कृषि पर जलवायु परिवर्तन का प्रभाव

संजय मित्तल एंव चन्द्र प्रकाश कुमार

राष्ट्रीय जलविज्ञान संस्थान, रूड़की

सारांश

कृषि एवं जलवायु परिवर्तन एक दूसरे से अभिन्न रूप से जुड़े हुए हैं। उदाहरणतयाः फसल पैदावार, जैव विविधता, जल उपयोग एवं मृदा शक्ति जलवायु परिवर्तन से प्रभावित होती हैं। जलवायु परिवर्तन मुख्यतः जीवाश्म ईंधन के दहन एंव अन्य कारणों से होता है, जो कि पृथ्वी के तापमान, वर्षा एंव जलविज्ञान चक्रों को प्रभावित कर रहा है। जलवायु परिवर्तन के कारण वर्षा, लू एवं अन्य चरम घटनाओं की आवृति एवं तीव्रता में निरंतर परिवर्तन सम्भावित है जो कि कृषि उत्पादन को प्रभावित करेगा। इसके अतिरिक्त संयोजित जलवायु घटक पौधों की उत्पादकता को घटा सकते हैं, जिसके परिणाम स्वरूप कई महत्वर्पूण कृष्य फसलों की कीमतों में बढ़ोत्तरी हो सकती है। इस शोध पत्र में कृषि पर जलवायु परिवर्तन के संभावित प्रभावों को प्रस्तुत किया गया है।

Abstract

Agriculture and climate change are inextricably linked - crop yield, biodiversity, and water use, as well as soil health are directly affected by a changing climate. Climate change, which is largely a result of burning fossil fuels, is already affecting the earth's temperature, precipitation, and hydrological cycle. Continued changes in the frequency and intensity of precipitation, heat waves, and other extreme events are likely, all of which will impact agricultural production. Furthermore, compounded climate factors can decrease plant productivity, resulting in price increases for many important agricultural crops. This paper presents probable impacts of climate change on agriculture.

प्रस्तावना

पृथ्वी एक वायुमंडल से घिरी हुई है, जिसके माध्यम से सौर विकिरण प्राप्त होता है। वायुमंडल स्थिर नही है, बल्कि इसमें वायु निरंतर गति में गर्म और ठंडी होकर प्रवाहित हो रही है तथा जल, धुएं एंव धूल के साथ इसमें मिल रहा है तथा विस्थापित हो रहा है। सूर्य की उर्जा का केवल एक छोटा भाग ही पृथ्वी तक पहुँचता है और इसमें से कुछ वापिस अतंरिक्ष में (बादल आदि से) परावर्तित हो जाता है। जब भूमि की सतह तक प्रकाशमान ऊर्जा पहुँचती है तो इसमें से अधिकाशं अवशोषित हो जाती है जो कि पृथ्वी को गर्म करने, जल को वाष्पित करने, और प्रकाश संश्लेषण प्रकिया में प्रयुक्त होती है। पृथ्वी भी ऊर्जा प्रसारित करती है परन्तु यह सूर्य से कम गर्म होती है अतः यह लंबे तंरगदैर्ध्य की होती है और वायुमंडल द्वारा अवशोषित हो जाती है। इस प्रकार पृथ्वी का वायुमंडल ग्रीन हाउस के गिलास की तरह कार्य करने के कारण इसे "ग्रीन हाउस प्रभाव" कहा जाता है।

ग्रीन हाउस गैसें वे है जो पृथ्वी के विकिरण को अवशोषित करती हैं और इस प्रकार ग्रीन हाउस प्रभाव में अपना योगदान करती है। जल भी ऊर्जा का एक बड़ा अवशोषक है। जहाँ पर ग्रीन हाउस गैसों की सांद्रता में वृद्धि होती हैं (जैसे जीवाश्म ईधन के जलने के कारण कार्बन डाइऑक्साइड), वहॉ ग्रीन हाउस प्रभाव की वृद्धि होती हैं। जो कि जलवायु परिर्वतन (यानि ग्लोबल वार्मिंग) के लिये एक चिंता का विषय है।

जलवायु परिवर्तन पर अंतर सरकारी पैनल (आई.पी.सी.सी.) द्वारा 2007 में प्रकाशित चौथी आंकलन रिर्पोट के अनुसार सन 2100 तक ग्रीन हाऊस गैसों के उत्सर्जन के कारण वैश्विक तापमान 1.8 डिग्री से. से 4 डिग्री से. के बीच और वैश्विक समुद्र जलस्तर में 180 मि.मी. से 590 मि.मी. तक वृद्धि होने की संभावना है।

(http://www.ecifm.rdg.ac.uk/climate _change.htm)

ग्रीन हाउस गैस उत्सर्जन की निर्विघ्न बढ़त पृथ्वी के तापमान को बढ़ा रही है। इसके प्रभाव से ग्लेशियरों का पिघलना, अधिक वर्षा, चरम मौसम के घटनाओं की अधिकता एवं मौसम के समय में परिवर्तन शामिल है। विश्व जनसंख्या और आय में वृद्धि के साथ–साथ जलवायु परिवर्तन के तेजी से बढ़ते कदम, हर जगह खाद्यय सुरक्षा के लिए खतरा बनते जा रहे हैं।

कृषि जलवायु परिवर्तन के प्रति अत्यधिक संवेदनशील है। उच्च तापमान वांछनीय फसलों की पैदावार को कम करता है जबकि घास–पात एवं विनाशकारी कीट को प्रोत्साहित करता है। वर्षा स्वरूप में परिवर्तन के कारण अल्पकालीन फसलों की पैदावार में न्यूनता एवं दीर्घकालीन फसलों में गिरावट की संभावना बढ़ जाती है। हाँलाकि विश्व के कुछ क्षेत्रों में कुछ फसलों में लाभ हो सकता है लेकिन कृषि पर जलवायु परिवर्तन का अधिकतर प्रभाव वैश्विक खाद्यय सुरक्षा पर भयंकर संकट उत्पन्न कर सकता है।

विकासशील देशों में जनसंख्या और खाद्यय असुरक्षा पहले से ही अतिसंवेदनशील है, जिसके जलवायु परिवर्तन के कारण और अधिक प्रभावित होने की संभावना है। 2005 में विकासशील देशों में आर्थिक रूप से सक्रिय आबादी का लगभग आधा 2.5 अरब जीवन व्यापन के लिए कृषि पर निर्भर है। आज विश्व के 75 प्रतिशत गरीब ग्रामीण क्षेत्रों में रहते हैं।

जलविज्ञानीय प्रभाव

जलविज्ञानीय चक्र अब बहुत से कृषि क्षेत्रों में अधिक बारंबार एवं तीव्र सूखा और बाढ़ उत्पन्न कर रहे है। ये घटनाएं कभी कभी नुकसान पहुँचा सकती हैं या फसलो को नष्ट कर सकती हैं।

ऊष्मा

अगले 30–50 वर्षो में औसत तापमान में कम से कम 1.0 डिग्री सेल्सियस की वृद्वि होगी। (http://www.cfare.org/UserFiles/file/events/climate_change_summary.pdf)। अपेक्षित क्षेत्रीय परिवर्तनों के कारण गर्म तरंगो एवं गर्म रातो की संख्या में बढ़ोतरी, ठंड के दिनो की संख्या में कमी और समशीतोषण क्षेत्रों में लंबे उपज काल की संभावना बढ़ सकती है।

कार्बन डाइऑक्साइड

अगले 30–50 वर्षों में कार्बन डाइऑक्साइड की सांद्रता 450 पार्टस प्रति मिलियन आयतानुसार (PPmv) बढ़ जायेगी। CO_2 की प्रतिक्रिया C_3 प्रजातियों (गेहूँ, चावल, सोयाबीन) पर जो कि विश्व की 95 प्रतिशत प्रजातियों का हिस्सा है, C_4 प्रजातियों (मक्का और ज्वार) की अपेक्षा काफी उच्च होने की संभावना है। C_3 घास–पात CO_2 स्तर में वृद्धि से बहुत प्रभावित होती है जो कि घास–पात को बढ़ाने और फसल की उत्पादकता को घटाती है।

जलवायु परिवर्तन पर अन्तर्सरकारी पैनल (आई.पी.सी.सी.) ने कई रिर्पोट प्रस्तुत की हैं जो कि जलवायु परिवर्तन पर वैज्ञानिक साहित्य का आंकलन कर चुकी है। 2001 में प्रकाशित आई.पी.सी.सी की तीसरी आंकलन रिर्पोट निष्कर्षित करती है कि उष्णकटिबंधीय एवं उप उष्णकटिबंधीय क्षेत्रों में गरीब देश जल की उपलब्धता में कमी एवं कीट बीमारी के कारण, फसल पैदावार में कमी के कारण कठिनाइयों का सामना करेंगें(हॉघटन, जे. इत्यादि 2001)। अफ्रीका और लैटिन अमेरिका में कई वर्षा आधारित फसलें अपने अधिकतम तापमान की सहनशीलता के करीब हैं, जिस कारण छोटे से जलवायु परिवर्तन के कारण भी पैदावार में तेजी से गिरावट होने की संभावना है, 21 वी शताब्दी तक कृषि उत्पादकता में 30 प्रतिशत तक की गिरावट हो सकती है। कुछ स्थानों पर समुद्री जीवन और मछली पकड़ने का उद्योग भी गंभीर रूप से प्रभावित हो जाएगा।

ग्रीन हाउस गैसों मे वृद्धि से प्रेरित जलवायु परिवर्तन विभिन्न क्षेत्रों की फसलों को विभिन्न प्रकार से प्रभावित कर सकती है। उपज अवधि में कमी, जल उपलब्धता में घटत और असाधारण संवेदनशीलता के कारणों से पैदावार में कनी की संभावना है।

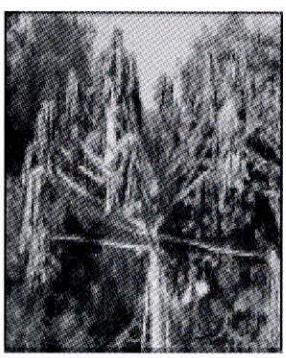
अधिकांश कृषि वैज्ञानिक मानते हैं कि कृषि उत्पादन जलवायु में क्रमिक प्रवृत्तियों से इतना अधिक प्रभावित नही होगा जितना कि जलवायु परिवर्तन की तीव्रता और गति के द्वारा प्रायः प्रभावित होगा। यदि जलवायु परिवर्तन क्रमिक है तो बायोटा समायोजन के लिए पर्याप्त समय हो सकता है। तीव्र जलवायु परिवर्तन बहुत से देशों में कृषि को नुकसान कर सकते है, विशेषतयाः उन देशों में जो कि पहले ही कमजोर मृदा एवं जलवायु स्थितियों से पीड़ित है क्योंकि वहाँ पर इष्टतम प्राकृतिक चयन और रूपांतरण के लिए कम समय है।

लेकिन यह अभी तक अज्ञात है कि जलवायु परिवर्तन कृषि और खाद्यय सुरक्षा पर कितना यथार्थतः प्रभाव डाल सकता है। क्योंकि कृषक व्यवहार की भूमिका को फसल–जलवायु मॉडल पूर्ण रूप से समायोजित करने में समर्थ नहीं हैं। उदाहरण के लिए कृषि का सामाजिक–आर्थिक संदर्भ, फसल उत्पादन पर सूखे का अधिक या नगण्य प्रभाव निर्धारित करने में विशाल भूमिका निभा सकते हैं। कुछ अवस्थाओं में यहाँ तक कि मामूली सूखा, खाद्यय सुरक्षा पर बड़ा प्रभाव डाल सकता है जबकि अन्य अवस्थाओं में अपेक्षाकृत बड़ी मौसम सम्बंधी समस्याओं को बगैर अधिक कठिनाई के अनुकूल किया जा सकता है।

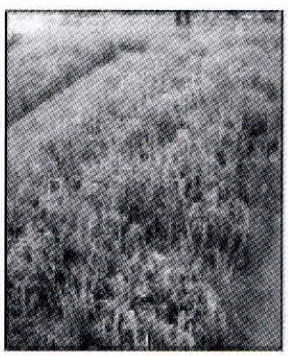
कृषि पर जलवायु परिवर्तन के प्रभाव

कुछ जलवायु मॉडल विकसित किए जा चुके है जो कि सामाजिक और आर्थिक कारको (जनसंख्या एवं कार्बन उत्सर्जन) को सम्मिहित करते हैं। इन कारकों के संयोजन एवं वैश्विक और क्षेत्रीय जलवायु विज्ञान की समझ के साथ विशेषज्ञों ने जलवायु परिदृश्य विकसित किये हैं जो कि जलवायु पैटर्न पर विभिन्न व्यवहारों के प्रभावों को प्रस्तुत करते हैं। जलवायु परिदृश्यों में खाद्यय उत्पादन पर तापमान, वर्षा एवं मौसम तत्व के संभावित प्रभावों का ज्ञान प्राप्त किया जा सकता है। ये परिदृश्य कृषि क्षेत्रों में प्रभावों और दुविधाओं का मूल्यांकन करके विभिन्न जलवायु प्रभावों को अनुकूल करने के लिए सर्वोत्तम कृषि/विधियों के मार्गदर्शन करने की क्षमता रखते हैं।

विश्व कृषि पर जलवायु परिवर्तन का मुख्यतः प्रभाव नकारात्मक होने की संभावना है। यद्यपि कुछ क्षेत्रों और फसलों को लाभ होगा लेकिन अधिकतर को नहीं होगा। (http://www.epa.gov/climatechange/impacts-adaptation/agriculture.html)। वायुमण्डल में CO_2 की मात्रा बढ़ने से, कुछ फसल प्रजातियों में उपज बढ़ सकती है एवं जल उपयोग की क्षमता में सुधार हो सकता है लेकिन जलवायु प्रभाव विशेषतया लू, सूखा एवं बाढ़ में वृद्धि उपज क्षमता को कम कर सकते हैं। अप्रत्यक्ष जलवायु प्रभावों में घास–पात में अधिकता, रोगजनकों एवं विनाशकारी कीटाणुओं का विस्तार एवं फसल कृषिपरितंत्र में दूसरे परिवर्तन सम्मिलित हैं। चित्र–1 में चरम मौसमीय घटनाओं जैसे 2006 में उत्तरी भारत में शीत लहर के प्रभावो को दिखाया गया है।



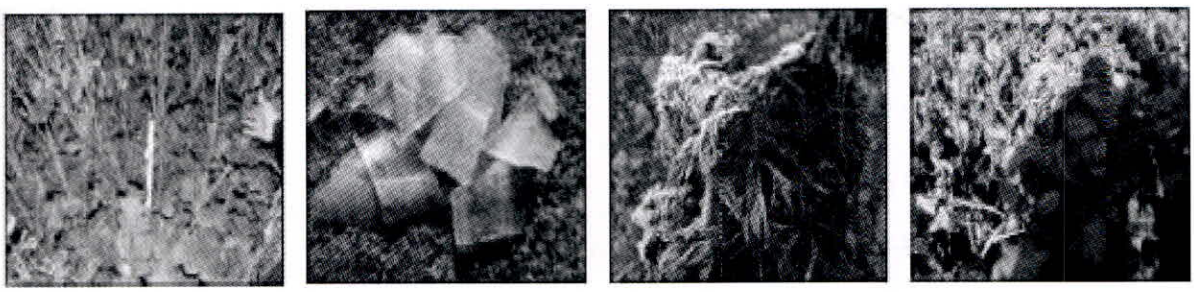
पपीता



गेहूँ

रतनजोत

प्रेक्षण स्थल पर गिरा हुआ पाला



सरसों बर्फ का टुकडा बर्फ से ढ़की पत्तियां सरसों

चित्र–1: चरम मौसमीय घटनाओं का प्रभावः 2006 में उत्तरी भारत में शीत लहर।

मृदा प्रकिया

मृदा द्वारा कृषि समर्थन एवं भूमि उपयोग के वितरण, मृदा जल संतुलन में परिवर्तन द्वारा प्रभावित होते हैं। मृदा जल में कमी का बढ़ना यानि शुष्क मृदा का और अधिक शुष्क हो जाना, सिंचाई के लिए अधिक जल की आवश्यकता करते है, लेकिन नम क्षेत्रों में मृदा व्यवहार्यता, एवं क्षरण जोखिम में सुधार हो सकता है।

फसलों की विकास अवधि

फसल विकास चक्र की अवधि का तापमान से सीधा सम्बंध होता है। तापमान में वृद्धि पौधों के विकास को गति देगी। वार्षिक फसल के लिए बुवाई और कटाई के बीच की अवधि छोटी होगी (उदाहरणः मकई फसल की बुवाई अवधि एक से चार सप्ताह के मध्य कम हो सकती है)। इस प्रकार से फसल चक्र का छोटा होना उत्पादकता पर प्रतिकूल प्रभाव डाल सकता है।

फसल विकास

कार्बन डाइऑक्साइड वनस्पति के विकास के लिए आवश्यक है। वातावरण में बढ़ती हुई कार्बन डाइऑक्साइड की सांद्रता के सकारात्मक एवं नकारात्मक दोनो प्रकार के प्रभाव हो सकते है। CO_2 के बढ़ने से प्रकाशसंश्लेषण की दर में वृद्धि के द्वारा सकारात्मक क्रियात्मक प्रभाव होने की संभावना है। वर्तमान के वातावरण में कार्बन डाइऑक्साइड की मात्रा 380 भाग प्रति दस लाख (ppm) है। इसकी तुलना में आक्सीजन की मात्रा 210,000 ppm है (http://en.wikipedia.org/wiki/climate_change_and_agriculture.)। इसका तात्पर्य है कि पौधे प्राय कार्बन डाइऑक्साइड की कमी से ग्रसित हो सकते है, क्योकि एन्जाइम जो कि CO_2 को निर्धारित करते है वे प्रकाशीय श्वशन की प्रक्रिया में ऑक्सीजन को भी निर्धारित करते है। कार्बन डाइऑक्साइड में वृद्धि के प्रभाव सी 4 फसलो (जैसे कि मक्का) की तुलना में सी 3 फसलो (जैसे कि गेहूँ) पर अधिक होगा क्योंकि किसी 3 फसलें कार्बन डाइऑक्साइड की कमी के प्रति अधिक संवेदनशील है। अध्ययनों से प्रदर्शित होता है बढ़ी हुई CO_2 की मात्रा से पौधों पर कम रंध्र विकसित होता है, जिससे कम जल का उपयोग होता है। यदि कार्बन डाइऑक्साइड का स्तर दोगुना हो जाता है तो तापमान और आद्रता की इष्टतम परिस्थितियों के तहत पैदावार में 36 प्रतिशत तक वृद्धि हो सकती है।

इसके अलावा कुछ अध्ययन संपूर्ण कृषि प्रणाली पर उच्च कार्बन डाइऑक्साइड की सांद्रता के प्रभावों का विश्लेषण करते है। अधिकांश मॉडल जलवायु परिवर्तन से सम्बंधित अन्य कारकों जैसे चरम मौसम की घटनायें, मौसमों के समय परिवर्तन इत्यादि से पृथक CO_2 और उत्पादकता के मध्य संबंध का अध्ययन करते है।

फसल गुणवत्ता

अध्ययन दर्शाते है कि CO_2 का उच्च स्तर पौधों में नाइट्रोजन लेने की मात्रा में कमी करता है जिसके परिणामस्वरूप फसलों में कम पोषण मात्रा होती है। यह मुख्य रूप से गरीब देशों की जनसंख्या पर प्रभाव डालेगा जो कि अधिक विविध आहार, अधिक भोजन खाने या संभवतः भोजन अनुपूरक लेने में कम सक्षम है। चराई पौधों में नाइट्रोजन की कम मात्रा, भेड़ो की उत्पादकता को प्रभावित करती है क्योंकि यह उनके पेट में पौधों को पचाने हेतु रोगाणुओं पर निर्भर करती है, जो कि नाइट्रोजन लेने की मात्रा पर निर्भर होती है।

क्षरण और मृदा उर्वरता

पिछले दशकों में देखा गया है कि गर्म वायुमंडलीय तापमान, अधिक चरम वर्षा की घटनाओं एवं तीव्र जल चक्र में वृद्धि कर रहे हैं। क्षरण एवं मृदा के निम्नीकरण होने की संभावना बढ़ रही है। मृदा की उर्वरता भी ग्लोबल वार्मिंग से प्रभावित हो जाएगी।

जलवायु के चरम होने के परिणाम–स्वरूप वर्षा में बढ़त के कारण क्षरण खतरा अधिक होगा, यद्यपि वर्षा की तीव्रता मृदा को बेहतर जल प्रदान करती है। तापमान में वृद्धि खनिजों के उत्पादन में उच्च दर को प्रेरित करेगी एवं मृदा के कार्बनिक पदार्थ की मात्रा में कमी होगी लेकिन वायुमण्डलीय CO_2 की सांद्रता इसको बढ़ाने के लिए प्रवृत होगी।

कीट एवं रोग

ग्लोबल वार्मिंग से कुछ क्षेत्रों में वर्षा में वृद्धि होगी जो कि वायुमंडलीय आर्द्रता और नम मौसम की अवधि में वृद्धि करेगी। उच्च तापमान के साथ संयुक्त होने पर यह फंगल रोगो का विकास कर सकती है। इसी प्रकार उच्च तापमान और आर्द्रता के कारण कीट एवं रोग वेक्टर में वृद्धि हो सकती है।

निष्कर्ष

जलवायु परिवर्तन और कृषि का पारस्परिक सम्बन्ध है जो कि वैश्विक स्तर पर विद्यमान है। ग्लोबल वार्मिग के कारण कृषि को प्रभावित करने वाली कई अवस्थायें प्रभावित होती है जैसे कि तापमान, कार्बन डाइऑक्साइड, हिमनदीय प्रवाह, वर्षा और इन तत्वो की अंतः क्रिया सम्मिलित है। कृषि पर जलवायु परिवर्तन के समग्र प्रभाव इन प्रभावों के संतुलन पर निर्भर करेगें। कृषि पर वैश्विक जलवायु परिवर्तन के प्रभावों के आंकलन उपयुक्त कृषि पद्धति के यर्थाथ पूर्वानुमान एवं उत्पादकता में वृद्धि में सहायक होगें।

अनुकूलन रणनीतियाँ मानव गतिविधियों के लघु एवं दीर्घ अवधि के परिवर्तन है जो कि जलवायु परिवर्तन के प्रभावों के प्रत्युत्तर में ली जाती है। जल अवसंरचना में किफायती निवेश, चरम मौसमीय घटनाओं की आपात तैयारियों और उनको सहन करने के लिए लचीली फसल प्रजातियों के विकास जो कि तापमान एवं वर्षा के तनावों को सहन कर सके, नई या उन्नत भूमि का उपयोग और व्यवहारकुशल प्रबंधन, कृषि में अनुकूलन प्रदान करेंगे।

संदर्भ

1. एग्रीकल्चर एंड फूड सप्लाई, यूनाइटेड स्टेट्स एन्वायरमेंटल प्रोटक्शन ऐजंसी, http://www.epa.gov/climatechange/impacts- adaptation/agriculture.html
2. क्लाइमेट चेंज एंड एग्रीकलचर, दि यूनिवर्सिटी ऑफ रीडिंग, ई सी आई एफ एम, http://www.ecifm.rdg.ac.uk/climate _change.htm
3. गेराल्ड सी. नेल्सन, मार्क डब्लू., रोजग्रांट, जाबू कू रिचर्ड राबर्टसन, तिमोथी सलसर, टिंगजू झू, क्लौजिया रिंगलर, सिवा, सिवा मसानगई, आमंडा प्लाजू, मिरोसल्वा बटका, मारिलिया मगालहेस, रोबिना बेलमोंट–सेंटास, मेड़ी ईविंग एंड डेविड ली (2009), "क्लाइमेट चेंजः इम्पेक्ट ऑन एग्रीक्लचर एंड ऑफ एडाप्टेसन," इंटरनेशनल फूड पॉलिसी रिसर्च इन्स्टीट्यूट, वाशिंगटन, डी. सी., 30पी.।
4. हाउ विल क्लाइमेट चेंज ऐफेक्ट एग्रीकल्चर ?

http://www.cfare.org/UserFiles/file/events/climate_change_summary.pdf
5. इंडियन एग्रीक्लचर रिसर्च इन्स्टीट्यूट, दिल्ली, "क्लाइमेट चेंज इम्पेक्ट्स ऑन एग्रीक्लचर इन इंडिया", की शीट 6।
6. आई.पी.सी.सी. (2001), इनः (हॉघटन, जे. टी.,डिंग वाई.,ग्रिगस डी.जे., नोग्यूर एम., वान डर लिंडेन, पी.जे.डाई एक्स., मॉसकैल के., जॉनसन, सी.ए. (एडिशन) क्लाइमेट चेंज 2001) दि सांइटिफिक बेसिस, कंट्रिब्यूशन्स ऑफ वर्किंग ग्रुप। टू दि थ्रड ऐसेसमैंट रिर्पोट ऑफ दि इंटरगर्वनमेंटल पैनल ऑन क्लाइमेट चेंज, कैम्ब्रिज यूनिवर्सिटी प्रेस, कैम्ब्रिज, यू.के।
7. आइ. पी.सी.सी. (2001), इनः जेम्स जे.,मैक्कार्थी, ऑस्वाल्डो एफ, कैंजियानी, नील ए., लीयरी डेविड जे., डॉक्केन कासे एस., व्हाइट (एडि.), क्लाइमेट चेंज 2001: इम्पैक्ट्स एडॉप्टेशन एंड वल्नेरेबिलिटी, कंट्रीब्यूशन ऑफ वर्किंग ग्रुप–।। दू दि थर्ड ऐसेसमैन्ट रिपोर्ट ऑफ दि इन्टरगवर्नमेंटल पैनल ऑन क्लाइमेट चेंज, कैम्ब्रिज, यू.के.।
8. ओवरसिज डबलपमेंट इंसटिट्यूट (2007) "क्लाइमेट चेंज एग्रीक्लचरल पॉलिसी एवं पॉवर्टी रिडक्सन–हाऊ मच डू वी नो?."
9. सिक्निडियर, एस.एच., सिमेनोव, एस., पटवर्धन, ए., बूर्टोन आई., मैगाडज, सी.एच.डी, ओपनहिमर, एम., पिटोक, ए.बी., रहमान, ए., स्मिथ, जे.वी. सूरेज ए. एंड यामिन एफ., 2007, ऐसेसिंग की वलनेरेबिलिटीज एंड दि रिस्क फ्रॉम क्लाइमेट चेंजं पैरी एम.एल., कैनजियानी, ओ.एफ., पालूटिकोफ, जे.पी., वान डर लिनडेन, पी.जे., हैनसन, सी.ई. (एडिशन), इनः क्लाइमेट चेंज 2007: इम्पैक्टस, ऐडाप्टेशन एंड वलनेरेबिलिटी। कंट्रिब्यूशन ऑफ वर्किंग ग्रुप।। टू दि फोर्थ ऐसेसमेंट रिपोर्ट ऑफ दि इंटरगवर्नमेंटल पैनल ऑन क्लाइमेट चेंजं कैम्ब्रिज यूनिवर्सिटी प्रेस, कैम्ब्रिजद एंड न्यूयार्क, पी.पी. 779–810.
10. दी एग्रीकल्चरल इम्पिलीकेशन्स ऑफ ग्लोबल क्लाइमेट चेंज,
http:// ecosystems.wcp.muohi.edu/studentresearch/climatechange02/agriculture/agroproject.html.
11. यू. एस. जी. सी. आर. पी. (2009), ग्लोबल क्लाइमेट चेंज इम्पेक्ट्स इन दि यूनाईटेड स्टेट्स, कार्ल, सी. आर. जे. एम. मेलिलों, एंड टी. सी. पीटरसन (एडिशन), यूनाईटेड स्टेट्स, ग्लोबल चेंज रिसर्च प्रोग्राम, कैम्ब्रिज यूनिवर्सिटी प्रेस, न्यूयार्क, एन वाई, यू. एस. ए.
12. यू. एस. एन आर. सी (2011) क्लाइमेट स्टैबिलाइजेशन ट्रार्गेट्सः एमिशन्स, कंसंट्रेशन्स एंड इम्पैक्ट्स ओवर डिकेड्स टु मिललेनिया, वाशिंगटन, डी. सी. यू. एस. ए.: नेशनल एकेडमीज प्रेस
विकिपिडिया, "क्लाइमेट चेंज एंड एग्रीकल्चर"
http:// en.wikipedia.org/wiki/climate_change_and_agriculture.