

التغيرات المناخية وتأثيرها في الزراعة والغذاء

اعداد

الدكتور حسين فاضل الربيعي

خبير ورئيس باحثين

دائرة البحوث الزراعية

وزارة العلوم والتكنولوجيا

2011

تشهد العقود الحالية زيادة في الانتاج الغذائي العالمي متوافقة مع مستوى الطلب المتزايد، مع ذلك فإن احصائيات منظمة الامم المتحدة للغذاء والزراعة تشير الى ان الطلب العالمي على الحبوب سيزداد بنسبة 70% عام 2050 عما هو عليه الان وسوف يتضاعف في العديد من البلدان ذات الدخل المنخفض. ان الزيادة في الطلب على الاغذية جاء نتيجة ازدياد السكان والمستوى العالي من الاستهلاك الفردي للغذاء في المجتمعات التي يتنامى فيها الدخل بصورة ملموسة ، وخصوصاً في قارة اسيا. ومن اجل تلبية الطلب المتزايد فإن الإنتاج الغذائي يمثل أهمية قصوى إلا ان عدم تمكن الفقراء من ضمان الغذاء من خلال القنوات التسويقية وغير التسويقية ربما يحد من مستوى الامن الغذائي لهذه المجتمعات بالرغم من وفرة الأغذية على المستوى العالمي، فبالنسبة للذين يعتمدون على الزراعة كمورد رزق فإن الأمن الغذائي يعتمد وبصورة قوية على وفرة الأغذية محلياً ، إما بالنسبة للغالبية التي تشتري الغذاء او تبادله بسلع أخرى او تعمل للحصول عليه فإن إمكانية الوصول والحصول على الغذاء تعد ذات أهمية قصوى ، خصوصاً ماله علاقة بالتنوع الغذائي والتغذية. تبعاً لذلك فإن تأثيرات التغير المناخي في الأمن الغذائي لا بد وان تأخذ بنظر الاعتبار كلاً من التأثيرات المباشرة في إنتاج الغذاء محلياً فضلاً عن كل التفاعلات مع كامل النظام الغذائي .

بالرغم من الزيادة الملموسة في الإنتاج الغذائي العالمي خلال العقود القليلة الماضية فان الجهود العالمية لتلبية متطلبات الأهداف التنموية لللفية Millennium Development Goal الخاصه بتقليص الجوع إلى النصف بحلول عام 2015 ، تشير إلى صعوبة تحقيق هذا الهدف، وفي الحقيقة فإن إعداد البشر الذي يعانون من جوع مزمن قد ازدادت من اقل من 800 مليون في عام 1996 إلى أكثر من مليار شخص تبعاً لمنظمة الغذاء والزراعة للأمم المتحدة في عام 2009. ان معظم الجيع يتوزعون في جنوب اسيا و افريقيا تحت الصحراء، ان هذه المناطق تتميز كونها ذات كثافات سكانية قروية كبيرة وينتشر فيها الفقر بصورة واسعة وانتاجية زراعية منخفضة نتيجة تدهور المصادر وضعف الاسواق والمخاطر المناخية العالية. حيث يعتمد المزارعين والعاملين في الزراعة على الامطار التي تختلف حسب الموسم، وبوجود الفقر المستشري مما يجبر السكان على تجنب المخاطر وعدم المجازفة وبذلك يبقى الحال على ما هو عليه في احسن الحالات او يتجه الى تعميق معاناة هؤلاء السكان. وتشكل التغيرات المناخية اهمية كبيرة لهذه البلدان التي تتصارع مع التغيرات المناخية البيئية الإقليمية

والعالمية والتغيرات المناخية ما بين المواسم. فعلى سبيل المثال فإن التغيرات المناخية في الموسم الواحد وما بين المواسم تؤثر في دورة المياه في الطبيعة وفي انتاجية المحاصيل وتدهور الاراضي والترب. وفي الوقت الحاضر فقد ازداد مستوى انعدام الامن الغذائي ضمن العديد من مثل هذه المناطق وفي مختلف ارجاء العالم بسبب التنافس على الاراضي الزراعية والمياه والعمالة ورأس المال مما قاد الى ضغوط اكبر بهدف تحسين انتاجية وحدة المساحة من الاراضي الزراعية. من جهة اخرى فإن عمليات التصنيع وبناء المجمعات السكنية والعمرائية قد اقتطعت افضل الاراضي الزراعية وقلصت امدادات المياه.

تعد الزراعة حساسة جداً اتجاه التغيرات المناخية، فحتى زيادة بمقدار درجتين مئوية في معدلات الحرارة العالمية سوف تعيق استقرارية النظم الزراعية الحالية. وللتغير المناخي القابلية على تحويل نمط الانتاج الغذائي وانتاجية المحاصيل وانظمة تربية واكثار حيوانات المزرعة والاسماك واعادة تشكيل التوزيع الغذائي والاسواق والحصول على الغذاء. لذلك يتوقع ان يكون للتغيرات المناخية التي تحدث والتي ستحدث مستقبلاً تأثيرات سلبية كبيرة على الملايين من البشر الذين يواجهون اصلا صعوبة في تأمين الغذاء حالياً وستشكل ربما اكبر التحديات امام الانسانية حيث العمل يجري لضمان تغذية اكثر من تسعة مليارات نسمة بحلول عام 2050 .

ان هذه الدراسة تستعرض المعرفة العلمية الحالية للعلاقة ما بين التغير المناخي والزراعة والامن الغذائي ومن منظور التأثيرات المتوقعة وادارة المتغيرات المناخية والايثار وتعجيل التكيفات اتجاه التغير المناخي المتنامي ومعالجة انبعاث غازات الدفيئة نتيجة الانشطة الزراعية المختلفة.

مفهوم التغير المناخي واسبابه

التغير المناخي Climate Change هو التغير طويل الأمد في معدل حالة الطقس خلال مدة من الزمن تمتد ما بين عقود الى ملايين السنين. ومعدل حالة الطقس يمكن ان تشمل معدل درجات الحرارة، معدل تساقط الأمطار وحالة الرياح. ويمكن ان تحدث هذه التغيرات بسبب العمليات الديناميكية للارض كالبراكين والتغير في شدة أشعة الشمس وبسبب نشاطات الانسان.

وتعرف الاتفاقية الاطارية عن التغير المناخي للأمم المتحدة (UNFCCC) التغير المناخي المتسبب عن النشاط الانساني على انه "تغير في المناخ يعزى بصورة مباشرة او غير مباشرة الى

النشاط الانساني الذي يبدل تركيبة الأجواء العالمية فضلا عن التغيرات المناخية الطبيعية المشاهدة عبر مدد متشابهة".

إن أصبح من المؤكد إن التغير المناخي الحالي سببه يتأتى أيضا من رفع النشاط البشري لنسب غازات الدفيئة Greenhouse Gases الذي بات يحبس المزيد من الحرارة. فكلما اتبعت المجتمعات البشرية أنماط حياة أكثر تعقيدا واعتمادا على الآلات احتاجت إلى مزيد من الطاقة، وهذا يعني حرق المزيد من الوقود الاحفوري (النفط والغاز والفحم الحجري) وبالتالي رفع نسب الغازات الحابسة للحرارة في الغلاف الجوي، وهذا ما يدعو للقلق فهو كفيل بأن يرفع حرارة الارض بسرعة لا سابقة لها في تاريخ البشرية.

إن الأكثر إثارة للاهتمام في هذه العوامل البشرية هو زيادة مستويات غاز CO₂ المنبعث بسبب احتراق الوقود الاحفوري وغيره من غازات الدفيئة يتبعه وجود الهباء الجوي aerosols (مواد دقائقية particulate موجود في الغلاف الجوي) ومن ثم صناعة الاسمنت. وهناك عوامل أخرى تتضمن استخدامات الأراضي واستنفاد طبقة الاوزون ومحطات إنتاج حيوانات المزرعة وإزالة الغابات، يمكن لها ان تكون ذات أهمية ودور بصورة منفردة او مرتبطة مع عوامل أخرى في التأثير في المناخ وقياسات التغيرات المناخية.

تشقق الدلائل عن التغير المناخي من مصادر مختلفة بضمنها الحرارة السطحية لكوكب الأرض فضلا عن المؤشرات التي تعكس المناخ مثل الغطاء النباتي والأجزاء المركزية للجليد والتفرعات الشجرية Dendrochronology وتغير مستوى البحار وجيولوجية المناطق الجليدية.

التأثيرات المتوقعة للتغير المناخي في الزراعة والامن الغذائي

بالرغم من التقدم التكنولوجي والعلمي المتمثل في الضروب النباتية المحسنة والكائنات المحورة وراثياً وأنظمة الري الحديثة ، فان الطقس لا زال هو العامل الرئيسي المؤثر في الإنتاجية الزراعية ، فضلاً عن خواص التربة والمجتمعات الطبيعية. إن تأثير المناخ في الزراعة له علاقة بالمتغيرات التي تحدث في المناخات المحلية أكثر مما في أنماط المناخ العالمية. وبما ان معدل درجة الحرارة السطحية للأرض قد ازدادت بحدود درجة فهرنهايتية واحدة خلال القرن الماضي

فقط، تبعاً لذلك فإن المختصين بتربية وتحسين النبات يعتقدون بوجود تقييم كل حالة لوحدها
وضمن كل منطقة محلية.

اصبح من المؤكد عدم امكانية التأكد من توجهات التغير المناخي بسبب المتغيرات الطبيعية في
النظام المناخي والنقص في امكانية نمذجة الاستجابة الجوية لاي سيناريو انبعاثي فضلاً عن
الصعوبات في تقييم الطرائق الملائمة لزيادة الوضوح المكاني والزمني لمخرجات النماذج
المناخية الاولية والمدى المحتمل للانبعاث المستقبلي.

ان هذه المواضيع المشكوك فيها وغير المؤكدة تصبح اكثر تعقيداً بوجود عدم وضوح ودقة في
المعلومات الاساسية ذات العلاقة بالانتاجية الزراعية. وهذا يؤثر في المعلومات الخاصة بالاجواء
واستخدامات الاراضي وتوزيع وانتشار المحاصيل والحيوانات على سبيل المثال. ان مثل هذه الشكوك في
المعلومات الاساسية، نوعية المحاصيل المزروعة واماكن زراعتها، تضيف مصاعب عديدة الى خيارات
تقدير التأثيرات الكمية للتغيرات المناخية وتقييمها . فالتأثيرات الخاصة بالانتاج غالباً ما تتجمع فوق
مساحات كبيرة مثل البلد او الاقليم وهذا يمكن ان يخفي الاختلافات في الظروف المناخية والانتاجية
الزراعية. مع ذلك وكما سنتطرق لاحقاً فإن المعلومات العلمية في تحسن مستمر مع نمو حالات التأكد
حول المسارات الرئيسية ويزوغ طرائق لتحسين المعلومات والادوات الخاصة باتخاذ القرارات.

تقدير مسارات التأثيرات في الانظمة الزراعية والغذائية

ان التأثيرات المحتملة للتغير المناخي في الانتاج الزراعي في مختلف ارجاء العالم قد تم تقييمها من
قبل العديد من الدراسات واستعرضت في العديد من تقارير Intergovernmental Panel on Climate
Change (IPCC). واعتمدت مديات التأثير في المحاصيل الرئيسية على المنطقة تحت الدراسة
والطرائق والنماذج المستخدمة والسيناريوهات المحاكية (simulated) للانبعاثات ، وكما ذكر انفاً هناك
العديد من الشكوك التي تحيط بمثل هذه التقديرات . مع ذلك فإن غالبية الدراسات اشارت الى ان
الزراعة في المناطق الاستوائية ستكون اكثر عرضة للتأثر بالتغير المناخي في العقود القادمة. وادناه
نستعرض بعض من التأثيرات الرئيسية في الانظمة الزراعية والغذائية :

- **انتاجية المحاصيل:** ان الكثير من المحاصيل ستتأثر بافرزات التغير المناخي فمثلاً محاصيل مثل الحنطة وزهرة الشمس وغيرها ستتأثر انتاجيتها بظروف الجفاف الموجود في مختلف مناطق العالم.

ان انتاج الحبوب ما بين 1996 و 2003 كان قد شهد استقراراً نسبياً حيث كان أكثر بقليل من 1800 مليون طن، الا ان الأعوام 2000-2003 شهدت انخفاضاً في الخزين من الحبوب مما نتج عنها شحة في المعروض بحدود 93 مليون طن عام 2003. وفي عام 2002 شهدت الهند والولايات المتحدة الأمريكية انخفاضاً حاداً في الانتاج الزراعي نتيجة ارتفاع درجات الحرارة والجفاف. وفي عام 2003 عانت اوربا من مستويات منخفضة جداً من الأمطار خلال موسمي الربيع والصيف رافقتها ارتفاع درجات الحرارة بصورة غير مسبوقه مما ادى الى تلف معظم المحاصيل في انكلترا وفرنسا وغرب اوربا وحتى اوكرانيا في الشرق.

من جهة اخرى فان مدة دورة نمو المحصول ذات علاقة بدرجات الحرارة أكثر من غيرها، فأى زيادة في درجات الحرارة سيسرع من تطور النباتات. وفي حالة المحاصيل الحولية فان المدة ما بين زراعة البذور والحصاد ستتقلص (على سبيل المثال في الذرة يمكن ان تقصر هذه المدة ما بين اسبوع الى أربعة أسابيع)، ان مثل هكذا اختصار في دورة نمو المحصول يمكن ان يكون له تأثيراً خطيراً في الانتاجية وذلك لأن هرم المحصول سيحصل في وقت أقصر.

لقد حصل تطوراً ايجابياً خلال السنين الحالية في مجال تجميع النماذج أو الموديلات (model)

المناخية مع موديلات المحاصيل بهدف فهم التأثيرات المناخية وتوجهها. وعلى الرغم من الشكوك الموروثة فقد تم وضع استجابات مرنة لعلاقة الانتاج بالتغير المناخي بأستخدام نماذج رقمية واخرى معتمدة على المحصول . فعلى سبيل المثال وجد ان الشكوك حول تساقط الامطار لا تعد غالباً عاملاً محدداً لتوقعات الانتاج، فالحرارة ربما تكون اكثر اهمية في عدد من الحالات.

ان السيناريوهات المستخدمة في تقدير تأثيرات التغير المناخي في تطور وانتاجية المحاصيل لا بد وان تتحدد بمجموعة من التغيرات في الأنواء الجوية ، فعلى سبيل المثال ، العديد من النماذج او الموديلات تتضمن احتمالية تضاعف غاز ثنائي اوكسيد الكربون وزيادة في درجات الحرارة

تتراوح ما بين 1 و 5م ومستويات من تساقط الأمطار زيادة او نقصان بمعدل 20%، فضلاً عن مؤشرات أخرى مثل الرطوبة والرياح والنشاط الشمسي.

أما السيناريوهات في موديلات المحاصيل فتأخذ بنظر الاعتبار التكيف على مستوى الحقل مثل تغيير موعد الحراثة وزراعة أنواع متكيفة للتطرف المناخي (مثل المقاومة للحرارة أو البرودة) والتكيف في استخدام مياه الري والأسمدة. وهناك العديد من الموديلات لمحاصيل مثل الحنطة والذرة والرز وفول الصويا.

-**الحيوانات الداجنة:** ان التأثيرات المناخية المستقبلية في انتاجية الحيوانات الداجنة ستكون على الاغلب على شكل مباشر، على سبيل المثال فقدان الانتاجية (الضغوط الفسلجية) بسبب ارتفاع درجات الحرارة، وعلى شكل غير مباشر، مثل التغيرات في وفرة ونوعية واسعار المدخلات مثل العلائق والطاقة وادارة الامراض والايواء والماء .

-**الاسماك :** اصبح من المؤكد تأثير التغير في درجة حرارة المحيطات في انتشار وحجم سكان الاسماك البحرية. وسيؤثر التغير المناخي في كافة ابعاد الامن الغذائي للثروة السمكية بسبب تأثيره في البيئة واعداد وانتشار الانواع الرئيسية . كما ان التغيرات المتوقعة في المناخ الموسمي سوف تؤثر ايضاً على المزارع السمكية من خلال التأثير في معدلات النمو واستقرارية سكان الاسماك المدجنة .

-**التنوع البيولوجي:** لقد تم وبصورة واسعة دراسة وتوضيح افاق تأثيرات التغير المناخي في تركيبية وعمل المجتمعات النباتية والحيوانية ضمن الانظمة البيئية الارضية والمياه العذبة والمحيطات. فالتغيرات في انتشار الانواع والتفاعلات الفينولوجية والبيئية ستؤدي الى حدوث تأثيرات في التنوع البيولوجي. فعلى سبيل المثال التأثير في عمليات التلقيح واختراق النظم الزراعية من قبل الادغال وغيرها.

-**الافات والامراض:** هناك تزايد في الاثباتات الخاصة بكون ان التغيرات Variations والتغير المناخي قد اثرت في انتشار وحيوية افات وامراض المحاصيل الزراعية بالرغم من ان التفاعلات ما بين المحاصيل والافات والممرضات تعد معقدة وغير مفهومة بصورة واضحة. مع ذلك ونتيجة للتغير

المناخي سيتم تكوين اتساق جديد في منظومة تفاعلات المحصول مع الافة مع المبيد يكون له تبعات على الامن الغذائي. كما سيكون للتغير المناخي تأثيرات معنوية في نشو وانتشار وانتقال امراض الثروة الحيوانية من خلال مسارات مختلفة. وبما ان الاحتباس الحراري سيتسبب في زيادة تساقط الأمطار في بعض المناطق وهذا بدوره سيزيد من رطوبة الجو ومدة المواسم الرطبة وبوجود حرارة عالية فان هذه الظروف تساعد على تطور ونمو الامراض الفطرية وربما زيادة الضغوط التي تسلطها الحشرات وناقلات الامراض على المحاصيل .

هناك نقطة مهمة جداً لابد من اخذها بنظر الاعتبار وهي ان الادغال يمكن ان تتحى نفس المنحى المتسارع الذي تتخذه دورة المحاصيل المنزرعة وبامكانها ايضاً ان تستفيد من التلقيح الكربوني . وطالما ان معظم الادغال هي نباتات من فئة C3 فانها على الاغلب ستتنافس أكثر من الان مع نباتات C4 مثل الذرة .

- **التلقيح الكربوني:** هناك نقاش جاري حول تأثيرات التلقيح الكربوني carbon fertilization على النباتات والانتاج وكيف ان تغير تراكيز الاوزون ربما تتفاعل مع ثنائي اوكسيد الكربون وغيره من الضغوطات الحيوية وغير الحيوية. وبما يمكن من تلمس التأثيرات في انتاجية الاراضي الرعوية وتركيبه الانواع وديناميكيته ، مما ينتج عنها تغيرات في علائق الحيوانات وربما نقصان وفرة المغذيات الخاصة بالحيوانات.

ان من المتوقع ان يكون لزيادة كمية CO₂ تأثيرات فسلجية ايجابية حيث سيزيد من معدل عمليات التركيب الضوئي. حالياً فان كمية CO₂ في الجو هي بحدود 380 جزء لكل مليون بالمقارنة مع 210.000 جزء لكل مليون من غاز الاوكسجين . وهذا يعني ان النباتات ربما تعاني من نقص في وفرة CO₂ بسبب وجود الانزيم المثبت لهذا الغاز ، ويقوم الانزيم rubisco بتثبيت الاوكسجين في عمليات التركيب الضوئي التنفسي. ان تأثيرات زيادة ثنائي اوكسيد الكربون ربما تكون أعلى في محاصيل C3 (مثل الحنطة) مما هو عليه في محاصيل C4 (مثل الذرة) بسبب ان الأخيرة أكثر حساسية للنقص في CO₂. وقادت الدراسات الى كون ان زيادة CO₂ تقود الى تطور عدد اقل من الثغور stomata في النباتات وهذا يقود بدوره الى خفض استهلاك الماء.

وتبعاً لدراسات أخرى فان التأثير في زيادة CO₂ ينعكس على نوعية الانتاج ، فالرز مثلاً يزداد فيه محتوى انزيم الأميلوز (المحدد الرئيسي لنوعية الطبخ) تحت ظروف ارتفاع مستوى CO₂، مع ذلك فان تركيز الحديد والزنك ربما ينخفض. من جهة أخرى فان المحتوى البروتيني للحبوب ينخفض

تحت ظروف زيادة درجات الحرارة ومستوى CO₂. كما أظهرت الدراسات الى ان المستويات العالية من CO₂ تقود الى خفض المحتوى النيتروجيني للنباتات وبالتالي فانها ستكون منخفضة القيمة الغذائية وهذا يؤدي بدوره الى انخفاض انتاجية الماشية التي تعتمد على الميكروبات في معدتها لهضم النباتات التي بدورها تعتمد على ما تستهلكه الحيوانات من نيتروجين.

- الري: سيؤثر التغير المناخي في اوصول مياه الري وفعاليتها، وسيكون للزيادة المتوقعة في التغيرات في كميات المياه المترسبة مترافقة مع وجود تبخر تنفسي تحت ظروف الحرارة العالية ، تأثيرات في اطالة فترات الجفاف والتي تقود تبعاً لذلك الى زيادة متطلبات الري، حتى اذا ما بقيت المياه الكلية المترسبة خلال موسم النمو ثابتة .

- **خزن وتوزيع الاغذية:** من المعروف ان التذبذبات المناخية تؤثر في خسائر ما بعد الحصاد وسلامة الغذاء خلال الخزن ، فعلى سبيل المثال من خلال التسبب في تغيرات في سكان الفطريات المنتجة للسموم ومن المتوقع ان يكون لتكرار الاجواء المتطرفة السيئة تحت ظروف التغير المناخي اضراراً على البنى التحتية وتأثيرات لايمكن تجنبها في عمليات خزن الاغذية وتوزيعها.

- **الحصول على الغذاء واستخداماته:** من المتوقع وتبعاً للنماذجالاقتصادية زيادة اسعار معظم الحبوبيات بصورة معنوية بسبب التغيرات المناخية مما يؤدي الى انخفاض الاستهلاك وبالتالي نقصان في وفرة السعرات الحرارية وزيادة في سوء التغذية لدى الاطفال . فضلاً عن تأثر القيمة التغذوية للغذاء خصوصاً الحبوبيات نتيجة التغير المناخي. كما سيؤثر التغير المناخي في قابلية الفرد على استخدام الغذاء بصورة فعالة من خلال تغير ظروف سلامة الغذاء و ضغوط الأمراض الناتجة عن الناقل والماء والأمراض المنتقلة عبر الغذاء.

- **المساحات الزراعية :** ربما يزيد التغير المناخي من مساحات الاراضي الصالحة للزراعة في المناطق المرتفعة وذلك من خلال خفض مساحات الاراضي المتجمدة .اما ارتفاع مستوى مياه البحار فانه سينتج عنها فقدان المساحات الزراعية خصوصاً في مناطق جنوب شرق اسيا .فالانجراف وغمر السواحل والملوحة بسبب زيادة مستويات المحيط تؤثر في الزراعة من خلال اغراق الاراضي الزراعية المنخفضة . ومثل هذه المناطق تشمل بنغلاديش والهند وفيتنام حيث ستعاني من خسائر كبيرة في محصول الرز اذا ما تحقق توقع ارتفاع مستويات البحر في نهاية هذا القرن.

- **انجراف التربة والخصوبه:** ان ارتفاع درجات الحرارة عن معدلاتها خلال العقود الماضية يتوقع ان يقود الى دورة هيدرولوجية عنيفة تتضمن تساقط امطار بمستوى عالي جداً ، ومن المتوقع ان يحدث

انجراف وتعرية وتاكل الترب ، كما ستتأثر خصوبة التربة . مع ذلك فان تضاعف مستوى الكربون سيؤدي الى خزن اكبر للنيتروجين في التربة وبهذا يوفر عناصر غذائية اكبر للنباتات مما يؤدي الى انتاجية افضل.

تأثير الزراعة في التغير المناخي

يعد القطاع الزراعي الاساس في تأثيرات انبعاث الغازات واستخدامات الاراضي المعتمد انها تتسبب في التغير المناخي . فضلاً عن كون الزراعة المستخدم الرئيسي للاراضي والمستهلك للوقود الاحفوري فانها تضيف لانبعاثات غازات الدفيئة من خلال عمليات مختلفة منها زراعة وانتاج الرز وتربية واكثر الماشية .وتبعاً لـ Intergovernmental Panel on Climate Change فان المسببات الثلاثة الرئيسية في زيادة غازات الدفيئة خلال الخمسة وعشرين سنة الماضية هي الوقود الاحفوري واستخدامات الاراضي والزراعة .وتساهم الزراعة في انبعاث الغازات من خلال استخدام الارض في أربعة طرق هي :

- انبعاث غاز CO₂ المرتبط بعمليات ازالة الغابات .
 - انبعاث غاز الميثان من مزارع الرز .
 - انبعاث غاز الميثان من خلال التخمرات المعوية في الماشية.
 - انبعاث اوكسيد النتروز نتيجة استخدام الاسمدة.
- وتشكل هذه العمليات حوالي 54% من مجموع انبعاثات غاز الميثان و 80% من انبعاث اوكسيد النتروز وافترضياً جميع انبعاثات غاز CO₂ المرتبط باستخدامات الارض .ان عملية ازالة الغابات وخصوصا في المناطق المعتدلة قد يؤثر على عمليات اعادة استهلاك الكربون التي ينتج عنها زيادة في تراكيز CO₂ . أما الماشية والانشطة المتعلقة بها مثل زيادة العمليات الحقلية المعتمدة على حرق الوقود فانها مسؤولة عن 18% من انبعاثات غازات الدفيئة المسؤول عنها الانسان وتتضمن :
- 9% من انبعاثات CO₂ العالمية
 - 35-40% من انبعاثات الميثان العالمية.
 - 64% انبعاثات اوكسيد النتروز العالمية .

تحسين نظم وقواعد المعلومات والموديلات

لقد وظفت العديد من التكنولوجيات لتحسين نوعية المعلومات الزراعية وتسهيل الحصول عليها تحت ظروف التغير المناخي . فالتقدم في هذا المضمار يتضمن التحسن في منظومة الاستشعار عن بعد الخاصة بالمعلومات الجوية والتأكد من الاستخدامات المختلفة للأراضي باستخدام أنظمة Wikis و Google Earth (لاحظ الموقع [www geo.wiki.org](http://www.geo.wiki.org) .علسبيل المثال) ونشر المعلومات باستخدام تكنولوجيا الهواتف النقالة . الا ان العديد من هذه الاشياء بحاجة الى ان تتكامل مع الملاحظات الارضية وليس التعويض عنها. نفس الحالة تنطبق على المعلومات الخاصة بالمصادر الوراثية واستجابة المحاصيل للاجواء والمناخ التي غالباً لم تجمع لحد الان والتي من الممكن تجميعها وبجهود اضافية.

وهناك حالياً طرائق جديدة لتفصيل توقعات تأثير التغير المناخي في الزراعة وحسب حاجة متخذي القرار وعلى مستوى المناطق او المستوى الوطني. واحدى هذه الامثلة هو مشروع Ag MIP) Agricultural Model Intercomparison and Improvement في جامعة كولمبيا الذي يحوي على سيناريوهات مناخية مماثلة لظروف التغير المناخي. وقد صمم هذا المشروع بهدف تحسين تشخيص حالات الامن الغذائي المتسببة عن التغير المناخي وتحفيز الطاقة التكيفية للدول الغنية والفقيرة . والمثال الثاني هو مشروع End- to- endQuantification of Uncertainty for Impacts Prediction (www.equip.leeds.ac.uk) لجمع نمذجة مناخ المملكة المتحدة والنمذجة الاحصائية وتأثيرات المجتمعات معاً للعمل على تطوير توقعات للمخاطر تفيد متخذي القرار بمواجهة التغيرات والتغير المناخي.

من جهة اخرى لابد من التأكيد على وجود توازي ما بين حالات نمذجة التأثيرات الزراعية والمعلومات المطلوبة لتشغيلها. والحاجة الى المعلومات ليس فقط كمدخلات للنمذجة وللسيناريوهات التحليلية ، لكن ايضاً لتشخيص انظمة الانتاج الغذائي في المناطق المستهدفة ومراقبتها وتقييم التأثير فيها، على سبيل المثال. وهناك تحسناً كبيراً في توفر المعلومات خلال السنين القليلة ، حيث يوجد حالياً كونسورتيوم حول المعلومات المكانية وغيرها بخصوص المصادر الطبيعية يدعى Consortium Consultative Group for International Spatial Information كمبادرة من Harvestchoice و (www.cgiar.csi.org) و (www.itisn.org) على سبيل المثال . وتقوم شبكة International Household Survey Network بنفس العمل في تجميع المعلومات لكن على

المستوى المنزلي لتحسين توفر المعلومات المسحية ونوعيتها والحصول عليها في البلدان ذات الدخل المنخفض وتشجيع تحليلها واستخدامها . وقد دعى العديد من الباحثين مؤخراً الى انشاء نظام مراقبة عالمي يضم معلومات عن العمليات والتكنولوجيات الزراعية وبما يساعد على تسخير تبني التكنولوجيات الواعدة.

ومن التحديات الرئيسية التي تواجه الباحثين ومتخذي القرار هي فهم ليس فقط التأثيرات ولكن أيضاً التفاعلات ما بين مكونات النظام الزراعي والنظام الغذائي. ففي حين تشير التأثيرات المنظورة الى ان الزيادة في التفاعلات ينتج عنها زيادة في مستوى عدم التأكد (أو الشك uncertainty). وبما ان المزارعين سوف يعملون جهدهم لمنع التأثيرات السلبية فأن هذه الحقيقة ربما تساعد في تحسين التوقع في مواجهة عدم التأكد حيث تقلص من مدى المستقبلات المحتملة . مع ذلك فأن المدى الذي بإمكان التكيف اتجاه التغير المناخي من تقليص عدم التأكد سوف يتغير تبعاً للحالة المحددة ، تبعاً لذلك فأن طبيعة التكيف ستبقى احدى العوامل الرئيسية في مجال توقعات تأثيرات التغير المناخي في الامن الزراعي والغذائي.

أدارة تبايرات ومخاطر المناخ

ان العديد من التأثيرات المتوقعة او المتطورة للتغير المناخي هي عبارة عن تضخيم للتحديات الكبيرة التي تسلطها التقلبات المناخية على الزراعة وخصوصاً على الانظمة الزراعية الفقيرة المعتمدة على المطر في الاراضي الجافة للمناطق الاستوائية وشبه الاستوائية، تبعاً لذلك فأن الادارة الافضل للمخاطر المرافقة للتقلبات المناخية توفر فرص انية لبناء مرونة اكبر في نظم ادارة للتغير المناخي المستقبلي . واصبح من الواضح ان الشكوك التي تفرضها التقلبات المناخية تثبط من الاستثمار في تطوير التكنولوجيا الزراعية والفرص التي يتيحها السوق ويحفز المزارع الكاره للمخاطر على تفضيل استراتيجيات حذرة تمكنة من الابتعاد عن التطرف المناخي عبر انشطة تعود عليه بالنفع في المعدل. وبصورة عامه ، فان الزيادة المتوقعة في التبايرات المناخية يمكن ان تؤدي الى زيادة حدوث دورة الفقر والاعتماد على المساعدات الخارجية ، تبعاً لذلك لا بد للاستراتيجية الشاملة لتبني انظمة زراعية وغذائية لمواجهة التغير المناخي ، من ان تستثمر جميع الاستراتيجيات الواعدة لادارة المخاطر ذات العلاقة بالمناخ الحالي والتي يمكن تلخيصها بالاتي:

- التنبؤ الموسمي من اجل ادارة تكيفية

ان التنبؤات المناخية الموسمية توفر بالاساس للمزارعين فرصاً تبني تكنولوجيات مطورة وعمليات تكثيف الانتاج وتعويض المغذيات في التربة والاستثمار في امور مربحة عندما تكون الظروف المناخية ملائمة، فضلاً عن حماية عوائلهم ومزارعهم من التبعات طويلة الامد للتطرف الخطر. وقد كشفت البحوث عن ان المزارعين الصغار في البلدان ذات الدخل المحدود لديهم رغبة عالية في ذلك لكن اشترت الى وجود الكثير من الفشل في الاتصالات ، فضلاً عن وجود عدم توافق ما بين احتياجات المزارعين ومستوى او محتوى او دقة خدمات او منتجات المعلومات المتاحة. ان هذه العوامل قد حدت من انتشار استخدام التنبؤات الموسمية من قبل صغار المزارعين.

- التأمين المستند على الدلائل

التأمين الدال index insurance هو ابتكار يعتمد على المؤشرات الجوية (مثال تساقط المطر او شحة المياه المنمذجة) ذات العلاقة بالخسائر الزراعية، وليس الخسائر المنظورة ويعتمد دفع الاموال التعويضية على المؤشرات المحسوبة وارتفاع تكاليف تاكيد الخسائر. ويسبب كونه يتجنب المشاكل الرئيسية التي تجعل من التأمين التقليدي غير مفيد في معظم البلدان ذات الدخل المحدود ، فقد تم زيادة الاهتمام بادارة مخاطر المناخ على زراعة صغار المزارعين عبر عمليات التأمين . وقد اشترت الدراسات الحديثة في هذا الصدد الحاجة الى تطوير اطار عمل يستهدف العلاقة ما بين المنتجات المؤمنة والانظمة الزراعية المحددة ، فضلاً عن بناء المقدرة لادارة التأمين الدال في القطاع الخاص.

-

- ادارة المخاطر ذات العلاقة بالمناخ من خلال النظام الغذائي

ان بإمكان الاجراءات التي تتخذها الحكومات ومنظمات الاغاثة كاستجابة للصددمات المناخية احداث تأثيرات كبيرة في المزارعين والاسواق الزراعية المحلية . ان التذبذب في الاسعار نتيجة المناخ يمكن ان يقود الى انعدام الامن الغذائي المزمّن بالنسبة للفقراء الذين يصرفون معظم مدخلاتهم على الغذاء . تبعاً لذلك فان استخدام نظام التنبؤات للانتاج الزراعي المستندة على المناخ يقود الى ادارة افضل لتجارة المواد والسلع الزراعية واستقرارية الاسعار ويوفر فوائد محتملة عديدة لكل من المنتجين الزراعيين والمستهلكين. ان المساعدة وتحديد المساعدات الغذائية كاستجابة الى الازمات الغذائية الكبيرة يمكن ان يكون لها تأثيرات معقدة في المزارعين والاسواق الزراعية فالمساعدات يمكن ان تحمي الاصول الانتاجية وتشجع الاستثمار من خلال تأثيرها التأميني وتحفز تطوير سلسلة القيم الزراعية لكنها

قد تزيد من تذبذب الاسعار وتثبط من تطوير الاسواق والانتاج الزراعي واستمرارية اعتماد الفقراء عليها لذلك فان تحسين الوقت المتاح قبل الحدث ودقة المعلومات التحذيرية المسبقة توفر فرصة لاجراء تدخلات علاجية قد تأخذ وقتاً.

- خدمات المعلومات المناخية

تعتمد العديد من الفرص الواعدة لادارة المخاطر الزراعية على المعلومات المناخية، التي لم تستكشف بالكامل لحد الان ، بسبب الثغرات في خدمات المعلومات المناخية المتوفرة . وتعزى هذه الثغرات الى "ضمور السوق market atrophy" المرافق للطلب غير الفعال طويل الامد بوساطة الخبراء والتجهيز غير الكافي لخدمات المعلومات المناخية ذات العلاقة. وكأستجابة ايجابية لهذه الثغرة انشأت منتديات تدعى ForumsRegional Climate Outlook (RCOFS) تأخذ على عائقها جمع الخدمات الجوية الوطنية مع مجموعة من المستفيدين من منطقة ما للتوصل الى تنبؤات مناخية موسمية مسؤولة تساعد في وضع الحلول الناجحة لتأثيرات التغير المناخي.

تسريع التكيف اتجاهاً للتغير المناخي

يشير مصطلح التغير المناخي التصاعدي Prograssive Climate Change الى التغيرات طويلة الامد في الخط القاعدي للمناخ (وهذا يعني التغيرات في درجات الحرارة المطلقة والانحرافات في انظمة تساقط الامطار) وخلال فترة عقود وبما يمثل تغير جذري في التحديات الرئيسية التي تواجهها الانظمة الزراعية والغذائية في السياسة والعلوم. ان التساؤل الرئيسي الذي يواجهه كلا من الامن الغذائي والاقتصاد الزراعي هو امكانية النظام الغذائي الايفاء بالطلب المتزايد على الغذاء امام ما يحدث من تغير مناخي وغيره من المؤثرات. علماً ان في العديد من الحالات وحتى بعدم وجود التغير المناخي فأن توقعات الفاو تشير الى ضرورة زيادة انتاج الحبوب في عام 2050 بحدود 70% من المستوى الحالي وذلك لزيادة حجم السكان والتغيرات التغذوية، تبعاً لذلك فأن التحدي الرئيسي يقع ضمن التمكن من التكيف السريع من دون الإضرار بالأنظمة الحياتية الحساسة التي تكافح ضد الظروف الضاغطة . ان أعمال هذه المهمة يتطلب استراتيجية متعددة الشعب: تحليل الأنظمة الزراعية والغذائية والتعلم من ماموجود من طرائق وتوليد واستخدام التكنولوجيات الجديدة وأحداث التغيير المطلوب في العمليات الزراعية

والأنظمة الإنتاجية وتحسين وضعية المؤسسات والارتقاء بالسياسات وتحسين البنى التحتية، وفوق كل ذلك لزيادة الطاقة التكيفية. وقد وجد ان تحسين المحتوى الوراثي وادارة المحاصيل وحيوانات المزرعة وتربية الاسماك والمصادر الطبيعية وتحفيز التنوع البيولوجي الزراعي ، تساعد على خفض مستوى الحساسية للضغوط المناخية كل على انفراد، وبالتالي تشكل ادوات مهمة للتكيف اما التغير المناخي التصاعدي. مع ذلك هناك ثغرات كبيرة في مستوى معرفتنا عن توفر خيارات التكيف وما هي الفوائد المتوخاه او الكلف واين ومتى يتم توظيفها . ان التكيف يمكن ان يتم على مستويات متعددة مثل تغيير نمط العمليات الزراعية وتغيير الضروب وترك زراعة المحاصيل وتربية الماشية والاسماك . وهناك حالياً بزوغاً للعديد من الخيارات التكنولوجية والاقتصادية والاجتماعية ذات الجدوى التي تساعد في تسريع عمليات التكيف اتجاه والتغير المناخي، سيتم شرح بعضها في ادناه.

- تطوير التكنولوجيا

لقد اثبتت عمليات تربية وتحسين المحاصيل لانتاج اصناف مقاومة للظروف المتطرفة في كونها احدى الطرائق الفعالة لزيادة الانتاج الغذائي، وبصورة اخرى معالجة تأثيرات التغير المناخي. كما يوجد هناك امكانيات بيولوجية عديدة لزيادة انتاجية المحاصيل من خلال التربية والتحسين التقليدية، وتطوير المحاصيل المحورة وراثياً عبر التكنولوجيا الاحيائية . تبعاً لذلك فأن الاستثمار في عمليات تطوير وتحسين انواع المحاصيل التي تعالج بعض الضغوطات المرافقة للتغير المناخي التصاعدي (مثل الحرارة والجفاف ومقاومة الافات) يعد احدى المكونات المهمة في اي جهد دولي لتكيف الانظمة الزراعية والقيادة الفعالة لهذه الاستثمارات لتحقيق الاهداف المرجوة منها يتطلب تفهماً للظروف التي تسود عندها الضغوطات الحيوية المختلفة، ملائمة المحاصيل للمناخات المستقبلية وبطريقة تأخذ بالحسبان الشكوك المحيطة بالموضوع.

- عمليات زراعية افضل

هناك القليل من المعلومات المتوفرة عن كيفية وقوف الانظمة الزراعية الحالية امام التغير المناخي التصاعدي وخصوصاً عندما تقع تحت ضغوط متزايدة لمؤثرات عالمية اخرى. وتشير التحليلات الواسعة الى وجود مناطق ومحاصيل ستكون حساسة للتغير المناخي التصاعدي، لكن

هناك القليل من المعلومات حول امكانية الانظمة الزراعية الحالية على التكيف لمثل هذه الظروف المناخية وعن اي من هذه الانظمة والعمليات الزراعية الحالية التي ستمكن من التكيف. ولكن ان المناخات تنتقل بصورة فعالة عبر المناطق ، فأن انتقال افضل العمليات الزراعية والتكنولوجية من موقع الى اخر سيشكل عاملاً مهماً وحيوياً. علماً ان العديد من هذه العمليات متجذرة في المعرفة المحلية. وتتضمن العمليات التكيفية المقترحة الابتكارات والاستراتيجيات الزراعية وتحسين أنظمة ادارة حيوانات المزرعة والأسماد وإدارة الآفات والأمراض وتنوع الزراعة وتحفيز التنوع البيولوجي الزراعي . ويوفر التنوع في مواصفات الضروب الحالية للتنوع البيولوجي الزراعي احتماليات عديدة للتكيف امام التغير المناخي التصاعدي.

- تمكين السياسات الوطنية للأمن الغذائي

هناك العديد من الفرص أمام السياسات الوطنية للمساعدة على التكيف على مستوى المجتمع والإفراد اتجاه ما يفرضه التغير المناخي. فعلى سبيل المثال فأن سياسات تحسين الحصول على المياه من خلال الاستثمارات في انشاء مخازن المياه او في انظمة الري الحديثة ربما تساعد المجتمعات الريفية على تجاوز فترات الجفاف. ان تطوير خطط واستراتيجيات مجتمعية مثل تجميع المصادر التمويلية او مشاءات خزن الأغذية يمكن توفر حلولاً مهمة جداً لنتائج التغير المناخي. فعند المستوى الوطني تتضمن الخيارات إيجاد سياسات وبرامج الدعم والحوافز لتعويض المحاصيل والمدخلات الزراعية المكلفة (مثل الكيماويات الزراعية واللقاحات)، هذا فضلاً عن وضع الخطط الاستثمارية لتحسين البني التحتية للأنظمة الغذائية (مثلاً النقل). وعلى المنظمات الخاصة والعامة ان تعمل معاً للتأكد من ان استراتيجيات وخطط التكيف قد تم تنسيقها من خلال الأنظمة الغذائية المتأثرة ذاتها والتكاليف المتوقعة للتكيف . وعلى سبيل المثال ، طالما ان التغير المناخي سيقود على الأغلب الى حدوث هزات وصددمات قوية في الانتاج الموسمي او السنوي وتاريخياً تقوم الدول بالاستجابة لمثل هكذا حوادث بتحديد التجارة او الشراء الكبير والواسع من الاسواق الدولية ، فأن على الاستراتيجيات الدولية التصدي للتصعيد الذي يحدث في الاسعار الزراعية، وادارة التأثيرات مثل حيازة الاراضي الواسعة لاغراض الانتاج الغذائي للاسواق الاجنبية. وبوجود الشكوك والتغيرات الديناميكية الكبيرة في الانظمة الغذائية فأن

هناك مخاطر عديدة نتيجة السياسات المتناقضة والاستثمارات التي تساهم في احداث تكيفات مشوهة .

معالجة انبعاث غازات الدفيئة في الزراعة

يقدر ما إضافته الزراعة خلال عام 2005 لمجموع الانبعاثات لغازات الدفيئة بحدود 10-12% وتعد عمليات خفض انبعاثات غازات CH_4 و N_2O وزيادة احتجاز الكربون او تجنب الانبعاثات من خلال استخدام الكتلة الحيوية لإغراض الوقود او خفض تجريد الأراضي، تمثل جميعها خيارات فنية لتقليل الانبعاثات. وبإمكان المعالجة العالمية للمناخ بوساطة الزراعة من تحقيق احتجاز ما يقدر بـ 1000 ميكاطن من مكافئ CO_2 خلال الفترة 2015 - 2020 ، وهذا يمثل خفض 10% من الانبعاث الغازية مترافقة مع مستويات مشابهة من الاستعاضة عن طاقة الوقود الاحفوري بطاقة الكتلة الحيوية . واذا ما تم خفض معدل ازالة الغابات بمقدار 10% للفترة 2015-2020 فأن بالامكان حجز وخرن 500 ميكاطن اضافية من CO_2 .

ومن الواضح ان تغيير العمليات الزراعية والحقلية يمكن ان يساعد في خفض التغير المناخي ، الا ان امكانية المجتمع في الايفاء بالاحتياجات الغذائية المرسومة وتحت الأنظمة العلاجية ،يبقى غير واضحاً. وهناك اربعة حالات تدعم وتعزز الانجازات المشتركة للأمن الغذائي ومعالجات التغير المناخي هي :

أ - الفرص المتاحة لتكثيف الانتاج الزراعي المستدام وتجنب التحول العالي للكربون في الاراضي المفتوحة.

ب- المتوافق التقني ما بين الانتاج الغذائي والاجراءات المتخذة لتقليل انبعاث غازات الدفيئة.

ج- الحاجة الى اختبارات حقلية لقياس موازنات غازات الدفيئة.

د- الجدوى الاقتصادية والحوافز لتغيير العمليات الحقلية من دون المساومة بأستثمارتنا في الأمن الغذائي.

وبالتأكيد ستكون هناك حاجة إلى الإبداع وبناء القدرات في المجالات الأربعة المذكورة أنفاً.

ونسنتعرض هذه التحديات الأربعة بصورة مختصرة في أدناه.

- التكتيف الزراعي Agricultural intensification

يعد مفهوم الإنتاج الزراعي الأكثر من خلال استخدام أراضي أقل، أحدهم الوسائل لتحقيق المعالجة للتغير المناخي والإنتاج الزراعي المطلوب، مع الافتراض أن هذه الأراضي تقوم باحتجاز كميات أكبر من الكربون أو ان انبعاثاتها من غازات الدفيئة تكون أقل. ويتوقع ان يكون توسع المساحات المزروعة بالمحاصيل في البلدان ذات الدخل المنخفض بمعدل يتراوح ما بين 2-49% ، فضلاً عن تجنب تغير جنس الأراضي الزراعية في المناطق الاستوائية الرطبة والاهوار من اكثر العوامل اهمية في معالجة التغير المناخي . ان التكتيف الزراعي (او زيادة الانتاج في وحدة المساحة) اصبح ضرورياً للايفاء بالمتطلبات الغذائية، اخذاً بنظر الاعتبار التوجهات الاقتصادية والتغذوية الحالية ، مع ذلك لازالت هناك ثغرات في انتاجية محاصيل عديدة منها الرز والذرة على سبيل المثال . وقد اوضحت احدي الدراسات الى ان الزيادة في انتاجية المحاصيل للفترة من 1961 - 2005 ساعدت في تجنب حوالي 161 كيكاطن من انبعاثات الكربون، حيث كان هناك تداخل علاجي فعال، بالرغم من استخدام مدخلات تزيد من الانبعاثات الغازية. وبصورة مشابهة وجد ان زيادة استخدام الأسمدة في الرز والحنطة والذرة بمقدار 20% يمكن من ان يبقي حوالي 23 مليون هكتار خارج نطاق الزراعة من دون تغير في الانتاجية.

الا ان هذه الأراضي الناتجة عن التكتيف الزراعي بحاجة إلى سياسات تشجيعية وحوافز مالية لتقوية تأثيراتها. كما ان للاستثمار في التكنولوجيات الزراعية لزيادة الإنتاجية تأثيرات معاكسة حيث يزداد الطلب على زيادة الإنتاج بسبب النمو السكاني او المدخولات . وقد وجد من تحليل 961 مجال زراعي في 161 بلداً خلال الفترة 1970-2005 ولعشرة محاصيل زراعية رئيسية عدم وجود علاقة مزدوجة ما بين الحاصل والأراضي المزروعة. وقد لاحظ الباحثين ان المزارعين يحاولون زيادة مساحات الأراضي من خلال عمليات التكتيف الزراعي ، وهذا يعني ان الكفاءة الاقتصادية تقود الى التوسع وليس تقليص او اختصار النشاط . وهناك بعض الاستثناءات في معظم بلدان المناطق المعتدلة حيث البرامج المحافظة او حيث تم الغاء المساعدات السعرية والقيام باستيراد الحبوب بدلاً من الانتاج الداخلي . وفي دراسة أخرى وجد ان مراقبة 23 محصولاً للفترة من 1979-1999 في 124 بلداً حيث تقلصت قليلاً وحدة المساحة لكل نسمة من المحاصيل العلفية ، لأن المساحات المزروعة بالمحاصيل غير العلفية

ازدادت بصورة انية نتج عنها توسع الاراضي المزروعة . ان الانخفاض في المساحات المزروعة يحدث في البلدان منخفضة الدخل عندما تكون تجهيزاتها الغذائية الموجودة فعلياً كبيرة.

ولابد في المستقبل ان تولي عمليات التكتيف الزراعي الانتباه الى فعالية المدخلات وتأثيراتها البيئية. فالزيادة في استخدام الاسمدة ومبيدات الافات وطاقة الوقود الاحفوري وكما هو عليه الحال ربما لن تكون ممكنه او مرغوب فيها على المدى الطويل . فلا بد من الاستخدام الفعال لمثل هذه المدخلات وايجاد بدائل مستدامة وفعالة بهدف خفض شدة الكربون (الانبعاثات لكل وحدة انتاج) المنبعث من العمليات الانتاجية ، كذلك خفض مساحات الاراضي المستغلة والمدخلات التي تضر بالبيئة. وعلى سبيل المثال فأن استخدام الري المتقطع في انظمة زراعة الرز الرطبة يظهر خفضاً في انبعاثات الميثان لاكثر من 40% ، مع اقل التأثير في الانتاج. كما ان اضافة الاسمدة بصورة دقيقة يمكن ان يؤدي الى انتاج اعلى لكل الانبعاثات. واخيرا فان التكتيف الزراعي يتطلب دعماً مؤسساتيا و سياسياً مناسباً لخلق فوائد بيئية فضلاً عن زيادات في انتاجية المحاصيل لصغار المزارعين.

- الادارة المستدامة

ان الخيار الاخر في معالجة انبعاثات غازات الدفيئة هو الزراعة وبطريقة تخفض من هذه الانبعاثات او حيازة كربون اكثر من دون خفض الانتاج الغذائي . فعلى سبيل المثال تنشيط الكربون الموجود في التربة من خلال الحراثة الحافظة conservation tillage او ادارة متبقيات المحاصيل والتوسع في الغابات الزراعية او اعادة تنظيم المراعي الانتاجية ،من المتوقع ان يكون لها جميعاً تأثيرات معنوية في المناخ من دون المساومة على الانتاج الغذائي. من جهة اخرى فأن تحفيز كربون التربة يؤدي الى فوائد بيئية مهمة في مجال خزن المياه والتنوع الاحيائي للتربة. ويغطي مفهوم "الادارة المستدامة للاراضي الزراعية" ، كافة العمليات المتوقع ان تحفز مرونة النظام البيئي الزراعي والتكيف للتغير المناخي . وقد قدر ان يكون لاحتجاز الكربون في التربة الامكانية العلاجية الاقتصادية الاعلى. وقد اظهرت الفاو ان المناطق ذات السكان غير المؤمن غذائهم تميل ايضاً لاحتوائها على ترب تفنقد الكربون مقترحة ملائمة مثل هذه المناطق لتطبيق مفاهيم الادارة المستدامة للاراضي الزراعية لاغراض تخفيف وتلطيف الاضرار.

- الاجراءات الوطنية والدولية

تسعى الدول المتقدمة والنامية الى استخدام تكنولوجيات نظيفة تساعد في عمليات معالجة نتائج التغير المناخي وبما يؤدي الى خفض ملموس في انبعاثات غاز CO₂ . تتضمن هذه السياسات وضع اهداف لخفض الانبعاثات وزيادة استخدام الطاقات المتجددة وزيادة كفاءة استهلاك الطاقة .

ان الاتفاقية الرئيسية الحالية حول التغير المناخي هي بروتوكول كيوتا الذي اصبح نافذ في 16 شباط 2005 وهي تعديل على الاتفاقية الاطارية حول التغير المناخي للامم المتحدة ، والتي تتضمن قيام الدول التي صادقت على هذا البروتوكول في العمل على خفض انبعاثاتها من CO₂ وخمسة غازات أخرى من غازات الدفيئة ، أو تعمل على مفايضة الانبعاثات في حالة الحفاظ على أو زيادة انبعاثات هذه الغازات . ان المرحلة الاولى من بروتوكول كيوتا ستنتهي في 2012 ، لذلك فان مؤتمر كوبنهاغن كانون الاول 2009 سيعيد المرجعية من قبل الامم المتحدة بشأن التغير المناخي ما بعد قمة الارض التي عقدت عام 1992 في مدينة ريو دي جنيرو .

من جهة أخرى، لا بد من وجود روابط ما بين المعرفة والسياسة والمؤسسات والتكنولوجيات واستراتيجيات الادارة ، اذا ما اريد لها ان تساعد في الارتقاء بالامن الغذائي والمرونة اتجاه التغير المناخي . وعلى سبيل المثال ، تم انشاء برامج للتكيف الوطني national adaptation programs of action في العديد من البلدان وضمن وزارات البيئة وبتعضيد من قبل البرنامج الانمائي للامم المتحدة (UNDP) تركز في عملها على الحقائق العلمية المتوفرة عن مدى خيارات التكيف ذات العلاقة وتأثيراتها في البيئات المختلفة او الدور الحيوي الذي تلعبه المؤسسات في التكيفات المستقبلية في الحياة الريفية.

وباختصار فان التغير المناخي يتطلب إعادة التفكير في كيفية تنفيذ البحوث مع التركيز على التكامل النشط مع السياسة والتطبيق . أن المبادرات الجديدة مثل Program on climate change و Agricultural and Food Security و ClimDev-Africa ربما تعيد الحيوية بكيفية أن المعرفة المناخية تعطي صورة عن شكل العمليات الزراعية . والبحث في آليات خلق معرفه مؤثرة تشير الى ضرورة وجود تعاون وثيق ما بين الباحثين ومتخذي القرار .

الاستنتاجات

- هناك العديد من الشكوك التي تحيط بتوجهات وقوة التغير المناخي التي تقود بدورها إلى شكوك في عالم الإنتاج الغذائي وتأثيره على الأنظمة الغذائية والأمن الغذائي عبر جغرافيات ومجتمعات معقدة .
- لا بد من الانتظار لملاحظة هل ان الشكوك ستكبر او تبقى على ما هي عليه او تنخفض خلال المسارات التقليدية والتحليلات المرافقة المتأتية من المناخ والزراعة والنظم الإنسانية.
- لا بد من استمرارية البحوث في المجالات الزراعية والأمن الغذائي والتغير المناخي لتحسين فهمنا للمتغيرات والشكوك المحيطة بهذه النظم.
- ان الانظمة الغذائية التي تواجه التغير المناخي بحاجة الى فعل سريع بالرغم من وجود الشكوك . وان حرجة التغير المناخي توفر قوة دافعة جديدة لنماذج التكامل ما بين البحث والسياسة والفعل.
- هناك حاجة ملحة للاستثمار في قواعد المعلومات والادوات لاعلام السياسيين والمختصين في مجال ادارة المخاطر الزراعية والتكيف والعلاج بان تطوير هذه الاحتياجات لا بد ان يتم بصورة متوافقة مع المستخدمين.
- لا بد للمبادرات الخاصة بتطوير قابليات التصدي لتأثيرات التغير المناخي في الزراعة والغذاء ، من ان تشخص ليس فقط القابلية العلمية لكن ايضاً قابلية المستخدمين على طلب وتفسير وتطبيق المخرجات العلمية بصورة فعالة .
- ان حاجة متخذي القرار ليس فقط منظور شامل للنظام ولكن ايضاً الى مقتربات استيراتيجية تركز على العمليات والفعاليات الرئيسية.
- ان التحدي الرئيسي في ضمان الامن الغذائي المستقبلي هو تطبيق مثل هذه المقتربات في كامل النظام الغذائي وكامل الاراضي متعددة الاغراض .
- ان خطورة الموضوع يستدعي التعامل الخلاق ما بين الباحثين وذوي الخبرة في مختلف التخصصات والقطاعات والنظم .

المصادر

Aggarwal, P.K., P.K. Joshi, J.S.I. Ingram and R.K. Gupta (2004). Adapting food systems of the Indo-Gangetic plains to global environmental change: Key information needs to improve policy formulation. *Environmental Science and Policy*, 7(6): 487_498.

Agrawal A. and N. Perrin (2008). Climate adaptation, local institutions and rural livelihoods. *International Forestry Resources and Institutions Program (IFRI) Working Paper # W08I-6*, University of Michigan, 2008.

Barrett, C.B. (2010). Measuring Food Insecurity. *Science*, 327(5967): 825-828.

Burney, J. A., S. J. Davis, and D.B. Lobell (2010). Greenhouse gas mitigation by agricultural intensification. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 107(26): 12052-12057.

Cash D.W. W. C. Clark, F. Alcock, N.M. Dickson, N. Eckley, D.H. Guston, J. Jäger and R.B. Mitchell (2003). Knowledge systems for sustainable development. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 100(14): 8086-91.

Challinor, A.J., T. Wheeler, C. Garforth, P. Craufurd, and A. Kass (2007). Assessing the vulnerability of food crop

systems in Africa to climate change. *Climatic Change*, 83: 381-399.

Challinor, A. J. (2009). Developing adaptation options using climate and crop yield forecasting at seasonal to multi-decadal timescales. *Environmental Science and Policy*, 12(4): 453-465.

Cochrane, K., C. De Young, D. Soto, T. Bahri, eds. (2009). *Climate change implications for fisheries and aquaculture: Overview current scientific knowledge*. FAO Fisheries and Aquaculture Technical Paper #530, Rome.

Ericksen, P.J. (2009). Conceptualizing food systems for global environmental change research. *Global Environmental Change*, 18(1), 234-245.

FAO (2006). *World Agriculture: Towards 2030/2050*. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome.

FAO (2009a). *The State of Food Security in the World*. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome.

FAO (2009b). *Food security and agriculture mitigation in developing countries: Options for capturing synergies*. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome.

FAO (2009c). *Harvesting agriculture's multiple benefits: Mitigation, adaptation, development and food security*. Policy Brief, Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome.

Hazell, P., J. Anderson, N. Balzer, A. Hastrup-Clemmensen, U. Hess and F. Rispoli (2010). Potential for scale and sustainability in weather index insurance for agriculture and rural livelihoods. *International Fund for Agricultural Development and World Food Programme*, Rome.

Howden, S. M., J.F. Soussana, F.N. Tubiello, N. Chhetri, M. Dunlop and H. Meinke (2007). Adapting agriculture to climate change. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 104(50): 19691-19696.

Jackson, L.E., U. Pascual and T. Hodgkin (2007). Utilizing and conserving agrobiodiversity in agricultural landscapes. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 121: 196-210.

Lal, R. (2004). Soil carbon sequestration impacts on global climate change and food security. *Science* 304(5677): 1623-1627.

Morton J.F. (2007). The impact of climate change on smallholder and subsistence agriculture. *Proc Natl Acad Sci USA*, 104(50): 19680- 19685.

Nelson, G.C., M.W. Rosegrant, J. Koo, R. Robertson, T. Sulser, T. Zhu, C. Ringler, S. Msangi, A. Palazzo, M. Batka, M. Magalhaes, Valmonte-Santos, M. Ewing and D. Lee (2009). *Climate change: Impact on agriculture and costs of adaptation*. Food Policy Report #19. IFPRI, Washington, DC.

Paustian, K., C. V. Cole, D. Sauerbeck and N. Sampson (1998). CO₂ Mitigation by agriculture: An overview. *Climatic Change*, 40(1):135-162.

Rudel, T.K., L.C. Schneider, M. Uriarte, B.L. Turner II, R. DeFries, Lawrence, J. Geoghegan, S. Hecht, A. Ickowitz, E.F. Lambin, T. Birkenholtz, S. Babinista and R. Grau (2009). Agricultural intensification and changes in cultivated areas, 1970-2005. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 106(49), 20675-20680.

Smith, P. and J.E. Olesen (2010). Synergies between the mitigation of, and adaptation to, climate change in agriculture. *Journal of Agricultural Science*, 148:543-552.

Spielman, D., F. Hartwich, K. von Grebmer (2007). *Sharing science, building bridges, and enhancing impact*. IFPRI Discussion Paper #00708. International Food Policy Research Institute.

Tilman, D., K.G. Cassman, P.A. Matson, R. Naylor and S. Polasky (2002). Agricultural sustainability and intensive production practices. *Nature*, 418(6898): 671-677.

UNEP (2009).Global Green New Deal. Policy Brief, United Nations Environment Program.

Wassman, R. Y. Hosen, and K. Sumfleth. 2009. Reducing Methane Emissions from Irrigated Rice, in G. Nelson, ed., Agriculture and climate change: An agenda for negotiation in Copenhagen. 2020 Vision Policy Focus 16.IFPRI, Washington DC.Brief 3.