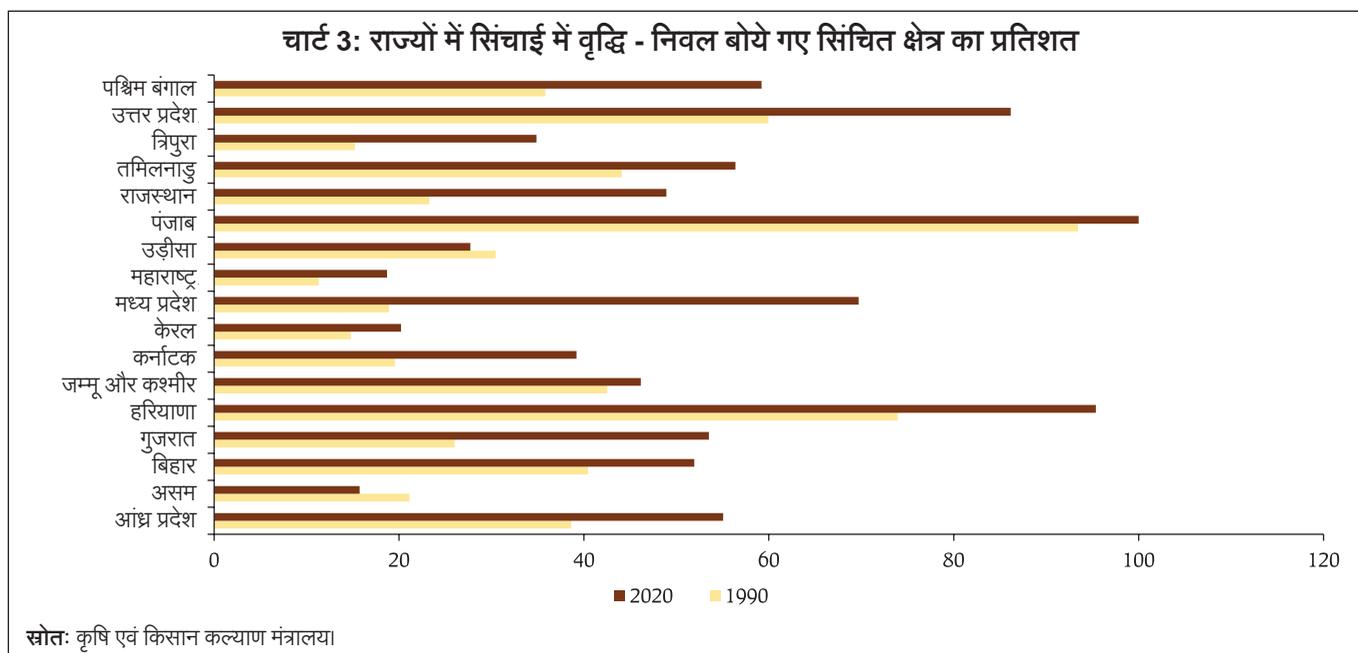


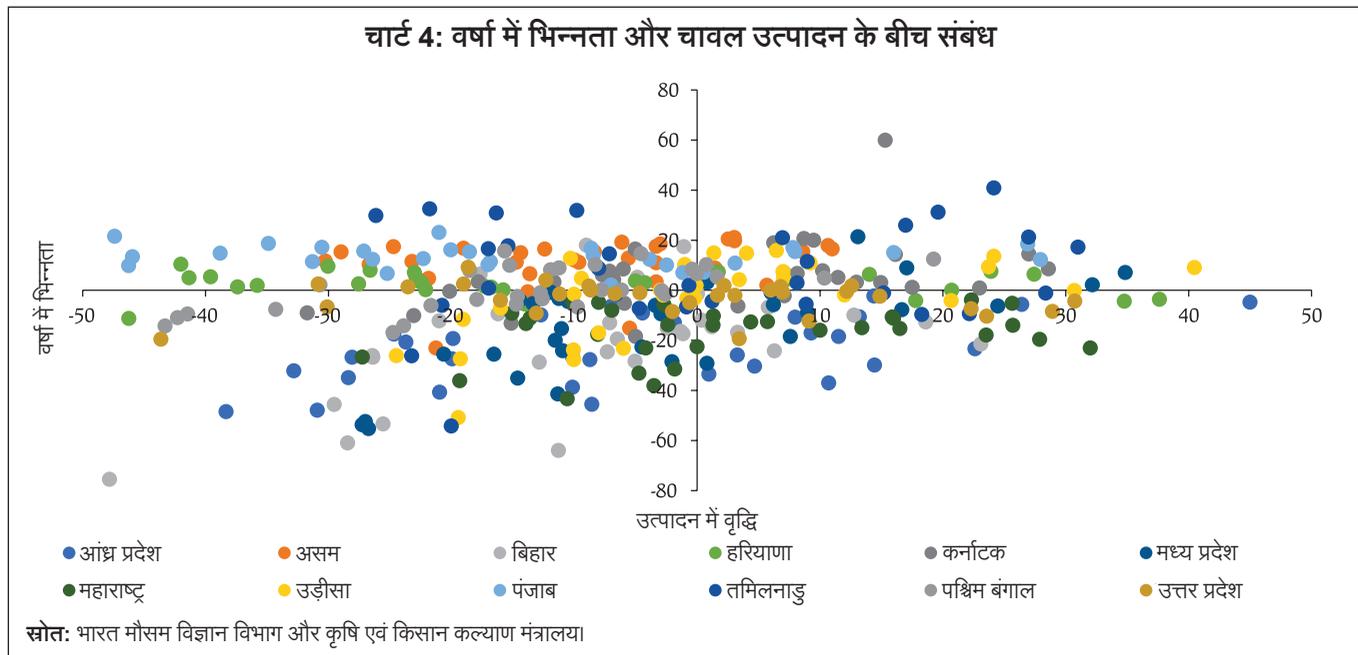
2016 के बाद से, पिछले 6 वर्षों में से 4 वर्षों में सामान्य से कम वर्षा के बावजूद, हर वर्ष कुल खाद्यान्न और चावल उत्पादन में वृद्धि रही है (चार्ट 1 ए)। तथापि, इस अवधि के दौरान मोटे अनाजों, दालों और तिलहनों का उत्पादन अस्थिर रहा (चार्ट 1ख)।

इसके अलावा, मानसून का स्थानिक वितरण असमान रहता है जो फसलों के उत्पादन में भी अस्थिरता में योगदान देता

है। चार्ट 2 पिछले तीन दशकों में सामान्य से वर्षा का राज्यवार विचलन दर्शाता है।

जबकि राज्य वर्षा की अस्थिरता के प्रति संवेदनशील बने हुए हैं, उन्होंने एसडब्ल्यूएम पर अपनी निर्भरता को कम करने के लिए सिंचाई सुविधाओं का निर्माण किया है। भारतीय कृषि स्थिति (2017) पर किए गए अध्ययन के अनुसार, देश में नदियों और भूजल के माध्यम से कुल वार्षिक उपयोग योग्य जल संसाधन

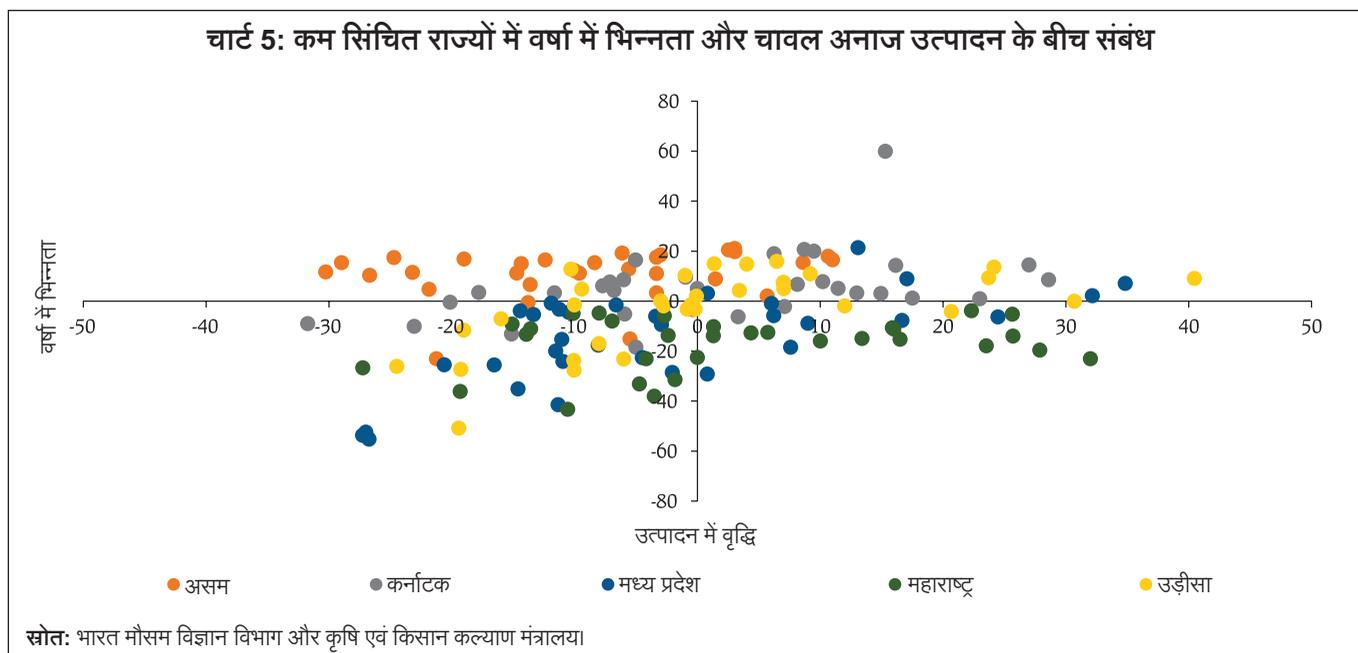


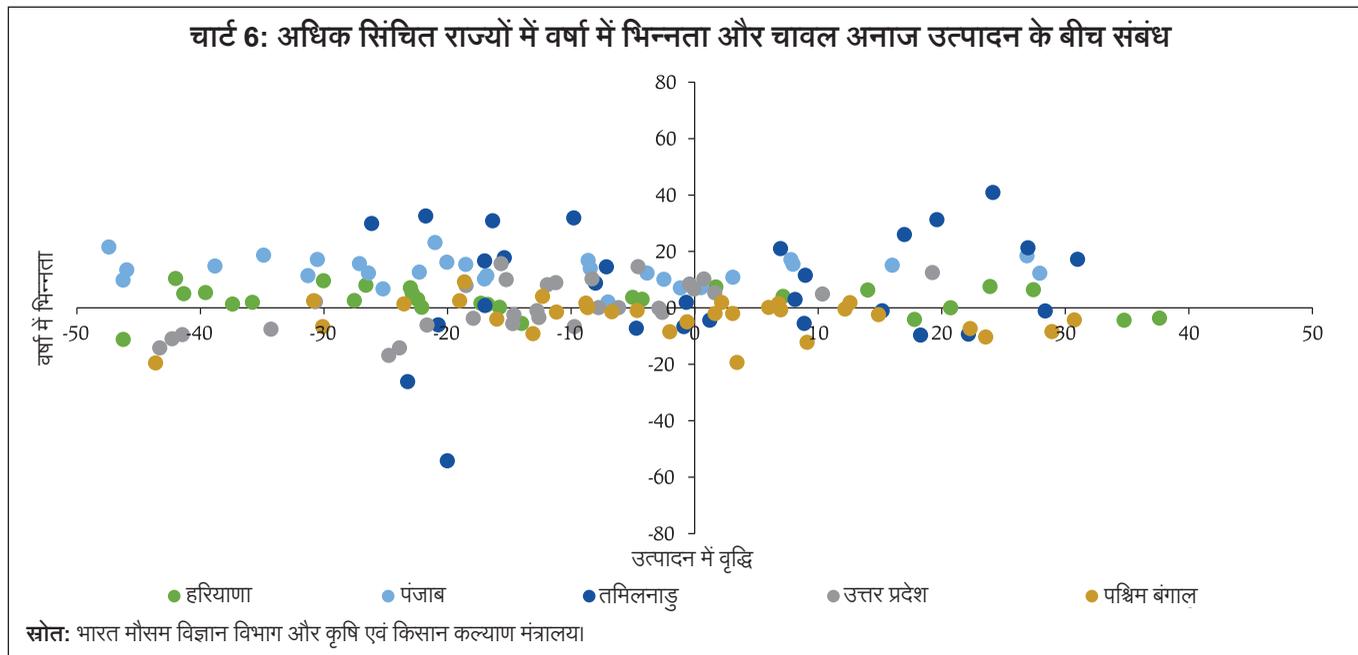


1,121 बीसीएम होने का अनुमान है। पिछले तीन दशकों में लगभग सभी राज्यों ने सिंचित अपने शुद्ध बुवाई क्षेत्र में वृद्धि देखी है। 17 प्रमुख राज्यों में से, 9 राज्यों में 1990 के दौरान केवल 3 राज्यों की तुलना में उनके शुद्ध बोए गए क्षेत्र का 50 प्रतिशत से अधिक क्षेत्र सिंचित है (चार्ट 3)।

सिंचाई सुविधाओं/बुनियादी ढांचे में सुधार के साथ, वर्षा विचलन और प्रमुख फसलों के उत्पादन के बीच सीधा

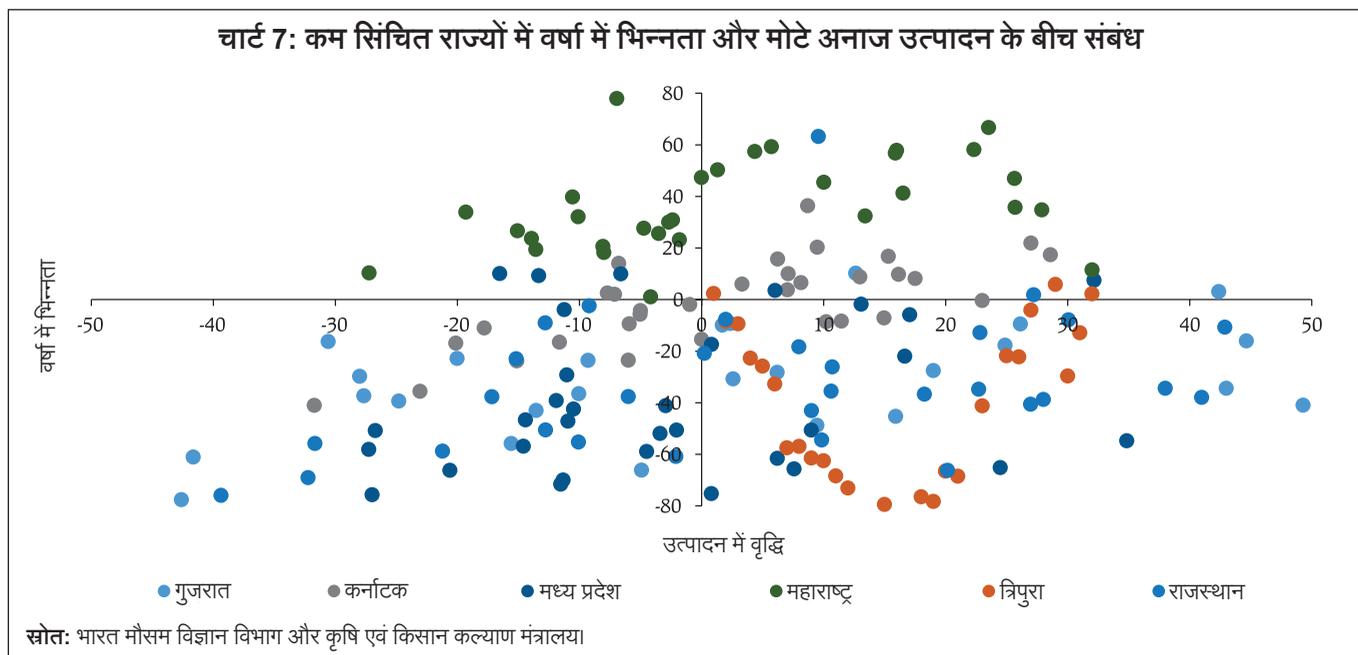
संबंध नहीं दिखता है। चार्ट 4 में पिछले तीन दशकों के दौरान राज्यों में सामान्य से वर्षा के विचलन और चावल उत्पादन में वृद्धि के रुझानों को दर्शाया गया है। यह देखा जा सकता है कि कई राज्यों ने कम वर्षा वाले वर्षों के दौरान भी चावल उत्पादन में वृद्धि दर्ज की है और इसी तरह, ऐसे कई उदाहरण हैं जब वर्षा अधिक हुई है लेकिन चावल उत्पादन में गिरावट आई है।

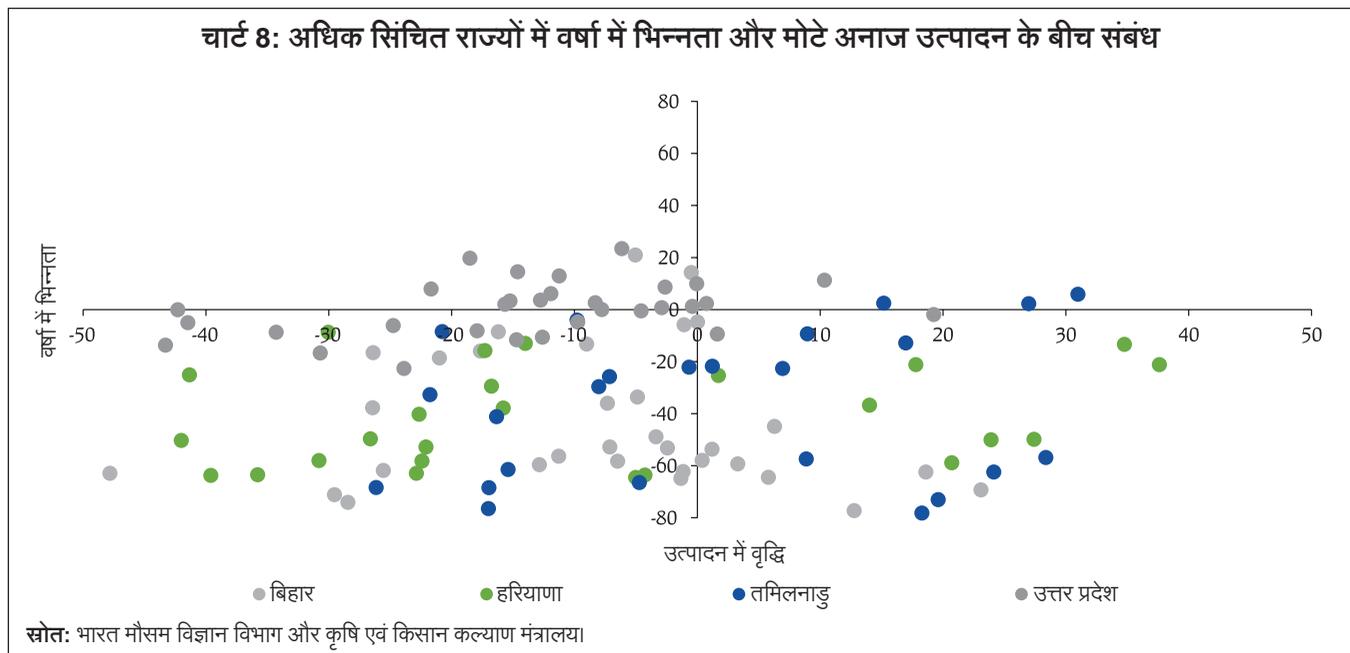




चार्ट 5 और चार्ट 6 राज्यों की दो श्रेणियों के बीच संबंधों को उजागर करते हैं जो सिंचित होने वाले उनके शुद्ध बोए गए क्षेत्र के अनुपात पर आधारित है। कम सिंचित राज्यों में (40 प्रतिशत से अधिक शुद्ध बोए गए क्षेत्र के प्रतिशत के रूप में शुद्ध सिंचित क्षेत्र के रूप में परिभाषित), अधिकांश समय वर्षा की कमी से चावल

उत्पादन में गिरावट आई। दूसरी ओर, कई राज्यों में बड़ी संख्या में वर्षा की कमी के दौरान चावल उत्पादन में वृद्धि दर्ज की गई, जिसमें सिंचाई की उच्च कवरेज (शुद्ध बोए गए क्षेत्र के 40 प्रतिशत से अधिक के प्रतिशत के रूप में शुद्ध सिंचित क्षेत्र के रूप में परिभाषित) शामिल है। इस प्रवृत्ति से पता चलता है कि उच्च





सिंचाई कवरेज कुछ हद तक वर्षा की कमी के प्रभाव को नियंत्रित कर सकता है।

चार्ट 7 और 8 में पिछले तीन दशकों में वर्षा विचलन और मोटे अनाज उत्पादन के बीच इसी तरह के संबंध की जांच की गई है। मोटे अनाज उत्पादन के मामले में भी, कम सिंचाई कवरेज वाले कई राज्यों में बड़ी संख्या में बारिश की कमी के दौरान गिरावट दर्ज की गई है। हालांकि, अधिक सिंचित राज्यों में, संभवतः फसलों के प्रतिस्थापन के कारण कम और अधिशेष वर्षा के बावजूद, पिछले कुछ वर्षों में मोटे अनाज के उत्पादन में गिरावट जारी है।

III: अनुभवजन्य निष्कर्ष

डेटा और मॉडल विनिर्देश

कृषि उत्पादन पर एसडब्ल्यूएम के प्रभाव की अनुभवजन्य जांच करने के लिए, यह अध्ययन फसल उत्पादन और खरीफ मौसम में फसलों के चार प्राथमिक समूह (अर्थात् चावल, मोटे अनाज, दालें और प्रमुख तिलहन) के सकल बोए गए क्षेत्र पर 1988-89 से 2021-22 की अवधि के लिए राज्यवार वार्षिक आंकड़ों; भारतीय मौसम विज्ञान विभाग (आईएमडी)² द्वारा प्रकाशित एसडब्ल्यूएम वर्षा; और अठारह प्रमुख खरीफ फसल

उत्पादक राज्यों के लिए शुद्ध सिंचित क्षेत्र³ पर विचार करता है। कुल मिलाकर, विश्लेषण अठारह राज्यों और चार फसलों के आंकड़ों का उपयोग करके किया जाता है, जिसमें 1988-89 से 2021-22 (1,768 अवलोकन देते हुए) शामिल हैं। कृषि उत्पादन पर एसडब्ल्यूएम वर्षा के बदलते प्रभाव का विश्लेषण करने के लिए पूर्ण नमूना अवधि (1988-89 से 2021-22) को भी तीन उप-अवधियों: उप-अवधि I (1988-89 से 1999-2000), उप-अवधि II (2000-01 से 2010-11), और उप-अवधि III (2011-12 से 2021-22) में विभाजित किया गया है।

अनुभवजन्य विश्लेषण के लिए, फसल स्तरीय सह-एकीकरण (कोइंटिग्रेशन) पैनल द्वारा समूहीकृत एक राज्य का विश्लेषण किया जाता है जिसमें बोए गए क्षेत्र पर उत्पादन की दीर्घकालिक निर्भरता को शामिल किया जाता है। पैनल यूनिट रूट परिणाम (आईएम, पेसारन और शिन और लेविन, लिन और चू) उत्पादन

² वर्ष 2011 के अनुरूप राज्यों के लिए एसडब्ल्यूएम मौसम के वर्षा आंकड़े उपलब्ध नहीं हैं, तदनुसार वित्तीय वर्ष 2011-12 के लिए जून से सितम्बर, 2011 के महीनों के लिए साप्ताहिक वर्षा के आंकड़े एकत्रित किए गए हैं।

³ 1988-89 से शुरू होने वाली एक सुसंगत समय श्रृंखला को बनाए रखने के लिए, निम्नलिखित राज्यों के लिए फसल उत्पादन और सिंचाई डेटा एकत्र किया गया है: आंध्र प्रदेश और तेलंगाना; बिहार और झारखंड; मध्य प्रदेश और छत्तीसगढ़; और उत्तर प्रदेश और उत्तराखंड। कुल वर्षा के लिए, राज्यों के क्षेत्रफल के रूप में भार के साथ भारत औसत वर्षा डेटा का उपयोग किया गया है।

और बुवाई दोनों में यूनिट रूट की उपस्थिति का सुझाव देते हैं, जो उन्हें अस्थिर बनाते हैं (अनुबंध सारणी 1)। इसके अलावा, पेड़ोनी का पैनेल सह-एकीकरण (कोइंटिग्रेशन) परीक्षण दो चर के बीच सह-एकीकरण की मजबूत उपस्थिति को इंगित करता है। ऑगमेंटेड डिकी फुलर (एडीएफ) परीक्षण आंकड़ों के आधार पर काओ का सह-एकीकरण (कोइंटिग्रेशन) परीक्षण भी एक दीर्घकालिक एकीकृत संबंध की ओर इशारा करता है (अनुबंध सारणी 2)।

तदनुसार, आकलन के लिए पैनेल सह-एकीकरण (कोइंटिग्रेशन) दृष्टिकोण का उपयोग किया जाता है और पूल्ड मीन ग्रुप (पीएमजी) अनुमानक (पेसरन एट अल, 1999) के आधार पर लंबी और अल्पकालिक गतिशीलता की जांच की जाती है। अल्पकालिक गतिशीलता में, मुख्य व्याख्यात्मक चर एसडब्ल्यूएम वर्षा (एसडब्ल्यूएमआर) को विभिन्न रूपों अर्थात वास्तविक एसडब्ल्यूएम वर्षा का अंतर, लंबी अवधि के औसत (एलपीए) से वर्षा विचलन (प्रतिशत में) और गैर-रैखिक प्रभाव निर्धारित करने के लिए वर्षा विचलन का पूर्ण मूल्य में प्रतिगमन में माना जाता है।

वर्षा में पूर्ण विचलन (यानी, विचलन के संकेत को अनदेखा करना) का उपयोग इस परिकल्पना का आकलन करने के लिए किया जाता है कि दोनों तरफ के विचलन का फसल उत्पादन पर नकारात्मक प्रभाव पड़ेगा। चूंकि कम वर्षा से कृषि उत्पादन पर अधिक प्रतिकूल प्रभाव पड़ने की उम्मीद है, इसलिए पैनेल कोइंटिग्रेशन मॉडल का अनुमान -19 प्रतिशत से कम वर्षा विचलन (आईएमडी द्वारा उपयोग किए जाने वाले कम वर्षा वर्गीकरण के अनुसार) के अनुरूप डमी चर के साथ लगाया गया है। बड़ी कमी वाली अवधियों में वर्षा विचलन के अतिरिक्त प्रतिकूल प्रभाव को पकड़ने के लिए इस डमी चर का वर्षा विचलन के पूर्ण मूल्य के साथ परस्पर प्रभाव भी देखा जाता है। सिंचाई को नियंत्रित करने के लिए विनिर्देशों में, शुद्ध बोए गए क्षेत्र के प्रतिशत के रूप में शुद्ध सिंचित क्षेत्र का उपयोग किया जाता है। दृढ़ता के लिए, अध्ययन में विचार में ली गई फसलों के लिए, अनुभवजन्य विश्लेषण भी अलग से किया जाता है। अंत में, समय के साथ वर्षा गतिविधि के सापेक्ष महत्व को मापने के लिए पहले उल्लिखित तीन उप-अवधियों के लिए विश्लेषण किया जाता है।

सारणी 2: पैनेल सहएकीकरण (कोइंटिग्रेशन) परिणाम - सभी फसलें
दीर्घकालिक समीकरण: लॉग (उत्पादन) = एक x लॉग (बुवाई) + ईसीटी

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
ए	0.757*** (0.0404)	0.770*** (0.0406)	0.832*** (0.0407)	0.856*** (0.0423)	0.792*** (0.0398)
अल्पावधि समीकरण					
ईसीटी	-0.583*** (0.0512)	-0.589*** (0.0519)	-0.590*** (0.0517)	-0.603*** (0.0548)	-0.591*** (0.0520)
Δलॉग(उत्पादन)(-1)	-0.0742*** (0.0279)	-0.0720** (0.0282)	-0.0786*** (0.0281)	-0.0747** (0.0299)	-0.0705** (0.0291)
Δलॉग (बुवाई)	0.777*** (0.0970)	0.792*** (0.0994)	0.725*** (0.0929)	0.814*** (0.104)	0.770*** (0.0975)
निवल बोए गए क्षेत्र के प्रतिशत के अनुसार निवल सिंचित क्षेत्र	0.0130*** (0.00233)	0.0133*** (0.00237)	0.0145*** (0.00283)	0.0167*** (0.00268)	0.0144*** (0.00272)
लॉग (एसडब्ल्यूएम वर्षा)	0.210*** (0.0436)				
एसडब्ल्यूएम विचलन		0.00195*** (0.000460)			
अपर्याप्त डमी			-0.154*** (0.0265)		
निरपेक्ष (एसडब्ल्यूएम विचलन)				-0.00265*** (0.000457)	-0.000664 (0.000683)
निरपेक्ष (एसडब्ल्यूएम विचलन) * अपर्याप्त डमी					-0.00483*** (0.00106)
अपरिवर्तनीय	-0.771*** (0.296)	0.549*** (0.0987)	0.293*** (0.0831)	0.137 (0.0833)	0.458*** (0.0899)

नोट: ***, ** और * क्रमशः 1 प्रतिशत, 5 प्रतिशत और 10 प्रतिशत पर सांख्यिकीय महत्व का संकेत देते हैं। कोष्ठक में दिए गए आंकड़े मानक त्रुटियों को दर्शाते हैं।

स्रोत: आरबीआई स्टाफ का अनुमान।

अनुभवजन्य परिणाम

सभी फसलों के पैनेल सह-एकीकरण परिणाम सारणी 2 में प्रस्तुत किए गए हैं। बुवाई के दीर्घकालिक गुणांक 0.76 से 0.86 तक उच्च पाए गए हैं जो बोए गए क्षेत्र की प्रतिक्रिया में उत्पादन में उच्च आनुपातिक वृद्धि को दर्शाता है। अल्पकालिक गतिशीलता के मामले में, त्रुटि सुधार शर्तें (ईसीटी) महत्वपूर्ण हैं और उच्च संकेत देती हैं कि किसी भी झटके के मामले में उत्पादन जल्दी से दीर्घकालिक स्तरों पर समायोजित हो जाता है। बुवाई और सिंचाई के गुणांक अपेक्षाओं के अनुरूप सकारात्मक और महत्वपूर्ण दोनों हैं। एसडब्ल्यूएमआर के प्रभाव की ओर मुड़ते हुए, सभी उपाय अपेक्षित संकेतों के साथ सांख्यिकीय रूप से महत्वपूर्ण पाए गए हैं। वर्षा का स्तर और विचलन उत्पादन को सकारात्मक रूप से प्रभावित करते हैं, दूसरी ओर, पूर्ण विचलन, अपर्याप्त डमी और अपर्याप्त डमी एवं पूर्ण विचलन का परस्पर प्रभाव कृषि उत्पादन पर प्रतिकूल पड़ता है।

इसी तरह के निदेश और संकेत अनुलग्नक सारणी 3 से 6 में प्रस्तुत फसल-वार प्रतिगमन परिणामों के लिए पाए जाते हैं। अनुमानों से यह भी पता चलता है कि चावल का उत्पादन अन्य तीन फसलों की तुलना में वर्षा पर अपेक्षाकृत कम निर्भर है। यह इस तथ्य के कारण हो सकता है कि चावल मुख्य रूप से सिंचित क्षेत्रों में बोया जाता है। दलहन और तिलहन का उत्पादन काफी हद तक वर्षा पर निर्भर पाया जाता है।

उप-अवधियों में प्रतिगमन के मामले में, अनुमानित परिणाम बताते हैं कि 2000-01 से 2010-11 की तुलना में 2011-12 से 2021-22 की अवधि में वास्तविक वर्षा और विचलन दोनों के लिए वर्षा की लोच में कमी आई है। वर्षा की कमी वाली डमी का गुणांक अपेक्षा के अनुरूप नकारात्मक है, और अपर्याप्त डमी का नकारात्मक प्रभाव भी कम हो रहा है। पूर्ण विचलन के मामले में, उप-अवधि II की तुलना में उप-अवधि III में प्रभाव कमोबेश समान है; हालांकि, जब एक अपर्याप्त डमी को पूर्ण विचलन और उसके परस्पर प्रभाव के साथ प्रतिगमन में शामिल किया जाता है, तो वर्षा की कमी होने पर, पूर्ण विचलन का प्रभाव कम नकारात्मक पाया जाता है। विभिन्न फसलों के परिणाम एकसमान पाए जाते हैं (सारणी 3)। चूंकि उप-अवधियों के लिए पीएमजी आकलन परिणाम कम समय अवधि की उपलब्धता के कारण स्वातंत्र्य कोटी की हानि से प्रभावित हो सकते हैं, इसलिए

सारणी 3: एसडब्ल्यूएम वर्षा चर की लोच

	सभी फसलें				
	एसडब्ल्यूएम वर्षा	एसडब्ल्यूएम विचलन	अपर्याप्त डमी	निरपेक्ष (एसडब्ल्यूएम विचलन)	अपर्याप्त होने पर निरपेक्ष (एसडब्ल्यूएम विचलन)
उप-अवधि I	0.1275	0.0014	-0.0800	-0.0005	-0.0021
उप-अवधि II	0.3075	0.0032	-0.1942	-0.0030	-0.0056
उप-अवधि III	0.1718	0.0019	-0.0770	-0.0031	-0.0043
	चावल				
उप-अवधि I	0.0442	0.0004	-0.0436	0.0021	0.0003
उप-अवधि II	0.2001	0.0016	-0.1422	-0.0010	-0.0042
उप-अवधि III	0.1188	0.0012	-0.0176	-0.0028	-0.0018
	मोटे अनाज				
उप-अवधि I	-0.1187	-0.0014	-0.0186	-0.0007	-0.0001
उप-अवधि II	0.3238	0.0033	-0.1529	-0.0043	-0.0060
उप-अवधि III	0.1115	0.0015	-0.0598	-0.0033	-0.0039
	दालें				
उप-अवधि I	0.6318	0.0078	-0.1613	-0.0016	-0.0014
उप-अवधि II	0.4135	0.0048	-0.1950	-0.0022	-0.0019
उप-अवधि III	0.2109	0.0025	-0.1726	-0.0020	-0.0072
	तिलहन				
उप-अवधि I	0.1759	0.0014	-0.1136	-0.0055	-0.0092
उप-अवधि II	0.4013	0.0042	-0.3308	-0.0053	-0.0118
उप-अवधि III	0.2329	0.0023	-0.1145	-0.0041	-0.0059

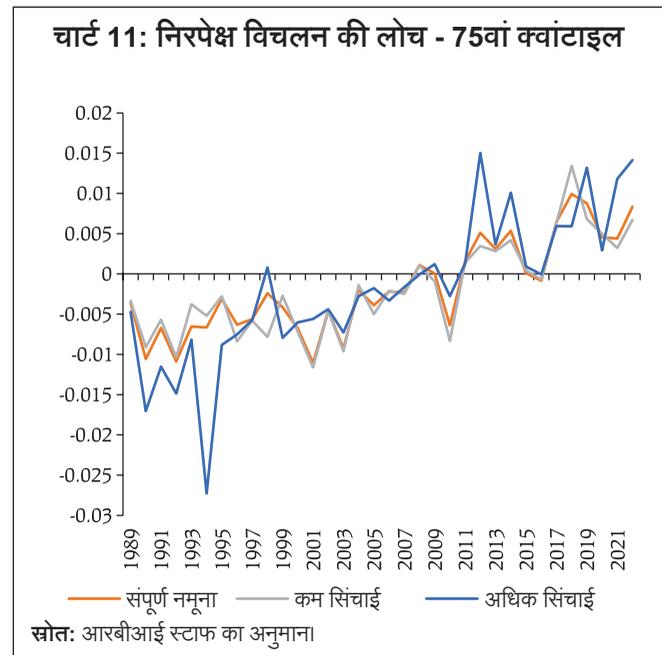
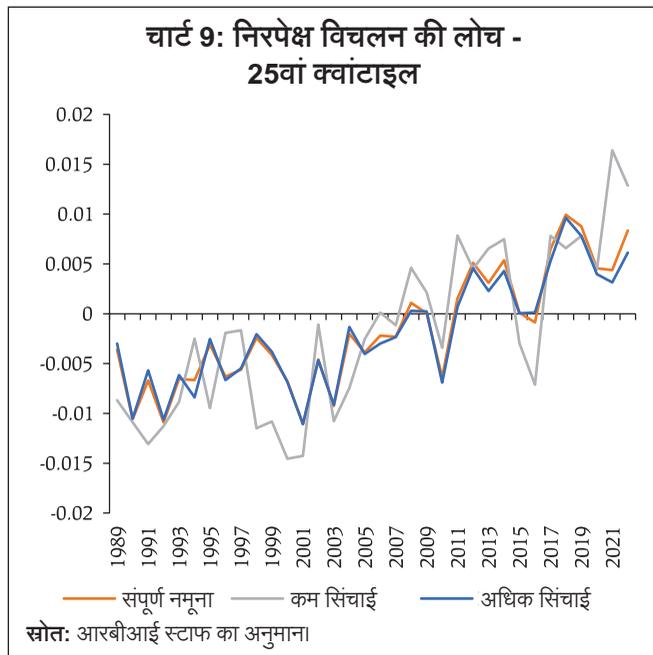
स्रोत: आरबीआई स्टाफ का अनुमान।

एक निश्चित प्रभाव पैनेल विनिर्देश का उपयोग करके उप-अवधि के परिणाम भी अनुबंध (अनुबंध सारणी 7) में प्रस्तुत किए गए हैं। निश्चित प्रभाव पैनेल आकलन परिणाम भी तिलहन को छोड़कर हाल के उप-अवधि चर में वर्षा के कम प्रभाव की पुष्टि करते हैं।

अनुभवजन्य जांच को आगे बढ़ाते हुए, मानसून के लिए फसल उत्पादन के लचीलेपन में सिंचाई द्वारा निर्भाई गई भूमिका को निर्धारित करने के लिए, एक निश्चित प्रभाव पैनेल विनिर्देश का अनुमान लगाया जाता है। इस विनिर्देश में, राज्यों और फसलों से संबंधित विषमता को नियंत्रित करने के लिए राज्यों और फसलों के अलग-अलग निश्चित प्रभावों को शामिल किया गया है, और तदनुसार, निम्नलिखित निश्चित प्रभाव मॉडल का अनुमान लगाया गया है:

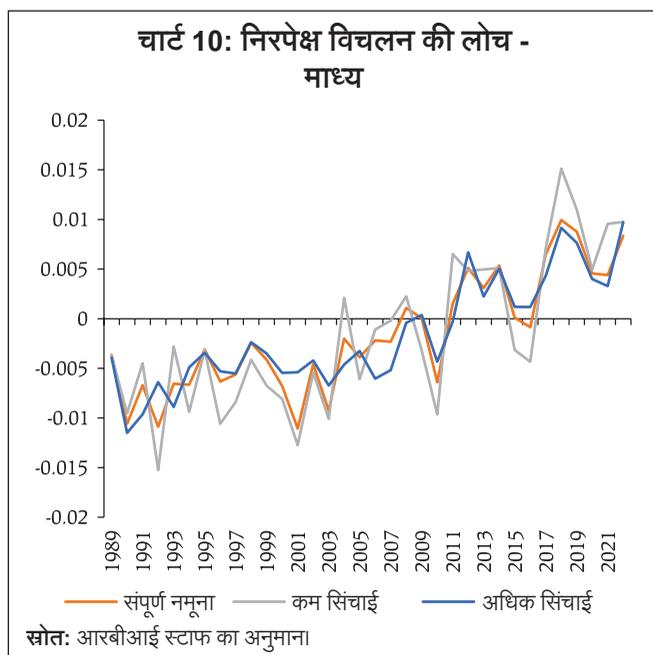
$$\log(P_{ijt}) = \alpha + \beta \log(S_{ijt}) + \varphi X_{it} + \theta_i + \gamma_j + \delta_t + \varepsilon_{ijt}$$

जहां P_{ijt} और S_{ijt} वर्ष t में फसल j की राज्य i की स्थिति के अनुरूप क्रमशः उत्पादन और बुआई हैं। X_{it} वर्ष t में राज्य i के



लिए शुद्ध बोल गए प्रतिशत के रूप में वर्षा विचलन और शुद्ध सिंचित क्षेत्र का पूर्ण मूल्य है। निश्चित प्रभाव θ_t , γ_t और δ_t का उपयोग राज्यों, फसलों और समय में उत्पादन में न देखी गई विविधता को नियंत्रित करने के लिए किया जाता है। प्रत्येक वर्ष में प्रत्येक राज्य के कम सिंचित और अधिक सिंचित क्षेत्र का वर्गीकरण शुद्ध बोल गए क्षेत्र (एनआईए) के प्रतिशत के अनुसार शुद्ध सिंचित क्षेत्र के आधार पर किया जाता है, विशेष रूप से,

एनआईए के वर्ष-वार 25 वें परिमाण, माध्य और 75 वें परिमाण से नीचे एनआईए के अवलोकनों का कम सिंचाई के लिए प्रॉक्सी के रूप में उपयोग किया जाता है, और उसके बाद, कम और उच्च सिंचाई प्रॉक्सी के आधार पर विभाजित आंकड़ों पर विभिन्न प्रतिगमन का अनुमान लगाया जाता है ताकि यह पता लगाया जा सके कि सिंचाई कम होने की तुलना में अधिक होने पर वर्षा का कम प्रभाव पड़ता है या नहीं। नमूना अवधि पर समय की उमी के साथ परस्पर प्रभाव का आकलन करने पर पूर्ण वर्षा विचलन के गुणांक स्पष्ट रूप से इंगित करते हैं कि कृषि उत्पादन पर पूर्ण विचलन का नकारात्मक प्रभाव वर्षों से कम हो रहा है, जो मानसून के झटकों के लिए कृषि का लचीलापन बढ़ाने का सुझाव देता है। इसके अलावा, कम सिंचाई की तुलना में अधिक सिंचाई वाली अवधियों में मानसून का प्रभाव अपेक्षाकृत कम स्पष्ट पाया जाता है जो यह दर्शाता है कि उच्च सिंचाई मानसून की कमी होने पर कृषि उत्पादन को लचीलापन प्रदान करती है (चार्ट 9, 10 और 11)।



IV: समापन टिप्पणियाँ

एसडब्ल्यूएम खरीफ के साथ-साथ रबी खाद्यान्नों के लिए भी महत्वपूर्ण बना हुआ है। अल नीनो की चिंताओं को देखते हुए, यह अध्ययन सिंचाई के बुनियादी ढांचे में सुधार के बीच खरीफ फसल उत्पादन के लिए एसडब्ल्यूएम के महत्व की जांच करता है। नतीजे बताते हैं कि एसडब्ल्यूएम वर्षा का प्रभाव सांख्यिकीय

रूप से महत्वपूर्ण है, लेकिन हाल की अवधि में इसमें कमी आई है। इसके अलावा, कम सिंचाई की तुलना में अधिक सिंचाई वाली अवधि में प्रभाव अपेक्षाकृत कम स्पष्ट पाया जाता है, यह दर्शाता है कि सिंचाई कृषि उत्पादन पर मानसून की कमी के प्रतिकूल परिणामों को कम करती है। सिंचाई के बुनियादी ढांचे में सुधार के साथ, फसलों का उत्पादन एसडब्ल्यूएम वर्षा के नकारात्मक झटके को बेहतर ढंग से सहन करने में सक्षम है। इसलिए, सिंचाई पर बढ़ा हुआ सार्वजनिक व्यय मानसून की अनिश्चितताओं के सामने घरेलू कृषि उत्पादन को अधिक मजबूती प्रदान कर सकता है।

संदर्भ:

Bhatla, R., Maurya, A., Sinha, P., Verma, S. and Pant, M. (2022), "Assessment of climate change of different

meteorological state variables during Indian summer monsoon season", *Journal of Earth System Science* volume 131, Article number: 136 (2022).

Ghosh, S. and Kaustubh (2023), "Weather Events and their Impact on Growth and Inflation in India", *RBI Bulletin*, June 2023.

Pesaran, M. Hashem, Yongcheol Shin, and Ron Smith (1999), "Pooled Mean Group Estimation of Dynamic Heterogeneous Panels", *Journal of the American Statistical Association*, 94.446, pp. 621-634.

State of Indian Agriculture, 2017, Ministry of Agriculture and Farmers Welfare, Government of India.

अनुबंध सारणी 1: पैनल यूनिट रूट टेस्ट परिणाम

			लॉग (उत्पादन)	लॉग (बुवाई)
इम, पेसरन और शिन	अवरोधन	एडीएफ परीक्षण के आंकड़े पीवैल्यू	1.46 0.93	-0.74 0.23
	अवरोधन और प्रवृत्ति	एडीएफ परीक्षण के आंकड़े पीवैल्यू	-0.13 0.44	1.18 0.88
लेविन, लिन और चू	अवरोधन	एडीएफ परीक्षण के आंकड़े पीवैल्यू	1.04 0.85	-2.27 0.02
	अवरोधन और प्रवृत्ति	एडीएफ परीक्षण के आंकड़े पीवैल्यू	4.63 1.00	3.14 0.99

स्रोत: आरबीआई स्टाफ का अनुमान।

अनुबंध सारणी 2: अनुमान परिणाम: पेड़ोनी और काओ सहएकीकरण परीक्षण

पेड़ोनी सहएकीकरण परीक्षण		
पैनल विशिष्ट एआर गुणांक		
	परीक्षण आँकड़े	पीवैल्यू
संशोधित फिलिप्स पेरॉन	-14.74	0
फिलिप्स पेरॉन	-17.91	0
एडीएफ	-18.54	0
समय प्रवृत्ति के साथ पैनल विशिष्ट एआर गुणांक		
	परीक्षण आँकड़े	पीवैल्यू
संशोधित फिलिप्स पेरॉन	-15.32	0
फिलिप्स पेरॉन	-27.15	0
एडीएफ	-26.78	0
सामान्य एआर गुणांक		
	परीक्षण आँकड़े	पीवैल्यू
संशोधित विचरण अनुपात	-0.96	0.168
समूह आरएचओ -सांख्यिकी	-20.63	0.001
समूह पीपी-सांख्यिकी;	-26.69	0
समूह एडीएफ-सांख्यिकी	-26.76	0
पैनल विशिष्ट एआर गुणांक		
सांख्यिकी	परीक्षण आँकड़े	पीवैल्यू
एडीएफ	6.43	0

स्रोत: आरबीआई स्टाफ का अनुमान।

अनुबंध सारणी 3: पैनल सहएकीकरण परिणाम - चावल

दीर्घकालिक समीकरण: लॉग (उत्पादन) = ए x लॉग (बुवाई) + ईसीटी					
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
ए	0.723*** (0.0649)	0.726*** (0.0653)	0.738*** (0.0700)	0.758*** (0.0755)	0.725*** (0.0710)
अल्पावधि समीकरण					
ईसीटी	-0.490*** (0.0813)	-0.494*** (0.0831)	-0.495*** (0.0848)	-0.489*** (0.0872)	-0.484*** (0.0824)
Δलॉग (उत्पादन)(-1)	-0.119** (0.0547)	-0.118** (0.0549)	-0.118** (0.0566)	-0.141** (0.0601)	-0.118** (0.0587)
Δलॉग (बुवाई)	1.038*** (0.190)	1.068*** (0.197)	0.983*** (0.174)	1.147*** (0.211)	1.043*** (0.203)
निवल बोए गए क्षेत्र के प्रतिशत के अनुसार निवल सिंचित क्षेत्र	0.00989*** (0.00254)	0.0101*** (0.00258)	0.00972*** (0.00242)	0.0112*** (0.00240)	0.00901*** (0.00250)
लॉग (एसडब्ल्यूएम वर्षा)	0.117** (0.0459)				
एसडब्ल्यूएम विचलन		0.000980** (0.000453)			
अपर्याप्त डमी			-0.0905*** (0.0273)		
निरपेक्ष (एसडब्ल्यूएम विचलन)				-0.00119*** (0.000333)	0.000291 (0.000631)
निरपेक्ष (एसडब्ल्यूएम विचलन)* अपर्याप्त डमी					-0.00359*** (0.00138)
अपरिवर्तनीय	0.0867 (0.320)	0.880*** (0.213)	0.882*** (0.211)	0.754*** (0.198)	0.927*** (0.214)

नोट: ***, ** और * क्रमशः 1 प्रतिशत, 5 प्रतिशत और 10 प्रतिशत पर सांख्यिकीय महत्व का संकेत देते हैं। कोष्ठक में दिए गए आंकड़े मानक त्रुटियों को दर्शाते हैं।

स्रोत: आरबीआई स्टाफ का अनुमान।

अनुबंध सारणी 4: पैनल सहएकीकरण परिणाम - मोटे अनाज

दीर्घकालिक समीकरण: $\text{लॉग (उत्पादन)} = \alpha \times \text{लॉग (बुवाई)} + \text{ईसीटी}$

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
ए	0.586*** (0.0890)	0.603*** (0.0892)	0.541*** (0.0842)	0.539*** (0.0812)	0.487*** (0.0833)
अल्पावधि समीकरण					
ईसीटी	-0.529*** (0.0967)	-0.532*** (0.0976)	-0.551*** (0.100)	-0.554*** (0.104)	-0.555*** (0.101)
Δ लॉग (उत्पादन)(-1)	-0.0830* (0.0496)	-0.0817 (0.0506)	-0.0784 (0.0487)	-0.0793 (0.0492)	-0.0814* (0.0473)
Δ लॉग (बुवाई)	1.008*** (0.175)	1.020*** (0.177)	0.978*** (0.175)	1.062*** (0.180)	1.014*** (0.165)
निवल बोए गए क्षेत्र के प्रतिशत के अनुसार निवल सिंचित क्षेत्र	0.0102*** (0.00339)	0.0104*** (0.00327)	0.00908*** (0.00337)	0.0103*** (0.00343)	0.00956*** (0.00358)
लॉग (एसडब्ल्यूएम वर्षा)	0.109** (0.0555)				
एसडब्ल्यूएम विचलन		0.000854 (0.000598)			
अपर्याप्त डमी			-0.116*** (0.0302)		
निरपेक्ष (एसडब्ल्यूएम विचलन)				-0.00435*** (0.000622)	-0.00348*** (0.00109)
निरपेक्ष (एसडब्ल्यूएम विचलन)*अपर्याप्त डमी					-0.00201 (0.00127)
अपरिवर्तनीय	0.592* (0.329)	1.219*** (0.337)	1.566*** (0.393)	1.593*** (0.413)	1.804*** (0.443)

नोट: ***, ** और * क्रमशः 1 प्रतिशत, 5 प्रतिशत और 10 प्रतिशत पर सांख्यिकीय महत्व का संकेत देते हैं। कोष्ठक में दिए गए आंकड़े मानक त्रुटियों को दर्शाते हैं।

स्रोत: आरबीआई स्टाफ का अनुमान।

अनुबंध सारणी 5: पैनल सहएकीकरण परिणाम - दातें

दीर्घकालिक समीकरण: लॉग (उत्पादन) = ए x लॉग (बुवाई) + ईसीटी					
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
ए	0.981*** (0.0719)	0.998*** (0.0720)	1.012*** (0.0666)	1.153*** (0.0683)	0.963*** (0.0687)
अल्पावधि समीकरण					
ईसीटी	-0.744*** (0.143)	-0.743*** (0.141)	-0.758*** (0.139)	-0.767*** (0.154)	-0.755*** (0.138)
Δ लॉग(उत्पादन)(-1)	0.0452 (0.0522)	0.0432 (0.0527)	0.0441 (0.0500)	0.0442 (0.0603)	0.0596 (0.0555)
Δ लॉग(बुवाई)	0.368** (0.158)	0.374** (0.159)	0.359** (0.142)	0.315* (0.164)	0.376*** (0.141)
निवल बोए गए क्षेत्र के प्रतिशत के अनुसार निवल सिंचित क्षेत्र	0.0188** (0.00828)	0.0187** (0.00839)	0.0199** (0.00944)	0.0258** (0.0107)	0.0189** (0.00847)
लॉग (एसडब्ल्यूएम वर्षा)	0.369*** (0.128)				
एसडब्ल्यूएम विचलन		0.00385*** (0.00140)			
अपर्याप्त डमी			-0.242*** (0.0912)		
निरपेक्ष (एसडब्ल्यूएम विचलन)				-0.00234 (0.00159)	0.00250 (0.00159)
निरपेक्ष (एसडब्ल्यूएम विचलन)*अपर्याप्त डमी					-0.00928*** (0.00279)
अपरिवर्तनीय	-3.358*** (1.087)	-1.058*** (0.338)	-1.132*** (0.342)	-2.129*** (0.556)	-0.888*** (0.318)

नोट: ***, ** और * क्रमशः 1 प्रतिशत, 5 प्रतिशत और 10 प्रतिशत पर सांख्यिकीय महत्व का संकेत देते हैं। कोष्ठक में दिए गए आंकड़े मानक त्रुटियों को दर्शाते हैं।

स्रोत: आरबीआई स्टाफ का अनुमान।

अनुबंध तालिका 6: पैनल सहएकीकरण परिणाम - तिलहन

दीर्घकालिक समीकरण: $\text{लॉग (उत्पादन)} = \alpha \times \text{लॉग (बुवाई)} + \text{ईसीटी}$

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
ए	0.776*** (0.0777)	0.794*** (0.0758)	0.984*** (0.0631)	0.919*** (0.0693)	0.944*** (0.0610)
अल्पावधि समीकरण					
ईसीटी	-0.726*** (0.110)	-0.745*** (0.114)	-0.740*** (0.109)	-0.808*** (0.128)	-0.759*** (0.109)
Δ लॉग (उत्पादन)(-1)	-0.0897 (0.0634)	-0.0792 (0.0652)	-0.103* (0.0591)	-0.0469 (0.0615)	-0.0746 (0.0602)
Δ लॉग (बुवाई)	0.321** (0.140)	0.319** (0.145)	0.221 (0.149)	0.298** (0.137)	0.271** (0.134)
निवल बोए गए क्षेत्र के प्रतिशत के अनुसार निवल सिंचित क्षेत्र	0.0186** (0.00924)	0.0194** (0.00947)	0.0216* (0.0111)	0.0256** (0.0103)	0.0234** (0.0110)
लॉग (एसडब्ल्यूएम वर्षा)	0.323*** (0.114)				
एसडब्ल्यूएम विचलन		0.00294*** (0.00112)			
अपर्याप्त डमी			-0.235*** (0.0650)		
निरपेक्ष (एसडब्ल्यूएम विचलन)				-0.00360*** (0.00131)	-0.00206 (0.00200)
निरपेक्ष (एसडब्ल्यूएम विचलन)*अपर्याप्त डमी					-0.00656** (0.00320)
अपरिवर्तनीय	-1.587** (0.806)	0.441** (0.179)	-0.591** (0.232)	-0.349* (0.186)	-0.426** (0.214)

नोट: ***, ** और * क्रमशः 1 प्रतिशत, 5 प्रतिशत और 10 प्रतिशत पर सांख्यिकीय महत्व का संकेत देते हैं। कोष्ठक में दिए गए आंकड़े मानक त्रुटियों को दर्शाते हैं।

स्रोत: आरबीआई स्टाफ का अनुमान।

अनुबंध सारणी 7: निश्चित प्रभाव पैनेल प्रतिगमन का उपयोग करके वर्षा चर की लोच

	सभी फसलें				
	एसडब्ल्यूएम वर्षा	एसडब्ल्यूएम विचलन	अपर्याप्त डमी	निरपेक्ष (एसडब्ल्यूएम विचलन)	अपर्याप्तता पर निरपेक्ष (एसडब्ल्यूएम विचलन)
उप-अवधि I	0.1244	0.0011	-0.1167	-0.0020	-0.0036
उप-अवधि II	0.2717	0.0027	-0.1504	-0.0025	-0.0045
उप-अवधि III	0.1510	0.0013	-0.0980	-0.0023	-0.0034
	चावल				
उप-अवधि I	0.0367	0.0003	-0.0522	-0.0008	-0.0015
उप-अवधि II	0.1340	0.0014	-0.0862	-0.0005	-0.0019
उप-अवधि III	0.0762	0.0006	-0.0662	-0.0023	-0.0026
	मोटे अनाज				
उप-अवधि I	-0.0522	-0.0007	-0.0300	-0.0018	-0.0015
उप-अवधि II	0.2114	0.0015	-0.1453	-0.0034	-0.0051
उप-अवधि III	-0.0255	-0.0005	-0.0273	-0.0018	-0.0015
	दालें				
उप-अवधि I	0.3079	0.0032	-0.1971	-0.0023	-0.0050
उप-अवधि II	0.4516	0.0052	-0.2534	-0.0048	-0.0072
उप-अवधि III	0.2304	0.0019	-0.1640	-0.0020	-0.0055
	तिलहन				
उप-अवधि I	0.4397	0.0045	-0.2839	-0.0036	-0.0080
उप-अवधि II	0.3057	0.0038	-0.1576	-0.0018	-0.0037
उप-अवधि III	0.4823	0.0044	-0.2094	-0.0020	-0.0069

स्रोत: आरबीआई स्टाफ का अनुमान।