जलवायु, जलवायु परिवर्तन और कृषि

06

अध्याय

मेरे देश की धरती सोना उगले, उगले हीरे मोती

मनोज कुमार, 'उपकार'

का बरषा जब कृषि सुखानें

तुलसीदास, राम चरित मानस

इस अध्याय में तापमान, वर्षा और फसल उत्पादन संबंधी जिला-स्तर के आंकड़ों का प्रयोग करके बढ़ते तापमान, कम होती औसत वर्षा और प्रचंड वर्षा की घटनाओं में बढ़ोतरी के दीर्घकालिक रूझानों का वर्णन किया गया है। एक मुख्य निष्कर्ष जिसका, ऐसे समय पर जब जलवायु परिवर्तन का खतरा मंडरा रहा है, महत्त्वपूर्ण प्रभाव पड़ेगा, यह है कि तापमान और वर्षा का प्रभाव केवल उनके प्रचंड होने की स्थिति में ही महसूस होता है; अर्थात् तब जब तापमान बहुत अधिक हो जाए, वर्षा बहुत ही कम हो और ''शुष्क दिवसों'' की संख्या सामान्य से अधिक हो। एक और महत्त्वपूर्ण निष्कर्ष यह है कि ये प्रभाव असिंचित क्षेत्रों (और इसलिए वर्षापोषित फसलों पर) में अधिक प्रतिकूल हैं जबकि सिंचित क्षेत्रों (और इसलिए अनाज) में ऐसा नहीं है। इन पूर्वानुमानों को अनुमानित दीर्घकालिक मौसमी पैटर्न पर लागू करने से पता चलता है कि जलवायु परिवर्तन के परिणामस्वरूप कृषि से होने वाली वार्षिक आमदनी में औसतन 15 प्रतिशत से 18 प्रतिशत की कमी और असिंचित क्षेत्रों में 20 प्रतिशत से 25 प्रतिशत तक की कमी हो सकती है। जलवायु परिवर्तन के प्रति असुरक्षा को कम करने के लिए अपेक्षित है कि (''प्रत्येक बूंद से अधिक फसल'' प्राप्त करने के लिए) कुशल ड्रिप एवं छिड़काव प्रौद्योगिकियों के जरिए सिंचाई का जबर्दस्त विस्तार किया जाए तथा विद्युत एवं और उर्वरक में अलक्षित आर्थिक सहायता को प्रत्यक्ष आय सहायता से प्रतिस्थापित किया जाए। मोटे तौर पर, अनाज-केन्द्रित नीति की समीक्षा किए जाने की आवश्यकता है।

परिचय

6.1 मनोज कुमार के उस लोकप्रिय गीत में रूमानीकृत भारतीय कृषि उपज की प्रचुरता-जो प्रधानमंत्री के किसानों की आमदनी को दोगुना करने का आधार भी है- को भारतीय कृषि के समसामयिक यथार्थ और दीर्घकालिक जलवायु परिवर्तन के संदर्भ में अपनी कमजोर स्थिति की कठोर संभावनाओं का सामना करना है।

6.2 पिछले कुछ मौसमों में प्रचुरता की समस्या देखी गई है: उत्पादन में वृद्धि होने के बावजूद, अनेक फसलों में किसानों की आमदनी में गिरावट हुई है क्योंकि बाजार कीमतें न्यूनतम समर्थन कीमतों से नीचे चली गई है। लेकिन मध्यम से दीर्घावधिक संदर्भ में, मैल्थस का भूत भारतीय कृषि पर मंडरा रहा है। संसाधनों से जुड़ी बढ़ती अड़चनों की पृष्ठभूमि में उत्पादकता बढ़ानी होगी और कीमत एवं आमदनी में व्याप्त अस्थिरता को कम करना होगा। जल और

भूमि की कमी, मृदा की गुणवत्ता में गिरावट और निश्चित रूप से जलवायु परिवर्तन के कारण हुई तापमान वृद्धि एवं वर्षा का उतार–चढ़ाव, ये सब कृषि को अवश्य प्रभावित करने वाले हैं। इसलिए, भारतीय कृषि पर जलवायु के प्रभाव का विश्लेषण करने का समय आ गया है।

कृषि का महत्व क्यों है: एक विडम्बना

6.3 सबसे पहले तो, भारत में कृषि का महत्व बहुत गहरे कारणों से जुड़ा है। ऐसा केवल नहीं कि भारतीय मानस में किसान के किसी विशेष स्थान के कारण नहीं है। महात्मा गांधी द्वारा सत्याग्रह का पहला आंदोलन वस्तुतः किसानों की ओर से शुरू किया गया था, औपनिवेशिक शासन द्वारा शोषित किए गए नील की खेती करने वाले किसानों की ओर से। आरम्भिक जेफर्सोनियन अमरीका (हॉफस्टैडर, 1955) की तरह ही, इतिहास और साहित्य में भारतीय लोक संस्कृति में किसान को मिथकीय दर्जा दे दिया गया है: भोला–भाला, निष्कपट, मेहनती जो प्रकृति के साथ घुलामिला है, लेकिन फिर भी गरीब, कमजोर और पीड़ित रहा है, पहले तो साम्राज्यवादी ताकतों द्वारा और बाद में इस देश के भूमिपतियों और बिचौलियों द्वारा। बॉलीवुड (कॉलीवुड और टॉलीवुड) ने भी भारतीय किसान के इस मिथक को बनाने और बढ़ाने में महत्वपूर्ण भूमिका निभाई है (उदाहरणार्थ मदर इंडिया, दो बीघा जमीन, उपकार, लगान और अभी हाल में पीपली लाइव जैसी फिल्मों में)।

6.4 कृषि का महत्व आर्थिक कारणों से भी है क्योंकि यह अभी भी जीडीपी (16 प्रतिशत) और रोजगार (49 प्रतिशत)[1] का बड़ा हिस्सा प्रदान करती है। कृषि के खराब निष्पादन के कारण मुद्रास्फीति, किसानों पर दबाव और उथल–पुथल तथा बड़े पैमाने पर राजनीतिक और सामाजिक असंतोष पैदा हो सकता है– ये सभी कारक अर्थव्यवस्था को बाधित कर सकते हैं।

6.5 नोबेल पुरस्कार विजेता सर आर्थर लुईस (अन्य के साथ–साथ), ने तर्क दिया था कि आर्थिक विकास का अर्थ सर्वदा और सर्वत्र लोगों को कृषि क्षेत्र से बाहर निकालने का है तथा समय के साथ–साथ कृषि को अर्थव्यवस्था का कम महत्वपूर्ण हिस्सा बनाने के संदर्भ में है (संपूर्ण अर्थ में नहीं लेकिन जीडीपी और रोजगार के हिस्से के रूप में)। लेकिन यह प्रक्रिया उत्पादकता में तीव्र वृद्धि, लोगों के लिए अधिक खाद्य आपूर्ति, खेतों से बढ़ती आमदनी और संचित होती मानव पूंजी के संदर्भ में और उसके साथ–साथ चलनी चाहिए। कृषि मानव–आजीविका का प्रधान, स्थायी स्रोत क्यों नहीं हो सकता, इसका एक कारण उसका उत्पादकता स्तर है और इसी तरह जिन जीवन स्तरों को यह पोषित करता है, वे कभी भी विनिर्माण और सेवाओं के स्तरों तक नहीं पहुंच सकते और न ही ऐतिहासिक तौर पर पहुंचे हैं। निश्चित रूप से इसका अर्थ यह है कि औद्योगीकरण और शहरीकरण को ही कृषि के मुकाबले अधिक उत्पादकता वाले विकल्प मुहैया कराने होंगे। किन्तु यह कार्य कृषि में तीव्र उत्पादकता वृद्धि, जन–जन के लिए अधिक अनाज के उत्पादन, कृषि आय के निरंतर वृद्धि और मानवीय पूंजी के संकलन को बढ़ाने के संदर्भों में करना होगा।

6.6 साथ ही, डॉ. अम्बेडकर, ग्रामीण भारत को रूमानी छवि से अलंकृत करने के खतरे के प्रति आगाह कर रहे थे। उन्होंने जोरदार ढंग से गांवों को ''स्थानीयता का गर्त, अज्ञानता, संकीर्णता और साम्प्रदायिकता का अड्डा'' कहा था, तब वह एक गहरी सच्चाई व्यक्त कर रहे थे– लुइसियन आर्थिक अंतर्दृष्टि का भारतीय सामाजिक पूरक– कि आगे चलकर लोगों को गैर–आर्थिक कारणों से कृषि से बाहर निकलने की जरूरत होगी और उन्हें निकालना होगा।

6.7 इसलिए, विडम्बना यह है कि किसानों और कृषि को लेकर आज जो चिंता व्याप्त है, वह यह सुनिश्चित करने के लिए है कि भविष्य में कम तथा और कम किसान और खेत हों, लेकिन वे अधिक उत्पादनकारी हों। दूसरे शब्दों में, समस्त श्रेष्ठ और सफल आर्थिक एवं सामाजिक विकास समृद्ध कृषि और कृषि में बढ़ती उत्पादकता के संदर्भ में इस परिवर्तन को सुसाध्य बनाने के लिए है क्योंकि उससे बेहतर शहरीकरण होगा और अर्थव्यवस्था के अन्य क्षेत्रों में उत्पादकता में वृद्धि भी सुसाध्य हो पाएगी।

दीर्घकालिक कृषि निष्पादन

6.8 कृषि को दिया जा रहा महत्व इसके दीर्घावधिक आर्थिक निष्पादन के कारण आवश्यक हो जाता है। चांद (2012) और गुलाटी (2009) इत्यादि ने कृषि के क्षेत्रीय और स्थानिक निष्पादन का विश्लेषण किया है। 1960 के बाद से भारत में वास्तविक कृषि संवृद्धि औसतन लगभग 2.8 प्रतिशत रही है। हरित क्रांति से पहले की अवधि में 2 प्रतिशत से कम की संवृद्धि देखी गई; उसके बाद की अवधि में वर्ष 2004 तक 3 प्रतिशत की संवृद्धि हुई; वैश्विक

[1] अंतर्राष्ट्रीय संगठन रोजगार के कृषि हिस्से का 44.3 प्रतिशत पर आंकलन करता है।

कृषि वस्तु उत्पादन में आए उछाल ने इस संवृद्धि को 3.6 प्रतिशत तक पहुंचा दिया (चित्र 1)। चीन की वार्षिक कृषि संवृद्धि भारत की तुलना में 1.5 प्रतिशतांक अधिक रही है।

6.9 भारत कृषि संवृद्धि की अस्थिरता में समय के साथ-साथ काफी कमी आई है: 1960 और 2004 के बीच 6.3 प्रतिशत के मानक विचलन से 2004 में 2.9 प्रतिशत। विशेषकर, अनाज का उत्पादन, सूखे के प्रति अधिक 'रोधक' हुआ है।

6.10 लेकिन अस्थिरता के स्तर चीन के मुकाबले, जहां उतार-चढ़ावों को एक तरह से खत्म कर दिया गया है, अभी भी अधिक और काफी ऊंचे बने हुए हैं (चित्र 2, वृत्त में शामिल क्षेत्र)। इसमें योगदान करने वाला एक और महत्वपूर्ण कारक यह है कि भारत में कृषि आज भी मौसमी उतार-चढ़ावों से पीड़ित है क्योंकि इसका लगभग 52 प्रतिशत हिस्सा (बोए गए निवल 141.4 मिलियन हेक्टेयर क्षेत्र में से 73.2 मिलियन हेक्टेयर क्षेत्र) आज भी असिंचित और वर्षापोषित है।[2]

6.11 इस पृष्ठभूमि में, इस अध्याय में तीन उद्देश्यों की पूर्ति करने का प्रयास किया गया है- पहला पिछले छ: दशकों[3] में तापमान और वर्षा के जलवायु पैटर्न में हुए परिवर्तनों को दर्ज करना। दूसरा, कृषि उत्पादकता पर मौसम के उतार-चढ़ाव का मूल्यांकन करना। और अंतत:, इन अल्पावधिक अनुमानों को दीर्घावधिक संदर्भ में मौसम में हुए निश्चित परिवर्तनों के साथ इस्तेमाल करना ताकि भारतीय कृषि पर वैश्विक तापन के प्रभाव का मूल्यांकन किया जा सके। अनेक प्रतिष्ठित भारतीय कृषि अर्थशास्त्रियों ने कृषि के विभिन्न पहलुओं का विश्लेषण किया है [चांद (2007, 2010, 2012, 2015), गुलाटी (1999, 2005, 2007, 2008, 2009, 2017), रामास्वामी (2001, 2002, 2013), स्वामीनाथन (2005, 2008, 2010)], लेकिन ऐसे विखंडित स्तरों पर कृषि पर मौसम के प्रभाव के कोई हालिया अनुमान नहीं हैं।

प्रेरणा

6.12 लेकिन पहिए का दोबारा आविष्कार क्यूं करें, जब पहले ही आर्थिक कार्यकलाप पर जलवायु के प्रभाव के संबंध में अंतरराष्ट्रीय स्तर पर भारी भरकम अनुसंधान और विश्लेषण उपलब्ध हैं; Deschenes, and Greenstone, (2007 and 2011); Dell, Jones and Olken, (2012 and 2014); IMF, (2017); Burke, Hsiang, and Miguel, (2015)?

6.13 इसके तीन जवाब हो सकते हैं। एक तो सामान्य सरोकार यह है कि विभिन्न देशों के विश्लेषण भारत जैसे बड़े, विशिष्ट देश पर लागू नहीं हो सकते जो कृषि प्रधान हैं और जहां विविध जलवायु क्षेत्र हैं। दूसरा, संबंधित मुद्दा यह है कि भारत से जुड़ा विश्लेषण अधिक विविध होगा जो विभिन्न देशों के एक सतत् स्तर के विश्लेषण की तुलना में, स्थानिक स्तर के पृथक स्वरूप के विश्लेषण पर किया गया हो (हालांकि विभिन्न देशों के ऐसे विश्लेषण हैं जो ऐसे पृथक-पृथक आंकड़ों को प्रयोग में लाते हैं)।

6.14 अंतिम और एक महत्वपूर्ण कारण आंकड़ों की गुणवत्ता से संबंधित है और जिसके प्रभाव अनुसंधान के निष्कर्षों और इसीलिए नीतिगत जानकारी के संबंध में भी होते हैं। विभिन्न देशों के उपलब्ध लगभग सभी विश्लेषणों में तापमान, मौसम और प्रचंड घटनाओं से जुड़े डेटाबेस का प्रयोग किया जाता है। उदाहरणार्थ Dell, Jones and Olken, (2012, 2014) और IMF (2017) में तापमान और वर्षा के संबंध में डेलावेयर विश्वविद्यालय द्वारा सृजित डेटासेट को इस्तेमाल किया गया है। ये डेटाबेस भारतीय आंकड़ों का प्रयोग करते हैं लेकिन बहुत कम वास्तविक मापन बिन्दुओं (''स्टेशन'') के साथ, बजाय उसके जो कि भारतीय मौसम विज्ञान विभाग (आईएमडी) के पास उपलब्ध हैं। डेलावेयर तापमान का डेटाबेस ग्रिड युक्त है (इसे स्थानिक रूप से प्रातिनिधिक बनाने के लिए) लेकिन यह 45 मौसम स्टेशनों पर आधारित है जबकि भारतीय मौसम विज्ञान विभाग के आंकड़े 210 मौसम स्टेशनों से एकत्र किए जाते हैं। इसी प्रकार, वर्षा के संबंध में डेलावेयर डेटाबेस, 2140 स्टेशनों के वास्तविक नमूने की तुलना में, भारतीय वर्षा के केवल उन आंकड़ों का प्रयोग करता है जो 300 स्टेशनों द्वारा मुहैया कराए गए हैं (भारतीय और विभिन्न देशों की डेटाबेस की तुलना के लिए परिशिष्ट देखें)।

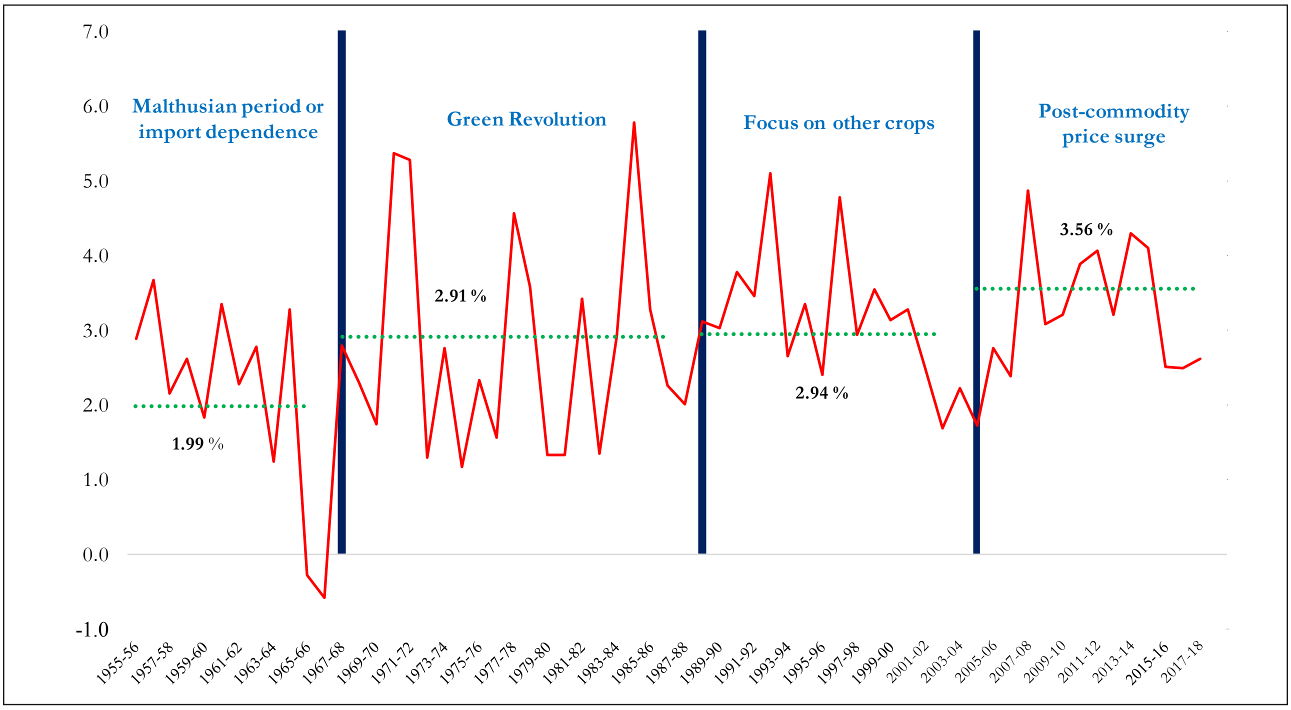
6.15 नीचे चित्र 3क और 3ख में क्रमश: औसत वार्षिक तापमान और औसत वार्षिक वर्षा के संबंध में विभिन्न देशों के डेटाबेस में भिन्नता दिखाई गई हैं।[4]

---

[2] वार्षिक रिपोर्ट 2016-17, कृषि और किसान कल्याण मंत्रालय।

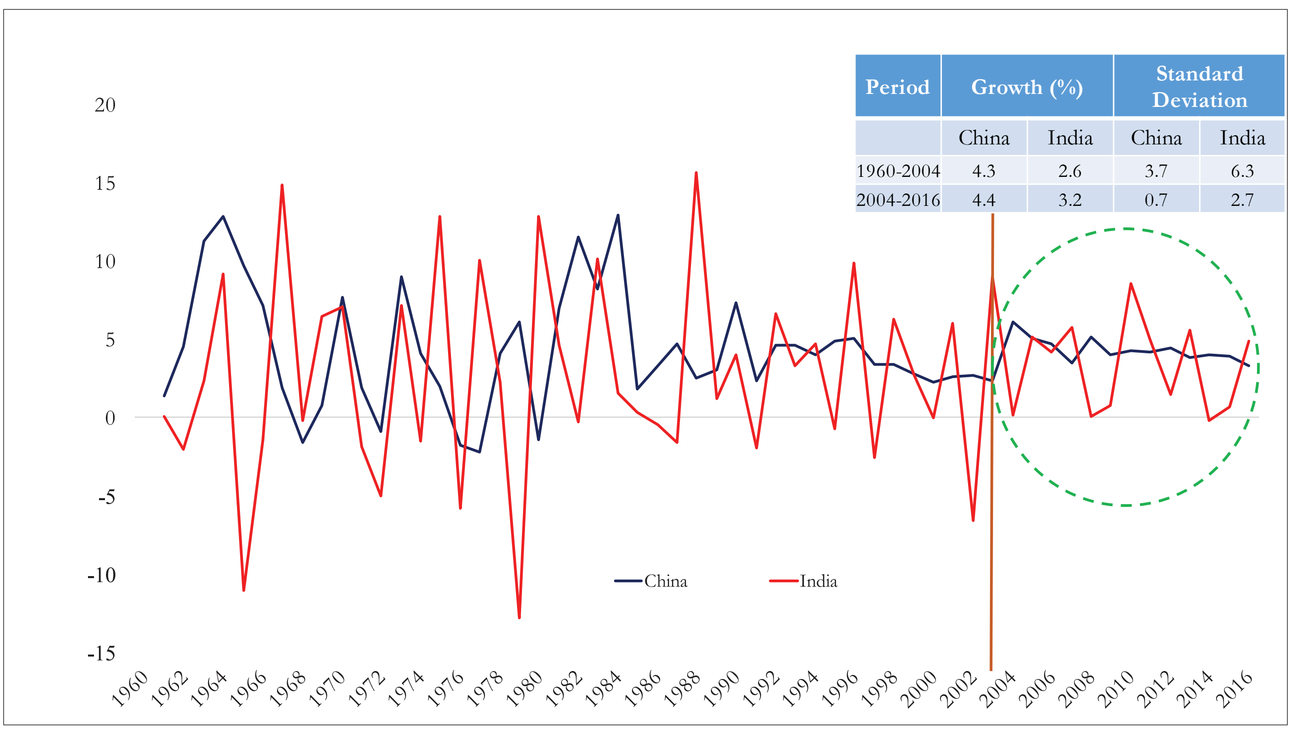
[3] इस अध्याय में ''मौसम'' का अर्थ तापमान और वर्षा के वार्षिक परिणाम हैं जबकि ''जलवायु'' इन परिवर्तनीय घटकों के दीर्घावधिक पैटर्न से संबंधित है।

चित्र 1: भारत में वास्तविक कृषि जीवीए संवृद्धि, 1960 से 2016 (5 वर्षीय चल औसत, प्रतिशत में)



स्रोत: समीक्षा परिकलन
टिप्पणी: आंकड़ों में संख्याएं अवधि के दौरान प्रतिशत में हुई औसत संवृद्धि दर्शाती हैं।

चित्र 2: वास्तविक कृषि जीडीपी संवृद्धि, चीन और भारत, 1960-2016 (प्रतिशत में)

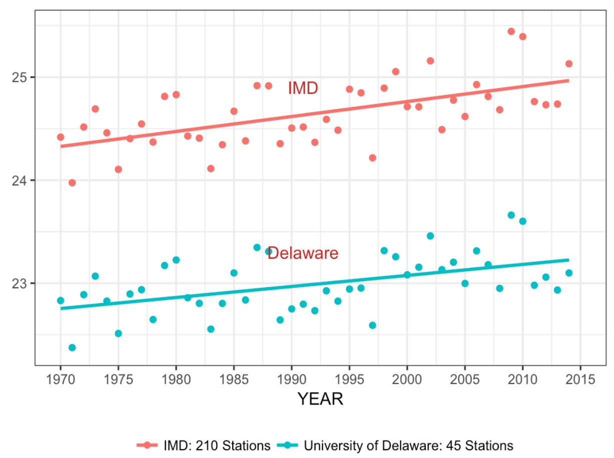


Period	Growth (%)		Standard Deviation	
	China	India	China	India
1960-2004	4.3	2.6	3.7	6.3
2004-2016	4.4	3.2	0.7	2.7

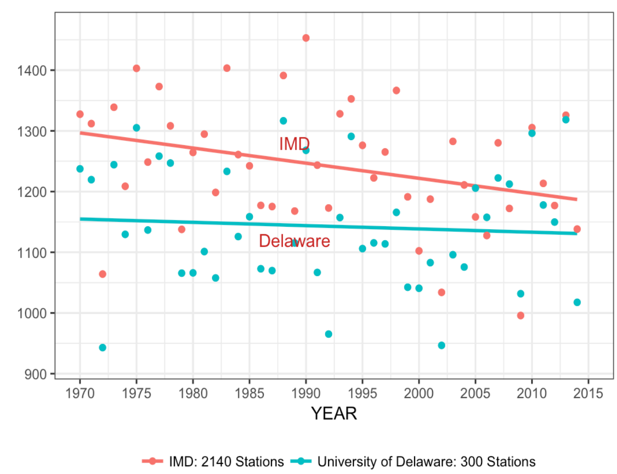
स्रोत: समीक्षा परिकलन

चित्र 3: तापमान और वर्षा: भारतीय और अंतरराष्ट्रीय आंकड़ों की तुलना

चित्र 3क औसत वार्षिक तापमान



चित्र 3ख औसत वार्षिक वर्षा



स्रोत: आईएमडी आंकड़ों से समीक्षा परिकलन तापमान के संबंध में, प्रत्येक स्टेशन के लिए वार्षिक औसत अनुमानित की जाती है और इसके बाद अखिल भारतीय औसत निकालने के लिए सभी स्टेशनों की औसत परिकलित की जाती है। वर्षा के संबंध में, अखिल भारतीय औसत परिकलित करने के लिए प्रत्येक स्टेशन से संबंधित कुल वर्षा का औसत निकाला जाता है।

6.16 इन चित्रों में, दोनों डेटासेटों के बीच स्तरों एवं रुझानों, दोनों के संदर्भ, में काफी अंतर है। उदाहरणार्थ, आईएमडी डाटा (लाल रंग में) में डेलावेयर डेटासेट की तुलना में, तापमान का कहीं अधिक ऊंचा औसत[5] स्तर दर्ज किया गया है (जलवायु के संदर्भ में औसतन 1 डिग्री सेल्सियस से अधिक, जो आपदा और निर्वाण के बीच का अंतर है)। इसी प्रकार, आईएमडी डेटा लगभग 100 मिमी की अधिक वर्षा के स्तर दर्शाता है (बाढ़ और सूखे के बीच का संभावित अंतर) जहां डेलावेयर डाटा के विपरीत 1970 के दशक के मध्य से तेजी से गिरावट का रुख देखा गया है। ये अंतर यह सुझाते हैं कि दीर्घावधिक जलवायु प्रभावों का कोई भी विश्लेषण इन डेटासेटों से बहुत भिन्न हो सकता है।

6.17 इस तरह उच्च गुणवत्ता, उच्च स्तर वाले तापमान और वर्षा के आंकड़ों से लैस होकर इस अध्याय में भारत में तापमान एवं वर्षा के पैटर्न का विश्लेषण करने और कृषि उत्पादकता पर उसके प्रभाव का विश्लेषण करने का प्रयास किया गया है।

तापमान और वर्षा के सामयिक और स्थानिक पैटर्न

6.18 चित्र 4 में फसलों के मौसम के अनुसार औसत तापमान दिखाए गए हैं। 1970 के दशक के बाद से बढ़ता तापमान दोनों मौसमों की विशेषता रहा है। अभी हालिया दशक के तथा 1970 के दशक के मध्य के तापमान में हुई औसत वृद्धि खरीफ और रबी मौसम के लिए क्रमश: लगभग 0.45 डिग्री और 0.63 डिग्री रही है। ये रूझान राजीवन (2013) में बताए गए रूझानों से संगतिपूर्ण हैं।

6.19 चित्र 5 में दोनों मौसमों में वर्षा पैटर्न दर्शाया गया है। वर्ष 1970 के दशक के मध्य और पिछले दशक के बीच खरीफ में वर्षा औसतन 26 मिमी और रबी में वर्षा 33 मिमी कम हुई है। इस अवधि में वार्षिक औसत वर्षा औसतन लगभग 86 मिमी कम हुई है।

6.20 अत्यधिक उच्च और निम्न तापक्रम वाले दिनों की संख्या की क्या स्थिति है। चित्र 6 में प्रत्येक वर्ष मानसून के मौसम के दौरान उन दिनों का अनुपात दर्शाया गया है जब तापमान अत्यधिक ज्यादा था (ग्रिड प्वाइंट विशिष्ट तापमान वितरण के 95 शतमंक से अधिक के रूप में परिभाषित) और अत्यधिक निम्न (ग्रिड प्वाइंट विशिष्ट तापमान वितरण 5 शतमंक से कम था। ये चित्र अत्यधिक उच्च तापमान वाले दिनों की संख्या में वृद्धि और तद्नुरूप निम्न तापमान वाले दिनों की संख्या में कमी को दर्शाते हैं।

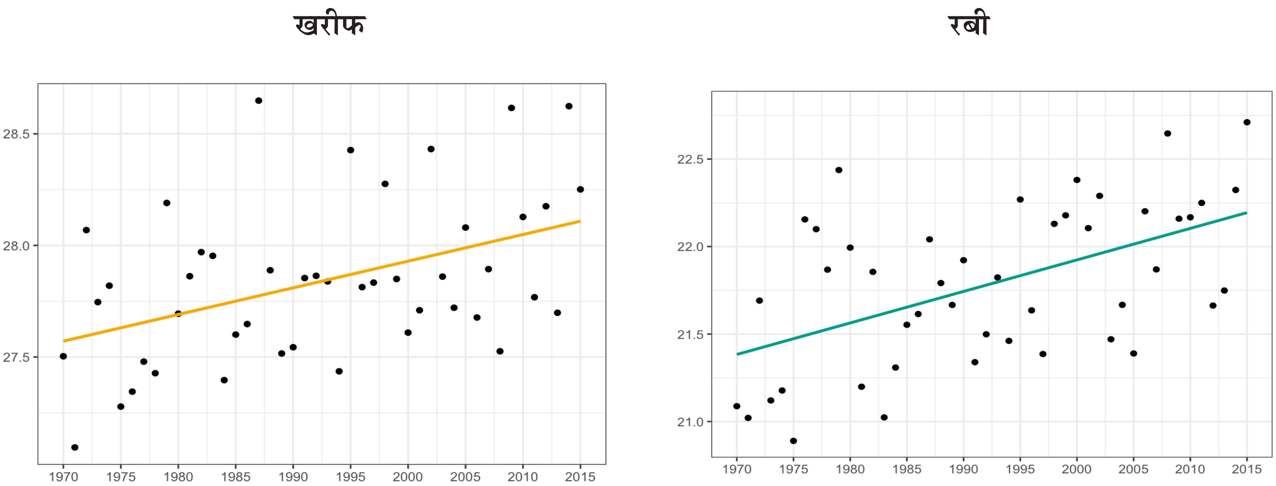
6.21 वर्षा की अधिकता की ओर ध्यान देते हुए चित्र 7 में शुष्क दिनों (प्रतिदिन 0.1 मिमी से कम वर्षा)

---

4 औसत को डेलावेयर और आईएमडी डेटासेट के सभी ग्रिड बिन्दुओं के अनुसार संगणित किया गया है, जो कि भारत की सीमाओं की भीतर है।

5 इसलिए, दो डाटाबेसों के बीच अंतर तीन कारणों से हो सकते हैं: दैनिक (आईएमडी) बनाम मासिक (डेलावेयर); 210/2140 (आईएमडी) बनाम 45/300 (डेलावेयर) संग्रहण बिन्दु तापमान/वर्षा के संबंध में; और विभिन्न संग्रहण बिन्दुओं से उभरता विविध स्थानिक अंत:-क्षेपण। आईएमडी आंकड़े अधिक विस्तृत और विखंडित हैं।

चित्र 4: फसली मौसम के अनुसार औसत तापमानः खरीफ और रबी (डिग्री सेल्सियस में)

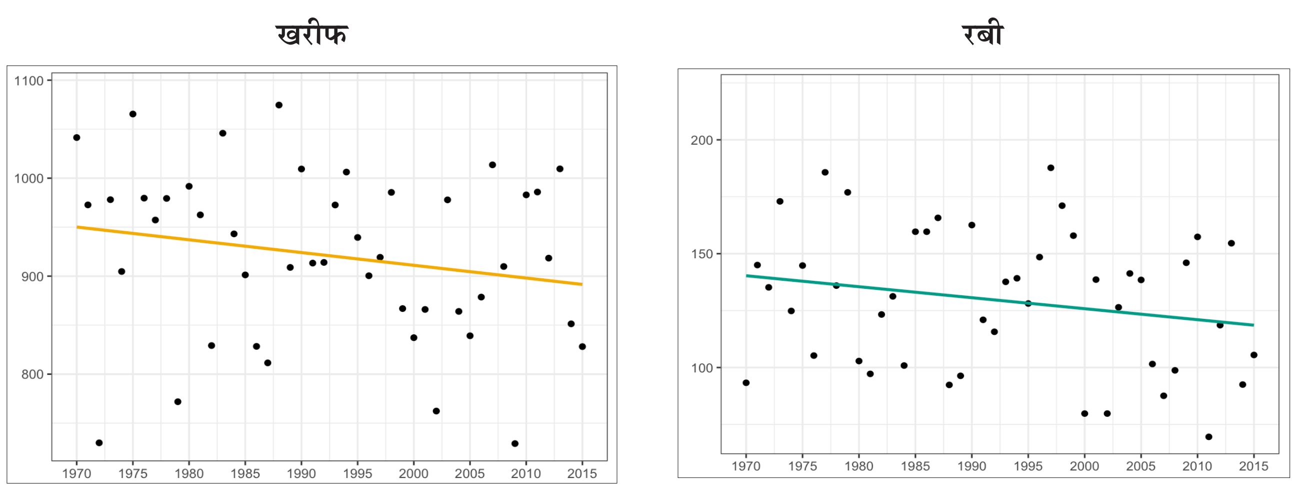


स्रोतः आईएमडी डेटा से समीक्षा परिकलन

के साथ-साथ वर्षा वाले दिनों (80 मिमी प्रतिदिन से अधिक वर्षा) का अनुपात पिछले कुछ समय में धीरे-धीरे बढ़ा है। इस तरह, जलवायु परिवर्तन की छाप अत्यधिक मौसमी बदलावों की बढ़ती हुई बारंबारता से स्पष्ट हो जाती है।

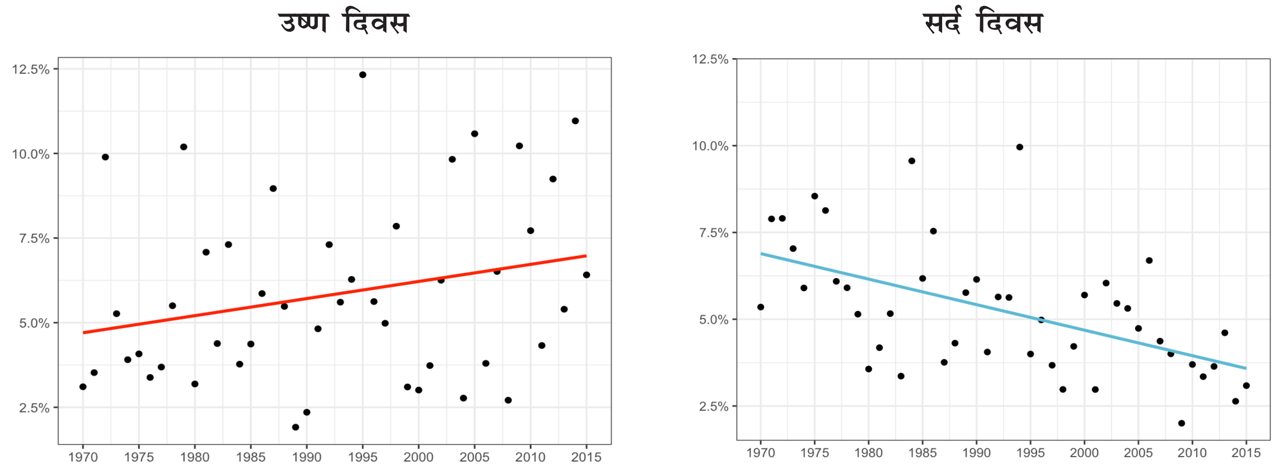
6.22 मौसम के पैटर्न में स्थानिक परिवर्तन की समग्र समझ चित्र 8क (तापमान के लिए) तथा चित्र 8ख (वर्षा के लिए) में देखी जा सकती है। ये 1950-80 की अवधि तथा 2005-15 की अवधि में तापमान और वर्षा में आए अन्तर दिखा रहे हैं। चित्र 8 'क' में तापमान में वृद्धि का दृश्य अंकित किया गया है - मानचित्र का बहुत बड़ा भाग लाल रंग में दिखाया गया है। उत्तर पूर्व, केरल, तमिलनाडू, राजस्थान और गुजरात में यह तापमान वृद्धि अधिक रही है। इसकी तुलना में पंजाब, ओडिशा तथा उत्तर प्रदेश पर यह प्रभाव कम रहा है। दूसरी ओर चित्र 8'ख' में दिखाया गया है कि कमी का सकेंद्रण उत्तर प्रदेश, उत्तर पूर्व, केरल, छत्तीसगढ और झारखंड में अधिक रहा है। वास्तव में गुजरात, ओडिशा और आन्ध्र प्रदेश में वर्षा में कुछ वृद्धि भी हुई है। एक और बात रोचक है: स्थानिक रूप से तापमान में वृद्धि और वर्षा में कमी में कुछ कमजोर सा सहसंबंध दिखाई दे रहा है।

चित्र 5: फसली मौसम के अनुसार औसत वर्षा: खरीफ और रबी (मिलीमीटर)



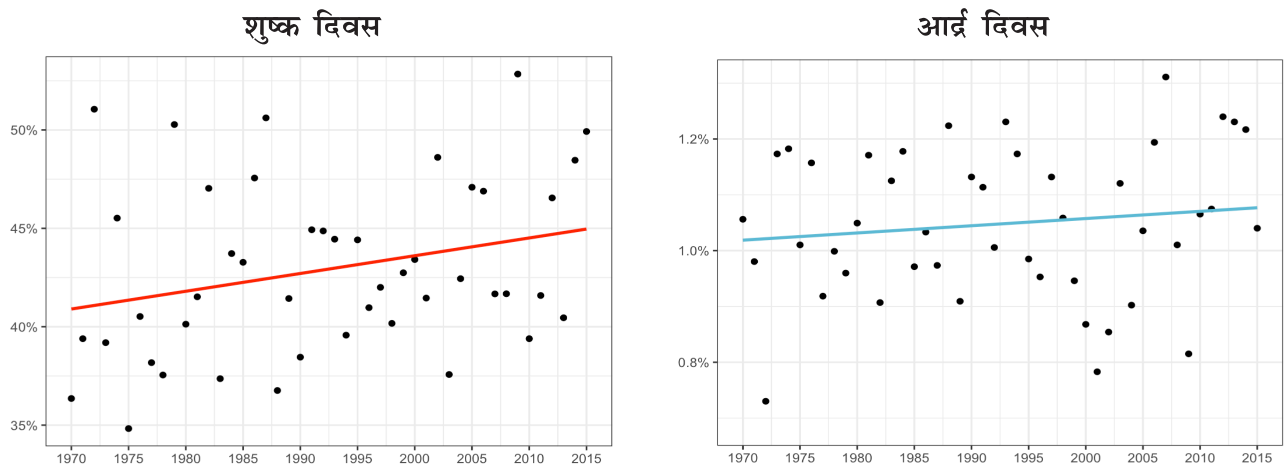
स्रोतः आईएमडी डेटा से समीक्षा परिकलन

चित्र 6: मानसून के दौरान बहुत गर्म और ठंडे दिन (कुल दिनों का प्रतिशत)



स्रोत: आईएमडी डेटा पर आधारित समीक्षा परिकलन

चित्र 7: मानसून के दौरान शुष्क और वर्षा वाले दिन (कुल दिनों का प्रतिशत)



स्रोत: आईएमडी डेटा पर आधारित समीक्षा परिकलन

कृषि उत्पादकता पर मौसम का प्रभाव

6.23 कृषि पर जलवायु और मौसम के प्रभाव का अनुमान लगाया जाना अब आर्थिक अनुसंधान का विषय बन गया है। ज्यादा चिंताएं विकासशील देशों से संबंधित हैं क्योंकि मौसम के अननुरूप से प्रभाव विश्व के गर्म और कम धनी हिस्सों में अधिक हैं (आईएमएफ 2017; डेल, जोन्स और ओल्कन, 2012)।

6.24 इस अध्याय में अनेक महत्वपूर्ण प्रश्नों के व्यापक रूप से उत्तर देने के लिए तापमान, मौसम, कृषि उत्पादन, उपज और कीमतों के जिला स्तरीय आंकड़े का प्रयोग किया गया है।[7] यह विश्लेषण-खरीफ और रबी फसली मौसमों के लिए अलग-अलग किया गया है। चार्टों और सारणियों द्वारा कुछ मुख्य निष्कर्ष दर्शाए गए हैं जबकि प्रतीपगमन विश्लेषण पर चर्चा अनुबंध में की गई है।

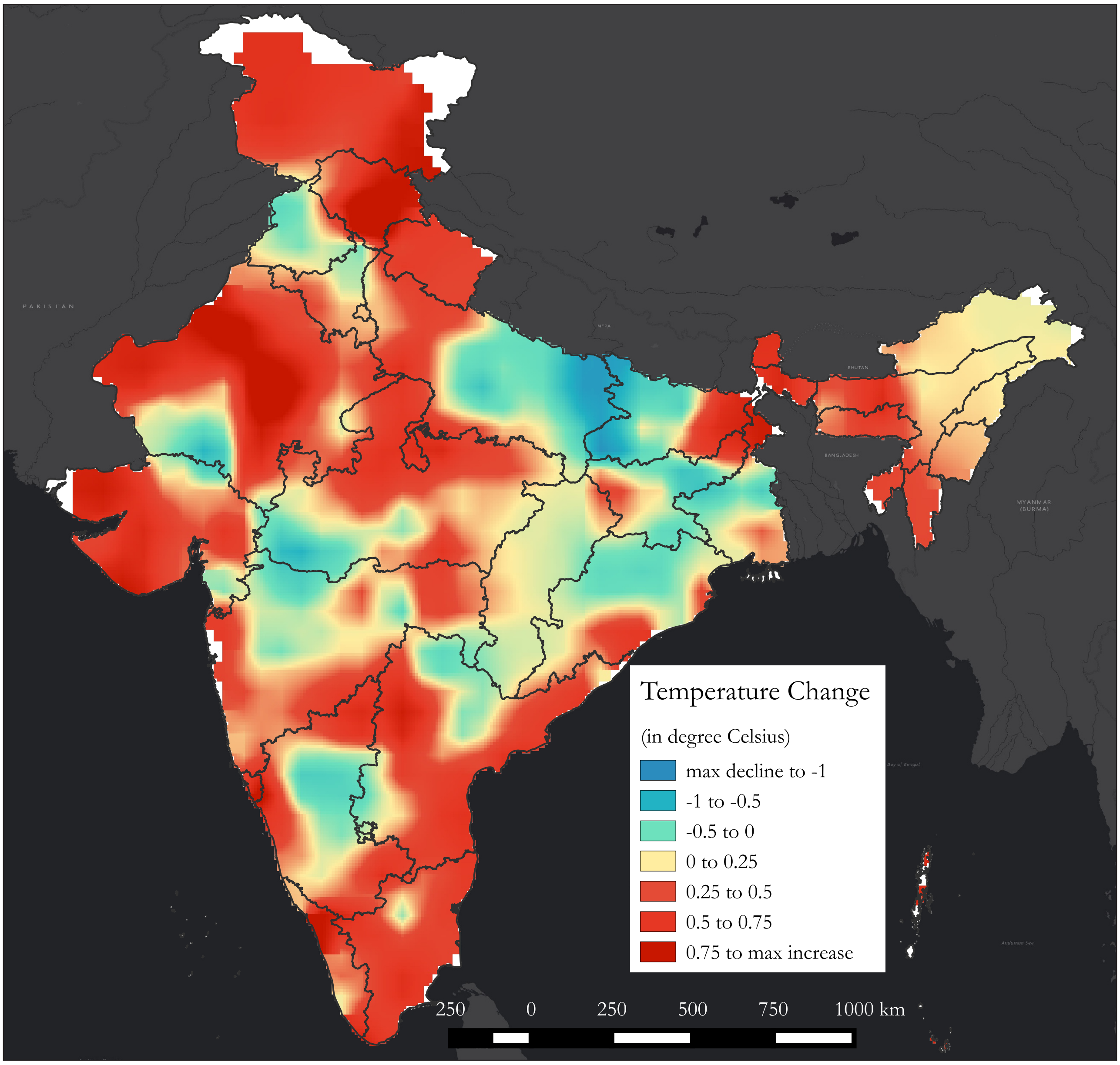
कड़ी विषमता: प्रचंड बनाम मामूली आघात; सिंचित बनाम असिंचित क्षेत्र

6.25 वर्तमान विश्लेषण से दो प्रमुख निष्कर्ष निकलते हैं।

[7] कार्बन डाई आक्साइड के उत्सर्जन और पानी के प्रस्वेदन के प्रभावों का सीमित आंकड़ों के कारण युग्मीकरण नहीं किया गया है।

चित्र 8कः तापमान में स्थानिक-अल्पकालिक परिवर्तन

(पिछली दशाब्दी और 1950-1980 की अवधि के बीच औसत तापमान में परिवर्तन)



स्रोतः आईएमडी डेटा आंकड़ो से सर्वेक्षण का परिकलन[6], लाल, नीला बढ़ते हुए (गिरते हुए) तापमान को इंगित करता है।

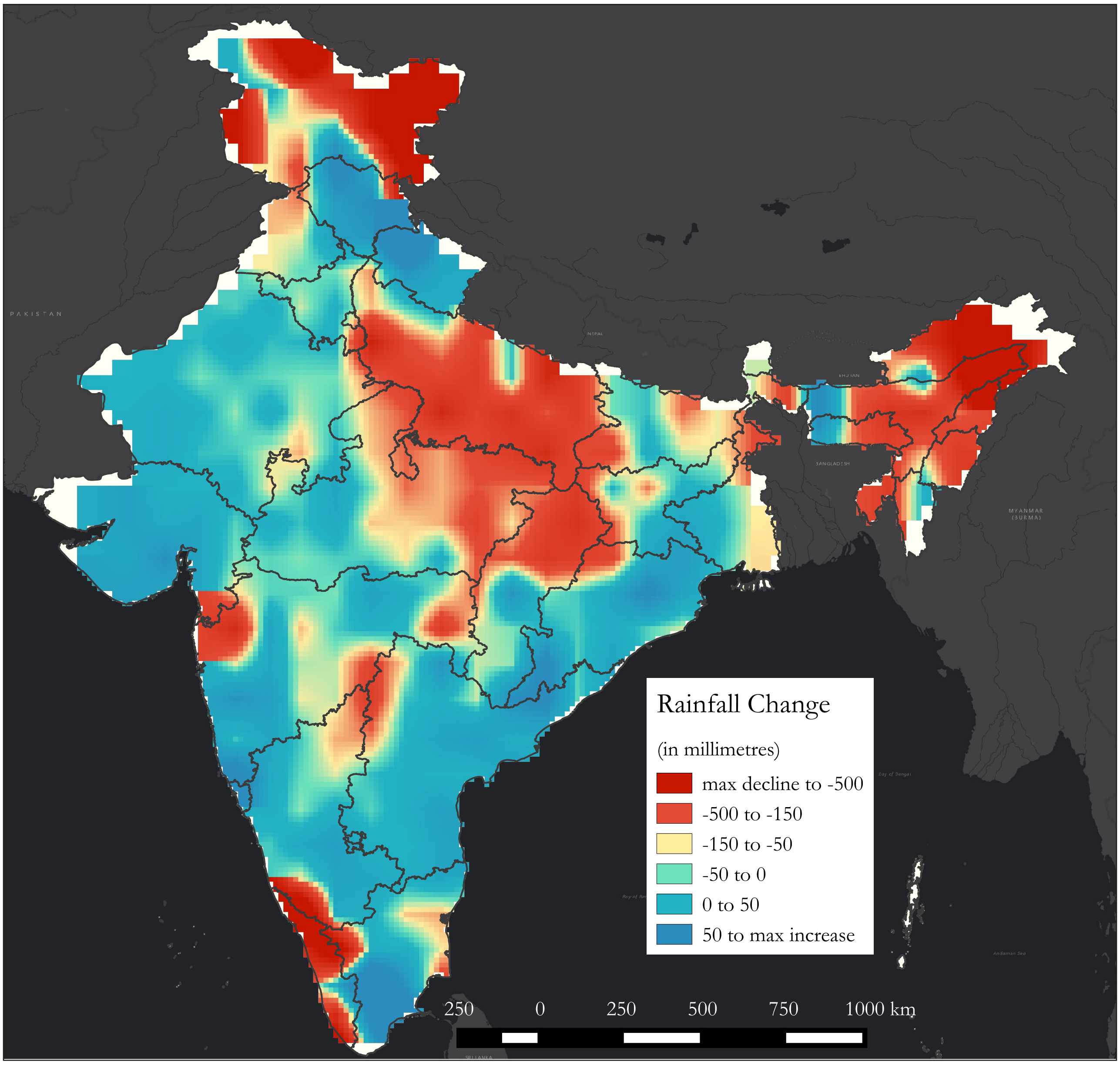
प्रथम जलवायु परिवर्तन के परिदृश्य में महत्वपूर्ण निहितार्थो वाला एक-यह है कि तापमान और वर्षा का प्रभाव उच्च रूप से गैर रेखीय है और यह प्रायः तभी महसूस होता है जब तापमान बढ़ता है और वर्षा अत्यंत कम होती है। दूसरा यह है कि इन अत्यधिक आघातों के सिंचित और असिंचित क्षेत्रों (और परिणामतः उन फसलों के बीच जो वर्षा पर निर्भर होती हैं) के बीच अत्यधिक विविधतापूर्ण प्रभाव पड़ते हैं जो पहले वाले की तुलना में बाद वाले पर दोगुने अधिक हैं।

6.26 इन निष्कर्षों को पहले ग्राफ के रूप में दिखाया गया है। चित्र 9 और 10 में एक्स-अक्ष तापमान और वर्षा के शतमंक चित्रित करते हैं जिसमें 5 दशमंक मध्य श्रेणी

[6] ग्रिड प्वाइंट संबंधी मौसम के आंकड़ों (वर्षा के लिए 1 डिग्री ग्रिड और तापमान के लिए 0.5 डिग्री ग्रिड) को रास्टर में परिवर्तित किया गया और इसके बाद इसे गैर आंकलित किया गया (बाई लीनियर स्मूदनिंग का प्रयोग करते हुए) सफेद में दिखाये गए क्षेत्र मिसिंग ग्रिड प्रतिनिधित्व करते हैं।

चित्र 8खः वर्षा में स्थानिक परिवर्तन

(पिछले दशक और 1950-1980 की अवधि के बीच औसत वर्षा में परिवर्तन)



स्रोतः आईएमडी डेटा आंकड़ो से सर्वेक्षण का परिकलन, लाल, नीला बढ़ते हुए (गिरते हुए) तापमान को इंगित करता है।

है (सामान्य तापमान और वर्षा) जिसके प्रति सभी तुलनाएं की जाती हैं। इसलिए चित्र 9 के बाएं पैनल पर विचार करें: यदि तापमान, तापमान वितरण के 10वें दशमंक में हो (अर्थात अधिकतम गर्म), तब असिंचित क्षेत्रों में खरीफ की पैदावार उस स्थिति के मुकाबले 10 प्रतिशत कम होगी यदि तापमान सामान्य होता अर्थात 5वें दशमंक में होता।

6.27 इसी प्रकार, चित्र 10 का बायां पैनल यह दर्शाता है कि यदि वर्षा पहले दशमंक में हो (सूखे और सूखे जैसी स्थितियां), तब खरीफ की पैदावार असिंचित क्षेत्रों में 18 प्रतिशत कम होगी बजाय उस स्थिति के यदि वर्षा सामान्य होती (अर्थात 5वें दशमंक में)।

6.28 पहला मुख्य जांच परिणाम यह है कि केवल उच्च तापमान से उत्पन्न आघातों को प्रतिबिंबित किया गया है। यह तथ्य चित्र 9 (दोनों पैनल) में तापमान रेखा-चित्र में लाल लाइन दाहिने कोने की दिशा को छोड़कर विभाजन के लगभग पूरे भाग में एक्स-एक्सिस के बेहद करीब है, अर्थात्, अत्यधिक गर्मी से कम की किसी भी परिस्थिति में प्रभाव शून्य के लगभग है और यह ऐसा है मानो तापमान

सामान्य हो। इसी प्रकार, यह तथ्य कि चित्र 10 में वर्षा रेखा-चित्र में लाल लाइन बाहिने कोने की दिशा को छोड़कर एक्स-एक्सिस के करीब है।

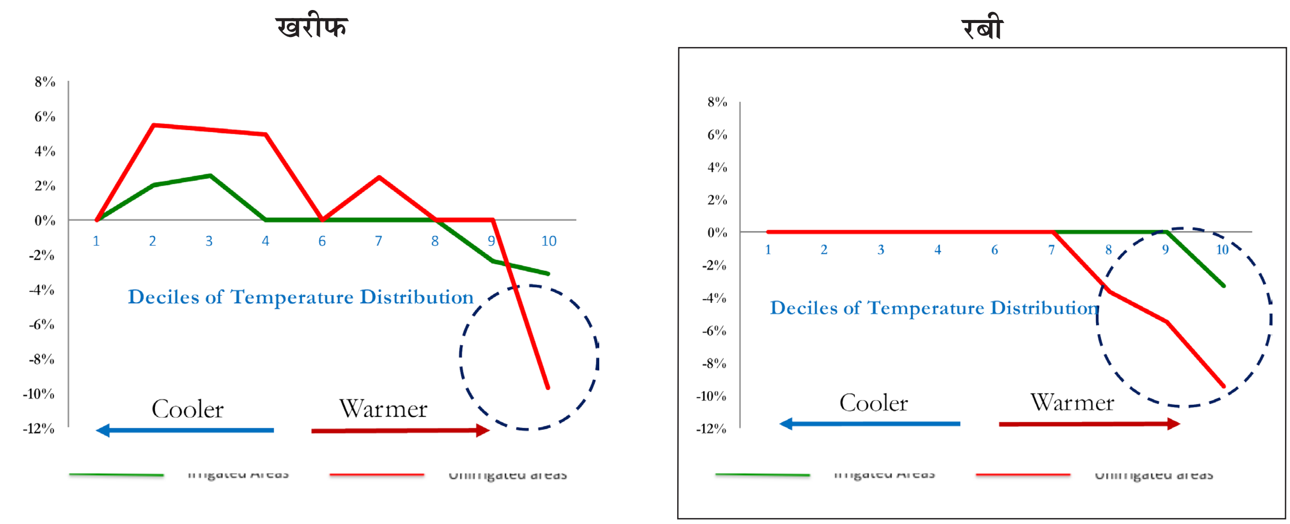
6.29 बहुत अधिक प्रकाशित सामग्री में कृषि उपजों के मामले में तापमान में एक यूनिट की वृद्धि और वर्षा में एक यूनिट गिरावट पर ध्यान केन्द्रित किया गया है (उदाहरण डैल, जोन्स एंड ओल्कन 2012)। इस अध्याय में किए गए विश्लेषण से ज्ञात होता है कि भारतीय परिप्रेक्ष्य में, मौसम में मामूली से बदलाव का बहुत थोड़ा अथवा कोई असर नहीं होता है और मौसम के विपरीत प्रभाव मौसम की चरम अवस्था में ही निहित हैं। कृषि पर जलवायु परिवर्तन के प्रभाव के लिए इन निष्कर्षों के महत्त्वपूर्ण निहितार्थ हैं (इस अध्याय में बाद में चर्चा की गई है), क्योंकि जलवायु परिवर्तन संबंधी अधिकतर मॉडलों में, मौसम की चरम अवस्थाओं में वृद्धि का अनुमान लगाया गया है।

6.30 दूसरा मुख्य निष्कर्ष यह है कि सिंचित क्षेत्रों की तुलना में इन आघातों का कहीं ज़्यादा असर असिंचित क्षेत्रों में होता है, इस तथ्य में प्रतिबिंबित होता है कि चित्र 9 और 10 के सभी पैनलों में हरी लाइन (सिंचित क्षेत्रों पर असर को दर्शा रही है) तदनुरूपी लाल लाइन[8] की अपेक्षा एक्स-एक्सिस के निकट होती प्रतीत होती है (शून्य असर)।

6.31 सारणी 1 खरीफ और रबी मौसम में सिंचित और असिंचित क्षेत्रों के बीच तापमान तथा वर्षा आघातों के प्रभावों का अलग-अलग मात्रात्मक विस्तृत ब्यौरा देती है। चित्र 9 और चित्र 10 से प्राप्त ज्ञान का उपयोग करके उपज तथा आय पर अत्यधिक आघातों के मात्रात्मक प्रभाव का अनुमान लगाया गया है अत्यधिक तापमान आघातों जबकि जिले विशेषकर सामान्य से अधिक उष्ण होते हैं (जिला विशेष तापमान वितरण का शीर्ष 20 शतमंक) में खरीफ मौसम के दौरान कृषि उपज में 4 प्रतिशत तथा रबी उपज में 4.7 प्रतिशत की गिरावट रही।[9] इसी प्रकार, अत्यधिक वर्षा आघातों, जबकि वर्षा सामान्य से कम हो (जिला विशेष वर्षा वितरण का निम्नतम 20 शतमंक), तो खरीफ उपज में 12.8 प्रतिशत गिरावट लेकिन रबी उपज में कम परंतु 6.7 प्रतिशत की अच्छी खासी गिरावट हुई है।

6.32 असिंचित क्षेत्र- उन जिलों के रूप में परिभाषित किए जाते हैं जहां मौसम के उतार-चढ़ाव को झेलते हुए का 50 प्रतिशत से कम फसल क्षेत्र सिंचित हो। उदाहरण के लिए, असिंचित क्षेत्र में अत्यधिक तापमान आघात खरीफ के लिए 7 प्रतिशत तथा रबी के लिए 7.6 प्रतिशत उपज को कम कर देता है। इसी प्रकार, असिंचित क्षेत्रों में अत्यधिक वर्षा आघातों का प्रभाव 14.7 प्रतिशत तथा 8.6 प्रतिशत (क्रमशः खरीफ और रबी के लिए) है जोकि सिंचित जिलों में इन आघातों से होने वाले प्रभावों से कहीं अधिक है।

चित्र 9: उपज पर तापमान का प्रभाव



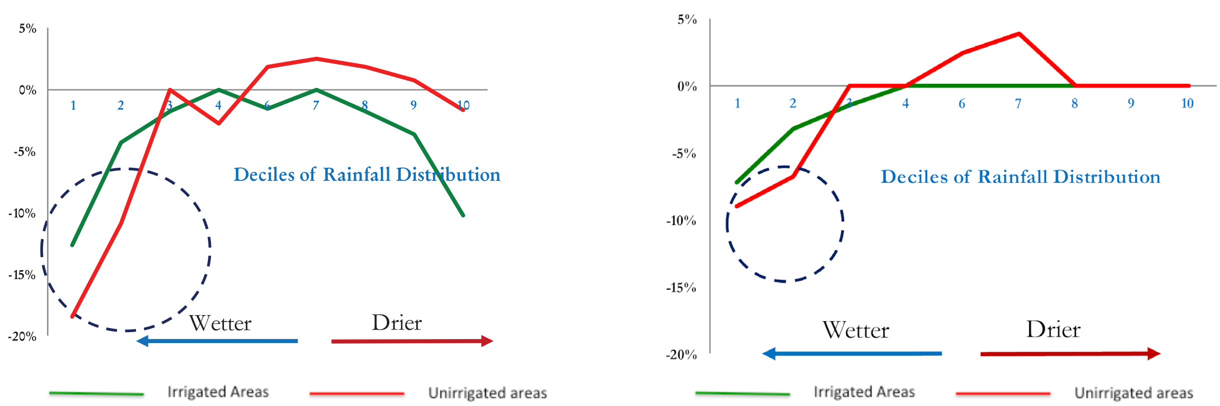
स्रोत: आईएमडी तथा आईसीआरआईएसएटी डेटा से समीक्षा परिकलन

8 प्रतीत होता है कि एक अपवाद यह है कि जब अत्यधिक वर्षा की अति हो जाती है तो असिंचित क्षेत्रों की तुलना में सिंचित क्षेत्रों पर ज्यादा नकारात्मक प्रभाव पड़ता दिखता है (चित्र 10, बाएं पैनल के सबसे दाईं ओर लाल और हरी लाइन देखें)।

9 आईसीआरआईएसएटी आंकड़ों के आधार पर विश्लेषण पर विचार की गई खरीफ की फसलें हैं: चावल, मक्का, बाजरा, दलहन, कपास, मूंगफली, पर्लमिलेट, फिंगरमिलेट और सोया। रबी की फसलें हैं: गेहूं, जौ, चना, अलसी, सफेद सरसों और पीली सरसों।

चित्र 10: उपज पर वर्षा का प्रभाव

खरीफ **रबी**



स्रोतः आईएमडी तथा आईसीआरआईएसएटी डेटा से समीक्षा परिकलन

6.33 अंततः, इस संबंध में उपलब्ध लेख यह इंगित करते हैं कि वर्षा के स्तर के अलावा अनेक कारक कृषि उपज के लिए महत्व रखते हैं। विशेष तौर पर यह बात मायने रखती है कि वर्षा कब होती है। इस अध्याय के लिए एकत्र किए गए आंकड़े इन वैकल्पिक साधनों के स्पष्ट परीक्षण को संभव बनाते हैं। परिणाम यह इंगित करते हैं कि वर्षा के संबंध में नियंत्रण के बाद ही शुष्क दिवसों की संख्या (मानसून के दौरान 0.1 मिलीमीटर से कम की वर्षा वाले दिवस के रूप में परिभाषित) उत्पादकता पर काफी अधिक नकारात्मक प्रभाव डालती है- वर्षा की मात्रा को स्थिर मानें तो, मानसून के दौरान प्रत्येक अतिरिक्त शुष्क दिवस उपज में औसतन 0.2 प्रतिशत की गिरावट और असिंचित क्षेत्रों में 0.3 प्रतिशत की गिरावट लाता है।

फसल प्रभाव

6.34 अगला परिणाम तापमान और वृष्टिपात के बारे में विभिन्न फसलों की भिन्न-भिन्न संभेद्यताओं से संबंधित है। चित्र 12 और 13 अलग-अलग फसलों की उपजों पर अत्यधिक तापमान और वर्षा के आघातों के प्रभावों को दर्शाते हैं।[10] उभरकर आने वाला स्पष्ट प्रतिरूप यह है कि वर्षासिंचित क्षेत्रों में भी फसलें, खरीफ और रबी दोनों मौसमों में, उगी दालें-वर्षा के आघातों से प्रभावित होती हैं जबकि चावल और गेहूं-दोनों अनाज-तुलनात्मक रूप से अधिक अच्छी स्थिति में रहते हैं।

सारणी 1: कृषि उपज पर मौसम के आघातों का प्रभाव

(तापमान बढ़ोत्तरी और वर्षा में कमी की प्रतिक्रिया में प्रतिशत गिरावट)

	अत्यधिक तापमान के आघात	अत्यधिक वर्षा के आघात
औसत खरीफ	**4.0%**	**12.8%**
खरीफ, सिंचित	2.7%	6.2%
खरीफ, असिंचित	7.0%	14.7%
औसत रबी	**4.7%**	**6.7%**
रबी सिंचित	3.0%	4.1%
रबी असिंचित	7.6%	8.6%

स्रोतः समीक्षा परिकलन

6.35 क्या समय के साथ प्रभावों में बदलाव हुआ है। इस प्रश्न का उत्तर देने के लिए हम अपना विश्लेषण दशकों के आधार पर करते हैं। अंतिम दशक, जिसके हमारे पास आंकड़े हैं, अर्थात् (2004-2014) में हम यह पाते हैं कि अत्यधिक वर्षा आघातों का उपज पर प्रभाव अपरिवर्तित रहा परंतु तापमान आघातों का प्रभाव तीन गुना बढ़ गया। परंतु चूंकि इस प्रभाव में कोई चिरकालिक प्रवृत्ति नहीं है, हम इस बारे में विश्वस्त नहीं हो सकते हैं कि क्या ये निष्कर्ष इस दशक के लिए ही मान्य हैं अथवा यह भारतीय कृषि के

[10] ये आंकड़े विभिन्न फसल स्तर पर प्रचंड तापमान तथा मूसलाधार वर्षा के फसलवार गुणांक दर्शाते हैं। प्रतीपगमन के विस्तृत वर्णन के लिए अनुबंध देखें।

लिए नाटकीय प्रतिकूल परिणामों के साथ एक नई दीर्घावधि प्रवृत्ति की शुरूआत है।[11]

4. किसानों की आमदनी पर प्रभाव[12]

6.36 किसानों को हुई हानियों के संदर्भ में ये संख्याएं अल्प और दीर्घ अवधियों में क्या सूचित करती हैं? सारणी-2 उत्पादन के मूल्य[13] द्वारा परिमित किसानों की आमदनियों के संबंध में अत्यधिक आघात के प्रभाव को दर्शाती है। अत्यधिक तापमान के आघातों से खरीफ और रबी के दौरान किसानों की आमदनियों में क्रमशः 4.3 प्रतिशत और 4.1 प्रतिशत की कमी हुई है। जबकि अत्यधिक वर्षा के आघात से आमदनी में 13.7 प्रतिशत और 5.5 प्रतिशत की कमी हुई है। पुनः, ये औसत प्रभाव असिंचित क्षेत्रों में महसूस किए जा रहे मौसमजन्य आघातों के सर्वाधिक प्रतिकूल प्रभावों सहित बड़ी विषमता को छुपा रहे हैं। पूर्वानुमानों के आधार पर यह स्पष्ट नहीं होता कि खेत से होने वाली आमदनी को किस ओर जाना चाहिए-एक ओर तो इन आघातों के कारण उपज में कमी होती है लेकिन दूसरे ओर वे स्थानीय कीमतों में वृद्धि करते हैं। ये परिणाम स्पष्ट रूप से यह इंगित करते हैं कि ''आपूर्ति पक्ष'' प्रधान हैं-उपज में कमी से आमदनी में कमी होती है।

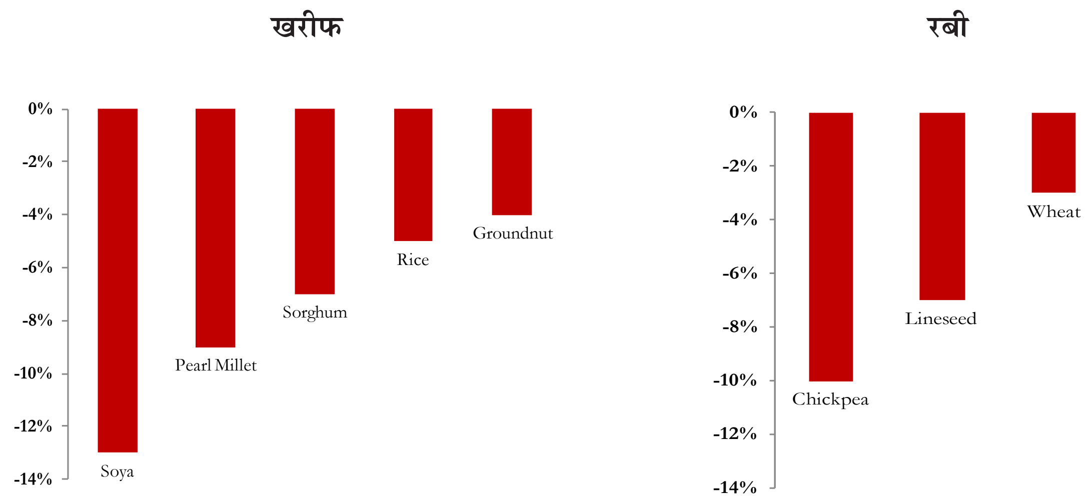
सारणी 2: खेत की आमदनी पर मौसम के आघातों का प्रभाव

	अत्यधिक तापमान के आघात	अत्यधिक वर्षा के आघात
औसत खरीफ	**4.3%**	**13.7%**
खरीफ, सिंचित	7.0%	7.0%
खरीफ, असिंचित	5.1%	14.3%
औसत रबी	**4.1%**	**5.5%**
रबी सिंचित	3.2%	4.0%
रबी असिंचित	5.9%	6.6%

स्रोत: आईएमडी तथा आईसीआरआईएसएटी डेटा से समीक्षा परिकलन

6.37 इन संख्याओं की व्याख्या करने का दूसरा तरीका (जो तालिका 1 में नहीं दर्शाया गया) निम्नलिखित है: वर्ष में जब तापमान 1 डिग्री सेल्सियस अधिक हो तो किसान की आमदनी असिंचित जिलों में खरीफ के मौसम के दौरान 6.2 प्रतिशत तथा रबी के मौसम के दौरान 6 प्रतिशत कम हो जाएगी। इसी प्रकार, वर्ष में इन क्षेत्रों में जब वर्षा का स्तर औसत से 100 मिलीलीटर कम था, तो किसान की आमदनी खरीफ के मौसम के दौरान 15 प्रतिशत तथा रबी के मौसम के दौरान 7 प्रतिशत कम हो जाएगी। ये अनुमान

चित्र 11: फसल की पैदावार पर तापमान के अत्यधिक बढ़ने के प्रभाव (प्रतिशत गिरावट)



स्रोत: आईएमडी तथा आईसीआरआईएसएटी डेटा से समीक्षा परिकलन

[11] अत्यधिक तापमान के आघात के प्रभाव, हमारे नमूने की प्रथम दशाब्दी में भी उच्च थे।

[12] उत्पादन के मूल्य की पैमाइश उत्पादन के प्रति हेक्टेयर के उत्पाद और मूल्यों के अनुसार की जाती है। आईसीआरआईएसएटी आंकड़ों में फार्म संबंधी आंकड़ों के लाभ नहीं होते हैं। (राजस्व से लागत घटाकर)।

[13] जहां तापमान जिला विर्निष्ट तापमान वितरण के उच्च 20 शतमंक में है।

चित्र 12: अत्यधिक वर्षा का कृषि उपज पर प्रभाव (प्रतिशत गिरावट)

स्रोत: आईएमडी तथा आईसीआरआईएसएटी डेटा से समीक्षा परिकलन

मौसम के प्रभाव के अन्य अध्ययनों के साथ तुलना में कहां दिखाई देते हैं।

6.38 उन प्रकाशित रचनाओं में दिए गए अनुमानों के साथ इन अनुमानों की तुलना कैसे की जा सकती है? भारत के लिए विद्यमान अध्ययन विभिन्न फसलों की उत्पादकता पर मौसमी आघातों के प्रभावों का विशिष्ट रूप से विश्लेषण कर रहा है। स्वामीनाथन और अन्य (2010) में यह दर्शाया गया है कि तापमान में 1 डिग्री सेल्सियस की वृद्धि गेहूं उत्पादन को 4 से 5 मिलियन टन प्रतिवर्ष कम करेगी, यह हमारे निष्कर्ष के समानप्रायः है। अंतरराष्ट्रीय अध्ययनों में ध्यान देते हुए, कुरूकुलासुरीया एवं मेंडलसान, 2008 ने 11 अफ्रीकी देशों के लिए ऐसे ही प्रभाव का पता लगाया है–तापमान में 1 डिग्री की बढ़ोत्तरी उपज को औसतन 6 प्रतिशत कम करती है। अन्तरराष्ट्रीय मुद्रा कोष द्वारा हाल ही में कराए गए अध्ययन से पता चला है कि उभरती हुई बाजार अर्थव्यवस्था के लिए तापमान में 1 डिग्री सेल्सियस की वृद्धि होने से कृषि संवृद्धि में 1.7 की कमी होगी और वर्षा में 100 मि.मी. की कमी से संवृद्धि में 0.35 प्रतिशत की कमी आएगी। चूंकि ये परिणाम संवृद्धि से संबंधित है इसलिए इनका हमारे अध्याय की गणनाओं के साथ तुलनीय होना अनिवार्य नहीं है।

6.39 दीर्घावधि में कृषि निष्पादन पर जलवायु परिवर्तन के प्रभाव के बारे में सारणी-2 की संख्याएं क्या दर्शाती हैं? अंतर सरकारी जलवायु परिवर्तन पैनल (आईपीसीसी) द्वारा सृजित जलवायु परिवर्तन संबंधी माडल के अनुसार 21वीं शताब्दी के अंत तक भारत में तापमान के 3 से 4 डिग्री सेल्सियस तक बढ़ जाने का अनुमान है। (पाठक, अग्रवाल और सिंह, 2012)। हमारे प्रतीपगमन अनुमानों के साथ ये पूर्वानुमान यह दर्शाते हैं कि कृषकों द्वारा अनुकूलन न किए जाने और नीति में बदलाव न (जैसे-सिंचाई) किए जाने के कारण आने वाले वर्षों में कृषि आय में लगभग 12 प्रतिशत तक कमी आ जाएगी। गैर-सिंचाई वाले क्षेत्र सबसे ज्यादा प्रभावित होंगे और इससे वार्षिक आमदनी के 18 प्रतिशत तक की हानि होने का अनुमान है।

6.40 जलवायु परिवर्तन मॉडल के अंतर्गत वर्षा के पैटर्न के निश्चित पूर्वानुमान नहीं लगाये जा सकते हैं (राजीवन 2013)। लेकिन, यदि हम पिछले तीन दशकों में वर्षा में होने वाली कमी (86 मिलीमीटर से अधिक) को देखते हैं तो हम पाते हैं कि गैर-सिंचाई वाले क्षेत्रों में खरीफ फसल से होने वाली कृषि आय में 12 प्रतिशत और रबी फसल में 5.4 प्रतिशत तक की कमी हो जाएगी।

6.41 और अन्त में, जलवायु परिवर्तन के मॉडल दीर्घावधि में बारिश की बढ़ती हुई परिवर्तनशील प्रवृत्ति को भी रेखांकित करते हैं। साथ ही साथ उपर्युक्त मॉडल से शुष्क-दिनों एवं अत्यधिक बारिश के दिनों में बढ़ोत्तरी का पूर्वानुमान भी व्यक्त किया जाता है। यदि पिछले चार दशकों के दौरान शुष्क-दिनों में बढ़ोत्तरी का अवलोकन करते हुए उक्त को अपने अल्पावधि प्राक्कलन पर लागू किया जाता है, तो इसका यह अभिप्राय निकलता है कि कृषि आय में 1.2 प्रतिशत की गिरावट आएगी।

6.42 यदि हम समग्र रूप से कहें तो कृषि-आय को

प्रभावित करने वाले जलवायु-परिवर्तन से संबंधित तीन कारक हैं जो इस प्रकार हैं-औसत तापमान में वृद्धि, औसत बारिश में गिरावट और शुष्क-दिनों की संख्या में बढ़ोतरी। निःसंदेह उपर्युक्त तीनों कारक एक दूसरे से संबद्ध हैं, अतः जलवायु-परिवर्तन के कुल प्रभाव का आकलन साधारण कार्य नहीं है।

6.43 इस संभावित सहसंबंध की जांच करने के लिए, चित्र 13 डाटासैट (1950-80) के प्रथम दस वर्षों की तुलना में सर्वाधिक हालिया दस वर्षों (2005-2015) के रूप में मापे गए अंतरों के साथ, खरीफ के लिए औसत वर्षा में अंतर की तुलना में औसत तापमान में अंतर को दर्शाता है। राज्य और स्थानीय मौसम स्तरों, दोनों पर संबंध नकारात्मक हैं। राज्य स्तर पर यह सहसंबंध -0.30 है। यह इंगित करता है कि ऐतिहासिक रूप से तो जलवायु के आघात परस्पर समंजित नहीं हो पाए हैं- संभवतः ये कुछ परिपोषक अवश्य रहे हैं। यदि ऐसा आगे सही रहता है तो जिन तीन प्रभावों का हमने पता लगाया है, वे संभवतः योगात्मक होंगे।

6.44 इन सहसंबंधों को हिसाब में लेने पर, जलवायु परिवर्तन से किसान की आमदनी में होने वाली कमी औसतन 15 प्रतिशत और 18 प्रतिशत के बीच हो सकती है, जो असिंचित क्षेत्रों में बढ़कर 20 प्रतिशत और 25 प्रतिशत के बीच कहीं भी हो सकती है। भारत में कृषि क्षेत्र में आय के पहले से ही कम स्तरों को देखते हुए ये निष्कर्ष बहुत गंभीर हैं। अधिक चिंता की बात यह है कि भविष्य में तापमान में होने वाली वृद्धि के गैर-रेखीय संभावित प्रभाव को देखते हुए यह संभव है कि इस अध्याय में परिकलित अनुमान जलवायु परिवर्तन के वास्तविक प्रभावों की तुलना में कम हैं। इस अध्याय में निकाले गए परिणाम विश्व स्तर पर और भारत में किए गए इसी प्रकार के अध्ययनों के विपरीत रहते हैं। उदाहरणार्थ, डेशने और ग्रीनस्टोन, 2007 संयुक्त राज्य अमरीका में कृषि लाभ पर जलवायु परिवर्तन के मामूली और यहां तक कि सकारात्मक प्रभाव देख पा रहे हैं। कुमार और अन्य (2013) यह पाते हैं कि असिंचित क्षेत्रों में चावल की पैदावार पर दीर्घावधिक संदर्भ में केवल मामूली असर ही पड़ेगा। उनके अनुमान जलवायु परिवर्तन के ऐसे मॉडलों पर आधारित हैं जो वर्षा की औसत मात्रा में वृद्धि की भविष्यवाणी करते हैं।

6.45 साथ ही, यह भी संभव है कि ये अनुमान जलवायु परिर्वतन के वास्तविक प्रभाव को बढ़ा-चढ़ा कर कहते हैं। इस अध्याय में प्रयोग किए गए अनुमान मौसम में अल्पावधिक उतार-चढ़ावों को इस्तेमाल करके निकाले गए हैं, और किसान अल्पावधिक संदर्भ में ऐसे उतार-चढ़ावों के प्रति ढल पाने में संभवतः समर्थ नहीं होते। लेकिन दीर्घावधिक संदर्भ में, वे तापमान में हुई लंबी वृद्धि और वर्षा में हुए परिवर्तनों की प्रतिक्रिया स्वरूप प्रौद्योगिकीय परिवर्तन कर सकते हैं अथवा उगायी जाने वाली फसलों को बदल सकते हैं। इसके अलावा, यह भी संभव है कि सिंचाई नेटवर्कों में विस्तार हो जिससे जलवायु परिवर्तन के प्रतिशत प्रभावों को कुछ हद तक कम किया जा सकता है।

6. निष्कर्ष और नीतिगत प्रभाव[14]

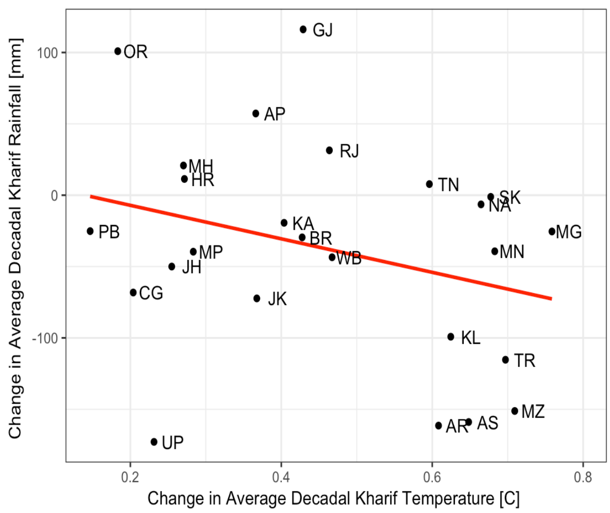
6.46 हाल की में संकलित आंकड़ों तथा ऐसी विधि, जो अभी तक भारतीय आंकड़ों पर लागू नहीं की गई है, के आधार पर हम कृषि पर तापमान और वर्षा के प्रभाव का अनुमान लगा रहे हैं। हमारे मुख्य निष्कर्ष निम्नानुसार हैं:

- एक मुख्य निष्कर्ष-जिसका ऐसे समय पर जब जलवायु परिवर्तन का खतरा मंडरा रहा है, महत्त्वपूर्ण निहितार्थ-यह है कि तापमान और वर्षा का प्रभाव केवल उनके प्रचंड होने की स्थिति में ही महसूस होता है; अर्थात तब जब तापमान बहुत अधिक हो जाए, वर्षा बहुत ही कम हो और ''शुष्क दिवसों'' की संख्या सामान्य से अधिक हो।
- एक और महत्त्वपूर्ण निष्कर्ष यह है कि ये प्रभाव असिंचित क्षेत्रों (और इसलिए वर्षापोषित फसलों पर) में अधिक प्रतिकूल हैं जबकि सिंचित क्षेत्रों (और इसलिए अनाज जैसी फसलों में) में ऐसा नहीं है।
- आईपीसीसी द्वारा अनुमानित तापमानों का प्रयोग करते हुए और वर्षा के संबंध में भारत के हालिया रूझानों का अनुमान लगाते हुए तथा यह मानते हुए कि कोई नीतिगत अनुक्रिया नहीं होगी, खेती से होने वाली आमदनी में औसतन 15 प्रतिशत से 18 प्रतिशत का नुकसान होने का अनुमान है। यही नुकसान असिंचित क्षेत्रों में बढ़कर 20 प्रतिशत-25 प्रतिशत हो जाता है। खेती से होने वाली आमदनी के मौजूदा स्तरों पर

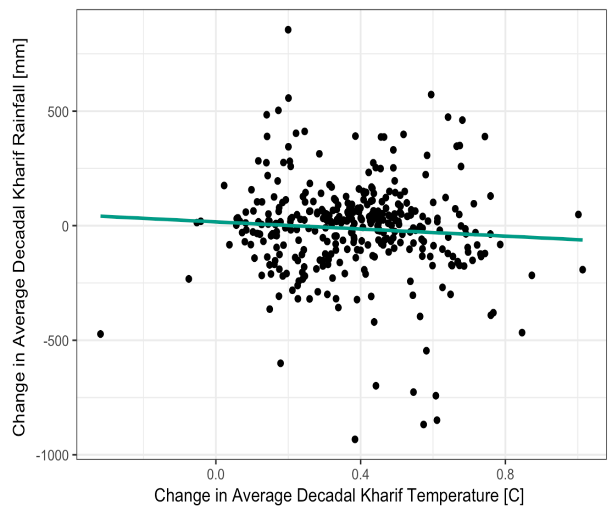
[14] नीचे नोट किये गये बिंदुओं के अतिरिक्त दीर्घावधि मौसम फसल पूर्वानुमान में सुधार करने और इन्हें किसानों और अन्य संगत कारकों द्वारा उपयोग करने योग्य बनाना। हाल ही के उदाहरण के लिए टीईआरआई (2017) देखें।

चित्र 13: खरीफ के लिए औसत तापमान और वर्षा में अंतर

चित्र 13क: प्रमुख राज्य



चित्र 13ख: ग्रिड प्वाइंट



स्रोत: आईएमडी डाटा के आधार पर समीक्षा परिकलन
टिप्पणी: संभावित रूप से दो भिन्न राज्यों, हिमाचल और जम्मू व कश्मीर को छोड़कर

यह माध्य स्तर के किसान परिवार के लिए 3600/- रुपये प्रतिशत के नुकसान से अधिक बैठता है।

6.47 नीतिगत निहितार्थ एकदम अलग दिखायी देते हैं। भारत के सिंचाई तंत्र का विस्तार करने की जरूरत है-और यह कार्य बढ़ते जलाभाव और कम होते भूमिगत जल संसाधनों की पृष्भूमि में करना होगा। चित्र 14 में भारत में स्थान और काल के विभिन्न चरणों पर सिंचाई में वृद्धि दर्शायी गई है। वर्ष 1960 के दशक में, कृषि का 20 प्रतिशत से कम हिस्सा सिंचित किया जाता था, आज यह संख्या 40 और 50 के बीच है। सिंधु-गंगा मैदान, गुजरात और मध्य प्रदेश के कुछ हिस्सों में सिंचाई की अच्छी सुविधा है। लेकिन कर्नाटक, महाराष्ट्र, मध्यप्रदेश, राजस्थान, छतीसगढ़ और झारखंड आज भी भली प्रकार से सिंचाई न होने के कारण जलवायु परिवर्तन के प्रति अत्यधिक असुरक्षित हैं।

6.48 अब चुनौती यह है कि सिंचाई का विस्तार, विशेषकर उत्तरी भारत में भूमिगत जल की अत्यधिक कमी, की पृष्ठभूमि में किया जाना होगा। चित्र 15क (एशबैक, 2012) में दर्शाया गया है कि भारत, चीन अथवा संयुक्त राज्य अमरी. का की तुलना में दोगुना भूमिगत जल निकाल रहा है (शाह, 2008)। नि:संदेह उत्तर भारत में भूमिगत जल की अत्यधिक कमी चौंका देने वाली है (चित्र 15क में 'गगनचुंबियों द्वारा दर्शाया गया है।)। स्टेशनों के और आगे विश्लेषण से यह पता चला है कि पिछले 30 वर्षों में भूमिगत जलस्तर में 13 प्रतिशत की गिरावट हुई है जैसा कि चित्र 15ख में दर्शाया गया है।

6.49 भारतीय कृषि को पूर्ण रूप से सिंचित करना और वह भी मौजूदा सिंचित योजनाओं के अन्तर्गत पानी की कमी और सीमित कार्यकुशलता के मद्देनज़र, भविष्य के लिए परिभाषीकरण की चुनौती होगी। ड्रिप सिंचाई, बौछार और जल प्रबन्धन-जिन्हें "प्रत्येक बूंद से और अधिक फसल" के लिए अपनाया गया है-भावी भारतीय कृषि की कुंजी होगी (शाह समिति रिपोर्ट, 2016; गुलाटी) और अत: इसे संसाधन आवंटन में उच्च-प्राथमिकता दी जानी चाहिए। बेशक विद्युत आर्थिक सहायता को, प्रत्यक्ष लाभ अन्तरण द्वारा प्रतिस्थापित किया जाना चाहिए ताकि विद्युत के प्रयोग की पूर्ण रूप से लागत अदा की जा सके तथा जल संरक्षण को आगे बढ़ाया जा सके।

6.50 एक और निष्कर्ष यह है कि कृषि विज्ञान और प्रौद्योगिकी को नए माहौल को अपनाना चाहिए। स्वामीनाथन (2010) ने यह आह्वान किया कि बढ़े हुऐ औसत तापक्रम के प्रतिकूल प्रभाव से निपटने के लिए अग्रिम अनुसंधान किया जाए। कृषि अनुसन्धान, पैदावार बढ़ाने में न केवल महत्वपूर्ण होगा, अपितु सभी व्याधि विज्ञानों पर निर्भरता बढ़ाएगा जो जलवायु परिवर्तन अत्यधिक गर्मी और वर्षण, हानिकारक जीव और फसल व्याधियों के कारण ध्यान में आते हैं। यह विश्लेषण यह दर्शाता है कि यह

अनुसंधान दलहन और सोयाबीन जैसी फसलों के लिए महत्वपूर्ण होगा जिनका मौसम और जलवायु के कारण नष्ट होने का अधिक खतरा होता है।

6.51 बेशक, जलवायु परिवर्तन से किसानों की अनिश्चितता बढ़ेगी तथा इससे प्रभावकारी बीमा की आवश्यकता होगी। फसल के चालू बीमा कार्यक्रम (प्रधानमन्त्री फसल बीमा योजना) पर निर्भर रह कर, तथा हानि का निर्धारण करने तथा किसानों को सप्ताहों के भीतर मुआवजा दिए जाने के लिए मौसम आधारित मॉडल और प्रौद्योगिकी (उदाहरण के तौर पर ड्रोन) का प्रयोग किए जाने की आवश्यकता है। (केन्या इसे कुछ दिन में ही कर लेती है)

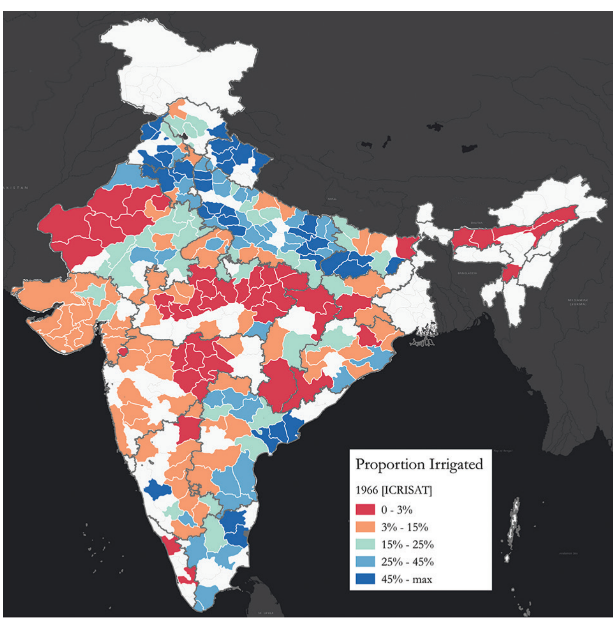
6.52 जबकि इस अध्याय के निष्कर्ष चिन्ताकारी हैं, ये कृषि संबंधी व्यापक नीतिगत सन्देश को पुन: रेखांकित करते हैं, जिसे सुब्रामनियन (2017) में विस्तार से बताया गया है। भारत में कृषि नीति सुधारों के बारे में चिन्तन करते समय, भारत में दों कृषियों के बीच स्पष्ट विभेद करना महत्वपूर्ण है। एक कृषि–उत्तर भारत की सुसिंचित, आगत पूर्ण, कीमत और प्रापण अनाज की समर्थित कृषि है। यहां पर नीति के लिए यह चुनौती है कि कीमतों और आर्थिक सहायता के समर्थन रूप को, प्रत्यक्ष लाभ अन्तरण के रूप में कम नुकसानकारी समर्थन से प्रतिस्थापित करना।

6.53 इसके अलावा एक और कृषि है (मोटे तौर पर मध्य, पश्चिम और दक्षिण भारत की गैर–अनाज की फसलें) जहां समस्याएं बिल्कुल भिन्न हैं: अपर्याप्त सिंचाई, वर्षा पर निरन्तर निर्भरता, अप्रभावकारी प्रापण और अनुसन्धान और प्रौद्योगिकी में अपर्याप्त निवेश (गैर अनाज जैसे दालें–सोयाबीन और कपास), उच्च बाजार की बाधाएं और फसल कटाई के पश्चात् की कमजोर आधारभूत संरचना (फल और सब्जियां) और चुनौतीपूर्ण गैर–आर्थिक नीति (पशुधन)।

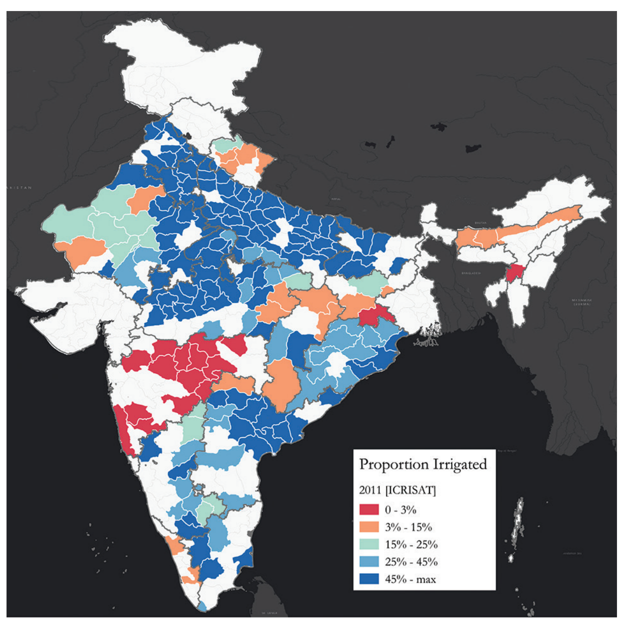
6.54 यह कहना आसान है कि क्या किए जाने की आवश्यकता है। यह कैसे होगा जब कृषि राज्य का विषय है तथा यह अर्थव्यवस्था का खुला राजनैतिक प्रश्न है। हर्षमैन के ''आवाज बुलंद करने और बाहर निकल जाने' की शक्तियों का उदारमना एवं युक्तियुक्त ऊपर से नीचे की ओर नियोजन तथा सुधार के साथ समन्वय एक महत्वपूर्ण भूमिका निभाएगा। जी.एस.टी. परिषद की सहकारी संघवाद ''प्रौद्योगिकी'' जो केन्द्र और राज्यों को पास–पास लाती है, का आवश्यक रूप से प्रयोग किया जाना चाहिए।

चित्र 14 विभिन्न वर्षों में सिंचाई का विस्तार

चित्र 14क: सिंचित अनुपात (1966)



चित्र 14ख: सिंचित अनुपात (2011)

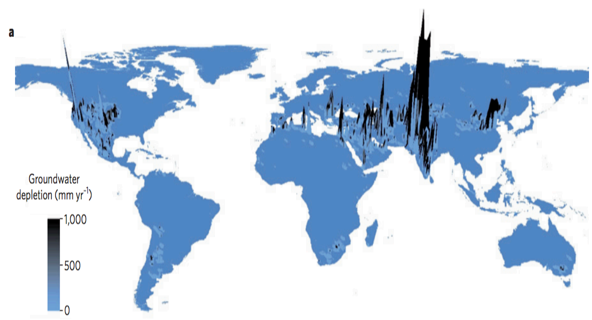


स्रोत: आईसीआरआईएसएटी आंकड़ों के आधार पर समीक्षा परिकलन[15]

15 सफेद में दिये गए क्षेत्र आईसीआरआईएसएटी डेटा बेस में दर्शाये नहीं गए हैं।

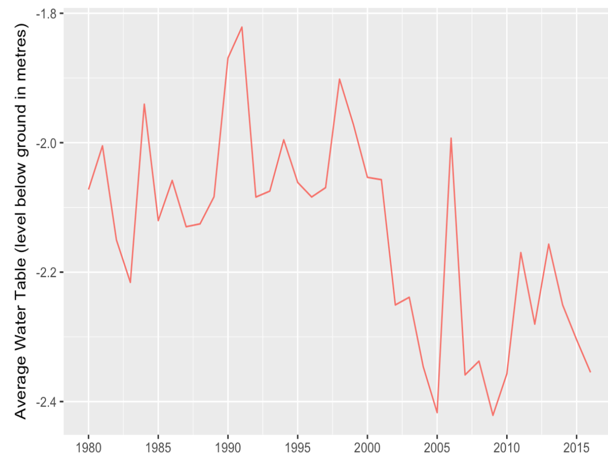
चित्र 15: भूमिगत जलस्तर में गिरावट

चित्र 15क: विश्व में भूमिगत जलस्तर में गिरावट



स्रोत: एसबैक-हर्टिंग एट एल, 2012.

चित्र 15ख: भारत में भूमिगत जलस्तर में गिरावट



स्रोत: जल संसाधन मंत्रालय के आंकड़ों से समीक्षा परिकलन

सन्दर्भ

Aeschbach-Hertig, Werner, and Tom Gleeson, "Regional strategies for the accelerating global problem of groundwater depletion." *Nature Geoscience* 5.12 (2012): 853-861.

Ben-Gai, T., et al., "Spatial and temporal changes in rainfall frequency distribution patterns in Israel." *Theoretical and Applied Climatology* 61.3 (1998): 177-190.

Burke, Marshall, Solomon M. Hsiang, and Edward Miguel, "Global non-linear effect of temperature on economic production." *Nature* 527.7577 (2015): 235-239.

Chand, Ramesh, Raka Saxena, and Simmi Rana, "Estimates and analysis of farm income in India, 1983-84 to 2011-12." *Economic and Political Weekly* 50.22 (2015): 139-145.

Chand, Ramesh, and Shinoj Parappurathu, "Temporal and spatial variations in agricultural growth and its determinants." *Economic and Political Weekly* 47.26 (2012): 55-64.

Chand, Ramesh, PA Lakshmi Prasanna, and Aruna Singh "Farm size and productivity: Understanding the strengths of smallholders and improving their livelihoods." *Economic and Political Weekly*: (2011): 5-11.

Chand, Ramesh, Praduman Kumar, and Sant Kumar, "Total factor productivity and contribution of research investment to agricultural growth in India", (2011).

Chand, Ramesh, "Understanding the nature and causes of food inflation." *Economic and Political Weekly* (2010): 10-13.

Chand, Ramesh, S. S. Raju, and L. M. Pandey, "Growth crisis in agriculture: Severity and options at national and state levels." *Economic and Political Weekly* (2007): 2528-2533.

Dell, Melissa, Benjamin F. Jones, and Benjamin A. Olken., "What do we learn from the weather? The new climate–economy literature." *Journal of Economic Literature* 52.3 (2014): 740-798.

Dell, Melissa, Benjamin F. Jones, and Benjamin A. Olken, "Temperature shocks and economic growth: Evidence from the last half century." *American Economic Journal: Macroeconomics* 4.3 (2012): 66-95.

Dell, Melissa, Benjamin F. Jones, and Benjamin A. Olken, "Temperature and income: reconciling new cross-sectional and panel estimates." No. w14680. *National Bureau of Economic Research*, (2009).

Dell, Melissa, Benjamin F. Jones, and Benjamin A. Olken. Climate," Climate change and economic

growth: evidence from the last half century." No. w14132. *National Bureau of Economic Research*, (2008).

Deschênes, Olivier, and Michael Greenstone, "The economic impacts of climate change: evidence from agricultural output and random fluctuations in weather: reply." *The American Economic Review* 102.7 (2012): 3761-3773.

Greenstone, Michael and Brohé, Arnaud, "The economic impacts of climate change: evidence from agricultural output and random fluctuations in weather." *The American Economic Review* 97.1 (2007): 354-385.

Greenstone, Michael, "The impacts of environmental regulations on industrial activity: Evidence from the 1970 and 1977 clean air act amendments and the census of manufactures." *Journal of Political Economy* 110.6 (2002): 1175-1219.

Guhathakurta, P., and M. Rajeevan, "Trends in the rainfall pattern over India." *International Journal of Climatology* 28.11 (2008): 1453-1469.

Gulati, Ashok and Pritha Banerjee: "Emerging Water Crisis in India: Key Issues and Way Forward", Pages 681-704, Book, *Indian Journal of Economics, Special Centennial Issue*, (2017): Vol. XCVI, No. 383

Gulati, Ashok, Emerging Trends in Indian Agriculture: What can we learn from these?, *Agricultural Economics Research Review* Vol. 22 (2009): 171-184.

Gulati, Ashok and Fan, Shenggen, "The dragon and the elephant: Learning from agricultural and rural reforms in China and India." *Economic and Political Weekly* (2008): 137-144.

Gulati, Ashok and Joshi, Pramod Kumar and Pratap S. Brithal, "Agricultural diversification in India: Status, nature & pattern. Agricultural diversification & smallholders in South Asia" (eds.) P.K. Joshi, Ashok Gulati and Ralph Cummings, *Jr.,Academic Foundation* (2007): Chapter 7.

Gulati, Ashok, Ruth S. Meinzen-Dick, and K. Vengama Raju, "Institutional reforms in Indian irrigation." No. 42. *Sage* (2005).

Gulati, Ashok, and Tim Kelley, "Trade liberalization and Indian agriculture: cropping pattern changes and efficiency gains in semi-arid tropics" *Oxford University Press,* (1999).

Gupta, A., et al, "Climate Change Adaptation in Agriculture in India." *Vayu Mandal* 43.1 (2017): 1-10.

Hofstadter, Richard. The Age of Reform. Alfred A. Knopf, *Knopf Doubleday Publishing Group* (1965).

Hsiang, Solomon M., Marshall Burke, and Edward Miguel, "Quantifying the influence of climate on human conflict." *Science* 341.615 (2013): 1235367.

IMF, "The Effects of Weather Shocks on Economic Activity. How Can Low-Income Countries Cope?" *IMF Publication*, (2017): Chapter 3.

Jha, Shikha & Kubo, Kensuke & Ramaswami, Bharat, "International Trade and Risk Sharing in the Global Rice Market: The Impact of Foreign and Domestic Supply Shocks," *ADB Economics Working Paper Series* 372 (2013).

Jin, Qinjian, and Chien Wang, "A revival of Indian summer monsoon rainfall since 2002." *Nature Climate Change* 7.8 (2017).

Kesavan, P. C., and M. S. Swaminathan, "Strategies and models for agricultural sustainability in developing Asian countries." *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences* 363.1492 (2008): 877-891.

Kumar, S. Naresh, et al., "Vulnerability of wheat production to climate change in India." *Climate Research* 59.3 (2014): 173-187.

Mullen, Kathleen, David Orden, and Ashok Gulati, "Agricultural policies in India". No. 82. *International Food Policy Research Institute (IFPRI)* (2005).

Mall, R. K., et al, "Impact of climate change on

Indian agriculture: a review." *Climatic Change 78.2-4* (2006): 445-478.

Matsuura, Kenji, and Cort Willmott. *Terrestrial Air Temperature and Precipitation* Gridded Monthly Time Series. Version 1.01. University of Delaware. (2007).

Nesheim, Ingrid, Line Barkved, and Neha Bharti. "What Is the Role of Agro-Met Information Services in Farmer Decision-Making? Uptake and Decision-Making Context among Farmers within Three Case Study Villages in Maharashtra, India." *Agriculture* 7.8 (2017).

Pathak, Himanshu, Pramod K. Aggarwal, and S. D. Singh, "Climate change impact, adaptation and mitigation in agriculture: Methodology for assessment and applications." (2012).

Parry, Martin L., and M. S. Swaminathan, "Effects of climate change on food production." *Science and Sustainable Food Security:* Selected Papers of MS Swaminathan. (2010): 107-132.

Ramaswami, Bharat & Shamika Ravi & S.D. Chopra, "Risk management in agriculture," Indian Statistical Institute, Planning Unit, New Delhi Discussion (2003): Papers 03-08.

Ramaswami, Bharat & Terry L. Roe (2002), "Aggregation in area yield insurance: The linear additive model," Indian Statistical Institute, Planning Unit, New Delhi Discussion (2002): Papers 02-08.

Ramaswami, Bharat & Roe, Terry L, "Structural Models Of Area Yield Crop Insurance," 2001 Annual meeting, August 5-8, Chicago, IL 20638, *American Agricultural Economics Association,* (2001).

Rajeevan, "Climate Change and its Impact on Indian Agriculture" in Climate Change and Sustainable Food Security eds. P K Shetty S Ayyappan M S Swaminathan, National Institute of Advanced Studies (2013): 1-12.

Pai. D. S., Latha Sridhar, M Rajeevan, O. P. Sreejith, N. S. Satbhai, and B. Mukhopadhyay, "Development of a new high spatial resolution (0.25× 0.25) long period (1901–2010) daily gridded rainfall data set over India and its comparison with existing data sets over the region." *Mausam* 65.1 (2014): 1-18.

Rajeevan, M., and Jyoti Bhate "A high resolution daily gridded rainfall dataset (1971–2005) for mesoscale meteorological studies." *Current Science* (2009): 558-562.

Rajeevan, Madhaven, Jyoti Bhate, and Ashok K. Jaswal, "Analysis of variability and trends of extreme rainfall events over India using 104 years of gridded daily rainfall data." *Geophysical research letters* 35.18 (2008).

Sanchez, Pedro A., and Monkombu S. Swaminathan, "Cutting world hunger in half." *Science* 307.5708 (2005): 357-359.

Sikka, D. R., and Sulochana Gadgil. "On the maximum cloud zone and the ITCZ over Indian, longitudes during the southwest monsoon." Monthly Weather Review 108.11 (1980): 1840-1853.

Sinha, S. K., and M. S. Swaminathan, "Deforestation, climate change and sustainable nutrition security: A case study of India." Tropical Forests and Climate. Springer Netherlands, (1991): 201-209.

Shah Tushaar, "India's groundwater irrigation economy: The Challenge of balancing livelihoods and environment." *Oxford University Press* (2008).

Shah Committee Report, http://www.indiawaterportal.org/sites/indiawaterportal.org/files/report_on_restructuring_cwc_cgwb.pdf (2016)

Soora, Naresh Kumar, et al., "An assessment of regional vulnerability of rice to climate change in India." *Climatic change* 118.3-4 (2013): 683-699.

Subramanian, Arvind, "Transforming Indian Agriculture: By Loving Some Agriculture Less and the Rest More." Lecture at National Academy of Agricultural Sciences (2017).

Swaminathan, M. S., and P. C. Kesavan, Agricultural research in an era of climate change." *Agricultural Research* 1.1 (2012): 3-11.

Swaminathan, Monkumbu Sambasivan, "An evergreen revolution." *Science and Sustainable Food Security*: Selected Papers of MS Swaminathan (2010): 325-329.

Swaminathan S., Monkombu Sambasivan, "Sustainable agriculture: towards an Evergreen Revolution."*Konark* (1996).

Zhang, Peng, et al., "Temperature effects on productivity and factor reallocation: Evidence from a half million chinese manufacturing plants". *Working paper* (2016).