مجلة جامعة تشرين للبحوث والدراسات العلمية _ سلسلة العلوم البيولوجية المجلد (35) العدد (8) 2013
Tishreen University Journal for Research and Scientific Studies - Biological Sciences Series Vol. (35) No. (8) 2013

دراسة الخصائص الهيدروفيزيائية وتوصيف ارتشاح الماء ضمن الطبقة السطحية من التربة في موقع صنوبر جبلة الحرجي – اللاذقية

الدكتور يوسف العلي*

(تاريخ الإيداع 29 / 8 / 2013. قبل للنشر في 27 / 11 / 2013)

□ ملخّص □

تعد عملية ارتشاح الماء في التربة إحدى أهم العمليات الهيدرولوجية فهي تتيح إمداد التربة والحوامل المائية الجوفية بالمياه، كما أنها تؤثر في تشكل الجريان السطحي وانجراف التربة. عندما تتماثل الشروط الطبوغرافية وخصائص التربة في موقع ما فإن الخصائص الارتشاحية لتربته تتعلق بنشاط الإنسان وبطبيعة الغطاء النبتي السائد فيه. الغاية من هذه الدراسة تحديد الخصائص الهيدروفيزيائية المؤثرة في الارتشاح ضمن الطبقة السطحية من التربة في موقع صنوبر جبلة المشجر بأنواع حرجية مختلفة، وذلك بهدف تبيان تأثير الغطاء النبتي ونشاط الإنسان في الخصائص الارتشاحية للتربة. أجريت لهذا الغرض تجارب ارتشاح حقلية باستخدام الحلقة الأُحادية ضمن بقع شجرية من الصنوبريات وعريضات الأوراق في الموقع. أشارت نتائج الدراسة إلى أن تربة الموقع عموماً ذات خصائص ارتشاحية جيدة رغم انخفاض معامل التوصيل الهيدروليكي للتربة المشبعة ضمن بقعة السنديان العادي مقارنة بالبقع المشجرة بالأنواع الأخرى وذلك بسبب ارتصاص التربة بفعل النشاط البشري ضمن هذه البقعة الواقعة بجوار المزار. كما تبّين أن طبقة المادة العضوية غير المتفككة الناتجة عن الأوراق الإبرية تحت الصنوبريات تحمي التربة من الارتصاص وتحسن من خصائصها الارتشاحية.

الكلمات المفتاحية: ارتشاح، خصائص هيدروفيزيائية، معامل التوصيل الهيدروليكي للتربة المشبعة، موقع صنوبر جبلة

* مدرس – قسم الجغرافيا– كلية الآداب والعلوم الإنسانية الثانية – جامعة تشرين – اللاذقية– سورية.

مجلة جامعة تشرين للبحوث والدراسات العلمية _ سلسلة العلوم البيولوجية المجلد (35) العدد (8) 2013
Tishreen University Journal for Research and Scientific Studies - Biological Sciences Series Vol. (35) No. (8) 2013

A Study of Hydro-Physical Properties and Characterization of Infiltration into the Surface Layer of Soil at Snoubar Jableh Site–Lattakia

Dr. Yusuf AL-Ali*

(Received 29 / 8 / 2013. Accepted 27 / 11 /2013)

□ ABSTRACT □

The process of water infiltration into soil provides the soil and groundwater with water. It also affects runoff formation and soil loss. When the soil of a site is homogeneous, the infiltration characteristics of its surface layer depend on the vegetation cover and human activity. The purpose of this study is to determine the hydro-physical properties which affect infiltration into the soil surface layer at Snoubar Jableh Plantation Site (Lattakia). This is in order to illustrate the impact of vegetal cover and human activity on infiltration characteristics of soil. For this purpose, 20 field infiltration experiments using a single ring were conducted on patches of coniferous and broad-leaved trees. The results indicate that the soil has good infiltration characteristics, except in the oak plot which showed low Ks in comparison with other species plots due to soil compaction and human activity. The results also indicate that the decomposed organic material layer under conifers protect soil against compacting and improve infiltration characteristics.

Keywords: infiltration tests, hydro-physical properties, Snoubar Jableh Plantation Site.

***Assistant Professor, Department of Geography, Faculty of Arts and Humanities; University of Tishreen, Lattakia, Syria.**

مقدمة:

يعد ارتشاح الماء في التربة أحد المكونات الهامة للدورة الهيدرولوجية فهو الآلية التي تتم من خلالها إعادة ترطيب التربة وتغذية طبقات المياه الجوفية بالمياه، إذ يتسرب الماء عبر الطبقات السطحية للتربة وضمن وسطها المسامي بعد تلقيها لهطل مطري أو تعرضها للغمر. تتحكم الخواص الهيدروفيزيائية للطبقة السطحية من التربة بعملية ارتشاح الماء فيها وتؤثر هذه العملية بدورها بكمية الماء المختزنة ضمن التربة وبمقدرتها على توصيل الماء باتجاه الأعماق (Mingbin et *al.*, 2011). إن الجزء من المياه الذي لا يرتشح في التربة يسهم في تشكل الجريان السطحي وما يمكن أن ينجم عنه من فقد لمكونات التربة بالانجراف المائي (Neris et *al.*, 2013)، وبالتالي يتسبب نقص الارتشاح في ازدياد معدلات الجريان السطحي والانجراف المائي للتربة (Bradford et *al.*, 1987) كما أن معدل ارتشاح المياه في التربة يحدد سرعة انتقال الملوثات من سطح التربة أو من المياه السطحية إلى المياه الجوفية (الأسعد وحايك، 2007).

تتأثر الخصائص الارتشاحية للتربة بعوامل عدة كقوامها وتركيبها الفلزي، ومساميتها ومحتواها من الفراغات البنيوية ومدى اتساع الفراغات الكبيرة الناجمة عن النشاط البيولوجي فيها (Wilson et Luxmoore, 1988). يمكن أن يتدهور بناء التربة وتتخرب فراغاتها البنيوية بفعل النشاط البشري وسوء استخدام الإنسان للأرض (Gregory *et al.,* 2006; Boiffin *et al.* 1988). كما تؤثر درجة انحدار الأرض وخشونة سطح التربة بسعة ارتشاح الماء فيها (Mwendera et Feyen, 1994; Poesen, 1984; Dunne et Dietrich, 1980). تتأثر الخصائص الارتشاحية للطبقة السطحية من التربة أيضاً بوجود ترسبات وقشرة ارتصاص متصلبة على سطح التربة (Valentin et Bresson, 1992؛ بركات، 2010؛ Touma *et al.*, 2011)، وبالرطوبة الطبيعية الأولية للتربة (محتواها المائي قبل بداية الارتشاح) (Mikio *et al.*, 1988).

بالإضافة إلى العوامل الأرضية الآنفة الذكر أشار عديد من الباحثين إلى دور الغطاء النبتي وتغطية التربة بمكوناته الحية وغير الحية في التأثير على الخصائص الارتشاحية للترب، ويوجد شبه إجماع بينهم على دور الغطاء النبتي في تحسين هذه الخصائص رغم وجود تباين حول الآلية التي يتم بها ذلك حسب النوع النباتي والخصائص النباتية المختلفة (Thompson *et al.,* 2010; Dunne *et al.*, 1991; Thurow, 1986; Knight, 1984).

إن الارتباط الوثيق بين الخصائص الارتشاحية للتربة وخصائصها الفيزيائية يوجب دراسة هذه الخواص، لدى تقدير الارتشاح كمياً، للتربة المعنية أو على الأقل للطبقة السطحية منها. إن إجراء هذا النمط من الدراسات في المخبر على عينات من التربة المنقولة يطرح أسئلة عدة حول مدى تمثيل النتائج المستحصل عليها لواقع الارتشاح في الحقل وذلك بسبب إمكانية تعرض التربة المنقولة للخلخلة واحتمال تغير بنائها وحالتها الرطوبية لدى نقلها، يضاف إلى ذلك الشكوك المرتبطة بنظام الاعتيان المتبع وحجم العينات المأخوذة من التربة (Al Ali *et al.*, 2006).

بالمقابل يوجد كثير من المعوقات والاعتبارات التي تصعب عملية تقدير الارتشاح في الظروف الحقلية ولاسيما عدم تجانس الظروف الأرضية وتبدلها الكبير في الزمان والمكان، بالإضافة إلى التكلفة العالية للاختبارات المتاحة (Al Ali, 2007). إن تقدير الارتشاح في الحقل في إطار الدراسات الهيدرولوجية والبيئية يتطلب وجود وسيلة سهلة التنفيذ نسبياً ومنخفضة التكلفة و قابلة للاستخدام على نطاق واسع (Al Ali *et al.*, 2006). تتوفر هذه الشروط في تجربة الارتشاح ضمن الحلقة الأحادية (Touma *et al.*, 2006)، والتي تعرف أيضاً في بعض المراجع بتقنية Beerkan لتقدير الارتشاح (Braud *et al.* 2005).

يتضمن موقع صنوبر جبلة أنواع حرجية مختلفة من الصنوبريات وعريضات الأوراق مزروعة في شروط أرضية متماثلة وتربة متجانسة نسبياً. كما يتعرض الموقع في بعض أجزائه لضغط بشري باعتباره متنزهاً لأبناء مدينة اللاذقية والقرى المحيطة ولاحتوائه على مزار. إن تجانس الشروط الأرضية وخصائص التربة من جهة وتنوع الغطاء النباتي الشجري من جهة أخرى في هذا الموقع يتيح دراسة تأثير الغطاء النبتي ونشاط الإنسان في الخصائص الارتشاحية للطبقة السطحية من التربة ضمنه.

استخدمت تقنية Beerkan في هذه الدراسة إذ تم بواسطتها تقدير سعة ارتشاح الماء في التربة وتحديد الخصائص الهيدروفيزيائية المؤثرة في الارتشاح للطبقة السطحية من التربة في الموقع. أجريت القياسات والتجارب الحقلية والمخبرية في ربيع عام 2012 إذ تم إجراء 20 تجربة حقلية للارتشاح نصفها ضمن بقعتين من عريضات الأوراق والنصف الآخر في بقعتين من الصنوبريات، كما تم جمع عينات من التربة من محيط كل تجربة وتجفيفها ووزنها وإجراء القياسات عليها في مخابر كلية الزراعة في جامعة تشرين، وقد شملت التجارب الحقلية بقع الأنواع الشجرية الرئيسية ضمن الموقع.

أهمية البحث وأهدافه:

لتقدير الارتشاح أهمية كبيرة في الدراسات البيئية ودراسات الري والصرف وتلك المرتبطة بالإنشاءات المائية، كما أن تحديد الخصائص الارتشاحية للتربة تتيح معرفة حساسيتها لتشكيل الجريان السطحي وخطر تعرضها للانجراف وتقويم قابلية الطبقة المائية الجوفية للتلوث وبالتالي فإن معرفة هذه الخصائص ضرورية لوضع خطط حفظ المياه والتربة. كما أن تحديد معامل التوصيل الهيدروليكي للتربة المشبعة (Ks) يكتسب أهمية كون هذا البارامتر يدخل في مختلف العلاقات الفيزيائية المستخدمة لتوصيف ونمذجة حركة الماء في التربة المشبعة.

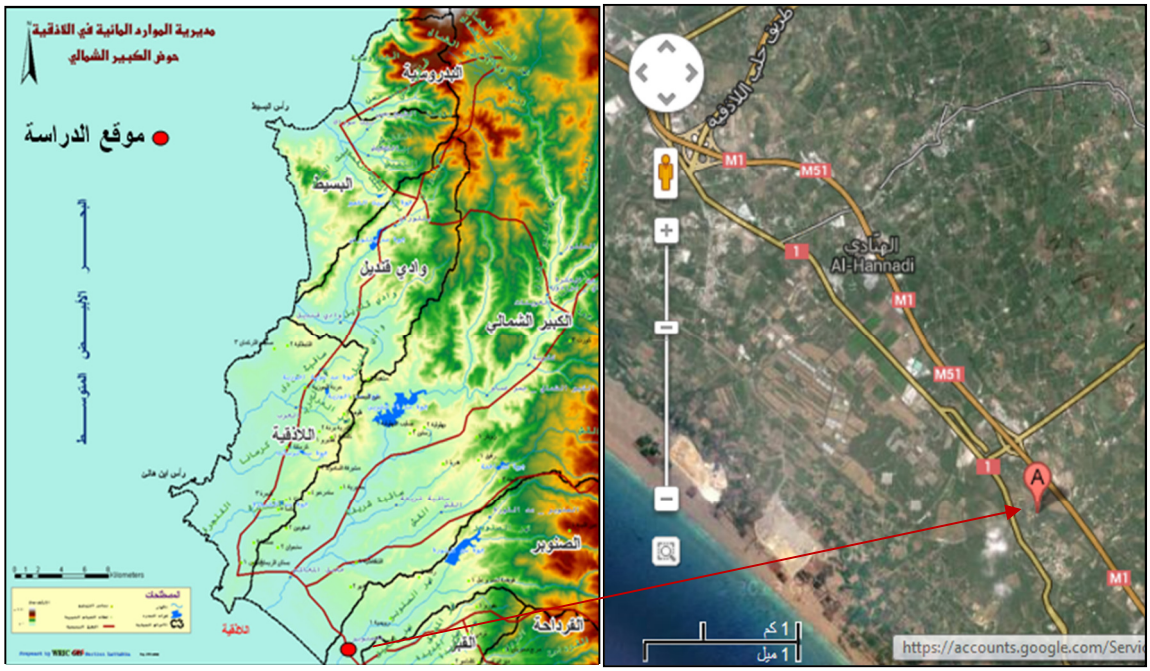
يهدف هذا البحث إلى تحديد الخصائص الهيدروفيزيائية للطبقة السطحية من التربة ولا سيما (Ks) وتوصيف ارتشاح الماء فيها ضمن غابة صنوبر جبلة الاصطناعية تحت أنواع شجرية من عريضات الأوراق والمخروطيات ودراسة تأثير كلاً من النشاط البشري والغطاء النبتي في هذه الخصائص، وذلك من خلال:

- تقدير الكثافة الظاهرية للتربة وتقدير محتواها الرطوبي (الرطوبة الطبيعية الأولية للتربة)؛
- تحديد قيم (Ks) للطبقة السطحية من التربة المشبعة ومقارنتها تحت الأنواع الشجرية الرئيسية الموجودة في الموقع والتي يرتادها المتنزهون فيه.

طرائق البحث و مواده:

موقع الدراسة

يتوضع موقع صنوبر جبلة الحراجي على الساحل السوري بين مدينتي اللاذقية وجبلة (الشكل 1)، ويبعد عن مركز مدينة اللاذقية حوالي 12كم جنوباً باتجاه مدينة جبلة. يرتفع عن سطح البحر حوالي 30م ويبعد حوالي 600م عن اتوستراد جبلة اللاذقية. يحاذي الموقع من الجهتين الجنوبية والشرقية نهر الصنوبر.



الشكل (1): صورة جوية (Google earth) وخارطة (مديرية الموارد المائية في اللاذقية) توضحان موقع صنوبر جبلة.

يخضع الموقع للمناخ المتوسطي النموذجي، يتميز هذا المناخ بصيف رطب نسبياً وبدرجات حرارة معتدلة، وبهطول الأمطار في الفصول الباردة نسبياً وخاصة في فصل الشتاء؛ ويتخلل هذين الفصلين الرئيسين فصلان انتقاليان قصيران هما فصلا الربيع والخريف.

يتسم موقع الدراسة بتباينات كبيرة في كميات الأمطار السنوية؛ إذ بلغ المعدل السنوي للأمطار المسجلة في محطة الشهيد باسل الأسد خلال الفترة (1979–2006) 782,9 ملم، والانحراف المعياري 184,5 ملم. وقد تجاوزت الأمطار خلال الأعوام الهيدرولوجية 2005/2006 – 1979/1980 هذا المعدل عشرة مرات. يبدأ موسم هطول الأمطار في شهر أيلول وتصل الأمطار إلى ذروتها في شهر كانون الثاني إذ قدرت الأمطار الهاطلة في هذا الشهر بـ 20% من المجموع السنوي للأمطار خلال فترة الدراسة يليه شهر كانون الأول، ثم تتناقص تدريجياً حتى شهر حزيران[1].

تسود الموقع الرياح الجنوبية الغربية؛ ويبلغ المعدل السنوي للرطوبة النسبية بحدود 67%، وتصل إلى قيمتها العظمى في شهر تموز بمعدل 72%، وقيمتها الصغرى في شهر تشرين الثاني بمعدل 61%.

تربة الموقع جيدة السماكة عموماً وهي مفككة ذات قوام رملي إذ تجاوزت نسبة الرمل فيها 85%، وتتوضع تحتها على أعماق مختلفة طبقة من التيراروزا المتشكلة على الكلس القاسي الكتيم، وهي ذات محتوى منخفض من المادة العضوية وتحتوي على نسبة عالية من القواقع البحرية بوصفها ذات منشأ بحري مما أدى إلى ارتفاع نسبة كربونات الكالسيوم $CaCO_3$ فيها وبالتالي زيادة قلويتها بالرغم من أنه التربة رملية وسيادة المخروطيات على الموقع (علي، 2004).

[1] تم تحديد الخصائص المناخية للموقع بالاعتماد على المعطيات المسجلة في محطة الشهيد باسل الأسد خلال الفترة (1979–2006).

بالنسبة إلى الغطاء النبتي تشير سجلات مصلحة الحراج والغابات في اللاذقية إلى أن الموقع تم تشجيره في عامي 1961–1962 على مساحة تقدر بـ 44 هكتار، وقد تمت عملية التشجير للحد من حركة الكثبان الرملية وبالتالي منع تعرية وجه التربة وتعرضها للانجراف. تشمل الأنواع التي تمت زراعتها في الموقع الصنوبر الثمري *Pinus pinea* والصنوبر البروتي *Pinus brutia* والأوكاليبتوس العمودي *Eucalyptus gomphocephala* والأوكاليبتوس المنقاري *Eucalyptus camaldulensis* والأكاسيا سيانوفيلا *Acasia cyanophylla*، كما يتضمن الموقع أشجار السنديان العادي *Quercus Calliprinos* وأنواع شجرية أخرى.

يعد الموقع مقصداً للسياحة الدينية والبيئية لاحتوائه على مزار بين الأشجار الوارفة مما يجعله متنزهاً للكثير من سكان مدينة اللاذقية والقرى المحيطة، بالتالي تتعرض التربة في أجزاء من الموقع للإرتصاص بفعل فرط النشاط البشري لا سيما في المنطقة المحيطة بالمزار وفي فصلي الربيع والصيف. يتميز الموقع بتجانس الشروط الأرضية (الخصائص الطبوغرافية وخصائص التربة) مما يسمح بدراسة تأثير الأنواع النباتية والنشاط البشري في الارتشاح ضمن ظروف متماثلة ولذلك تم اختيار هذا الموقع لإجراء الدراسة.

طرائق البحث

تُعرف سرعة الماء الذي يعبر السطح الطبوغرافي للتربة بمعدل الارتشاح، يتم توصيف عملية الارتشاح من خلال معادلات رياضية تقدر معدل الارتشاح كتابع للزمن أو الكمية الكلية من الماء المرتشح في التربة. يتحرك الماء ضمن التربة في الاتجاهات كافة (ارتشاح ثلاثي الأبعاد)، لكن في معادلات توصيف الارتشاح عادة ما يؤخذ بالاعتبار بعد واحد وهو الاتجاه العمودي وذلك لتبسيط الحسابات. يعد معامل التوصيل الهيدروليكي للتربة المشبعة Ks بارمتر أساس للارتشاح، ويمثل القيمة الحدية لمعدل الإرتشاح إذا كانت التربة مشبعة ومتجانسة, يدخل هذا البارامتر في عديد من معادلات توصيف وحساب الإرتشاح.

تجربة الارتشاح بالحلقة الأحادية

يستخدم في هذا النمط من تجارب الارتشاح اسطوانة معدنية واحدة فقط (الحلقة الأحادية) يبلغ قطرها 15 سم (الشكل 2) وتتم عملية الارتشاح في هذه التجربة تحت تأثير حمولة مائية ضئيلة ومتغيرة مع الزمن. يعتمد مبدأ التجربة على قياس كمية الماء المرتشحة بالعلاقة مع الزمن ضمن الحلقة من خلال إضافة جرعات متتالية من الماء حجم كلٍ منها ثابت (120 سم^3) وحساب زمن ارتشاح كل جرعة باستخدام مؤقت زمني فكلما ارتشحت جرعة تُضاف أخرى حتى الوصول إلى نظام ارتشاح مستمر مع إشباع الطبقة السطحية من التربة. إذ تؤدي إضافة كل حجم (120 سم^3) إلى تشكل طبقة مائية فوق سطح التربة، لا يتجاوز ارتفاع هذه الطبقة ضمن الاسطوانة 0,7 سم أي تشكل إضافات الماء ضمن الاسطوانة حمولة مائية ضئيلة ومتغيرة مع الزمن. تستمر التجربة حتى الوصول إلى نظام ارتشاح مستمر والذي يمكن تحرّيه عندما تصبح المدة اللازمة لارتشاح الجرعة المضافة ثابتة تقريباً وذلك لأربع جرعات متتالية، عندئذٍ توقف التجربة مع انتهاء ارتشاح آخر جرعة أُضيفت وترفع الاسطوانة ثم تؤخذ مباشرة عينة من التربة الرطبة بداخلها لتحديد رطوبة التربة المشبعة. كما تؤخذ عينة ترابية أخرى معلومة الحجم من محيط الاسطوانة من موضع لم يتأثر بالتجربة وذلك لتحديد الكثافة الظاهرية للتربة ورطوبتها الطبيعية الأولية.

الشكل (2): مستلزمات تجربة الارتشاح بالحلقة الأحادية

تتيح تجربة الارتشاح الحصول على منحني تجريبي للارتشاح التراكمي بالعلاقة مع الزمن. كما أن هناك عدة علاقات أو نماذج رياضية في المراجع تربط بين الارتشاح التراكمي و معامل التوصيل الهيدروليكي للتربة المشبعة Ks وامتصاصيتها S كالعلاقة الآتية (Touma *et al.* 2006):

$$I_{3D} = K_s\, t + \frac{S^2}{\beta\, K_s}\left[1 - \left\{1 + \beta\left(\frac{K_s\sqrt{t}}{S}\right)\right\}^{-1}\right] + \frac{\gamma\, S^2}{R\ \Delta\theta}\, t$$

إذ :

I_{3D}: الارتشاح التراكمي ثلاثي البعد [cm]؛

Ks: معامل التوصيل الهيدروليكي للتربة المشبعة [cm/h].

t: الزمن [h]؛

S: الامتصاصية [$cm/\sqrt{t}$]؛

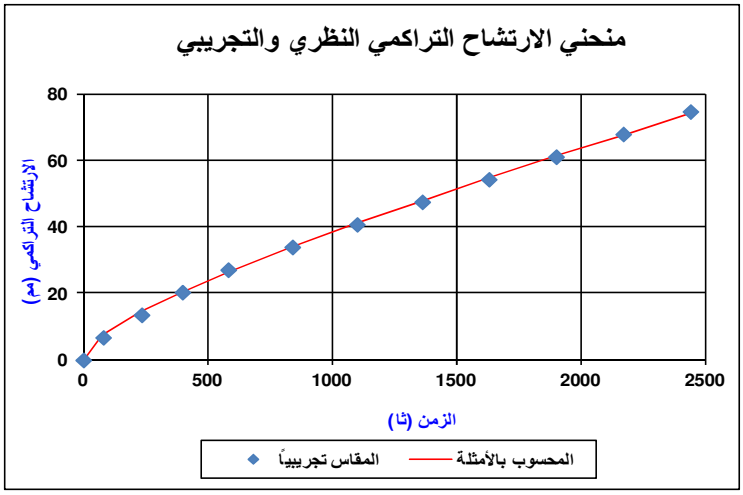
β: ثابت يتعلق بطبيعة التربة يؤخذ عادةً $\beta = 2/3$؛

R: قطر الحلقة [cm]؛

$\Delta\theta$: فرق الرطوبة، أي الفرق بين رطوبة التربة عند الإشباع θs ورطوبتها الأولية θi، [cm^3/cm^3]؛

γ : ثابت يعطى القيمة 0.75 يعبر عن تأثير الجاذبية الأرضية في الارتشاح.

يمكن من خلال العلاقة السابقة حساب منحني نظري ورسمه للارتشاح التراكمي لكل تجربة بواسطة برنامج الـ Excel واستخدام Solveur في نفس البرنامج لإجراء عملية الأمثلة وإيجاد القيمة المثلى لـ Ks بمطابقة منحنيي الارتشاح التراكمي التجريبي والنظري. يوضح الشكل (3) إحدى عمليات الأمثلة التي تمت لتحديد قيمة Ks:



الشكل (3): مثال عن مطابقة منحنيي الارتشاح التراكمي التجريبي والنظري لإحدى التجارب.

تشير النقاط باللون الأزرق على الشكل (3) إلى الارتشاح التراكمي التجريبي المقاس في أثناء التجربة، بينما يشير الخط المستمر إلى قيم الارتشاح التراكمي التي تم حسابها باستخدام العلاقة السابقة.

لدى إجراء كل تجربة تم أيضاً تنفيذ ما يلي:

- أخذت عينة التربة المشبعة من موضع إجراء التجربة بعد انتهائها، ووضعت مباشرة ضمن وعاء وتم إغلاقه بإحكام لتفادي تبخر الماء منها قبل وزنها في المختبر. كما أخذت عينة التربة غير المبتلة لكل تجربة بواسطة اسطوانة معدنية حجمها 100 سم^3.

- نقلت العينات إلى المختبر وتم تفريغ كلاً منها في كيس خاص لوزنها. بعد تسجيل وزن و رمز كل عينة تم وضعها في المجفف على درجة حرارة 105 درجة مئوية لتجف تماماً واستغرق ذلك حوالي 48 ساعة.

- وزنت العينات بعد جفافها وبذلك حصلنا على وزن العينات قبل وبعد التجفيف وتم حساب الرطوبة الوزنية للتربة وفق العلاقة: الرطوبة الوزنية θ=[(وزن التربة الرطبة – وزن التربة الجافة)/ وزن التربة الجافة].

- كما تم حساب الكثافة الظاهرية حسب العلاقة: الكثافة الظاهرية=[وزن عينة التربة الجافة/ حجم العينة].

- تم حساب الرطوبة الحجمية وفق العلاقة: الرطوبة الحجمية = [الرطوبة الوزنية × الكثافة الظاهرية].

شملت تجارب الارتشاح العشرون التي تم إجراؤها بقع الأنواع الشجرية الرئيسية التي يرتادها المتنزهون ضمن الموقع إذ أجريت خمس تجارب موزعة عشوائياً في كل بقعة من الأشجار لأنواع كلاً من السنديان العادي، الاوكاليبتوس، الصنوبر الثمري والصنوبر البروتي، أي توزعت التجارب مناصفة بين عريضات الأوراق والصنوبريات، تميزت بقع الصنوبريات بوجود طبقة من الأوراق الإبرية فوق سطح التربة وقد تمت إزالتها وكشف سطح التربة قبل تنفيذ تجارب الارتشاح فيها. بالمقابل كانت طبقة فرشة الغابة قليلة السماكة تحت أشجار الأوكاليبتوس وتكاد تكون غير موجودة تحت أشجار السنديان العادي، إذ تميزت بقعة هذا النوع بوجود ممرات خالية من طبقة تحت الغابة وبارتصاص سطح التربة في هذه الممرات وذلك نتيجة عبور المتنزهين المتكرر فيها إذ تقع بقعة السنديان في جوار المزار الموجود ضمن الموقع.

النتائج والمناقشة:

تأثير الغطاء النبتي في الخصائص الارتشاحية للتربة

يعد معامل التوصيل الهيدروليكي للتربة المشبعة (Ks) مؤشراً جيداً للخصائص الارتشاحية للتربة وقد أتاحت التجارب الحقلية وعملية الأمثلة حساب هذا المعامل، كما أتاحت القياسات تقدير الخصائص الهيدروفيزيائية للتربة. يجمل الجدول (1) نتائج تقدير الخصائص الهيدروفيزيائية للتربة في البقع الأربعة للأنواع الشجرية المدروسة.

الجدول (1) الخصائص الهيدروفيزيائية للتربة في بقع الأنواع المدروسة.

النوع الحراجي	مكررات التجربة	Ks [cm/h]	الكثافة الظاهرية Da [g/cm^3]	الرطوبة الأولية θ_i	الرطوبة عند الإشباع θ_s
صنوبر بروتي	E1	21.53	1.29	0.19	0.39
	E2	24.40	1.10	0.17	0.47
	E3	23.21	1.22	0.22	0.58
	E4	22.83	1.24	0.18	0.38
	E5	21.47	1.27	0.24	0.35
	المتوسط	22.69	1.22	0.20	0.43
صنوبر ثمري	E1	27.8	1.09	0.27	0.44
	E2	18.0	1.32	0.19	0.46
	E3	20.62	1.2	0.28	0.47
	E4	16.26	1.29	0.21	0.38
	E5	15.76	1.37	0.20	0.39
	المتوسط	19.69	1.26	0.23	0.49
الأوكاليبتوس	E1	11.84	1.27	0.19	0.42
	E2	12.21	1.24	0.18	0.41
	E3	12.35	1.31	0.15	0.47
	E4	12.96	1.25	0.16	0.40
	E5	11.52	1.26	0.12	0.42
	المتوسط	12.38	1.27	0.16	0.42
السنديان العادي	E1	4.35	1.37	0.12	0.45
	E2	3.09	1.39	0.16	0.54
	E3	5.50	1.35	0.19	0.43
	E4	7.50	1.31	0.23	0.43
	E5	3.76	1.37	0.16	0.40
	المتوسط	4.84	1.36	0.18	0.45

نلاحظ من الجدول (1) أن معامل التوصيل الهيدروليكي للتربة المشبعة (Ks) تدرج بين بقعة وأخرى فكان أعلى نسبياً ضمن بقعة الصنوبر البروتي تليها بقعة الصنوبر الثمري ثم بقعة الأوكاليبتوس وسجلت القيم الأدنى له في بقعة السنديان العادي، وتراوحت قيمته بالمتوسط بين 4.84 و22.69 سم/سا. وقد بلغت القيمة المتوسطة لهذا المعامل لمختلف التجارب في البقع الأربعة 14,85 سم/سا مما يشير إلى أن تربة الموقع عموماً ذات معدلات ارتشاح مرتفعة وذلك وفق تصنيف Chamayou et Legros (1989) للخصائص الارتشاحية للتربة، ويعود ذلك لطبيعتها الرملية. لكن التفاوت النسبي لقيم Ks بين بقعة وأخرى يمكن أن يعزى إلى تأثير النشاط البشري والغطاء النباتي.

يمكن من خلال الجدول (2) مقارنة القيم المتوسطة للخصائص الهيدروفيزيائية للتربة (المتوسط الحسابي) وتغيراتها للأنواع المخروطية وعريضات الأوراق.

الجدول (2) مقارنة القيم المتوسطة للخصائص الهيدروفيزيائية للتربة في بقع الأنواع المدروسة.

الخصائص الهيدروفيزيائية للتربة	المخروطيات				عريضات الأوراق			
	الصنوبر البروتي		الصنوبر الثمري		الاوكاليبتوس		السنديان العادي	
	المتوسط	معامل التغير Cv%	المتوسط	معامل التغير Cv%	المتوسط	معامل التغير Cv%	المتوسط	معامل التغير Cv%
Ks	22.69	5.42	19.69	25.07	12.38	5.80	4.84	35.77
Da	1.22	6.04	1.26	8.60	1.27	2.11	1.36	2.24
□i	0.20	14.63	0.23	18.27	0.16	18.36	0.18	22.84
□s	0.43	21.23	0.43	9.60	0.42	6.17	0.45	12.15

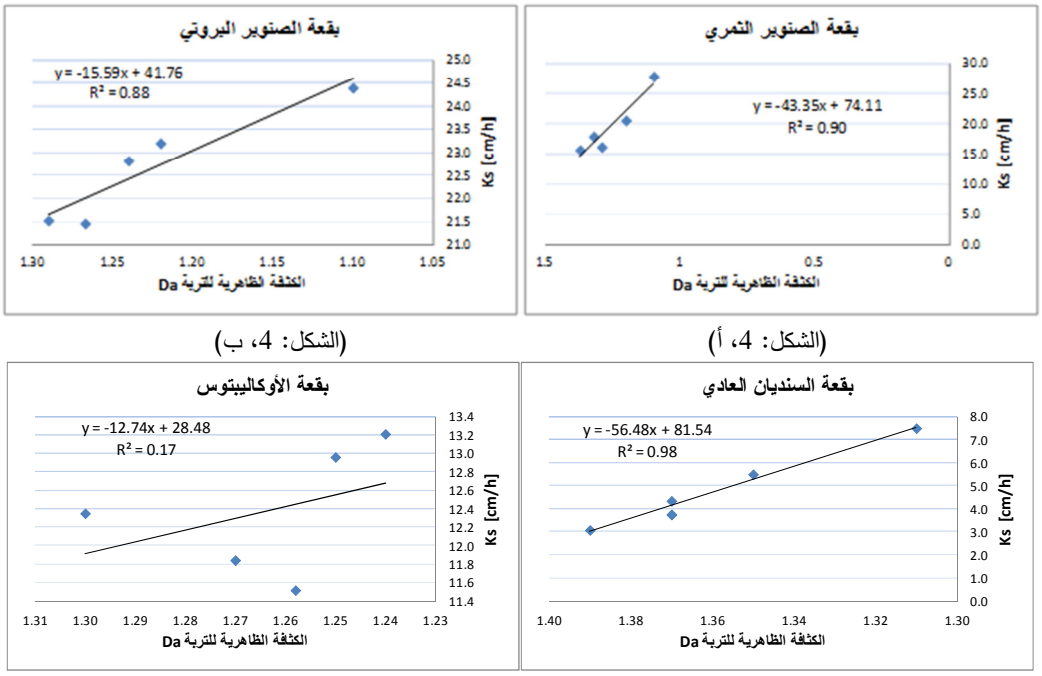
يظهر الجدول (2) أن القيمة المتوسطة لـ Ks لنوعي الصنوبريات أعلى منها لنوعي عريضات الأوراق مما يعني أن الخصائص الارتشاحية للتربة في بقعتي الصنوبريات ضمن الموقع أفضل مقارنةً ببقعتي عريضات الأوراق، وبما أن تربة الموقع متجانسة نسبياً ومتماثلة الخصائص لا سيما تحت البقع المدروسة يمكن تفسير ذلك من خلال وجود فرشة غابة سميكة تحت المخروطيات إذ وصلت سماكتها تحت الصنوبر البروتي إلى 15 سم. بالمقابل في بقعة السنديان العادي كانت القيمة المتوسطة لـ (Ks) منخفضة يعزى ذلك إلى محدودية سماكة فرشة الغابة وعدم انتظامها في هذه البقعة، وهذا يتوافق مع النتائج التي حصل عليها Carter & Steed (1992) حول دور الغطاء الأرضي في تحسين الخصائص الارتشاحية للتربة، إذ أشار الباحثان إلى أن البقايا النباتية تسهم في الحفاظ على استقرار بناء التربة وتزيد من عدد وحجم فراغاتها المسامية عبر تشجيع النشاط البيولوجي فيها مقارنة بالتربة المكشوفة.

نلاحظ أيضاً من الجدول (2) انخفاض قيم معامل التغير للقيم المتوسطة للكثافة الظاهرية للتربة مما يشير إلى عدم وجود تفاوت كبير في الكثافة الظاهرية للتربة سواء ضمن مكررات البقعة الواحدة أو بين البقع المختلفة علماً أن القيمة المتوسطة للكثافة الظاهرية للتربة بلغت حدها الأدنى في بقعة البروتي (1.22غ/سم^3)، بينما سجلت أعلى قيمة لها في بقعة السنديان العادي (1.36غ/سم^3).

بالنسبة إلى المحتوى الرطوبي الأولي للتربة (**θi**) فقد كانت قيمه متقاربة في مختلف البقع وكذلك الأمر بالنسبة لرطوبة التربة عند الإشباع (**θs**) ويعود ذلك إلى تجانس تربة الموقع في البقع المدروسة كما أن التجارب نفذت في فترة زمنية واحدة (خلال يومين) ولم يطرأ في تلك الفترة أي تغير يذكر على عوامل الطقس (الحرارة والأمطار).

تأثير النشاط البشري على الخصائص الارتشاحية للتربة

ينجم عن نشاط الإنسان ارتصاص الطبقة السطحية من التربة وتغير كثافتها الظاهرية (Da) ويمكن أن يؤثر هذه التغير في معامل التوصيل الهيدروليكي للتربة المشبعة (Ks). تمت دراسة العلاقة بين هاتين الخاصتين ولمختلف البقع الشجرية المدروسة في الموقع (الشكل: 4، أ، ب، ج و د).



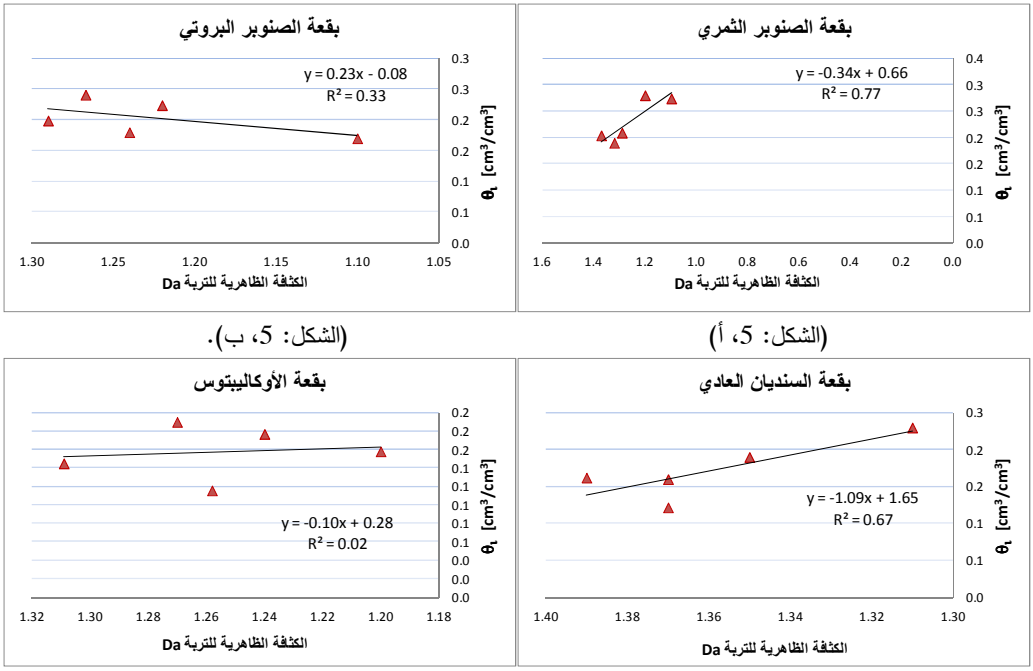
(الشكل: 4، أ) (الشكل: 4، ب)

(الشكل: 4، ج) (الشكل: 4، د)

الشكل (4): العلاقة بين المعامل (Ks) والكثافة الظاهرية (Da) لتربة البقع الشجرية المدروسة.

يظهر من الشكل (4) وجود علاقة ارتباط عكسية (سالبة) قوية بين (Ks) و(Da) في بقع الصنوبر الثمري والبروتي والسنديان العادي إذ تراوح معامل الارتباط بين 0.88 و0.98 في هذه البقع. بالمقابل يظهر الشكل (4، ج) وجود علاقة ارتباط عكسية ضعيفة بين هذين البارامترين في بقعة الأوكاليبتوس (R^2=0.17)، ويمكن أن نعزي ذلك إلى أن طبقة فرشة الغابة متفاوتة السماكة ضمن هذه البقعة وبالتالي هناك تفاوت في درجة حماية سطح التربة من الارتصاص فيها.

تمت أيضاً دراسة علاقات الارتباط بين الكثافة الظاهرية للتربة (Da) ومحتواها الأولي من الرطوبة (**θi**) كما هو موضح بالشكل: (5، أ، ب، ج و د).



(الشكل: 5، أ) (الشكل: 5، ب).

(الشكل: 5، ج) (الشكل: 5، د).

الشكل (5): العلاقة بين رطوبة التربة الأولية (θi) وكثافتها الظاهرية (Da) في البقع الشجرية المدروسة.

يتبيّن من الشكل (5، أ) و(5، ج) عدم وجود ارتباط بين (**θi**) و(**Da**) ضمن بقعتي الصنوبر البروتي والأوكاليبتوس، بالمقابل هناك علاقة ارتباط عكسية جيدة بينهما في بقعتي الصنوبر الثمري والسنديان العادي (R^2=0.77 و0.67 على التوالي). إن تباين هذه العلاقة بين الأنواع أخذ منحى مختلف عما كان عليه بالنسبة إلى العلاقة بين (Ks) و (Da) وذلك لأن الرطوبة الأولية للتربة تتأثر أيضاً بالتغطية التاجية والامتصاص الجذري وغيرها من العوامل النبتية وهذا الجانب لم تتطرق الدراسة له.

الاستنتاجات والتوصيات:

أتاحت الدراسة تحديد الخصائص الهيدروفيزيائية للتربة وتوصيف عملية ارتشاح الماء ضمن الطبقة السطحية منها في موقع صنوبر جبلة الحراجي. إن وجود أنواع مختلفة من المخروطيات وعريضات الأوراق ضمن شروط أرضية متماثلة وتجانس تربة الموقع تحت هذه الأنواع، سمح بمقارنة الخصائص الهيدروفيزيائية المدروسة للطبقة السطحية من تربة الموقع تحت هذين النوعين من الأشجار وخلصت الدراسة إلى النقاط الرئيسة الآتية:

–تعد تربة الموقع ذات خصائص ارتشاحية جيدة بالرغم من النشاط البشري الملحوظ في بقعة السنديان العادي المجاورة للمزار، ويعود ذلك لطبيعة التربة الرملية ذات النفاذية العالية والمقاومة للارتصاص، بالتالي فإن خطر انجراف التربة محدود في الموقع.

–يوجد تفاوت نسبي بين الخصائص الهيدروفيزيائية للتربة تحت الأنواع الصنوبرية وعريضات الأوراق المدروسة ضمن الموقع فقد تبّن أن هذه الخصائص أفضل تحت الأنواع الصنوبرية.

–تلعب الأنواع المخروطية دوراً إيجابياً في حماية سطح التربة في الموقع وذلك من خلال الأوراق الإبرية المتساقطة وسماكة فرشة الغابة تحتها مما يسهم في تحسين الخصائص الهيدروفيزيائية للتربة وزيادة ارتشاح الماء فيها.

مع أن التجارب المنجزة في الموقع أسهمت في فهم وتوصيف عملية الارتشاح لكنها محدودة العدد نسبياً مقارنةً بمساحة الموقع لذا فهي بحاجة للإتمام بتجارب إضافية أخرى سواء من نفس النمط أو يمكن أن تجرى لهذا الغرض تجارب ارتشاح بطرق أخرى كطريقة *Muntz* (ذات الحلقتين).

كما ينبغي دراسة العلاقة بين الخصائص الهيدروفيزيائية والعوامل النباتية في الموقع لاسيما بين الرطوبة الأولية للتربة من جهة والتغطية التاجية والامتصاص الجذري من جهة أخرى.

يتوجب تنظيم التنزه والسياحة البيئية ضمن الموقع ولا سيما تحت أشجار السنديان العادي، وذلك لحماية التربة والحفاظ على الدور الوقائي للغطاء النبتي.

المراجع:

1. الأسعد, علي؛ حايك، شريف. *الهيدروجيولوجيا –2*. منشورات جامعة تشرين, كلية الهندسة المدنية، اللاذقية، 2007، 402 ص.
2. بركات، منى. *أثر استخدام مركبي كاربوكسي مثيل سيللوز والجبيس في الحد من تشكل القشرة والانجراف في تربتين باستخدام الإمطار الصناعي*، مجلة جامعة تشرين، سلسلة العلوم البيولوجية المجلد 32 العدد (2)، 2010.
3. علي، محمود. *تقييم مشجرين للصنوبر الثمري Pinus pinea L. في الطابق النبتي المتوسطي الحراري في محافظة اللاذقية (سورية)*. مجلة جامعة تشرين، سلسلة العلوم الزراعية المجلد (26) العدد (2)، 2004.
4. AL ALI, Y., *Les aménagements de conservation des eaux et des sols en banquettes: Analyse, fonctionnement et essai de modélisation en milieu méditerranéen (El-Gouazine, Tunisie Centrale)*. Thèse de doctorat, Université Montpellier II, 2007, 170
5. AL ALI, Y. ; TOUMA J. ; ALBERGEL J. ; LOUATI M. B. *Characterization of surface conductivities in a contour bunds terracing by Simple ring infiltration tests.* 2006 14th International Soil Conservation Organization Conference (ISCO 2006), May 14-19, Marrakech, AUF ; IRD, 2008, 348-353.
6. BOIFFIN. J. ; PAPY, F. ; EIMBERCK, M. *Influence des systèmes de culture sur les risques d'érosion par ruissellement cocentré: I. Analyse des conditions de déclenchement de l'érosion*. Agronomie, Vol. 8(8) 1988, 663–673.
7. BRADFORD, J. M. ; FERRIS, J. E. ; REMLEY, P. A. *Interrill soil erosion processes: I. Effect of surface sealing on infiltration, runoff, and splash detachment.* Soil Science Society of America Journal, Vol. 51, 1987, 1566–1571.
8. BRAUD, I. ; DE CONDAPPA, D. ; SORIA, J. M. ; HAVERKAMP, R. ; ANGULO-JARAMILLO, R. ; GALLE, S. ; VAUCLIN, M. *Use of scaled forms of the infiltration equation for the estimation of unsaturated soil hydraulic properties (the Beerkan method)*. European Journal of Soil Science, Vol. 56 (3), 2005, 361-374.
9. CARTER, M. R. ; STEED, G.R. *The effects of direct drilling and stubble retention on hydraulic properties at the surface of duplex soils in northeastern Victoria*. Aust. Journal of Soil Res. Vol. 30 (4), 1992. 505–516.
10. CHAMAYOU H. ; LEGROS J.P. *Les bases physiques, chimiques et minéralogiques de la science du sol.* Presses Universitaires de France. Paris, 1989, 593 p
11. DUNNE, T. ; DIETRICH, W.E., *Experimental study of Horton overland flow on tropical hillslopes: 1. Soil conditions, infiltration and frequency of runoff*. Z. Geomorph. suppl. Bd., *Surface runoff and erosion,* Vol. 35, 1980, 40–59.

12. DUNNE, T. ; ZHANG, W. ; AUBRY, B.F. *Effects of rainfall, vegetation, and microtopography on infiltration and runoff.* Water Resour. Res., Vol. 27 (9), 1991, 2271–2285.
13. GREGORY, J.H. ; DUKES, M.D. ; JONES, P.H. ; MILLER, G.L. *Effect of urban soil compaction on infiltration rate.* Journal of Soil and Water Conservation, Vol. 61 (3), 2006, 117-124.
14. KNIGHT, R.W. ; BLACKBURN, W.H. ; MERRILL. L.B. *Characteristics of oak mottes, Edwards Plateau, Texas.* Journal Range Manage, Vol. 37, 1984, 534-537.
15. MIKIO H. ; YOSHIO O. ; KAZUO N. ; AKITO S. *Effect of initial soil moisture content on the vertical infiltration process — A guide to the problem of runoff-ratio and loss*, Journal of Hydrology, Vol. 102 (1), 1988, 267-284.
16. MINGBIN, H. ; LEE BARBOUR, S. ; ELSHORBAGY, A. ; ZETTL, JD. ; CHENG, S B. *Infiltration and drainage processes in multi-layered coarse soils.* Canadian Journal of Soil Science, Vol. 91(2), 2011, 169-183.
17. MWENDERA, E.J. ; FEYEN, J. *Effects of tillage and rainfall on soil surface roughness and properties.* Soil Technol., Vol. 7, 1994, 93–103.
18. NERIS, J. ; TEJEDOR, M. ; FUENTES, J. ; JIMÉNEZ, C. *Infiltration, runoff and soil loss in Andisols affected by forest fire (Canary Islands, Spain).* Hydrol. Process., Vol. 27, 2013, 2814–2824.
19. POESEN, J. *The influence of slope angle on infiltration rate and Hortonian overland flow volume.* Geomorphol., Vol. 49, 1984, 117–131.
20. THOMPSON, S. ; HARMAN, C. ; HEINE, P. ; KATUL, G. *Vegetation-infiltration relationships across climatic and soil type gradients.* Journal of Geophysical Research. Vol. 115, 2010, 1-12.
21. THUROW, T.L. ; BLACKBURN, W.H. ; TAYLOR, C.A. *Hydrologic characteristics of vegetation types as affected by livestock grazing systems, Edwards Plateau, Texas.* Journal Range Mange. Vol. 39, 1986, 505-509.
22. TOUMA, J. ; RACLOT, D. ; AL ALI, Y. ; ZANTE, P. ; HAMROUNI, H. ; DRIDI, B. *In-situ determination of the soil surface crust hydraulic resistance.* Journal of Hydrology, Vol. 403, 2011, 253-260.
23. TOUMA, J. ; VOLTZ, M. ; ALBERGEL, J. *Determining soil saturated hydraulic conductivity and sorptivity from single ring infiltration tests.* European Journal of Soil Science, Vol. 58, 2006, 229–238.
24. VALENTIN, C. ; BRESSON, L. M. *Morphology, genesis and classification of surface crusts in loamy and sandy soils. Geoderma*, Vol. 55, 1992, 225–245.
25. WILSON, G. V. ; LUXMOORE, R. J. *Infiltration, macroporosity, and mesoporosity distributions on two forested watersheds.* Soil Science Society of America Journal, Vol. 52, 1988, 329–335.