مجلة جامعة تشرين للبحوث والدراسات العلمية _ سلسلة العلوم البيولوجية المجلد (36) العدد (4) 2014
Tishreen University Journal for Research and Scientific Studies - Biological Sciences Series Vol. (36) No. (4) 2014

تقييم فعالية المدرجات الحجرية في حفظ المياه والتربة في قرية السلاطة – اللاذقية

الدكتور يوسف العلي*
علي شحادة**

(تاريخ الإيداع 27 / 4 / 2014. قبل للنشر في 20 / 7 / 2014)

□ ملخّص □

تعد المدرجات من أقدم التقنيات المستخدمة لحفظ المياه والتربة على منحدرات الجبال الساحلية في سوريا، لكنها تتعرض اليوم للإهمال والتدهور. تهدف هذه الدراسة لتقييم فعالية المدرجات الحجرية المشادة لحفظ المياه والتربة في قرية السلاطة (30كم جنوب شرق محافظة اللاذقية) وذلك عبر تقدير الجريان السطحي والتربة المنجرفة بعد الهطل ومقارنتهما بين معاملتين على نفس المنحدر تمثل الأولى الشاهد (قطعة تجريبية لا تتضمن مدرج)، وتمثل الثانية المدرجات (قطعتين متجاورتين تتضمن كل منهما مدرج). حيث تم إعداد ثلاث قطع تجريبية لهذا الغرض، مساحة كلٍ منها 50 م^2.

أظهرت النتائج انخفاض قيم معامل الجريان السطحي حوالي أربع أضعاف على الجزء من المنحدر المجهز بمدرج مقارنة بحالة "الشاهد"، حيث بلغت قيمته المتوسطة خلال فترة الدراسة 7.2% للمدرج مقابل 27% للشاهد. كما تبيّنَ انخفاض كمية التربة المنجرفة خلال نفس الفترة من 79 طن/هكتار/السنة للشاهد إلى 5.2 طن/هكتار/السنة أسفل المدرج.

أثبتت الدراسة الدور الايجابي الهام للمدرجات في حفظ التربة والمياه ضمن الموقع، عبر اعتراض مياه الجريان السطحي والحد من الانجراف مما يوجب العمل على صيانتها والمحافظة عليها.

الكلمات المفتاحية: حفظ التربة والمياه، المدرجات الحجرية، الانجراف المائي، الجريان السطحي.

* مدرس– قسم الجغرافيا– كلية الآداب الثانية– جامعة تشرين_ اللاذقية– سورية.
** طالب دراسات عليا(ماجستير)– قسم الحراج والبيئة– كلية الزراعة– جامعة تشرين _ اللاذقية– سورية.

مجلة جامعة تشرين للبحوث والدراسات العلمية _ سلسلة العلوم البيولوجية المجلد (36) العدد (4) 2014
Tishreen University Journal for Research and Scientific Studies - Biological Sciences Series Vol. (36) No. (4) 2014

Impact of Terraces in water and soil conservation Case Study: Terraces of Salata Village – Lattakia

Dr. Youssef Al-Ali*
Ali Shhade**

(Received 27 / 4 / 2014. Accepted 20 / 7 /2014)

□ ABSTRACT □

Terracing is one of the oldest means for saving water and soil in Syria. This study aims to evaluate the bench terraces efficiency in water and soil conservation in Salata Village (30 km southeast of Lattakia). For this purpose, runoff and soil erosion were estimated and compared between two treatments in one selected field, the first represent a part of slope without terrace "witness", the second represents terraces "two adjacent plots with terraces" Where three experimental plots, each one of 50 m^2 were used for the measurement of surface runoff and sediment concentration.

The study showed low values of runoff coefficient on "terraces" treatment compared to the "witness", where its average value during the study period was 7.2% for "terraces", and 27% for the "witness". As it turns out the low rate of soil loss during the same period, from 79 t/ ha/year for the "witness" to 5.2 t/ ha/yeardown the "terraces".

The study confirmed the importance of terraces in water and soil conservation by limiting soil erosion and reducing surface runoff.

Key Word: Soil and water conservation, Terraces,Erosion, Runoff.

* **Assistant Professor, Department of Geography, Tishreen University, Faculty of Literatures, Tishreen University, Lattakia, Syria.**
** **Postgraduate Student, Department of Forestry and Ecology, Tishreen University, Faculty of Agriculture, Lattakia, Syria.**

مقدمة:

يعد الانجراف المائي أحد أخطر التهديدات التي تتعرض لها التربة لاسيما في المناطق المنحدرة ذات الهطولات المطرية الغزيرة، وقد برزت هذه المشكلة بشكلٍ لافت في المناطق الجبلية في حوض المتوسط ومنها منحدرات الجبال الساحلية في سوريا، وبلغت معدلات الانجراف في بعض المواقع حدوداً حرجة لا يمكن التغاضي عنها وإهمالها لأن ذلك سيؤدي إلى كوارث بيئية واقتصادية خطيرة(Li & Lindstrom, 2001).

قُدِّرت معدلات فقد التربة بالانجراف المائي، في سوريا، ما بين 50 إلى 200 طن/الهكتار/السنة FAO, (2000)، وتسجل المعدلات الأعلى لفقد التربة في جبال المنطقة الساحلية حيث تتضافر عوامل عدة لتزيد من حدة هذه الظاهرة كما هو الحال في غالبية دول حوض المتوسط كالعوامل الطبوغرافية وطبيعة التربة (نيصافي، 1997؛ Barneveld *et al.,* 2009)، وقساوة المناخ المتوسطي الذي يتميز بهطول الأمطار على شكل زخات عالية الشدة في أغلب الأحيان، مما يزيد من فرص تشكل الجريان وجرف التربة (Morgan, Uson & Ramos, 2001). 2005;كما أن هنالك عوامل بشرية عدة أدّت إلى تفاقم هذه المشكلة كالتوسع في الزراعة على المنحدرات (Fleskens & Stroosnijder, 2007)، يضاف لذلك الممارسات الخاطئة للإنسان مثل إهمال الأراضي والحراثة غيرالرشيدة وافتعال الحرائق وإزالة الغطاء النبتي الطبيعي وغياب الإدارة الجيدة (Poesen & Hooke, 1997؛ García–Ruiz, 2010؛ العلي وآخرون، 2014).

بالمقابل، ولمواجهة خطر الانجراف المائي في المناطق المنحدرة في حوض المتوسط، استخدمت وسائل متعددة منها الوسائل التقليدية البسيطة التي استخدمها المزارعون وطوروها مع الزمن تبعاً للظروف المحلية (Roose, 1994)، ومنها الوسائل الأكثر تطوراً المنجزة ضمن برامج حماية التربة والمياه التي وضعتها الحكومات والمؤسسات المعنية(Dorren & Imeson, 2003; Van Der Zanden, 2009).

تعد المدرجات من أقدم وسائل حفظ التربة والمياه التي استخدمت على نطاق واسع في العالم (Gomez *et al.,* 2000)، للتصدي لمشكلة انجراف التربة، لا سيما في المناطق الجبلية المنحدرة، ولإيجاد مواضع مناسبة للممارسة الزراعة. ويعود استخدامها في سوريا إلى أكثر من ألفي عام (Rees & Chow, 2008; Beach & Dunning, 1995; Gallart *et al.,* 1994) ، حيث ساهم استخدامها في إيجاد مواقع لزراعة المحاصيل والأشجار المثمرة في المناطق الشديدة الانحدار.

بالرغم من انتشارها الواسع، لم تحظ المدرجات بالاهتمام اللازم، ولوحظ في الآونة الأخيرة تعرضها للتدهور والإهمال في الكثير من المواقع ضمن الجبال الساحلية في سوريا، كما أن الدراسات التي تناولتها محدودة جداً (Van Der Zanden, 2009; Barneveld *et al.,*2009). بينما في بلدان أخرى حظيت بالدراسة والتقييم، وقد ثبتت فعاليتها عموماً في المناطق التي تم فيها التخطيط لها وتشييدها بشكل جيد ووفق المعايير القياسية لها، وبحيث تتكامل مع الظروف الطبيعية المختلفة وتراعي ظروف السكان في مناطق تشييدها (Wakindik & Ben–Hur, 2002 ؛ Chow *et al.*, 1999 ; Alali *et al.,* 2008) .

وفيما يلي نتائج أهم الدراسات التي تناولت المدرجات وفعاليتها في حفظ المياه والتربة:

1. في الحد من الجريان السطحي وانجراف التربة

بيّنت دراسة Abase & Paul(1995)أهمية المدرجات كإحدى أكثر الوسائل فعالية في وقف انجراف التربة في مناطق المنحدرات الشديدة، وصنفت كأفضل وسيلة لحماية التربة والمياه عند الاعتماد عليها ضمن نظام حماية متكامل (Dercon *et al.,* 2003; Wheaton & Monke, 2001)،والتي يمكن أن تسهم بحماية 70% من الأراضي القابلة للزراعة من الانجراف (Hamdan *et al.,* 2000)، ويمكن أن تخفض كمية التربة المنجرفة بنسبة تصل إلى 93%–95%، ومن فقد المياه بنسبة تصل إلى 87% (FAO, 2000)، حيث أدى استخدامها ضمن مواقع في اسبانيا إلى انخفاض تركيز المواد الصلبة ضمن مياه الجريان(Raya *et al.,* 2006; Francia *et al.,* 2006).

بينت الدراسة التي قام بها Pimentel(1995)، أن المدرجات الحجرية تشجع على ارتشاح المياه ضمن التربة عبر اعتراض مياه الجريان السطحي الحد من سرعتها. وبالتالي التقليل من فقد المياه والتربة بنسب تتراوح بين 49.4– 69.5 %. كما توصّل Hatch (1981) إلى أن كمية التربة المنجرفة على منحدرات ميلها 35% تبلغ 63 طن/الهكتار/السنة، بينما تنخفض هذه الكمية إلى 1.4 طن/الهكتار/السنة بفعل استعمال المدرجات الحجرية.

من جانب آخر أشارت دراسات عدة إلى ارتباط فعالية المدرجات بحالتها الفنية، حيث أن قدم المدرجات وعدم إجراء عملية الصيانة لها تسبب تراجع كفاءة هذه التقنيات في الحد من الجريان السطحي وانجراف التربة (Van Dijk& Bruijnzeel, 2003; Roose, 1994).

2. في تحسين خواص التربة وزيادة الإنتاجية

بينت الدراسات أن المدرجات تسهم في تحسين الخواص الفيزيائية والكيميائية للتربة وزيادة محتواها من الماء عبر تحسين الارتشاح والاحتفاظ بالماء، وبالتالي تحسن نوعية التربة وزيادة انتاجيتها (Fleskens & Stroosnijder, 2007; Ray, 2006). كما تساهم في زيادة نشاط الأحياء الدقيقة في التربة وترفع فعالية الأنزيمات وتنشط التحولات الكيميائية مما يزيد كمية المادة العضوية وإتاحة العناصر المغذية للنباتات، إضافة إلى حفظ خصوبة التربة الزراعية عبر الحد من فقد العناصر المعدنية والمواد المغذية المختلفة منها(Pimentel, 2001; Lasanta *et al*, 2001). كما تساهم المدرجات الحجرية أيضاً في زيادة إنتاجية المحاصيل وتحسين ظروف السكان المحليين عبر زيادة مساحة الرقعة الزراعية وعدد الأنواع التي يمكن زراعتها والمواسم التي يمكن خلالها مزاولة الزراعة (Pimentel, 1995)

أهمية البحث وأهدافه:

تتعرض المدرجات في جبال المنطقة الساحلية للتدهور والإهمال بصورة متزايدة على الرغم من الأهمية الكبيرة لها في حفظ المياه والتربة والدور الذي قامت به سابقاً في تأمين موارد العيش للسكان المحليين وتثبيتهم في قراهم مما يطرح السؤال حول أسباب هذا التدهور وبالتالي لابد من تقييم فعاليتها في المناطق التي شيدت بها لتحديد الجدوى منها والإجراءات الكفيلة بالحد من تدهورها في حال أثبتت هذه الجدوى.

تهدف هذه الدراسة لتقييم فعالية المدرجات الحجرية المشيدة في قرية السلاطة (جنوب شرق محافظة اللاذقية) في حماية التربة من الانجراف والحد من الجريان السطحي، وذلك من خلال تقدير معدلات الجريان السطحي والتربة المنجرفة فيها بعد مرور مياه الجريان عبر المدرج ومقارنة النتائج مع مثيلاتها على منحدر مجاور غير مجهز بمدرج "شاهد".

طرائق البحث ومواده:

موقع الدراسة

أجريت الدراسة في موقع مجهز بالمدرجات الحجرية على السفح الجنوبي الغربي ضمن أراضي قرية السلاطة التابعة لمنطقة القرداحة – محافظة اللاذقية (الشكل1). تبعد القرية عن مدينة اللاذقية حوالي 30 كم باتجاه الجنوب الشرقي، وتمتد بين (خط الطول36.01.3، وخط العرض 35.26.01) يبلغ الارتفاع المتوسط للموقع عن سطح البحر200م، تقدر درجة انحداره بـ 20%.

يخضع موقع الدراسةللمناخ المتوسطي النموذجي، الذي يمتاز بالأمطار الغزيرة التي تهطل بصورة متقطعة أو متواصلة على شكل عواصف رعدية، مترافقة بزخات مطرية غزيرة خلال فترات زمنية قصيرة مسببة جرف كميات كبيرة من الأتربة (نحال، 1971).

بلغ متوسط الهطل السنوي في المنطقة خلال الفترة (19591052.9–2006)،مم، وقد كانت سنة المراقبة (2012–2013) وفيرة الأمطار حيث وصلت كمية الهطل فيها إلى1389مم،سجلت أعلى كمية هطل مطري يومي في الموقع خلال فترة الدراسة في 2012/12/20 ، وبلغت 114 مم/اليوم. بلغ متوسط الرطوبة النسبية في المنطقة خلال نفس الفترة 66%، وتسود فيها الرياح الجنوبية الغربية وذلك وفقاً لبيانات محطة الرصد في القرداحة.

تربة الموقع كلسية نشأت على صخرة أم كلسيه مارنية، وهي ذات لون رمادي إلى بني، وهي عموماً قليلة العمق على المنحدرات باستثناء الأراضي المجهزة بالمدرجات (نيصافي، 1997).

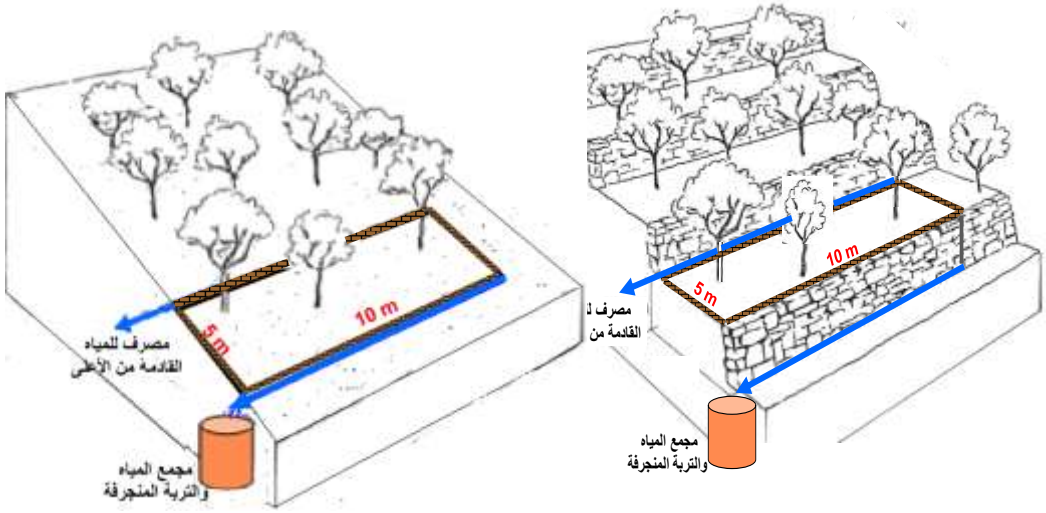
الشكل (1): موقع الدراسة

طرائق البحث

تصميم التجربة وإعداد القطع التجريبية

تم تحديد وتجهيز ثلاث قطع تجريبية متجاورة (مساحة كلٍ منها 50 م^2) لها نفس المعرض (جنوبي غربي) ودرجة لانحدار 20%، اثنتين منها تمثلان المدرجات الحجرية المدروسة والقطعة الثالثة تمثل المنحدر غير المجهز بالمدرجات "الشاهد". حددت القطعة التجريبية في الحالة الأولى بحيث يمثل المدرج حدها الأسفل وتنساب مياه الجريان السطحي عبر حجارته لتتجمع في قناة تفضي بدورها إلى مستوعب (برميل 200 لتر) يستقبل مياه الجريان والأتربة المنجرفة معه بعد كل هطل مطري فعال 1، بحيث يتم صرف هذه المياه جانبياً من أسفل المدرج إلى المستوعب (الشكل 2، **A**). أما القطعة التجريبية التي تمثل الشاهد فحددت على منحدر مجاور لا يتضمن مدرج، ولها نفس مساحة كلٍ من قطعتي المدرج بحيث تتجمع مياه الجريان مباشرة في القناة المنشأة أسفلها لتفضي إلى المستوعب (الشكل2،**B**). وقد حددت أبعاد كل قطعة بـ (5x10) م، بما يتناسب مع مساحة الجزء المستوي من أرض المصطبة، وهي أفضل لتقييم تأثير المدرج من الأحواض التقليدية (ذات الأبعاد 1 –2 م^2).

كما تم عزل كل قطعة تجريبية عن محيطها بألواح من الصفيح مغلفة بشرائح من البولي اتيلين، يتم غرز 10سم من لوح الصفيح في التربة مع الحفاظ على بنية التربة والبيئة النباتية ضمن القطعة. كما تم صرف مياه الجريان القادمة من أعلى المنحدر جانبياً إلى خارج القطع التجريبية وذلك بإنشاء قناة تصريف أعلى كل قطعة لتوجيه الجريان باتجاه مجرى جانبي مجاور.



المدرج (A) **الشاهد (B)**

الشكل(2): مخطط توضيحي للقطعتين التجريبيتين؛ للمدرج (A) وللشاهد (B).

لدى اختيار مواضع القطع التجريبية ضمن الموقع تمت مراعاة تجانس العوامل الأرضية المختلفة فيما بينها لاسيما اتجاه السفح وخصائص التربة والتغطية النباتية.

تمت عملية المراقبة والقياسات الحقلية في الفترة الممتدة بين تشرين أول2012 وأيار2013 وذلك مع بداية موسم الهطل للعام2012–2013.

تقدير الجريان السطحي وانجراف التربة

أتاح تقدير كمية المياه المتجمعة في أوعية الاستقبال من حوض التجميع معرفة كمية الجريان السطحي بعد كل هطول مطري فعال، وتم تحديد سماكة طبقة الجريان السطحي (مم) بقسمة حجم المياه المنسالة على سطح التربة ضمن القطعة التجريبية والمتجمعة في المستوعب على مساحة القطعة (50م^2)، ثم يحسب معامل الجريان السطحي والذي يساوي النسبة المئوية للجريان السطحي إلى الهطل.

لتحديد كميات التربة المنجرفة تم أخذ عينات من مياه الجريان المتجمعة في وعاء التجميع وتقدير كمية التربة فيها بعد كل هطول مطري مناسب (مسبب للجريان). وعند أخذ العينة تم تحريك محتوى الوعاء لضمان تجانس معلق التربة والمياه بشكل جيد، ثم تؤخذ عينة بحجم ليتر واحد، و تكرر هذه العملية ثلاث مرات ثم يتم مزج العينات الثلاث مع بعضها وتؤخذ منها عينة جديدة بحجم ليتر واحد. بعد الاعتيان يتم قياس كمية المياه المتجمعة في وعاء التجميع بشكل دقيق، ثم يتم تفريغه بالكامل وغسله، ثم يعاد إلى مكانه ويغطى لتحضيره للقياس التالي.

تُركت العينات التي تم الحصول عليها حتى ترقد ثم تُرشَّح لفصل التربة عن الماء ليتم تجفيفها هوائياً ولاحقاً يتم التجفيف في الفرن على درجة حرارة 105 م حتى ثبات الوزن وذلك من أجل تحديد كمية التربة المنجرفة.

كذلك جُمعتْ عينات من تربة الموقع لتحديد بعض خصائصها الفيزيائية والكيميائية في المختبر (التحليل الميكانيكي %، الكربونات الكلية، الكثافة الظاهرية، نسبة المادة العضوية، الناقلية الكهربائية ودرجة الحموضة *pH*، EC الناقلية الكهربائية)، في كلا المعاملتين "الشاهد والمدرجات"، وذلك لتبيان تأثير المدرجات في خصائص التربة المختلفة، والهدف من تقدير الناقلة الكهربائية هو معرفة دور الجريان السطحي في غسل التربة وإفقادها محتواها من الأملاح المغذية في حالتي الدراسة.

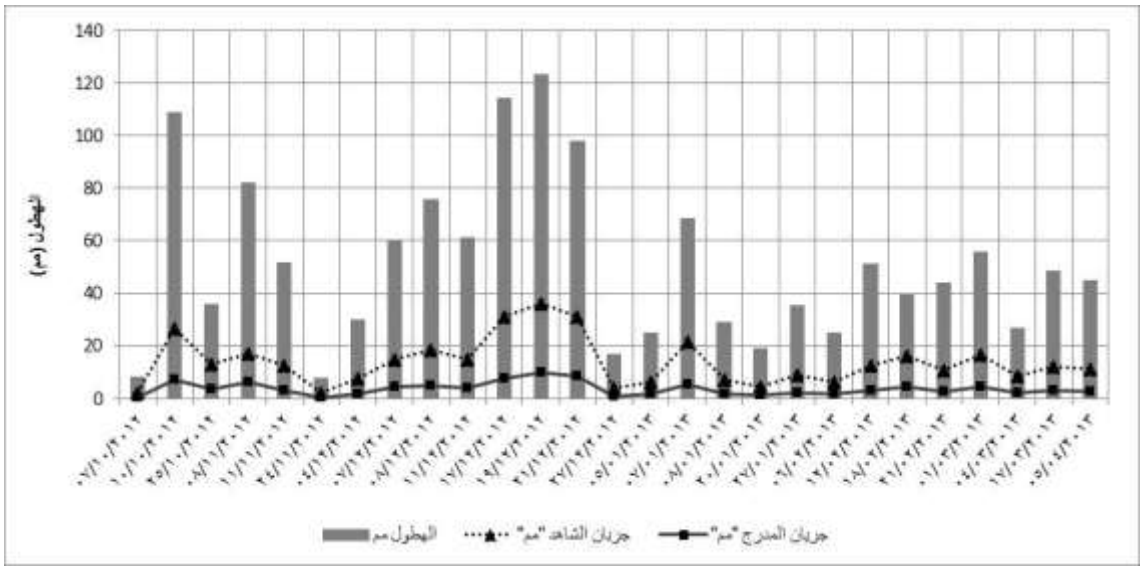
النتائج والمناقشة:

أتاحت عمليات المراقبة والقياس التي أجريت على القطع التجريبية الثلاث في الموقع تقدير الجريان السطحي وكميات التربة المنجرفة مع مياه الجريان للمعاملتين المدروستين، وسيتم عرض النتائج لقطعتي المدرج من جهة وسطياً باعتبارهما تعبران عن حالة واحدة ويشار إليها اختصاراً بمعاملة "المدرج" ولمعاملة "الشاهد" من جهة أخرى والتي تعكس حالة المنحدر بدون مدرجات.

الجريان السطحي

سُجل في الموقع خلال فترة الدراسة 26 هطول مطري مسبب للجريان السطحي، وبلغت سماكة طبقة الجريان السطحي الناجمة عن مجمل هذه الهطولات 375 مم في حالة "الشاهد"، مقابل100 مم فقط في حالة "المدرج" مما يشير إلى انخفاض كميات الفقد من الهطولات بالجريان السطحي في حالة المدرجات.

بلغت قيمة معامل الجريان السطحي بالمتوسط خلال فترة الدراسة حوالي 27% في حالة الشاهد مقابل 7.2% في حالة المدرج أي بلغت قيمته على المنحدر نحو أربعة أضعاف مثيلتها على المدرج، مما يشير إلى أن المدرجات ساهمت في خفض كمية الفواقد المائية بالجريان السطحي بنسبة 73% مقارنة بالشاهد، ويظهر الشكل (3) التغيرات الزمنية لكميات الهطل والجريان السطحي الناجم عنها في حالتي الدراسة (المدرج والشاهد) خلال فترة المراقبة. سُجلت أعلى معدلات هطل مطري في شهري كانون الأول والثاني وترافقت مع ازدياد كميات الجريان السطحي في المعاملتين المدروستين، مع أن هذه الزيادة كانت أوضح في معاملة الشاهد (الشكل3).

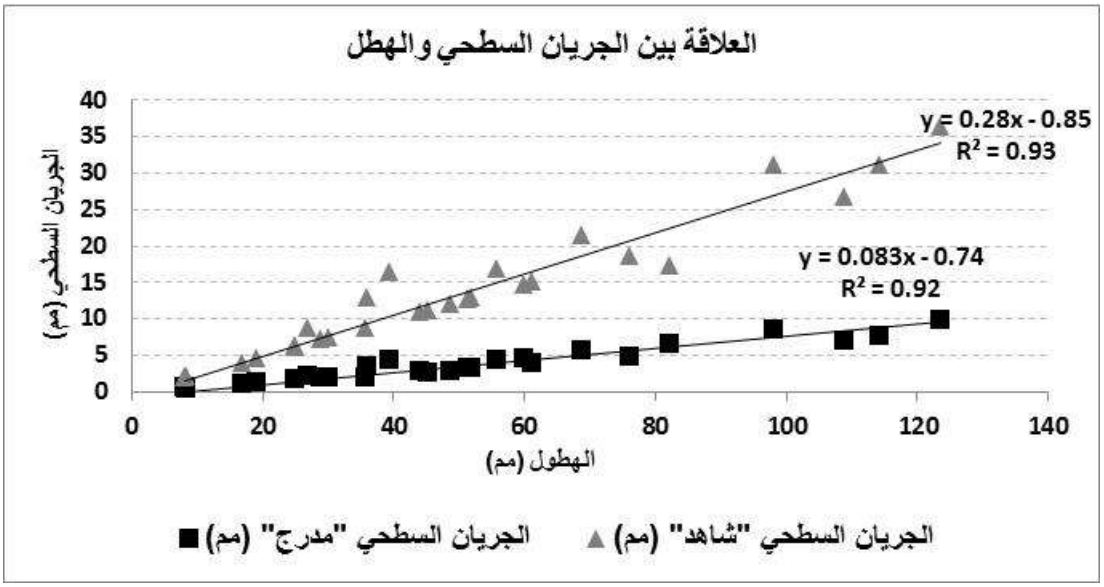


الشكل (3): تغيرات كميات الهطل والجريان السطحي (مم) في المعاملتين خلال فترة الدراسة

نلاحظ من خلال هذا الشكل أيضاً أن كميات الجريان السطحي الناتجة عن جميع الهطولات المسجلة خلال فترة الدراسة كانت أقل في معاملة المدرج مقارنة بمعاملة الشاهد، مما يعكس الدور الإيجابي للمدرجات في الموقع في حفظ المياه وتقليل الفواقد بالجريان السطحي.

العلاقة بين الجريان السطحي والهطل

أظهرت دراسة العلاقة بين سماكة طبقة الجريان السطحي والهطل المطري وجود ارتباط وثيق بينهما وذلك لحالتي الدراسة ،حيث بلغت قيمة معامل الارتباط لهذه العلاقة (R^2=0.90) في المعاملتين (الشكل4).



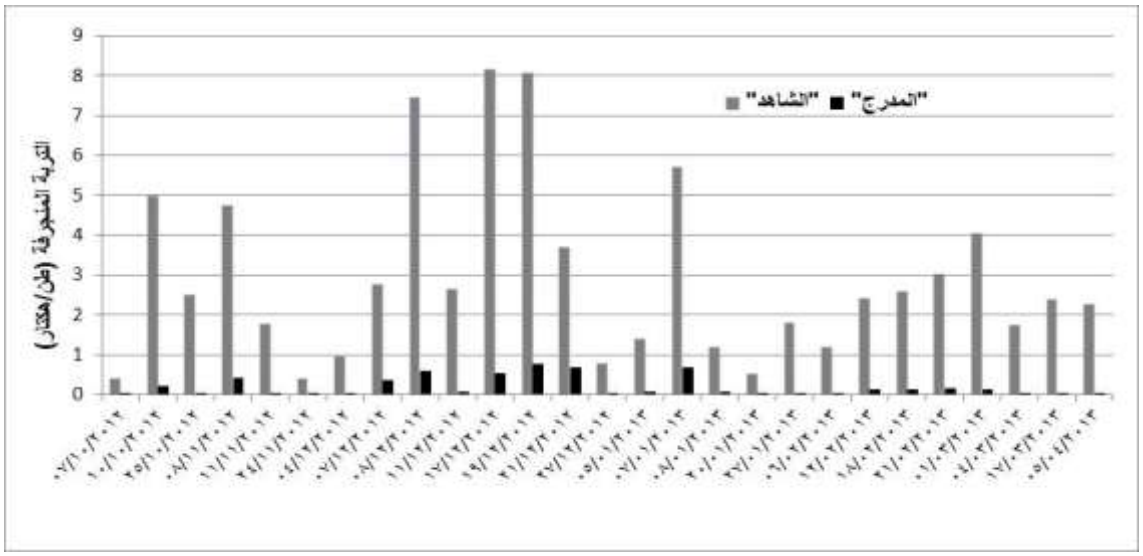
الشكل (4): العلاقة بين الجريان السطحي والهطل لحالتي الدراسة

كما أُمكن من خلال علاقة الارتباط هذه وبإضافة خطي اتجاه إلى الشكل تحديد عتبة الهطل المسببة لتشكل الجريان السطحي في كل معاملة، حيث بلغت هذه العتبة نحو 3 مم للشاهد و9 مم للمدرج. أي أن كمية الهطل المطري الدنيا المسببة للجريان السطحي على المنحدر أقل بثلاثة أضعاف مما هي في حالة المدرج والذي يسهم في ارتشاح المياه ضمن التربة وتأخر تشكل الجريان السطحي.

كمية التربة في مياه الجريان ومعدلات الانجراف

أظهرت النتائج انخفاض كمية التربة المنجرفة في حال تطبيق تقنيات حماية التربة والمياه "المدرجات الحجرية" مقارنة بحالة الشاهد، وقد بلغت القيمة المتوسطة لكمية التربة في مياه الجريان السطحي خلال فترة المراقبة 20.27 غ/لفي حالة الشاهد، مقابل 3.86غ/ل فقط في حالة المدرجات. وهذا يعني أن كمية التربة المنجرفة تزيد حوالي خمس أضعاف في حالة الشاهد مقارنة بالمدرج.

وبحساب معدلات الانجراف مقدرة بالطن في الهكتار خلال فترة الدراسة ولمختلف الحوادث المطرية الفعالة، تبيَّن أن كميات التربة المنجرفة في حالة الشاهد كانت أعلى بكثير مما هي في حالة المدرجات كما هو مبيَّن في الشكل(5).



الشكل(5): معدلات التربة المنجرفة في الشاهد والمدرج للحوادث المطرية الفعالة

وقد بلغ المعدل السنوي لانجراف التربة في حالة الشاهد 79 طن/الهكتار/السنة، بينما بلغت قيمته المتوسطة لقطعتي المدرج 5.2 طن/الهكتار/السنة، أي أن كمية التربة المنجرفة سنوياً انخفضت بحوالي 15 مرة نتيجة لتطبيق تقنية المدرجات الحجرية في الموقع.

كما ويبين الشكل(5)، أن أعلى معدلات فقدان التربة تم تسجيلها في شهري كانون الأول والثاني، حيث سُجِّلَ في تلك الفترة ازدياد كميات الجريان السطحي والتي كانت محملة بكميات متوسطة ومرتفعة نسبياً من الرواسب والسبب في ذلك يعود إلى انخفاض التغطية النباتية الناتجة عن النباتات الحولية خلال تلك الفترة من العام.

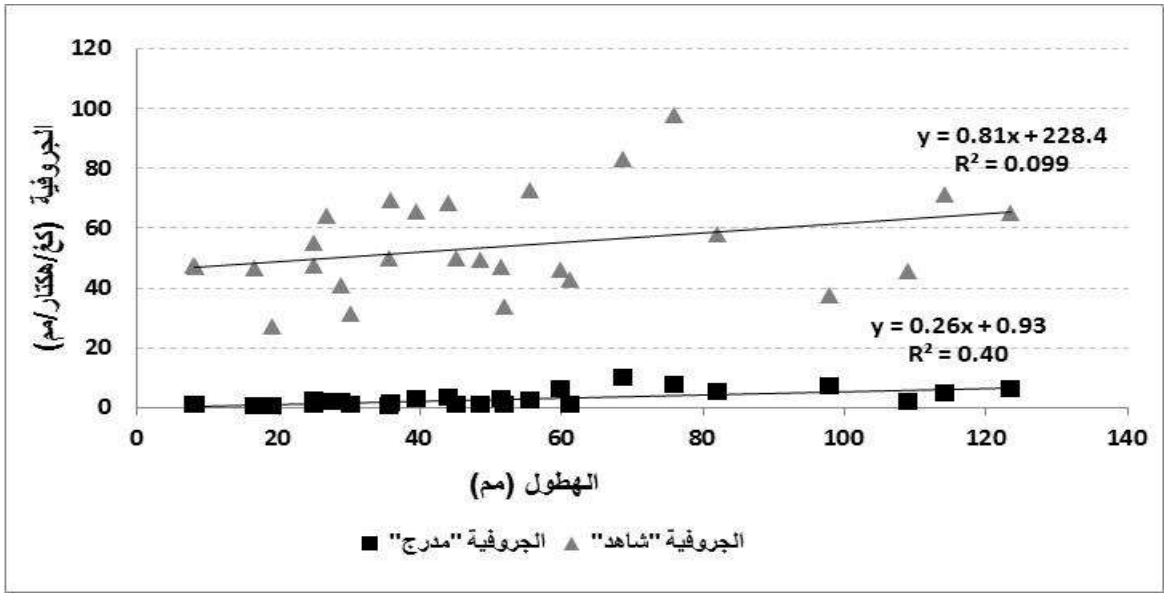
كما لوحظ وجود زيادة في كمية التربة المنجرفة في مياه الجريان خلال الهطولات المطرية الأولى من العام التي تعقب فصل جفاف طويل، حيث لا تستطيع التربة استيعاب كميات الهطول العالية ، مما يسبب جرف كمية كبيرة من

التربة، خاصة في بداية موسم الهطول المطري حيث تكون تربة الموقع جافة وبناءها منخفض الثباتية، كما أن التغطية النباتية تكون محدودة فيتم فصل الراسب ونقله تحت تأثير الطاقة الحركية لضربات قطرات الهطول المطري (العودات، 1988).

قدرة مياه المطر على جرف التربة

يستخدم مصطلح جروفية المطر (Rainfall erosivity) للتعبير عن قدرة الهطول المطري على جرف التربة (Kinnell, 2013)، والتي تتأثر بخصائص الهطول المطري(Eltaif *et al.,* 2010).تم تقدير "الجروفية" في حالتي الدراسة وتحليل علاقة الارتباط بين الجروفية وكميات الهطل (الشكل6).

أظهرت النتائج أن جروفية الهطول المطري في معاملة الشاهد كانت دائماً أعلى بكثير مما هي للمدرج (الشكل6)، وقد بلغت القيمة المتوسطة لجروفية الهطل في معاملة الشاهد 53.9 كغ/هكتار/مم، مقابل 2.82 كغ/هكتار/مم فقط في معاملة المدرج، أي أن هذه القيمة أعلى بـ 19 ضعف في معاملة الشاهد، مما يشير إلى أهمية تطبيق تقنيات حماية التربة والمياه "المدرجات الحجرية" في الحد من قدرة ماء المطر على جرف التربة على المنحدرات في موقع الدراسة.



الشكل(6): العلاقة بين الجروفية (كغ/هكتار/مم) والهطل في حالتي المقارنة

أظهرت دراسة علاقة الارتباط بين جروفية الهطل من جهة وكميات المياه الهاطلة من جهة أخرى، (الشكل 6)، وجود علاقة ارتباط ضعيفة بين الجروفية والهطل في كلتا المعاملتين المدروستين لا سيما بالنسبة للشاهد، حيث بلغ معامل الارتباط (R^2=0.099 ، R^2=0.40) للشاهد والمدرج على التوالي، ويمكن أن يعزى ذلك إلى وجود عوامل أخرى تؤثر في قدرة الهطول على الجرف لا سيما الشدة المطرية1 إذ أن قوة صدم قطرات المطر أثناء حدوث

1لم يتم تقدير الشدة المطرية في هذه الدراسة لعدم توفر مقياس مطر مسجل في الموقع.

العواصف المطرية الشديدة أكبر بحوالي 10 – 30 مرة مما هو الحال في الهطولات المتواصلة المحدودة الشدة، وبالتالي تزداد فعاليتها في إحداث الانجراف (Evans, 1996).

يتبين أيضاً من الشكل (6)ازدياد قدرة قطرات المطر على جرف التربة عموماً مع زيادة كمية الهطل، في معاملة الشاهد "تناسب طردي"، بينما في معاملة المدرج فإن قدرة قطرات المطر على إحداث جرف للتربة لم تتغير بدرجة كبيرة مع ازدياد كميات الهطول المطري، ويمكن أن يعزى ذلك لوجود المدرج ودوره الإيجابي في الحد من تشكل الجريان السطحي، المسبب الرئيسي لانجراف التربة، بعد الهطل.

الخصائص الفيزيائية والكيميائية للتربة

أُمكن من خلال التحاليل المنجزة على عينات تربة المأخوذة من أرض الموقع تحديد الخصائص الفيزيائية والكيميائية في معاملتي الدراسة. يجمل الجدول رقم (1) القيم المتوسطة المعبرة عن هذه الخصائص.

جدول (1): بعض الخصائص الفيزيائية والكيميائية لتربة موقع الدراسة

الخصائص المدروسة	*PH*	التحليل الميكانيكي الحبيبي (%)			التصنيف حسب مثلث القوام	الكربونات الكلية (%)	المادة العضوية (%)	الناقلية الكهربائية EC (ميكروموس/سم)	الكثافة الظاهرية (غ/سم^3)
		رمل	سلت	طين					
المدرج	7.9	41.37	20.49	38.14	رملية طينية لومية	57.50	1.42	94	0.83
الشاهد	7.7	52.38	28.57	19.05	رملية لومية	57.5	0.15	131	1.15

يظهر الجدول رقم (1)أن التربة مائلة للقلوية في المعاملتين المدروستين، كما تتماثل نسبة الكربونات الكلية في الحالتين، مع انخفاض الناقلية الكهربائية في معاملة المدرجات، نتيجة لانخفاض تركيز الأملاح فيها.

أظهرت النتائج أيضاً ارتفاع محتوى تربة المدرج من المادة العضوية مقارنة مع تربة الشاهد، مما ساهم في خفض الكثافة الظاهرية لتربة المدرج مقارنة مع نظيرتها في معاملة الشاهد، حيث تعمل المادة العضوية على ربط حبيبات التربة مع بعضها البعض وتشكيل تجمعات ترابية، وذات مسامية عالية مسببة انخفاض الكثافة الظاهرية في معاملة المدرج، كما أنها تزيد في ثباتية بناء التربة فتصبح أكثر مقاومة للانجراف.

نلاحظ من الجدول (1) أيضاً ارتفاع نسبة الرمل في تربة الشاهد مقارنة بتربة المدرج ويعود ذلك إلى صعوبة انتقال حبيبات الرمل الخشنة، مقارنة بالمكونات الأخرى للتربة، تحت تأثير الجريان السطحي.أيضاً نسبة السلت في معاملة الشاهد أعلى من نظيرتها في معاملة المدرج ويمكن أن يعزى ذلك إلى حساسية السلت للانجراف لكون جزيئاته ضعيفة التماسك فيما بينها، ويكون مصدره في هذه الحالة التربة المنجرفة من أعلى المنحدر. كما أن نسبة الطين في تربة المدرج أعلى مقارنة بتربة الشاهد، لكون الطين ضعيف الاستجابة لانجراف التربة فهي سهلة الانتقال لكن صعبة الانفصال.

بالمحصلة إن ارتفاع نسب الطين و المادة العضوية، وانخفاض نسبة السلت والرمل في ترب المدرج مقارنة مع ترب الشاهد كان له أثر كبير في انخفاض كمية التربة المنجرفة ضمن المدرج مقارنة مع تربة الشاهد، بينما ارتفاع نسبة السلت والرمل الناعم وانخفاض نسبة المادة العضوية والطين تزيد من حساسية التربة للانجراف.

إن مجمل النتائج المستحصل عليها من خلال هذه الدراسة تظهر الدور الإيجابي للمدرجات في حفظ المياه والتربة ومساهمتها في تحسين خصائص التربة المختلفة وحمايتها من الانجراف أو الحد منه قدر الإمكان.

الاستنتاجات والتوصيات:

أتاحت هذه الدراسة تقييم فاعلية المدرجات الحجرية في قرية السلاطة في الحد من الجريان السطحي وفقد التربة وخلصت إلى النقاط الرئيسية التالية:

1. ساهمت المدرجات ضمن الموقع في ارتشاح الماء ضمن التربة عبر اعتراض مياه الجريان السطحي وقد تجلى ذلك بانخفاض معامل الجريان السطحي في معاملة المدرج إلى 7.2%، مقابل 27% في حالة الشاهد.

2. أظهر تقدير معدلات انجراف التربة الأثر الايجابي للمدرجات في حفظ التربة من الانجراف، حيث انخفضت كمية التربة المنجرفة من79 طن/الهكتار/السنة على المنحدر غير المجهز بالمدرجات إلى5.2 طن/الهكتار/السنة فقط في حالة المدرج.

3. إن قدرة قطرات المطر على جرف حبيبات التربة على المنحدر "معاملة الشاهد" أعلى بكثير مما هي ضمن الأرض المجهزة بالمدرجات، حيث وصلت جروفية المطر للشاهد إلى 19 ضعف قيمتها في معاملة المدرج والتي بقيت فيها الجروفية ضمن حدود معينة مهما زادت كمية الهطول المطري.

4. أُمكن من خلال الدراسة، معرفة عتبة الهطل المسببة لتشكل الجريان السطحي لكلا المعاملتين، وقد تبيّن أن تشكل الجريان في معاملة المدرج يحتاج لكمية أكبر من الهطل مقارنة بمعاملة الشاهد حيث بلغت هذه العتبة حوالي9 مم للمدرج مقابل3 مم فقط للشاهد. أي أن كمية الهطل المطري المسببة للجريان السطحي على المنحدر أقل بثلاثة أضعاف مما هي في حالة المدرج الذي يسهم في ارتشاح المياه ضمن التربة وتأخر تشكل الجريان السطحي.

مع أن التجارب المنجزة في سياق هذا البحث ساهمت في فهم وتوصيف دور المدرجات في الموقع، فإنه يمكن تعزيز نتائجه عبر القيام بتجارب إضافية والاستمرار بعمليات المراقبة الهيدرورسوبية لفترة زمنية أطول لمقارنة حالتي الدراسة في ظروف مناخية متنوعة تتضمن هطولات استثنائية.

يوجد في الموقع أنماط أخرى من المدرجات إضافة للمدرجات الحجرية ولاسيما المدرجات الحجرية الترابية، ينبغي أن تشملها الدراسة في المستقبل لمقارنة فعاليتها مع المدرجات الحجرية. كما ينبغي أخذ آراء السكان المحليين بالاعتبار حول مختلف أنماط المدرجات المشيدة في الموقع.

المراجع:

– العلي، يوسف؛ الشاطر، زهير؛ خضر، رشا، دراسة تأثير الحرائق في انجراف التربة وفقدان بعض العناصر المعدنية منها في غابة عين الجوز– طرطوس. مجلة جامعة تشرين للبحوث والدراسات العلمية، 2014 (قيد النشر).

–العودات، محمد، التلوث و حماية البيئة، الأهالي للطباعة و النشر، الطبعة الثالثة، 1988، 248.

– نيصافي ،ابراهيم، مساهمة في دراسة انجراف التربة وتغيرات ومحتواها من المادة العضوية والعناصر المختلفة تحت المنظومات الثلاث غابات، غابات محروقة وتربة مزروعة تحت ظروف المنطقة الساحلية، رسالة ماجستير في العلوم الزراعية،1997، 22–23.

– نحال، إبراهيم، أساسيات علم الحراج، مديرية الكتب والمطبوعات الجامعية، كلية الزراعة، جامعة حلب، 1971، 457 .

- ABASE, J. ; PAUL, J. *Terrace formation in cropping strips protected by tall barriers*. Journal of Soil and Water Conservation, Vol. 50(1), 1995, 110-112.
- AL ALI, Y. ; TOUMA J. ; ZANTE P. ; NASRI S. ; ALBERGEL J. *Water and sediment balances of a contour bench terracing system in a semi-arid cultivated zone (El Gouazine, central Tunisia)*. Hydrological Sciences Journal, Vol. 53(4), 2008, 883-892.
- BEACH, T. ; DUNNING, N. *Ancient Maya terracing and modern conservation in the Peten rain forest of Guatemala.* Journal of Soil and Water Conservation, Vol. 50(2), 1995, 138-145.
- BARNEVELD, R. ; BRUGGEMAN, A. ; STERK, G. ;TURKELBOOM, F. *Comparison of two methods for quantification of tillage erosion rates in olive orchards of North-West Syria*. Soil & Tillage Research, Vol. 103(1), 2009, 105-112.
-CHOW, T. ; REES, H. ; DAIGLE, J. *Effectiveness of terraces grassed waterway systems for soil and water conservation: a field evaluation*. Journal of Soil and Water Conservation, Vol. 54(3), 1999, 583-577.
- DERCON, G. ; DECKERS, J. ; GOVERS, G. ; POESEN, J. ; SANCHEZ, H. ; VANEGAS, R. ; RAMIREZ, M. ; LOAIZA, G. *Spatial variability in soil properties on slow-forming terraces in the Andes region of Ecuador*. Soil and Tillage Research, Vol. 72,2003, 31-41.
- DORREN, L. ; IMESON, A. *Soil erosion and the adaptive cycle metaphor. In: BoixFayos*. Briefing Papers of the first SCAPE workshop in Alicante (ES), 2003, 31-40.
-EVANS, R. *Soil erosion and its impacts in England and Wales*. Friends of the Earth, London, 1996, 121.
- ELTAIF, N. ; GHARAIBEH, M. ; Al-ZAITAWI, F. ; ALHAMAD, M. *Approximation of rainfall erosivity factors in north Jordan*. Pedosphere, Vol. 20, 2010, 711–717.
- FAO. *Manual on integrated soil management and conservation practices*. FAO Land and Water Bulletin, Rome, Italy, Vol. 8, 2000, 228p.
- FRANCIA, M. ; DURAN, V. ; MARTINEZ, R. *Environmental impact from mountainous olive orchards under different soil management systems*. Science of the total environment, Vol. 358(1-3), 2006, 46-60.
- FLESKENS, L. ; STROOSNIJDER, L. *Is soil erosion in olive groves as bad as often claimed* ? Geoderma, Vol. 141(3-4), 2007, 260-271.
- GALLART, F. ; LLORENS, P. ; LATRON, J. *Studying the role of old agricultural terraces on runoff generation in a small Mediterranean mountainous basin*. Journal of Hydrology, Vol. 159(1-4), 1994, 291-303.
- GOMEZ, J. ; ORGAZ, F. ; VILLALOBOS, F. ; FERERES, E. *Analysis of the effects of soil management on runoff generation in olive orchards using a physically based model*. Soil use and management, Vol. 18(3), 2000, 191-198.
- GARCÍA-RUIZ, J. *The effects of land uses on soil erosion in Spain: A review.* Catena, Vol. 81, 2010, 1–11.

- HAMDAN, J. ; BURNHAM, C. ; RUHANA, B. *Degradation effect of slope terracing on soil quality for Elaeis guineensis Jacq*. Land Degradation and Development, Vol. 11, 2000, 181-193.
- HATCH, T. *Preliminary results of soil erosion and conservation trials under pepper (Piper nigrum) in Sarawak, Malaysia.* Soil Conservation: Problems and Prospects, UK, Vol. 1, 1981, 255-262.
- KINNELL, P. I. A., *Water erosion: erosivity and erodibility*. In Jorgensen, S.E (ed). Encyclopedia of Environment Management. Taylor & Francis Group, New York.2013: 980-990, Published online: 29 May 2013; available in: http://members.ozemail.com.au/~pkinnell/pubs/Env-Encycl/Rainfall%20Erosion%
- LASANTA, T. ; ARNAEZ, J. ; OSERIN, M. ; ORTIGOSA, L. *Marginal lands and erosion in terraced fields in the Mediterranean mountains*. Mountain Research and Development, Vol. 21(1), 2001, 69-76.
- LI, Y. ; LINDSTROM, M. *Evaluating soil and quality-soil redistribution relationship on terraces and steep hill slope*. Soil Science Society of American Journal, Vol. 65, 2001, 1500-1508.
- MORGAN, R. *Soil erosion and conservation*. Longman Scientific & Technical, Essex , UK, Vol. 1, 2005, 295.
- PIMENTEL, D. *Environmental and Economic Costs of Soil Erosion and Conservation Benefits*. Science, Vol. 267, 1995, 1117-1123.
- PIMENTEL, D. *The limitation of biomas energy*. Physical Science and technology , Academic Press, San Diego, Vol. 1, 2001, 159 – 171.
- POESEN, J. ; HOOKE, J. *Erosion, flooding and channel management in Mediterranean environments of southern Europe*. Geomorphol, Vol. 21, 1997, 157–199.
- RAYA, M. ; DURAN, Z. ; FRANCIA, M. *Soil erosion and runoff response to plant-cover strips on semi-arid slopes (SE Spain).* Land degradation and development, Vol. 17(1), 2006, 1-11.
- RAY, H. *Cultural soil conservation techniques practiced in Mubi and Environs*. Develop. Agric. Environ, Vol. 2, 2006, 163-167.
- REES, H. ; CHOW, T. *Gregorich Soil and responses to long-term potato production at a benchmark site in northwestern New Brunswick.* Soil Sci, Vol.88, 2008, 409-422.
- ROOSE, E.*Introduction à la gestion conservatoire de l'eau, de la biomasse et de la fertilité des sols (GCES).* Bulletin Pédologique De La FAO, Rome, Vol. 70, 1994.
-USON, A. ; RAMOS, M. *An improved rainfall erosivity index obtained from experimental interrill soil losses in soils with a Mediterranean climate*. Catena, Vol. 43, 2001, 293-305.
- VAN DER ZANDEN, E. *Quantifying indigenous soil conservation techniques in Maghara, Syria.* Literature Study and research proposal Master Physical Geography. Utrecht University,2009.
- VAN DIJK, A. ; BRUIJNZEEL, L. *Terrace erosion and sediment transport model: a new tool for soil conservation planning in bench-terraced steep lands.* Environmental Modelling & Software, Vol. 18, 2003, 839-850.
- WHEATON, R. ; MONKE, E. *Terracing as a "Best Management Practice" for controlling erosion and protecting water quality*. Agricultural Engineering, Purdue University, Vol. 1, 2001, 114.
- WAKINDIKI, I. ; BEN-HUR, M. *Indigenous Erosion and crop yields under semi-arid conditions: effects on runoff*. soil and water conservation techniques, Aust, Vol. 40 (3), 2002, 367 – 379.