تأثير التصحر في إنتاجية النظم البيئية الزراعية والطبيعية:

العواقب والحلول

Effects of Desertification on the Productivity of the Natural and Agro-ecosystems: Consequences and Solutions

د. أيمن العودة

رئيس برنامج الزراعة الحافظة (أكساد)

خبير فسيولوجيا الإجهادات اللاأحيائية

يمكن تعريف التصحر حسب ما جاء في اتفاقية مكافحة التصحر Convention to combat desertification، بأنّه عملية تدهور الأراضي Land degradation نتيجة العديد من العوامل الناشئة عن كلٍ من التغير المناخي Climatic changes، وأنشطة الإنسان Human activities. وتتمثل أشكال تدهور الأراضي في النظم البيئية الزراعية Agro-ecosystems، والطبيعية (المراعي ، والغابات) بانحسار الغطاء النباتي الطبيعي، وتراجع الكفاءة الإنتاجية، وتدهور الخصائص الفيزيائية الحيوية نتيجة انجراف التربة الريحي والمائي Wind and water erosion، أومن خلال عملية التملح الثانوي Salinization، وتغدق التربة Waterlogging، التي تؤدي إلى تدهور الخصائص الفيزيائية والكيميائية والحيوية للتربة.

وتعد الأراضي الجافة Drylands من أكثر الأراضي المهددة بخطر التصحر. وتتركز هذه الأراضي في المناطق القاحلة Hyper-arid، والجافة Arid، وشبه الجافة Semi-arid، التي تعاني من عجزٍ مائي يقدّر بأكثر من 50%. وتغطي الأراضي الجافة قرابة 34% من سطح الأرض. و ارتبط التصحر جزئياً في النظم البيئية الزراعية بزحف الكثبان الرملية Sand dune encroachment إلى الأراضي الزراعية. ويمكن أن يحدث التصحر حتى في المناطق البيئية الرطبة Humid environments، نتيجة إزالة الغابات Deforestation، الذي يؤدي بدوره إلى انجراف التربة.

تقدّر عالمياً مساحة الأراضي الجافة التي تحولت إلى صحارٍ غير منتجة Unproductive desertsبنحو 9 مليون كيلو متر مربع خلال الخمسين سنة الماضية، وهذا أثّر بدوره بشكلٍ مباشر في حياة أكثر من 80 مليون نسمة. وحالياً، فإنّ أكثر من نصف مساحة الأراضي الزراعية المروية في العالم هي إمّا أراضٍ متملحة بشكلٍ كبير، أو أراضٍ متغدقة Waterlogged، والتي عادةً ما تكون إنتاجية الأنواع النباتية المزروعة فيها متدنية جداً. وتقدّر مساحة الأراضي الزراعية التي تتملح سنوياً بنحو 1 – 1.5 مليون هكتاراً. وإنّ استمرار وزيادة وتيرة فقد الغطاء النباتي نتيجة التملح، أو الإزالة من قبل الإنسان لا يؤثر سلباً في التنوع الحيوي فقط، وإنما يقلل مقدرة النظم البيئية الطبيعية على احتجاز الكربون Carbon sequestration، الأمر الذي سيؤدي على المدى البعيد إلى استفحال ظاهرة الاحتباس الحراري ، والتغير المناخي.

تتسم الأراضي الجافة بمحدودية مساحة الأراضي الصالحة للزراعة Arable lands، والتباين الكبير في معدل الهطول المطري Highly variable rainfall، وسوء توزيع الأمطار خلال الموسم الزراعي، وندرة الموارد المائية Scarcity of water resources. ومن العوامل المهمة التي أدّت إلى زيادة الضغط على الموارد الطبيعية المتوافرة بكمياتٍ محدودة، التكثيف الزراعي Agricultural intensification، نتيجة النمو السكاني وزيادة الطلب على الغذاء والكساء، والتوسع العمراني والتطور الصناعي. ومن الأسباب الرئيسة/المباشرة لتدهور الأراضي في المناطق الجافة:

1. إزالة الغطاء النباتي الأخضر بفعل عمليات الاحتطاب واقتلاع الأشجار والشجيرات، والحرائق الطبيعية Wild fires والمفتعلة، والرعي الجائر Overgrazing، وعملية الفلاحة المكثفة للترب غير المزروعة من قبل والأراضي الهامشية لزراعة الأنواع المحصولية الحولية، وسوء عوامل إدارة التربة، وخاصةً بعد الحصاد (إزالة جميع بقايا المحصول، وحرق بقايا المحصول، أو رعيها بالكامل من قبل الأغنام).
2. عمليات التكثيف الزراعي واعتماد الممارسات الزراعية غير المناسبة التي تؤدي إلى تراجع خصوبة التربة، وتزيد من حساسيتها للانجراف، بالإضافة إلى إتباع الطرق الخاطئة في الري (الري السطحي بالغمر أو التطويف)، باستعمال مياه ري ذات نوعية

متدنية، وخاصةً في الأراضي سيئة الصرف،الأمر الذي يؤدي إلى ارتفاع منسوب الماء الأرضي وتغدق التربة وتملحها.

سبل مواجهة التصحر وتقليل التأثيرات الضارة المتمخضة عنه في نظم الإنتاج الزراعي:

بما أنّ الحرارة المرتفعة Heat، والجفاف Drought، والملوحة Salinity، هي من أهم العوامل اللاأحيائية Abiotic factors المحددة لإنتاجية الأنواع النباتية المختلفة في البيئات الجافة وشبه الجافة العربية، لذلك تُعد عملية إدخال الأنواع النباتية الأكثر تحملاً للإجهادات البيئية المختلفة من أم سبل التكيف مع المستجدات البيئية غير الملائمة. وتؤدي في هذا المجال الهندسة الوراثية والتقانات الحيوية الأخرى، بالإضافة إلى طرق التربية التقليدية المحسّنة دوراً مهماً، بالإضافة إلى أهمية تطوير تقانات الإدارة المناسبة للأرض والمياه للحد من الانجراف، وفقد خصوبة التربة، والتملح، بما يضمن المحافظة على استدامة إنتاجية النظم البيئية الزراعية. ويتطلب تحقيق ذلك العمل على:

1. تطوير طرز وراثية من الأنواع المحصولية الإستراتيجية (القمح، والشعير، والذرة الصفراء، والقطن، والبقوليات الغذائية والعلفية)، التي تسخِّر كمية أكبر من نواتج التمثيل الضوئي باتجاه الأجزاء الأرضية Root systems، حيث يساعد ذلك في الحد من نمو الأجزاء الهوائية وتطورها Source size، ما يقلل من مساحة المسطح الأخضر المعرّض بشكلٍ مباشر لأشعة الشمس، ويحد من فقد الماء بالنتح Transpiration. ويؤدي بالمقابل ارتفاع الحرارة إلى زيادة معدَّل فقد الماء بالتبخر Evaporation، ما يؤثر سلباً في محتوى التربة المائي وخاصةً في طبقات التربة السطحية، لذلك يساعد تشكيل مجموع جذري متعمق ومتشعب Well-branched deep root system في استخلاص كمية أكبر من الماء من طبقات التربة العميقة الرطبة، كافية لتعويض الماء المفقود بالنتح، الأمر الذي يسمح في المحافظة على جهد الامتلاء Turgor potential داخل الخلايا النباتية، ومن ثمّ استمرار النمو والتطور حتى عند مستوياتٍ متدنية جداً من محتوى التربة المائي.
2. تطوير طرز وراثية تتسم بكفاءة عالية في استعمال الطاقة الضوئية الممتصة وتحويلها إلى طاقة كيميائية مخزونة في روابط المركبات العضوية المصنّعة (السكريات)، أو تمتلك

أنظمة وقاية Protective systems (الأصبغة البرتقالية)، وإعادة توزيع الطاقة الضوئية بين الأنظمة الضوئية، حيث تحول مثل هذه الآليات دون حدوث عملية التثبيط الضوئي Photoinhibition عند تراجع معدل النمو، وكفاءة النبات التمثيلية تحت ظروف الإجهاد المائي، والحرارة المرتفعة الناتجة عن التغير المناخي.

3. التركيز على تطوير الطرز الوراثية ذات الكفاءة العالية في استعمال الماء (WUE) وذات الكفاءة الإنتاجية العالية Capacity types، حيث يساعد ذلك في تقليل معدل استهلاك المياه المتاحة بكمياتٍ محدودة في التربة، بما يضمن إتاحة المياه خلال المراحل المتقدمة الحرجة من حياة النبات، وخاصةً مرحلة امتلاء الحبوب Grain fill، لأنَّ الماء هو الناقل الوحيد لنواتج التمثيل الضوئي Photo-assimilates من المصدر إلى المصب.
4. تطوير طرز وراثية تمتلك حجم مصب كبير نسبياً لمنع تراجع نواتج عملية التمثيل الضوئي، التي تؤدي إلى تثبيط عملية التمثيل الضوئي End- product effect، ومن ثمَّ تقليل الاستفادة من ارتفاع تركيز غاز الفحم CO_2-enrichment، الذي يحدّ من حدوث عملية التنفس الضوئي، ويزيد من معدل التمثيل الضوئي، وخاصةً في الأنواع النباتية ثلاثية الكربون (القمح).
5. تطوير طرز وراثية عالية التحمل للجفاف والحرارة المرتفعة، ومقاومة للأمراض والحشرات، التي عادةً ما تستفحل بشكلٍ كبير في ظل ارتفاع الحرارة.

وانطلاقاً من ذلك، فقد وجَّه المركز العربي منذ عام 1971 اهتمامه لاستنباط العديد من الأصناف، وتطوير الكثير من السلالات المتحملة للإجهادات اللاأحيائية المختلفة (الجفاف، والحرارة المرتفعة، والملوحة، والصقيع)، والمقاومة للإجهادات الأحيائية (الأمراض، والحشرات) مع مراعاة المحافظة على طاقة المحصول الإنتاجية، وخاصةً تحت نظم الزراعة الجافة. واعتمدت أصناف/ سلالات أكساد في العديد من الدول العربية بسبب تفوقها على الأصناف المحلية (جدول 1). وحققت أصناف أكساد زيادة وسطية مقدارها 27% في إنتاجية محصول القمح Wheat، وزهاء 42% في إنتاجية محصول الشعير Barley بالمقارنة مع الأصناف المحلية في العديد من الدول العربية. ويقوم المركز العربي بتزويد الدول العربية سنوياً بالكميات المطلوبة من بذار الأساس لبعض سلالات أكساد المبشرة، وأصنافه المعتمدة التي أثبتت نتائج

تجارب الكفاءة الإنتاجية الأولية، وتجارب الكفاءة الإنتاجية العربية تفوقها، وثبات إنتاجيتها عبر المواقع والسنوات ليصار إلى إكثارها، ونشر زراعتها بين صفوف المزارعين.

يتمثل التحدي في نظم الإنتاج الزراعي المطرية في البيئات الجافة بالمقدرة على التنسيق في استعمال الأصناف ذات الكفاءة العالية في استعمال المياه Water use efficient cultivars، وتطبيق الدورة الزراعية المناسبة، والإدارة الجيدة للأرض، بهدف زيادة الغلة الحيوية وإنتاجية المياه Water productivity، ضمن نظام إنتاج زراعي متكامل ومستدام. وتساعد عملية تطوير أصناف ذات كفاءة عالية في استعمال المياه، وعالية التحمل للجفاف والحرارة المرتفعة، وذلك باستعمال التقانات الحيوية والهندسة الوراثية، سوف يسهم بشكلٍ مباشر في تحقيق هذا الهدف. ويعتمد تحسين إنتاجية المياه تحت نظم الزراعة الجافة على زيادة معدل رشح المياه إلى باطن التربة، والتغطية المبكرة لنباتات النوع المحصولي المزروع لكامل سطح التربة لتقليل مساحة الأرض المكشوفة والمعرّضة بشكلٍ مباشر لأشعة الشمس، الأمر الذي يساعد في تقليل معدل فقد المياه بالتبخر المباشر من سطح التربة Evaporation، أي زيادة الفواقد النتحية المنتجة Productive transpiration loss على حساب الفواقد غير المنتجة، عن طريق التبخر والأعشاب الضارة. عموماً، تساعد عملية الفلاحة السطحية للتربة في الوقت المناسب، أو إنشاء الخطوط الكونتورية Contour ridging، أو تغطية سطح التربة بالبقايا النباتية Mulch، بالإضافة إلى زراعة الأصناف ذات الكفاءة العالية في استعمال المياه يمكن أن يساعد في مضاعفة إنتاجية المياه.

جدول (1): أصناف وسلالات أكساد من القمح القاسي والقمح الطري والشعير المعتمدة والمبشرة في الدول العربية.

القمح القاسي			القمح الطري			الشعير		
أسم الصنف	الدولة المعتمد فيها	الاسم المعطى للصنف	أسم الصنف	الدولة المعتمد فيها	الاسم المعطى للصنف	أسم الصنف	الدولة المعتمد فيها	الاسم المعطى للصنف
أكساد65	سورية الأردن لبنان	أكساد65 تل عمارة1	أكساد59	الجزائر – المغرب	حضنة أكساد65	أكساد60	الأردن المغرب الجزائر	أكساد60 أكساد60 بحرية
أكساد357	ليبيا	بحوث107	أكساد885	سورية	دوما2	أكساد68	المغرب الجزائر	أكساد68 رمادة
أكساد1103	الجزائر لبنان	أكساد1103 تل عمارة2	أكساد899	ـــــ	سلالة مبشرة	أكساد176	سوريا الأردن المغرب الجزائر	أكساد176 أكساد176 أكساد176 نايلية
أكساد1105	سورية	دوما1	أكساد901	سورية	دوما4	أكساد1230	الجماهيرية	ميمون
أكساد1107	الجزائر	أكساد1107	أكساد969		سلالة مبشرة	أكساد1164	ـــــ	سلالة مبشرة
أكساد1169	اليمن	بحوث5	أكساد1119	اليمن	شيبام–2	أكساد1420	ـــــ	سلالة مبشرة

القمح القاسي			القمح الطري			الشعير		
أسم الصنف	الدولة المعتمد فيها	الاسم المعطى للصنف	أسم الصنف	الدولة المعتمد فيها	الاسم المعطى للصنف	أسم الصنف	الدولة المعتمد فيها	الاسم المعطى للصنف
أكساد1119	اليمن	نعيم-1	أكساد1097	اليمن	شيبام-1	أكساد1500	—	سلالة مبشرة
أكساد1229	سورية	دوما3	أكساد981	—	سلالة مبشرة			
أكساد1245	سورية	سلالة مبشرة	أكساد1069	—	سلالة مبشرة			

تتطلب عملية وقف التصحر في نظم الزراعة الهامشية المكثفة Intensive marginal agricultural systems، والمناطق الرعوية Rangeland areas طيف واسع من الآليات المختلفة لتطوير التقانات الفيزيائية والحيوية، وتقانات الإنتاج الزراعي وتحسين إدارة العوامل الاقتصادية والاجتماعية، بالإضافة إلى تأمين الدعم اللوجستي من أصحاب القرار. ويتمثل هدف الدراسات والبحوث في إيجاد آليات الإدارة المتكاملة، وحزمة التقانات الزراعية المثلى لتحسين الكفاءة الإنتاجية للنظم البيئية الزراعية المستهدفة في المناطق الجافة، التي تضمن زيادة الإنتاج الزراعي، والمحافظة على استدامة الموارد الطبيعية المتجددة، وتأمين الاحتياجات السكانية المتزايدة من الغذاء، وتمكين الكوادر البشرية من استثمارها بالشكل الأمثل. ويجب أن تكون طرق الإدارة للأرض، والمياه، والغطاء النباتي قابلة للتطبيق من الناحية الفنية Technically feasible ومقبولة اجتماعياً Socially acceptable، وتتماشى مع مفهوم التنمية الزراعية المستدامة Sustainable. وإنّ

برنامج تطوير نظم استعمالات الأراضي المستدام الذي يمكن أن يعكس Reverse تأثيرات التصحر يمكن تصوره على شكل محورين: محور إدارة الموارد، ومحور نظم الإنتاج الزراعي (الجدول 2).

نظم الإنتاج الزراعي	إدارة الموارد المائية		
	مياه الأمطار	حصاد المياه	المياه السطحية والجوفية
المراعي الطبيعية	إعادة تأهيل المراعي المتدهورة، وتحسين عوامل إدارة المراعي، وتنظيم الرعي.	تطبيق تقانات حصاد المياه للشجيرات الرعوية.	–
الزراعة المطرية	إدخال المحاصيل البقولية في الدورة الزراعية، وإدارة المياه السطحية.	تطبيق تقانات حصاد المياه للأنواع الشجرية الرعوية.	–
الزراعة المروية	–	تأمين السدّات والخزانات المائية لتأمين احتياجات الري التكميلي.	تحسين كفاءة استعمال مياه الري، وتحسين إنتاجية المياه والمحصول.

إعادة تأهيل المراعي الطبيعية باستعمال مياه الأمطار: تُعد مياه الأمطار من أثمن الموارد الطبيعية المتجددة. ولكن جزء بسيط جداً من مياه الأمطار يمكن أن يبقى في التربة وتستفيد منه النباتات، حيث تقدّر نسبة مياه الأمطار التي تسقط على الأراضي الجافة وتنتهي في أنسجة نباتات الأنواع النباتية المختلفة بنحو 1 – 10%. وتفقد معظم مياه الأمطار عن طريق الجريان السطحي Surface run-off، والصرف العميق Deep drainage، والتبخر المباشر Evaporation من سطح التربة ، والشقوق العميقة الموجودة فيها، وعن طريق النتح Transpiration الذي تقوم به نباتات الأعشاب الضارة Weeds. لذلك لا بدّ من تطوير التقانات التي تقلل من الفواقد المائية غير المنتجة، وتحسين محتوى التربة المائي Soil moisture content، وكمية المياه المتاحة في منطقة انتشار الجذور.

وتعد عملية الإدارة الجيدة للرعي (تنظيم عملية الرعي) من أهم السبل للمحافظة على الغطاء النباتي الطبيعي، الذي يعمل على أسر Capture مياه الأمطار ضمن قطاع التربة، ويمنع فقد المياه بالجريان السطحي، حيث يشكل هذا الغطاء النباتي حواجز ميكانيكية تعيق حركة المياه وتقلل من سرعة جريانها فوق سطح التربة، الأمر الذي يسهم في زيادة معدل رشح المياه إلى باطن التربة Water infiltration، وتعمل هذه النباتات بدورها على استعمل المياه الراشحة إلى باطن التربة بكفاءة عالية. ويمكن تحقيق ذلك من خلال مجموعة من الإجراءات، أهمها:

1. إنشاء المحميات الطبيعية.
2. إعادة استزراع المناطق الرعوية المتدهورة Reseeding degraded rangelands.
3. زراعة الشجيرات أو الأشجار الرعوية Fodder shrubs and trees.
4. إدخال النظم الملائمة لإدارة الرعي.

ولكن حتى تنجح مثل هذه الإجراءات يجب أن تُطبّق بطريقةٍ تكاملية تتماشى مع الظروف البيئية السائدة، وتنسجم مع الظروف الاجتماعية والاقتصادية. عموماً، تُساعد عملية منع الرعي في إعادة تجديد العديد من الأنواع النباتية الرعوية ذات القيمة الرعوية العالية، ويمكن أن يكون لعملية منع الرعي لفترةٍ زمنيةٍ طويلة تأثيرات سلبية في إنتاجية المراعي، نتيجة إعطاء الفرصة لبعض الأنواع النباتية القوية النمو، ولكنها ذات استساغة متدنية، لكي تنمو بشكلٍ كثيف على حساب الأنواع النباتية

الأخرى الحولية والمعمرة الأكثر استساغة، ويمكن أن يؤثر ذلك أيضاً سلباً في التنوع الحيوي النباتي والحيواني، لذلك فإنّ عملية الرعي إذا ما أديرت بالشكل المناسب يمكن أن تسهم بشكلٍ إيجابي في تحسين إنتاجية المرعى. ويمكن ضمان نجاح عملية إعادة بذر/زراعة الأنواع النباتية الرعوية المفيدة من خلال استعمال آلاتٍ تُحدث جوراً Pits في التربة من خلال كسر طبقات التربة السطحية القاسية التي عادةً ما تشاهد بشكلٍ شائع في الأراضي الجيرية المتدهورة Degraded calcareous soils في معظم دول غرب آسيا وشمال أفريقيا، حيث تُوضع البذور في تلك الجور، التي تتجمع فيها مياه الأمطار بكمياتٍ تكفي لإنبات البذور واسترساء البادرات Seedling establishment ونموها. ويتوقف بالمقابل نجاح عملية استزراع الأشجار والشجيرات الرعوية المستساغة التي تحافظ على استقرار طبقات التربة السطحية من خلال منع حدوث الانجراف الريحي Wind erosion، على زراعة الأنواع النباتية ذات المقدرة التكيفية العالية مع الظروف المحلية للبيئات المستهدفة. وقد عمل المركز العربي بالتعاون مع وزارة الزراعة والإصلاح الزراعي السورية على إعادة تأهيل مساحاتٍ واسعة جداً من البادية السورية ببعض الأنواع النباتية الرعوية، مثل الرغل بأنواعه، والروثا.

تحسين الاستعمال المباشر لمياه الأمطار في المناطق الزراعية الأكثر جفافاً: يُعد التوسع في زراعة المحاصيل الحقلية إلى حدّ التعدي على أراضي المراعي الطبيعية المتاخمة للأراضي الصحراوية، بالإضافة إلى استبدال نظام التبوير المكثف Intensive fallow system بالزراعة المستمرة لمحاصيل الحبوب فقط Cereal monocropping، من أجل تأمين الأعلاف المركز للثروة الحيوانية، من العوامل الرئيسة التي أسهمت في تقليل خصوبة التربة Soil fertility، وزيادة حساسيتها للانجراف الريحي Wind erosion. وتوجد طريقة واحدة لمكافحة التدهور الناجم عن الزراعة المفردة لمحاصيل الحبوب هي عن طريق إدخال زراعة البقوليات العلفية المتكيفة بشكلٍ كبير مع الظروف البيئية السائدة في المناطق البيئية المستهدفة، مثل البيقية بكل أنواعها Vetches (*Vicia spp.*)، والجلبانة Chcklings (*Lathyrus spp.*) في نظام الإنتاج الزراعي. تنتشر هذه الأنواع النباتية بشكلٍ طبيعي ضمن بيئات حوض البحر الأبيض المتوسط Mediterranean basin، ويمكن أن تؤدي دوراً مهماً في تحسين خصوبة التربة إذا ما تمّت إدارتها بشكلٍ جيد ضمن دورة زراعية مع الحبوب. ويمكن أن تُستعمل هذه النباتات للرعي كعلفٍ أخضر خلال فصل الشتاء،

وتحصد لصناعة الدريس Hay خلال فصل الربيع، أو تترك حتى النضج وتستعمل بذورها كأعلافٍ مركزة، والقش Straw كأعلافٍ مالئة عند وصولها إلى مرحلة النضج. وتتسم نباتات هذه الأنواع النباتية بقيمتها العلفية العالية، وخاصةً لقطعان المجتران الصغيرة Small ruminant flocks، التي تعتمد عادةً على المراعي الطبيعية المتدهورة، وبقايا محاصيل الحبوب Crop residues بعد الحصاد. ويمكن أن يكون لزيادة إنتاج الأعلاف في المناطق المجاورة للمراعي الطبيعية المتدهورة تأثيراً إيجابياً في الغطاء النباتي الرعوي، من خلال تقليل الضغط على الأنواع النباتية الرعوية نتيجة تأمين مصدر رعوي جيد، ما يسمح بتأجيل عملية رعي نباتات المراعي الطبيعية، إلى أن تستعيد النباتات نموها وتصل إلى مرحلة مناسبة للرعي.

الزراعة الحافظة وإدارة كربون التربة لتحسين مقدرة النظم البيئية الزراعية التكيفية: يُؤدي تحويل أراضي الغابات إلى أراضٍ زراعية، أو سكنية إلى تغيير توازن انبعاثات الكربون من التربة على هيئة غاز الفحم (CO_2). وتسبب الزراعة عامةً، والفلاحة المكثفة خاصةً Intensive tillage تراجعاً مقداره 30 – 50 % في محتوى التربة من الكربون. وتتطلب المحافظة على استدامة إنتاجية الأرض Sustainable land productivity ضرورة الفهم الجيد لدور عمليات الحراثة Tillage في زيادة معدل فقد الكربون من التربة وارتباط ذلك بتدني خصوبة التربة وإنتاجيتها، وكفاءة التربة على احتجاز الكربون Carbon sequestration، وانعكاس نوعية التربة على إنتاجية المحصول المزروع. وأشار Paustian *et al.*, (1998) بأنَّ الإدارة الجيدة للأراضي الزراعية يمكن أنْ تمنع تدهور الأراضي، وتحسن حالة الأراضي المتدهورة، حيث يمكن أنْ يُساعد ذلك في احتجاز كمية من الكربون في التربة تُقدّر بنحو 400 – 900 MMTCE (مليون طن متري من الكربون المكافئ) سنوياً. وبيَّن Lal (1997) أنَّه إذا ما تحول 15 % من الكربون الموجود في البقايا النباتية إلى كربون عضوي في التربة Soil organic carbon (SOC)، فيمكن أنْ يصل معدل احتجاز الكربون في التربة إلى قرابة 200 MMTCE سنوياً شريطة الابتعاد عن نظام الفلاحة المكثفة واستبدال الفلاحة التقليدية بنظام الفلاحة الحافظة. ويساعد تطبيق نظام الزراعة الحافظة بالإضافة إلى تحسين محتوى التربة من المادة العضوية، في تحقيق الكثير من الفوائد الاقتصادية والبيئية، مثل الحد من انجراف الترب Soil erosion، وتقليل تكاليف استهلاك الطاقة، وتحسين قدرة التربة على الاحتفاظ

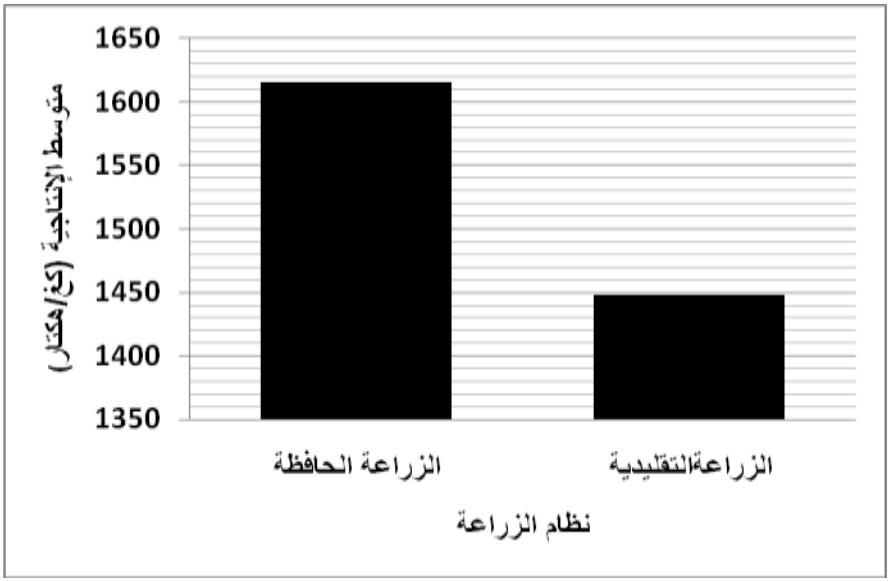
بالماء، وتحسين نوعية المياه، وتنظيم درجة حرارة التربة Soil Temperature regulation، وتحسين قوام التربة وبناؤها. وتؤدي كل هذه العوامل إلى تحسين إنتاجية الأرض والمحصول. وتُخل عمليات الفلاحة عموماً بنظام التربة وتوازن الغازات فيها، من خلال تسريع معدل انطلاق غاز الفحم، ودخول الأوكسجين، مما يساعد في زيادة معدل أكسدة المادة العضوية ، وفقدها من التربة، ويساعد تبعاً لذلك نظام الفلاحة المخففة، أو البذر المباشر (بدون فلاحة No-tillage) في الحد من فقد الكربون بسبب الفلاحة، ومن ثمَّ المحافظة على محتوى التربة من الكربون العضوي (Lal, 1997; Paustian *et al*., 1997b).

دور أكساد في تطبيق نظام الزراعة الحافظة كأحد آليات التكيف والتخفيف بآنٍ واحد:

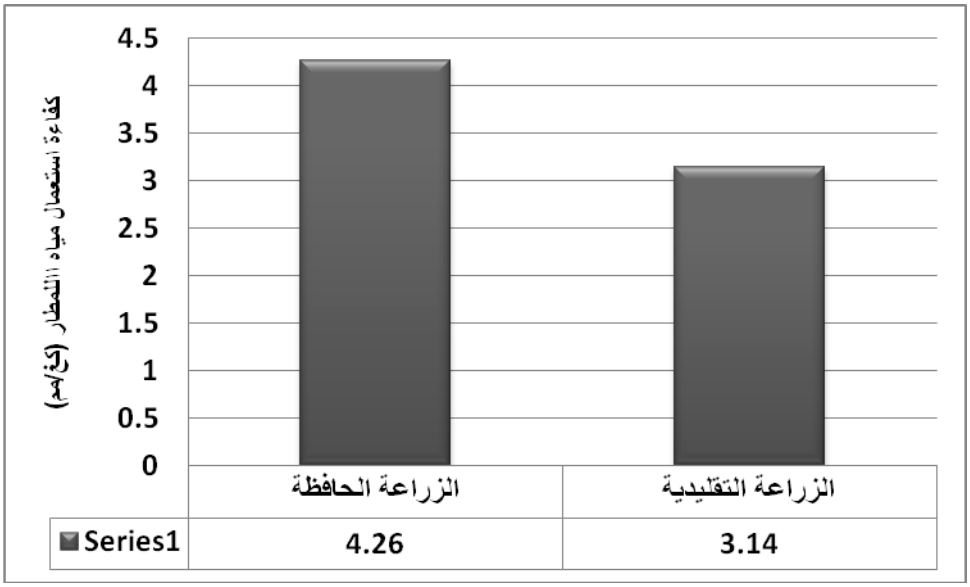
أشارت العديد من الدراسات العالمية والعربية إلى أهمية تطبيق نظام الزراعة الحافظة لتحسين عوامل إدارة الأرض والمحصول، وتقليل تلوث التربة والمياه، وتخفيف حساسية الترب الزراعية للانجرافين الريحي والمائي، وتقليل الاعتماد على مدخلات الإنتاج الزراعي الخارجية، وتحسين إنتاجية المياه ونوعيته، والمحافظة على البيئة من خلال تقليل معدل انبعاث غازات الصوب الزجاجية، وزيادة كفاءة التربة على احتجاز الكربون CO_2-sequestration، نتيجة تقليل كميات الوقود المستهلكة. يساعد ذلك بالمحصلة في تحسين إنتاجية الأنواع المحصولية المزروعة، وتقليل الفجوة الإنتاجية Yield gap، والغذائية Food gap، وزيادة دخل المزارع العربي وتحسين مستوى معيشته.

يُلاحظ من الشكل (1) أنّ متوسط إنتاجية محصول القمح Wheat في محافظة الحسكة كانت أعلى في الحقول المزروعة وفق نظام الزراعة الحافظة Conservation agriculture (1136.55 كغ هكتار$^{-1}$)، بالمقارنة مع الزراعة التقليدية (1087.55 كغ . هكتار$^{-1}$). وقدّرت نسبة الزيادة في الإنتاجية بنحو 10.04% في الحقول المزروعة بنظام الزراعة الحافظة بالمقارنة مع التقليدية. ويُلاحظ بشكلٍ عام من الشكل (2) أنّ كفاءة استعمال مياه الأمطار Rainwater use efficiency (نسبة الغلة الحبية إلى كمية الأمطار الكلية الهاطلة خلال موسم النمو) كانت أكبر في حقول الزراعة

الحافظة (4.26 كغ . مم$^{-1}$) بالمقارنة مع الزراعة التقليدية (3.14 كغ . مم$^{-1}$) كقيم متوسطة لكل الحقول.

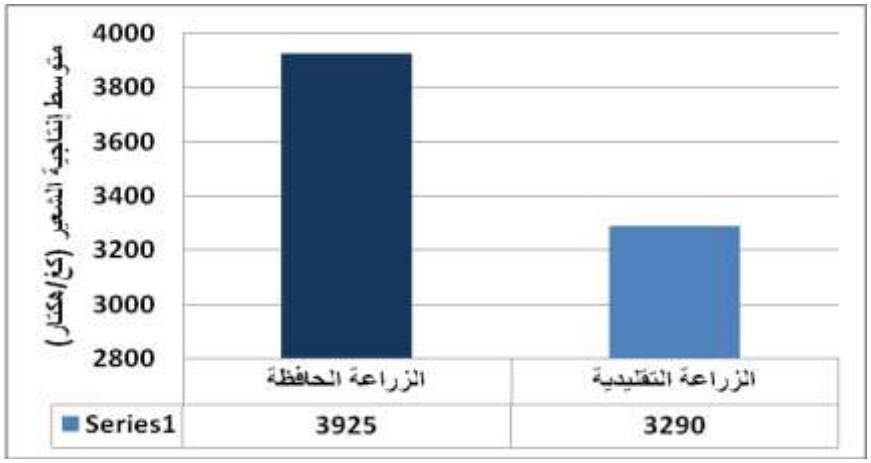


الشكل رقم (1): متوسط إنتاجية محصول القمح في محافظة الحسكة تحت نظامي الزراعة الحافظة والتقليدية.



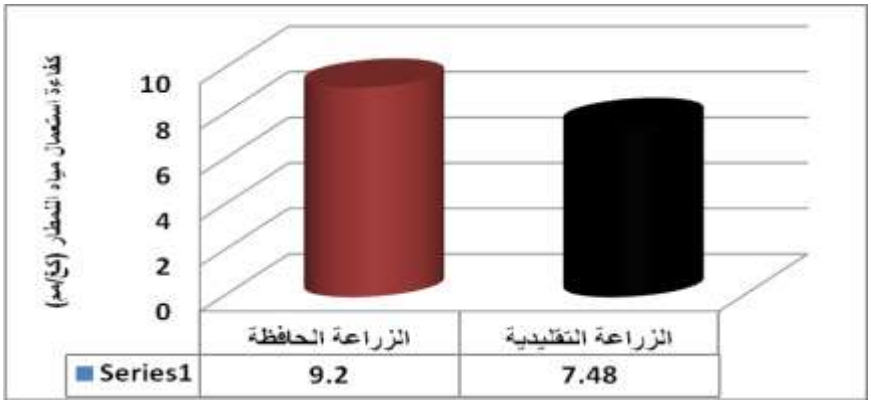
الشكل رقم (2): كفاءة استعمال مياه الأمطار في إنتاج القمح في محافظة الحسكة (كغ/مم مطر).

وكان متوسط إنتاجية محصول الشعير الأعلى في حقول المزارعين المزروعة بطريقة الزراعة الحافظة (3925 كغ . هكتار$^{-1}$) بالمقارنة مع حقول الزراعة التقليدية (3290 كغ .هكتار$^{-1}$) في محافظة إدلب. ووصلت نسبة الزيادة في الغلة الحبية إلى نحو 18.72% (الشكل، 3).



الشكل رقم (3): متوسط إنتاجية محصول الشعير في حقول المزارعين بإدلب تحت ظروف الزراعتين الحافظة والتقليدية.

ويلاحظ من الشكل (4) أنّ كفاءة استعمال مياه الأمطار كانت أعلى بالنسبة إلى محصول الشعير في حقول الزراعة الحافظة بالمقارنة مع الزراعة التقليدية.



الشكل رقم (4): كفاءة استعمال مياه الأمطار (كغ/مم مطر) في محصول الشعير في محافظة إدلب.

عموماً، يعزى ذلك إلى أنّ عدم فلاحة التربة قبل الزراعة في حقول الزراعة الحافظة قد ساعد في تقليل مساحة باطن الأرض المكشوفة والمعرّضة بشكلٍ مباشر لأشعة الشمس، ما ساعد في تقليل معدل فقد المياه بالتبخر Evaporation، ومن ثمّ المحافظة على محتوى التربة المائي وزيادة كمية المياه المتاحة في منطقة انتشار الجذور . عموماً، يزداد التأثير الإيجابي للزراعة الحافظة في خصائص التربة الفيزيائية والكيميائية والحيوية مع الزمن، لأنّ تطبيق الزراعة الحافظة يحسّن خواص التربة لما يضيفه من مادة عضوية Organic matter، التي تعد بمنزلة الملاط الذي يساعد في ربط جزيئات التربة بعضها ببعض، ما يؤدي إلى زيادة حجم الكتل الترابية وثباتيتها Aggregate size and stability، فتزداد مسامية التربة Soil porosity، ومن ثمّ مقدرتها على الاحتفاظ بالماء. بالإضافة إلى ذلك، تساعد عملية عدم فلاحة التربة إلى تقليل معدل انبعاث غاز ثاني أكسيد الكربون من التربة، لأنّ عملية الفلاحة تؤدي إلى تسريع معدل أكسدة المادة العضوية.

دور أكساد في تطبيق الممارسات الزراعية التي تحسّن من المقدرة التكيفية للأنواع المحصولية:

تمّت دراسة دور بعض الممارسات الزراعية لتحسين إنتاجية صنف القمح القاسي أكساد $_{1105}$ (دوما$_1$) تحت ظروف الزراعة المطرية، بهدف تحسين كفاءة استعمال المياه، وزيادة كفاءة الصنف الإنتاجية تحت ظروف الزراعة المطرية في محطة بحوث إزرع. وتمثلت تلك الممارسات بتكسية البذور بالمحاليل المغذية Seed dressing، حيث تمَّت معاملة البذور قبل الزراعة بمحلول يضم بعض العناصر المعدنية المغذية الكبرى (N 9% + P 15%)، وبعض العناصر المعدنية الصغرى المهمة لمحصول القمح (18% Zn^{+2} ، 6% Cu^{+2}، 27.4% Mn^{+2}) بمعدل 5 لتر محلول للطن الواحد من البذار. وتُركت بالمقابل بذور بدون معاملة (شاهد)، يمكن من خلاله تقييم دور مثل هذه المحاليل المغذية في تحسين غلة المحصول الحبية، من خلال تحسين كفاءة النبات التكيفية في نظم الزراعة المطرية. وتحديد معدل البذار Seeding rate الأمثل، تمّت دراسة تأثير الكثافة النباتية (معدل البذار) في غلة محصول القمح الحبية من خلال تجريب ثلاثة معدلات بذار (6، 9، 12 كغ . دونم$^{-1}$)، ودور مكافحة الأعشاب الضارة Weed control، حيث تمّت مكافحة جميع الأعشاب الضارة Weeds في حقل التجربة باستعمال التعشيب اليدوي، في حين تُرك الحقل الشاهد بدون تعشيب.

ولوحظ بالنسبة إلى تفاعل جميع المتغيرات بعضها ببعض أنَّ متوسط الغلة الحبية كان الأعلى معنوياً لدى نباتات الصنف أكساد 1105 (دوما 1) عند معدل البذار الأعلى (12 كغ . دونم $^{-1}$) وفي البذور المعاملة بالمحاليل المغذية قبل الزراعة والقطع التجريبية المُعشَّبة (405.21 كغ . دونم$^{-1}$)، في حين كان الأدنى معنوياً لدى نباتات الصنف نفسه عند معدل البذار الأدنى (6 كغ . دونم$^{-1}$) والبذور غير المعاملة بالمحاليل المغذية والقطع التجريبية غير المُعشَّبة (214.20 كغ . دونم $^{-1}$). وسببت معاملة البذار قبل الزراعة بالمحاليل المغذية زيادة في الغلة الحبية مقدارها 5.52%، في حين أدّت عملية التعشيب إلى زيادة الغلة الحبية بنحو 10.19%، ووصلت نسبة الزيادة في الغلة الحبية عند معدل البذار الأمثل (12 كغ . دونم$^{-1}$) إلى قرابة 12.94%. عموماً، تؤدي معاملة البذار بالمحاليل المغذية إلى تسريع معدل النمو الأولي للبادرات، ومن ثمّ تغطية سطح التربة بشكلٍ كامل خلال المراحل المبكرة من حياة النبات، ومن ثمَّ تقليل مساحة الأرض المكشوفة والمُعرَّضة بشكلٍ مباشر لأشعة الشمس، الأمر الذي يساعد في تقليل معدل فقد الماء بالتبخر Evaporation، وزيادة كمية المياه المتاحة للنبات خلال المراحل اللاحقة، ويُعد ذلك مهماً جداً تحت ظروف الزراعة المطرية، حيث ترتبط الغلة الحبية بشكلٍ كبير بكفاءة استعمال المياه، وتحويل كل قطرة ماء من مياه الأمطار الثمينة إلى مادة جافة (More crop per drop). وتساعد عملية التعشيب في الحد من منافسة نباتات الأعشاب الضارة لنباتات المحصول الرئيس على الماء، ما يساعد في المحافظة على محتوى التربة المائي، وزيادة كمية المياه المتاحة لنباتات المحصول. ويساعد ضبط الكثافة النباتية المثلى في تقليل معدل استهلاك المياه المتاحة بكمياتٍ محدودة في التربة، ما يحول دون استنفاد المياه خلال المراحل المبكرة من حياة النبات، وتعريض النباتات خلال المراحل المتقدمة الحرجة إلى الإجهاد المائي الشديد، الذي يمكن أن يؤدي إلى فشل المحصول.

الزراعة المروية وحصاد المياه Water harvesting and irrigated agriculture: في الكثير من المواقع فإنّ مياه الأمطار عادةً ما تكون غير كافية لنمو النباتات بشكلٍ جيد، وتعد تبعاً لذلك عملية زيادة كمية المياه المتاحة في منطقة انتشار الجذور من خلال تطبيق تقانات حصاد المياه من أفضل الطرق لضمان الإنتاج الزراعي المستدام، والحد من التصحر. ويمكن أن تحصد المياه وتخزن

لاستعمالها لاحقاً من قبل نباتات المحصول المزروع، أو الشجيرات والأشجار بعدة طرق: السدود الصغيرة، والآبار الضحلة، والأحواض Cisterns، أو ضمن قطاع التربة.

ويمكن أن تصنف تقانات حصاد المياه ضمن مجموعتين: التقانات التي تقدم المياه بشكلٍ مباشر لنباتات المحصول المستهدف وتخزن المياه التي لا تستعمل من قبل النباتات مباشرةً ضمن قطاع التربة في منطقة انتشار الجذور، وتسمى اصطلاحاً تقانات حصاد المياه الصغيرة Micro-catchment techniques، لأنّ مساحة أسر المياه صغيرة، ولا تحتاج إلى إنشاءات تخزين اصطناعية Artificial storage structures. وتسمى الثانية اصطلاحاً بتقانات حصاد المياه الكبيرة Macro-catchment techniques، التي تعمل على تجميع المياه المتدفقة فوق سطح التربة وتخزنها ضمن خزانات مائية محضرة بشكلٍ مسبق، لتستعمل فيما بعد لري نباتات المحصول المستهدف. ويمكن أن يسمى ذلك مجازاً بالري التكميلي Supplemental irrigation. ويتوقف اختيار تقانة حصاد المياه المناسبة على العديد من الظروف المحلية، مثل تضاريس الأرض Topography، ونوع التربة، وعمقها، وخصائص الهطول المطري (كمية الأمطار، وتذبذبها، وطبيعة توزيعها)، ومعامل الجريان السطحي Run-off coefficient.

ورغم حقيقة أنّ الري التكميلي باستعمال مياه الأمطار المحصودة هو الطريقة الوحيدة لضمان حصاد محاصيل الحبوب والبقول الشتوية في الأراضي المزروعة الأكثر جفافاً، إلاّ أنّ طرق الري التكميلي الحديثة يمكن أن تؤدي دوراً أكبر في المحافظة على الموارد المائية. عموماً، يُعد استعمال مياه الآبار الضحلة Shallow aquifers لتأمين مستلزمات الري التكميلي في حال عدم كفاية مياه الأمطار لتأمين احتياجات نباتات المحصول المزروع المائية خلال كامل موسم النمو من الظواهر الأكثر شيوعاً في منطقة غرب آسيا وشمال أفريقيا. وأدى تطور التقانات خلال الخمسين سنة الماضية إلى زيادة المقدرة على استخلاص واستعمال كميات أكبر من مياه الآبار، ما أدى إلى زيادة معدل استهلاك المياه في العديد من المناطق الجافة وشبه الجافة، وأصبح معدل الضخ Water extraction، يفوق معدل التغذية Recharge، الأمر الذي أدى إلى استنفاد المياه في العديد من الآبار الضحلة. وأدى الضخ الزائد لمياه الآبار في المناطق الساحلية إلى تسرب مياه البحر المالحة

Sea water intrusion، ومن ثمّ تملح مياه الآبار والأراضي الزراعية. وقد تجلّت هذه الظاهرة بوضوح في الجماهيرية الليبية، وعمان، واليمن. ويتمثل التحدي بهدف المحافظة على المياه الجوفية، ومن ثمّ تحسين لإنتاج الزراعي ضرورة العمل على استعمال المياه المتاحة بكفاءة عالية.

وبيّنت النتائج في الجمهورية العربية السورية أنّ الاستعمال العقلاني Judicious application لمياه الآبار في الري التكميلي عندما لا تزيد كمية الأمطار الهاطلة عن 250 مم، حيث أدّت عملية الري بنحو 200 مم خلال الأوقات المناسبة الحرجة من حياة النبات، قد أنت إلى زيادة الغلة الحبية لمحصول القمح من0.5 إلى 4.0 طناً في الهكتار . وعندما زادت كمية مياه الأمطار عن 500 مم، فقد أدى استعمال فقط 70 مم للري التكميلي إلى تحسين الغلة الحبية بنحو أكثر من 1.5 طناً بالهكتار. وقد وجد أنّ كفاءة استعمال المياه في الري التكميلي كانت أكبر بكثير من كفاءة استعمال المياه تحت ظروف الري الكامل في المناطق ذات معدلات الهطول المطري المتدنية. حيث أنتج متر مكعب واحد من الماء في الري التكميلي كمية من حبوب القمح قرابة 2 كغ، في حين أنتج المتر المكعب الواحد من المياه تحت ظروف الري الكامل تقريباً 0.5 كغ من حبوب القمح.

عموماً، يمكن القول: أنّ التصحر ظاهرة قابلة للمعالجة، ولكن لا بدّ من العمل على الإسراع في اتخاذ الإجراءات والتدابير اللازمة للحد من ظاهرة التصحر وإعادة تأهيل الأراضي المتدهورة وخاصةً في المناطق لمهددة بشكلٍ كبير قبل الوصول إلى نقطة اللاعودة، وتصبح عملية المعالجة مهمة مستحيلة. وإنّ المركز العربي لدراسات المناطق الجافة والأراضي القاحلة (أكساد) قد أخذ على عاتقه منذ تأسيسه مسألة مكافحة التصحر في المناطق الجافة، من خلال تنفيذ البحوث والدراسات لتطوير نظم زراعية وطبيعية مستدامة، يتكامل فيها الإنتاج الزراعي بشقيه النباتي والحيواني، وعمل على تطبيق عوامل الإدارة الرشيدة للموارد الطبيعية. ويعمل المركز العربي بالتعاون مع الهيئات البحثية الوطنية في الدول العربية، والمنظمات الإقليمية، والدولية لتحقيق هذه الأهداف.

المراجع للاستزادة References

- A. S. Alsharhan. 2000. *Desertification in the third millennium*. Dubai. Taylor & Francis. 489 pages.
- Discussion paper. ICARDA.
- El-Beltagy, A. 1997. West Asia and North Africa: A Regional Vision. ICARDA-023/400. PP.1-20.
- FAO. 1995. FAO STAT. PC. FAO, Rome, Italy.
- Farouk El-Baz and M.H.A.Hassan. 1986. *Physics of desertification*. International Centre for Theoretical Physics. Springer. 473 pages
- Glantz, M. H., and N. S. Orlovsky. 1983. Desertification: A review of the concept. Desertification Control Bulletin 9: 15-22. Available at http://www.ciesin.org/docs/002-479/002-479.html.
- GreenFacts Digest. "Scientific Facts on esertification". http://www.greenfacts.org/en/desertification/index.htm Last modified in 2006.
- http://www.greenfacts.org/en/desertification/l-2/6-prevention-desertification.htm#3.
- Intergovernmental Panel on Climate Change "Climate Change 2007: Working Group III: Mitigation of Climate Change: Chapter 8: Agriculture".
- Millenium Ecosystem Assessment. 2005. *Ecosystems and Human Well-being: Desertification Synthesis: Key Questions on Desertification in the Millennium Ecosystem Assessment*. Topic editor: Ed.-in-chief, Cutler Cleveland. Encyclopedia of Earth. National Council for Science and the Environment. Washington DC
- Nichola Geeson, C.Jane Brandt and John B.Thornes. 2002. Mediterranean desertification: a mosaic of processes and responses. John Wiley and Sons. 440 pages.
- Nordblom, T.L., and Shomo, F. 1995. Food and feed prospects in the West Asia/North Africa. ICARDA Social Science paper No. 2. ICARDA, Aleppo, SYRIA.

- Oweis, T. 1997. Supplemental irrigation--a highly efficient water-use practice. ICARDA-037/1000. PP.1-16.
- Rodriguez, A. 1997. Poverty and natural resources management in dry areas.
- UN Food and Agriculture Organization. "The World's Drylands". http://www.fao.org/docrep/007/y5738e/y5738e06.htm Accessed 08 June 2010.
- UNCCD: "Land: A Tool for Climate Change Mitigation".
- United Nations Convention to Combat Desertification: "Fact Sheets".