

تطور التربة الحراجية خلال 30 عام تحت أشجار الصنوبر البروتي *Pinus brutia* Ten. في غابة كورتيك (سورية)

ميشيل كروم

قسم الموارد الطبيعية المتجددة والبيئة، كلية الزراعة، جامعة حلب

الملخص

تقع غابة كورتيك شمال محافظة حلب (سورية)، على ارتفاع 400 م عن سطح البحر، بمعدل هطل سنوي 400 مم وبمتوسط درجة حرارة عظمى 32 م° وصغرى - 5 م°. الصخرة الأم كلسية كثيمة تعلوها تربة حمراء متوسطة (تيراروسا). وبغية دراسة التربة الحراجية كجزء من منظومة بيئية متكاملة، تم تحديد مقسمين من الصنوبر البروتي: الأول بعمر 3 سنوات والثاني 30 عام، لهما نفس المناخ والتضاريس والصخرة الأم، وذلك بغية دراسة تطور التربة الحراجية تحت أشجار الصنوبر البروتي. المقسم الفتى، غني بالتنوع العشبي (95-100%) مع سيادة واضحة للبلان. الدبال من نوع المول مؤلف من أفق عضوي OL-OF وأفق عضوي معدني A1 (12 سم). التربة ضعيفة المادة العضوية (5%) وضعيفة الكاتيونات القاعدية المتبادلة. درجة الحموضة من 8 إلى 8,4، والناقلية الكهربائية 0,14 ميليومز/سم. أما المقسم المعمر، فقليل التنوع العشبي (10%). الدبال من نوع المودير يتميز بأفق عضوي (OL)، و OF و OH) و أفق عضوي معدني A1 (15 سم)، وهو أغنى بالعناصر المعدنية من المقسم الأول ذات pH من 7,8 إلى 8 وناقلية كهربائية 0,36 ميليومز/سم. فتطور التربة بعد مرور حوالي ثلاثين عام أدى لزيادة كمية المادة العضوية والعناصر المعدنية وبالتالي تعديل حموضة التربة، بالرغم من تحول الدبال من نوع المول إلى المودير الأقل نشاط حيوي. ومنه ساهمت زراعة الصنوبر البروتي بتفعيل الدورة البيوجيوكيميائية، وبالتالي زادت كمية العناصر الغذائية اللازمة لإنتاج الكتلة الحية.

الكلمات المفتاحية: تربة حراجية، دبال، مادة عضوية، نظام غابوي، صنوبر بروتي.

المقدمة:

تعتبر غابة الصنوبر البروتي *Pinus brutia* من أهم النظم البيئية الغابوية في شرقي المتوسط عامة وفي سورية خاصة، والتي ترتبط كما عبر عنها نحال (1982) بحياة الإنسان الحاضرة والمستقبلية. وتمتاز هذه الشجرة بتكيفها مع شروط بيئية متنوعة، كما تساهم بالتوازن البيئي للمنطقة التي تنتشر فيها، ناهيك عن خشبها (Malkh, 2001, Vallet et al., 2009) الذي يعتبر مورد هام مستخدم في الصناعات التقليدية والحديثة.

وتتجلى أهمية الصنوبر البروتي بسعة انتشارها البيئي، فهو عنصر نباتي متوسطي شرقي بامتياز حيث ينتشر طبيعياً بدءاً من اليونان مروراً بقبرص وتركيا والعراق وسورية منتهية بלבانان. أما في سورية فيصادف طبيعياً في جبال الأكراد الواقعة شمال حلب وفي سلسلة الجبال الساحلية، إذ ينتشر بجبال البايير والبسيط في القسم الشمالي الغربي من سورية بمساحة تبلغ حوالي 50 ألف هكتار. كذلك يعتمد عليه بشكل أساسي في برامج التشجير الحراجي منذ وقت بعيد.

ففي أوروبا ومنذ عام 1990 (Teller et al., 1992) تم التعرف على عدد هام من الأبحاث والمصطلحات والاعتبارات المتعلقة بدور الغابة في التغيير المباشر أو غير المباشر للأنظمة البيئية. لكن توازن واستقرار هذه الأنظمة البيئية الغابوية يتحقق من خلال سلامة الغابة، ومن خلال العمل على المحافظة على إنتاجيتها وخصوبة تربتها (Karroum, 2004).

فمعروف بأن الغابة هي عبارة عن مجموعة الأشجار والشجيرات والأعشاب والطحالب والأشنيات والحيوانات الأولية والفطور والبكتيريا التي تمثلها، بحيث أن جميع هذه الأفراد في تفاعل مع بعضها البعض وتتأثر بشكل مباشر بالتربة الحراجية التي تتغذى عليها والتي تؤمن أيضاً العناصر اللازمة لاستمرار الحياة فيها (نحال وآخرون، 1996). وذلك من خلال الدورة البيوجيوكيميائية Biogeochemical cycle للعناصر المعدنية المتعلقة بتجدد المادة العضوية داخل التربة وطبيعة دبالها (Ranger et al., 1995).

فالتربة الحراجية تمثل عامل رئيس من عوامل النظام البيئي المختلفة كالنباتات والجيولوجيا والتضاريس والعوامل المناخية من حرارة وأمطار ورياح ورطوبة ... الخ. بحيث تشكل هذه العوامل منظومة ديناميكية، في حين أن كل عامل يؤثر ويتأثر بالعوامل الأخرى.

عديد من الباحثين في مجال الأراضي والتربة، لا يتناولون التربة ضمن مفهوم النظم البيئية والتي تشكل التربة الحراجية أحد ركائزه. إن هذه النظرة القاصرة حالت دون التميز ما بين الترب الزراعية والتي يمكن اعتبارها ذات نشأة اصطناعية من قبل الإنسان والمتغيرة بشكل مستمر من دورة زراعية إلى أخرى وتلك الترب الحراجية الطبيعية المنشأ والمشكلة عبر مئات وحتى آلاف السنين والمعيرة عن عملية التكوين والنشوء وتاريخ المنطقة.

فقد ساد الاعتقاد بأن الترب الحراجية ودراساتها لا تختلف عن الترب الزراعية إلا من خلال النبات المتواجد عليها، دون معرفة العلاقة الملزمة ما بين التربة الحراجية والنبت الحراجي، بحيث أنه لا يمكن دراسة أحدها من دون الأخرى، سواء من حيث تشكلها ونضجها، أو من حيث التغيرات التي تطرأ عليها عبر الزمن. وبذلك أصبح علم التربة الحراجية إذاً من الدعائم الأساسية الذي لا يمكن فصله عن علم البيئة وتطبيقاته المختلفة.

حتى هذا اليوم، لا توجد دراسات تخص الترب الغابوية في سورية ضمن المفهوم البيئي، على عكس أوروبا التي تناولت دراسة هذه النظم البيئية ولعل من أوائل المهتمين بذلك العالم دوشوفور (Duchauffour, 2001)، إضافة إلى وجود المراجع البيولوجية مثل RPF (1990) و AFES (1992).

ومما زاد من صعوبة دراسة النظام البيئي الغابوي Forest ecosystem أنه معقد بطبيعته، إضافة إلى طول عمر الأشجار في الغابة والذي يتجاوز عمر الإنسان. وبذلك لا يستطيع أي باحث التأكد من نتائجه خلال دورة كاملة لأشجار الغابة، على عكس ما هو موجود في الأنظمة الزراعية.

وللتغلب على هذا النوع من المشاكل الخاص بدراسة التربة الحراجية قمنا باعتماد طريقة التعاقب الزمني Chrono-sequence ، كما فعل كروم (Karroum, 2002)، ولوبرة (Lebret, 2002) في دراسة التربة الحراجية ضمن النظم البيئية التي تسود فيها أشجار الزان *Fagus sylvatica* في فرنسا، وكما فعل ماركس (Marques, 1996) على أشجار *Pseudotsuga menwiesii* وأيضاً أرشامولت وزملائه (Archamault et al., 2009).

لذلك عمدنا إلى تثبيت العوامل المناخية والنباتية والجيولوجية والتضاريس، باختيار مقسمين من غابة كورتنيك مشجرين بالصنوبر البروتي، الأول بعمر 3 سنوات والثاني بعمر 30 سنة، وهما يخضعان لنفس الظروف المناخية والتضاريس ونوع التربة (التيراروسا) والصخرة الأم الكلسية القاسية وعمليات الخدمة، أي أن الاختلاف هو في أعمار الأشجار، وذلك بغية دراسة التربة الحراجية. أملين أن يساعد هذا البحث في تسليط الضوء على بعض المفاهيم

والمبادئ المرتبطة بعلم التربة الحراجية والمساهمة برفد البحث العلمي نتيجة الغياب التام للمراجع العربية ذات الصلة.

الهدف من البحث:

معرفة أهم التغيرات الشكلية والكيميائية الناتجة عن تطور الدبال في التربة الحراجية بعد مضي حوالي 30 عام على زراعة أشجار الصنوبر البروتي في غابة كورتيك.

مواصفات موقع الدراسة:

تقع غابة كورتيك في منطقة عفرين شمال حلب، وتمتد حتى حدود تركيا من الجهة الجنوبية الغربية. وتحتل مساحة تقدر في 52 ألف هكتار، حيث تشغل الغابات المحرجة بالصنوبر البروتي حوالي 40 ألف هكتار أما الغابات الطبيعية فتشغل 12 ألف هكتار تقريباً.

وحسب معلومات محطة الأرصاد الجوية التابعة للمنطقة، يصل الارتفاع عن سطح البحر 400 م تقريباً، وبمعدل هطل سنوي يقدر في 400 مم، أما متوسط درجة الحرارة العظمى فهو 32 درجة مئوية ومتوسط درجة الحرارة الصغرى يصل إلى - 5 درجة مئوية.

طرائق الدراسة:

1- ميدانياً في الغابة:

أجريت الدراسة الجردية النباتية لكل مقسم على حدى، والتي شملت الأنواع الشجيرية والعشبية المرافقة والمتواجدة تحت شجر الصنوبر البروتي، وفق طريقة Braun-Blanquet (1965)، وذلك من خلال التجول في المقسم المدروس لتحديد الموقع الأمثل لتجانس شروط الوسط المحيط مع انتظام ظهور الأنواع. ولم ننقيد بالمعامل التي تحدد المستويات الخمسة للغزارة والهيمنة، كون عدد الأنواع النباتية المرافقة قليل وقد تم تقدير التغطية النباتية بالعين المجردة.

أيضاً تم عمل مقطع للتربة خاص بكل مقسم، وتوثيق ذلك بالصور. وبعد ذلك قمنا بتحديد الطبقة العضوية OL وقياس سماكتها، ومن ثم قمنا بأخذ عينة تربة وعلى ثلاث مكررات، وبعدها قمنا بقشط طبقة OL كلياً لنصل إلى الطبقة OF ومن ثم تم قياس سماكتها، وتم أخذ عينة تربة على ثلاث مكررات أيضاً، وأخيراً تم قشط وإزالة طبقة OF. وتكررت هذه العملية بالنسبة للطبقات والأفاق المتبقية وبتجاه العمق.

2- مخبرياً:

تم إزالة الشوائب والبقايا النباتية والحصى من عينات التربة، ثم قمنا بتجانسها وتجفيفها وطحنها من أجل إجراء التحاليل.

3- التحاليل المنجزة:

3-1- قياس حموضة التربة: تمت دراسة pH التربة وذلك ضمن نسبة تربة/محلول مساوية 10/1 للطبقات OL و OF و OH (Karroum, 2002) ونسبة تربة/محلول مساوية 5/1 للأفق A1.

3-2- الناقلية الكهربائية: تم قياسها بعد أخذ 20 غ تربة ووضعها في 100 سم³ ماء مقطر ورجها لمدة نصف ساعة وترشيحها.

3-3- التحليل الميكانيكي: تم دراسته كلاسيكياً بالخلط الميكانيكي.

3-4- العناصر المعدنية: بعد اعتماد المحاليل المعنية، تم قياس الكاتيونات القاعدية المتبادلة Ca^{++} ، Mg^{++} ، K^+ ، Na^+ حسب رويه (Rouiller et al., 1980)، والفوسفور بجهاز سبكتروفوتومي والأزوت بجهاز سكلر أما الكربون العضوي فبواسطة جهاز Rock-Eval.

النتائج

1- تحديد الميل وتقدير التغطية النباتية وجردهم أهم الأنواع النباتية المرافقة:

المقسم الأول (3 سنوات)، درجة الميل 10% تقريباً، وكانت نسبة التغطية النباتية للأنواع المرافقة تتراوح بين 95 و100%، الشكل (1). ومن أهم الأنواع المرافقة البلان الذي يشغل 70%، أما باقي التغطية النباتية فتعود إلى الزعر البري والعيصلان والجعدة وأذن الدب واللهيب.

أما المقسم الثاني (30 سنة)، فكانت درجة الميل فيه 5%، ولم تتجاوز التغطية النباتية فيه 10%، وهذا يعود إلى ازدياد الكثافة الشجرية مع تكشف بعض الصخور على السطح. وأهم الأنواع النباتية الشجرية والعشبية المرافقة البلان واللهيب وبعض النجيليات، وهنا لا بد لنا من الإشارة إلى عدم وجود أي سيادة واضحة لنوع نباتي على آخر من المرافقات.

2- وصف مقاطع التربة من الناحية الشكلية وتحديد الآفاق المشكلة له ونوع الدبال:

المقسم الأول (3 سنوات)، الشكل (1)، يظهر الأفق العضوي غير متطور قليل السماكة لا يتجاوز 3 سم مكون من طبقة واحدة OL-OF والتي تشكل فرشاة الغابة.

ويتألف هذا الأفق، الذي تبلغ سماكته 12 سم، من جذور بعض النباتات العشبية في بداية تطورها، أما أوراق الصنوبر فهي قليلة لأن عمر المشجر لا يتجاوز 3 سنوات. لون التربة بني محمر، البنية حبيبية ولا يوجد فصل واضح بين الأفق العضوي والأفق العضوي المعدني A1 (Toutain, 1981 et Jabiol, 2000). وبالتالي فإن الدبال المتشكل هو من نوع المول Mull والتميز بنشاطه الحيوي الكبير. أما مقطع التربة فهو غير متطور وقليل التمايز بسبب صغر عمر المشجر.

أما المقسم الثاني (30 سنة)، فالأفق العضوي متميز بشكل واضح جدا عن الأفق العضوي المعدني. ويتألف من ثلاث طبقات OL, OF و OH:

OL: تمثل فرشاة الغابة، وهي عبارة عن طبقة عضوية بسماكة 1 سم مؤلفة بشكل أساسي من أوراق الصنوبر، وتحتوي على بقايا المجموع الخضري وأغلفة الثمار والبراعم إضافة لجذور الصنوبر المرافقة لجذور النباتات العشبية. يتميز هذا الأفق مقارنة مع المقسم الأول (3 سنوات) في غناه بكمية أوراق الصنوبر المتساقطة.

OF: طبقة قليلة التمايز سماكتها 0,5 سم، جزيئاتها أنعم من طبقة OL، ناتجة من فتات الطبقة التي تعلوها والخاضعة للتدهور الفيزيائي والبيولوجي.

OH: طبقة غامقة اللون جداً مسودة سماكتها 1 سم، غنية بالمادة العضوية، والتي يصعب فيها تمييز مصدر هذه المادة العضوية المتحللة.

A1: الأفق العضوي المعدني سماكته 15 سم، بنيته حبيبية، يلي طبقة OH، لونه كاشف ويحتوي على جذور الصنوبر الفتية.

ومنه فالدبال المتشكل من نوع المودير Moder والتميز بضعف نشاطه الحيوي مقارنة مع المول Mull. وهذا الدبال المودير يتميز من خلال الفصل الواضح ما بين الأفق العضوي O عن الأفق العضوي المعدني A1 ووجود طبقة OH العضوية (Toutain, 1987).

3- طبقة الصخرة الأم:

هي كنسية كتيمة قاسية للمقسمين، الشكل (1)، تتكشف أحياناً في المقسم الأول على السطح.

4- تحديد بعض الخواص الفيزيائية والكيميائية الهامة للتربة الحراجية في الموقع:

اقتصرَت الدراسة على الأفق العضوي (O) والأفق العضوي المعدني (A1) فقط لكلا المقسمين.

4-1- التحليل الميكانيكي للتربة:

ما يفيدنا في دراسة قوام التربة الحراجية هو حجم الجزيئات ونسبة تواجدها في التربة والتي تعطي فكرة عن التهوية وجريان الماء وتغلغلها داخل التربة. فحجم جزيئات التربة مرتبط بطبيعة الدبال وآلية وسرعة تحلله، كما يرتبط أيضا في كمية ونوعية النشاط الحيوي (Karroum, 2005).

4-1-1- تغيير قوام التربة نحو الأسفل باتجاه العمق:

يبين الجدول (1)، بأن قوام التربة في المقسم الأول متوازن في حجم جزيئاته ما بين الرمل والسلت والطين مع سيادة طفيفة لجزيئات الطين. أما المقسم الثاني فتسود الجزيئات الرملية.

جدول 1. التحليل الميكانيكي لتربة الموقع.

التحليل الميكانيكي %			المصدر		التحليل الميكانيكي %			المصدر	
رمل	سلت	طين	الأفق	المقسم	رمل	سلت	طين	الأفق	المقسم
44	26	30	O	الثاني	30	32	38	OL-OF	الأول
52	16	32	A1		34	28	38	A1	

4-1-2- تغيير قوام التربة أفقيا عبر الزمن:

تربة المقسم الأول (3 سنوات) تبين أن الأفق العضوي O منذ بداية نشأته متوازن ميكانيكيا مع سيادة طفيفة لجزيئات الطين في حين تسود الجزيئات الرملية ذات الحجم الأكبر بعد مرور 30 عام (المقسم الثاني)، (شكل 2). وهذا الانتقال من الجزيئات الناعمة إلى الجزيئات الأكبر حجما يكون أوضح عندما نرصد حركته خلال الثلاثين عام في الأفق العضوي المعدني A1.

4-2- تحديد أهم الخواص الكيميائية المعدنية والعضوية لتربة الموقع الحراجية:

4-2-1- دراسة حموضة التربة (pH): تظهر النتائج أن التربة قاعدية ومقاربة في المقسمين وعلى طول المقطع،

الشكل (3).

لكنها تأخذ منحى حركي واضح، رغم تغيراتها الطفيفة (pH ما بين 7,8 و 8,4)، فلو نظرنا لحركتها بعد ثلاثين سنة فنجد أنها تتخفف بشكل قليل مع مرور الزمن سواء كانت في الآفاق العضوية أو الآفاق المعدنية.

في حين أن حركة درجة الحموضة تختلف نحو العمق، حيث أن pH تكون قريبة في كلا المقسمين من 8 ضمن الآفاق العضوية وما أن تتجه نحو الآفاق العضوية المعدنية حتى تصبح 8,4 في تربة المقسم الحديث النشوء (3 سنوات) لوقوعها أحيانا قرب الصخرة الأم الكلسية أو متوضعة عليها، في حين تقترب من 7,5 في تربة المقسم ذو عمر 30 عام.

4-2-2- دراسة الناقلية الكهربائية (EC):

الناقلية الكهربائية في الآفاق العضوية لتربة المقسم الحديث النشوء (3 سنوات) تكون 0,15 ميليومز/سم، وبعد ثلاثين عام من زراعة الصنوبر البروتي تتضاعف هذه الناقلية وتصل إلى 0,36 ميليومز/سم. في حين أنها تبقى تقريباً متقاربة في الآفاق العضوية المعدنية بغض النظر عن الزمن حيث تراوحت من 0,13 إلى 0,16 ميليومز/سم (شكل 4).

أما لو تتبعنا حركية الناقلية الكهربائية من سطح التربة ممثلة بالآفاق العضوية وباتجاه الأسفل وصولاً إلى الآفاق العضوية المعدنية، فنجد بأنها لم تتغير في المقسم الحديث النشوء لعدم وجود كمية كافية من المادة العضوية المتساقطة والواصلة لسطح التربة، فهي تراوحت ما بين 0,13 إلى 0,15 ميليومز/سم.

أما بعد مرور 30 عام على زراعة الصنوبر البروتي (المقسم الثاني) فنجد أنها تبدأ في الآفاق العضوية السطحية 0,36 ميليومز/سم لتتخفف إلى النصف في الآفاق العضوية المعدنية 0,16 ميليومز/سم، وهذا يدل على دور تحلل وتمعدن المادة العضوية في زيادة الناقلية الكهربائية.

4-2-3- دراسة العناصر المعدنية:

في تربة المقسم الحديث النشوء (3 سنوات)، نجد أن الكاتيونات القاعدية المتبادلة Ca^{++} و Mg^{++} و K^+ و Na^+ ، الجدول (2)، لا تبدي اختلاف في كميتها ما بين الأفق العضوي والأفق العضوي المعدني وذلك لقلة المادة العضوية، باستثناء عنصر البوتاسيوم حيث تضاعفت كميته إما لسهولة انخساله (Karroum, 1997) أو لاستخدامه في الاستقلاب البكتيري.

أما عناصر الأزوت والفسفور فكميتهم قليلة على طول قطاع التربة. حيث لا تتعدى كمية الأزوت 1 مغ/ 100 غ من التربة لضعف كمية المادة العضوية ولعدم اكتمال دورة الأزوت. أما الفوسفور فكميته قليلة مع وجود زيادة طفيفة نسبياً في الأفق العضوي وذلك بسبب وجود بعض بقايا النباتات العشبية على سطح التربة.

جدول 2. دراسة أهم العناصر المعدنية لتربة الموقع.

مغ/ 100 غم تربة		كاتيونات قاعدية مغ/ 100 غم تربة				المصدر	
P	N	Na ⁺	K ⁺	Mg ⁺⁺	Ca ⁺⁺	الأفاق	المقسم
3.7	0.5	253.0	34.0	39.6	220.4	O	الأول
2.6	0.9	253.0	18.8	39.6	220.4	A1	
4.1	1.5	378.4	51.8	317.3	661.2	O	الثاني
4.1	0.6	253.0	25.9	79.3	264.4	A1	

في حين أن تربة المقسم المتقدم بالعمر (30 عام) كانت فيه كمية الكاتيونات القاعدية المتبادلة Mg^{++} و Ca^{++} و K^+ و Na^+ ، تتناقص مع العمق، الجدول (2)، حيث أن كمية العناصر في الأفق العضوي مقارنة مع الأفق العضوي المعدني تبين أن كمية الكالسيوم أكبر بثلاثة أضعاف والمغنيزيوم أكبر بأربعة أضعاف والبوتاسيوم أكبر بضعفين كذلك الصوديوم أكبر بضعفين. وهذا يبين أهمية الدورة البيوجيوكيميائية في رفع خصوبة الغابة من خلال تمعدن Mineralization المادة العضوية وتحرير العناصر المعدنية، من دون نسيان العناصر الآتية من تحلل الصخرة الأم وفلذاتها Decomposition. ومما يؤكد ذلك أيضاً هو أن كمية الأزوت بالأفق العضوي أكبر بثلاث مرات عما هو موجود بالأفق العضوي المعدني، خاصة إذا علمنا بأن مصدر الأزوت في التربة الحراجية يكون 99,9% من مصدر عضوي. في الوقت الذي لم تتغير فيه كمية الفوسفور على طول قطاع التربة.

وتبين ديناميكية العناصر المعدنية خلال الزمن، منذ زراعة الصنوبر ولغاية 30 عام، بأنه في الأفق العضوي (O) زادت كمية العناصر المعدنية كلها وبدرجات متفاوتة لتصل إلى ثلاث أضعاف للكالسيوم وحتى 8 أضعاف للمغنيزيوم.

أما الأفق العضوي المعدني (A1)، فقد زادت كمية العناصر المعدنية ولكن بدرجة أقل من الأفق الأعلى (أفق O). مع الإشارة إلى أن كمية الصوديوم بقيت ثابتة، في حين أن كمية الأزوت انخفضت إلى الثلث.

في تربة المقسم الحديث (3 سنوات)، كانت نسبة المادة العضوية لا تتجاوز 5%، الجدول (3)، مع عدم وجود فرق كبير ما بين الأفق العضوي والأفق العضوي المعدني وذلك بسبب غياب الأفق العضوي الحقيقي الناتج عن صغر عمر الأشجار وبالتالي عدم تزويد التربة بكمية كافية من المادة العضوية الآتية من تساقط المجموع الخصري كالأوراق والبراعم والثمار والأغصان ... الخ، فأغلب هذه المادة العضوية آتية من بقايا النباتات العشبية المتواجدة بالمقسم.

وللأسباب نفسها نجد بأن مجموع الكاتيونات القاعدية المتبادلة الناتجة أساساً من تمعدن المادة العضوية، لا تبدي أي فروقات واضحة بين الأفق العضوي والأفق العضوي المعدني. فقد كان مجموع الكاتيونات القاعدية المتبادلة شبه ثابت والمقدر بحوالي 550 مغ/ 100 غ تربة.

أما تربة المقسم المتقدم بالعمر (30 عام)، فكانت نسبة المادة العضوية العائدة للأفق العضوي المعدني حوالي 5%. ولم نستطيع معرفة كمية المادة العضوية بالأفق العضوي بدقة وذلك لتجاوزها 25% وغياب التقنية اللازمة في المخابر التي أجريت فيها التحاليل.

أما مجموع الكاتيونات القاعدية المتبادلة فقد انخفضت كميتها إلى أكثر من النصف ما بين الأفق العضوي (1409 مغ/ 100 غ تربة) والأفق العضوي المعدني (623 مغ/ 100 غ تربة).

جدول (3) دراسة كمية المادة العضوية والكاتيونات القاعدية لتربة الموقع، حيث (-) أكبر من 25%.

المصدر	%	مغ/ 100 غ تربة
المقسم	MO	مجموع الكاتيونات القاعدية المتبادلة
الأول	4.4	547.0
A1	4.0	531.8
الثاني	-	1408.6
A1	4.9	622.6

وتبين ديناميكية تطور المادة العضوية والكاتيونات القاعدية المتبادلة خلال الزمن منذ زراعة الصنوبر ولغاية

30 عام، بأنه في الأفق العضوي (O) زادت كمية المادة العضوية 5 أضعاف وكمية الكاتيونات القاعدية المتبادلة 3 أضعاف.

أما في الأفق العضوي المعدني (A1) فلم تظهر سوى زيادة طفيفة في كمية المادة العضوية وفي كمية الكاتيونات القاعدية المتبادلة.

المناقشة

المقسم الأول (3 سنوات)، الأشجار فتية والمجموع الخضري لتيجانها صغير، فهناك مساحات كبيرة سمحت بالتهوية الجيدة وسمحت للأشعة الشمسية باختراقها والوصول بشدة إلى سطح التربة مما أدى إلى رفع درجة حرارتها. مجمل هذه العوامل ساهم بانتشار الأنواع الشجرية والعشبية وزيادة نسبة تغطيتها لسطح التربة لاسيما وأن معدل الهطول فيها حوالي 400 مم/ السنة.

يضاف إلى ذلك بأن قلة حجم المجموع الجذري العائد لأشجار الصنوبر الفتية والتي لم تتجاوز عمر الثلاث سنوات، قلل من المنافسة على الماء والغذاء المتاحة للأنواع النباتية المرافقة مما أدى بدوره إلى زيادة انتشار هذه الأنواع المرافقة وبسط تغطيتها على الأرض.

احتل نبات البلان حوالي 70% من إجمالي التغطية العائدة للأنواع النبات المرافقة الموجودة بالمقسم والمترافق مع الزعتر البري والعيصلان والجعدة وأذن الدب واللهيب. وربما يعود سبب سيطرة البلان وانتشاره الواسع إلى كونه يمتلك أوراق شوكية تقلل من نتح النبات للماء لاسيما في فصل الصيف الجاف. خاصة وأن المقسم بتكوينه يشكل مناخ موضعي Micro-climate ضعيف الرطوبة الجوية النسبية الناتج عن قلة كثافة المجموع الخضري العائدة لأشجار الصنوبر الفتية في المقسم.

إضافة لما سبق فإن زيادة كمية الأشعة الشمسية الواصلة لسطح التربة ورفع درجة حرارتها ساهمت بزيادة النشاط الحيوي داخل التربة وبالتالي زيادة سرعة تحلل المادة العضوية فيها. هذه السرعة في التحلل ازدادت أيضا كون المادة العضوية الموجودة أساسا في تربة هذا المقسم آتية من مصادر متنوعة عديدة كأشجار الصنوبر والأنواع النباتية الكثيرة والغزيرة المرافقة، وهذا ما ساهم بدوره في تفعيل النشاط الحيوي داخل التربة وزيادة كفاءة تحلل المادة العضوية فيها. وهذا بمجمله أدى إلى وجود دبال من نوع المول Mull الذي يمتاز بنشاطه الحيوي الكبير وبالتالي لم يكن هناك فصل واضح ما بين الأفق العضوي (O) والأفق العضوي المعدني (A1). وهذا ما توصل إليه أيضا كروم (Karroum 2004) عند دراسة التربة الحراجية لأشجار الزان.

في حين أن مقطع التربة كان غير متطور وقليل التمايز، نتيجة حداثة المقسم وصغر عمر الأشجار فيه. فالأفق العضوي مؤلف من طبقة واحدة OL-OF، مشكلة لفرشة الغابة، قليلة السماكة (3 سم) ومؤلفة أساسا من جذور النباتات العشبية والمخلفات الخضرية القليلة التي سقطت على سطح التربة. يليها الأفق العضوي المعدني A1 (12 سم)، والذي بدوره يتوضع على صخرة أم كلسية كتيمية.

إن هذا الدبال ذو النشاط الحيوي المرتفع والذي هو من نوع المول مساعد على زيادة تمعدن Mineralization وتبدل Humification المادة العضوية، فقلت كميتها ولم تتجاوز 5% على طول قطاع التربة. كذلك كان شأن الناقلية الكهربائية EC، حيث كانت متشابهة على طول المقطع (0,15 ميليوموز/سم). التربة قلوية وأظهرت توازنا في حجم جزئياتها مع سيادة طفيفة لصالح جزئيات الطين الناعمة.

أما في المقسم الثاني (30 عام)، فعمر الأشجار المتقدم أدى إلى زيادة كثافة المجموع الخضري لتيجان الأشجار والذي أدى بدوره إلى ضعف كمية الأشعة الشمسية الواصلة لسطح التربة، وترافق ذلك بانخفاض درجة الحرارة نسبيا مقارنة مع المقسم الأول (مناخ موضعي Micro-climate).

فهذه العوامل، إضافة إلى زيادة التظليل على سطح التربة، والتغطية الغزيرة لها بأوراق الصنوبر، ومنافسة جذور أشجار الصنوبر المعمرة والكبيرة على الماء والغذاء، أدت إلى قلة التغطية النباتية الشجيرية والعشبية المرافقة لأشجار الصنوبر والتي لم تتجاوز 10% ممثلة بنبات البلان واللهيب وبعض النجيليات.

فالتظليل وانخفاض درجة الحرارة نسبيا" أدت بدورها إلى تقليل النشاط الحيوي داخل التربة وإعطاء دبال من نوع المودير Moder المتميز بضعف نشاطه الحيوي مقارنة مع الدبال من نوع المول Mull.

أما الأفق العضوي لتربة هذا المقسم فيتألف من ثلاث طبقات OL, OF و OH، حيث شاهدنا أيضا الانفصال الواضح ما بين الأفق العضوي (2,5 سم) والأفق العضوي المعدني (15 سم)، من خلال وجود طبقة OH المميزة للدبال من نوع المودير، وهذا مطابق لما توصل له توتان (Toutain 1981).

فديناميكية الدبال عبر الزمن وبعد مرور ثلاثين عام على زراعة الصنوبر البروتي، أظهرت تحول الدبال من المول إلى المودير والذي ترافق بتحول التربة من مائلة للقلوية إلى شبه معتدلة، وذلك نتيجة ضعف النشاط الحيوي الخاص بالدبال من نوع المودير والذي بدوره قلل تمعدن المادة العضوية وإعطاء العناصر المعدنية لا سيما الكاتيونات القاعدية المؤثرة على درجة حموضة التربة. ونتيجة أيضا" قلة الكاتيونات القاعدية الموجودة أساسا بأوراق

الصنوبر الواصلة لسطح التربة مقارنة بتلك الآتية من النباتات العشبية الغزيرة والموجودة في المقسم الأول. كذلك زادت الناقلية الكهربائية EC إلى الضعف في الأفق العضوي، مع ارتفاع إجمالي الكاتيونات القاعدية المتبادلة. فالأفق العضوي للمقسم الثاني أظهر ازديادا في كمية الكالسيوم بحوالي ثلاثة أضعاف وكذلك شأن المغنيزيوم فقد زاد حوالي أربعة أضعاف والبوتاسيوم والصوديوم فقد زادوا بمقدار ضعفين.

أما قوام التربة، فبعد مرور 30 عام سادت فيه الجزيئات الأكبر حجما" نتيجة مفرزات تحلل المادة العضوية الناتجة عن أشجار الصنوبر والحاوية على مركبات راتنجية معقدة صعبة التحلل أدت إلى تجمع حبيبات التربة، ونتيجة كون هذه المركبات الراتنجية تحتوي على مثبتات حيوية بكتيرية قللت من النشاط الحيوي وتحلل المادة العضوية وتجزئتها نسبيا (علي، 2005).

أما الدورة البيوجيوكيميائية ودورة الأزوت، فقد أخذت تتشكل وتتوضح بشكل أفضل بعد مرور 30 عام من تشكل النظام البيئي الجديد لأشجار لصنوبر البروتي. فرفعت خصوبة التربة وزادت كمية الأزوت في الأفق العضوي ثلاثة أضعاف ما هو موجود في الأفق العضوي المعدني.

من الضروري الإشارة إلى أن الدبال المدروس من نوع المودير والمتكون في تربة قلووية والناشئ أساسا" تحت تأثير البحر الأبيض المتوسط، يختلف عن ذلك الأوروبي الناشئ تحت المناخ المعتدل والمتكون في تربة حامضية. وقد يعود السبب إلى ارتفاع درجات الحرارة خلال السنة مما ساعد على تحلل المادة العضوية وتمعدنها بسرعة وبالتالي ساهم في ارتفاع درجة pH، كما أن معدلات الهطول الضعيفة إلى المتوسطة (400 مم) لم تستطيع غسل الكاتيونات القاعدية نحو الأسفل، كما هو الحال في أوروبا. ومما يزيد قلووية التربة أيضا" هو طبيعة الصخرة الأم الكلسية الناشئة عليها.

الخلاصة

بالرغم من نشوء دبال من نوع المودير ابتداء" من الدبال من نوع المول الأكثر نشاط من الناحية الحيوية، إلا أن تشكل واكتمال الدورة البيوجيوكيميائية بعد ثلاثين عام من زراعة الصنوبر البروتي ساعد في رفع خصوبة التربة وزيادة كمية العناصر المعدنية اللازمة لإنتاج الكتلة الحية.

لذلك ينصح باعتماد التشجير في الصنوبر البروتي في سورية، إذا أردنا الحصول على سرعة نمو الأشجار بغية المحافظة على التربة والانجراف وتحقيق التوازن البيئي، وذلك في معدلات هطول سنوية تقارب 400 مم

والمترافقة مع ارتفاع متوسط درجات الحرارة لاسيما في فصل الصيف وبوجود تربة حمراء متوسطة ناشئة على صخرة أم كلسية قاسية.

وهنا لا بد لنا من التنويه بأنه بالرغم من تشكل واكتمال الدورة البيوجيوكيميائية بعد ثلاثين عام من الزراعة في الصنوبر البروتي ورفع خصوبة التربة وزيادة كمية العناصر المعدنية فيها، إلا أنه في الترب الحمراء المتوسطة (تيراروسا) غالبا ما يتشكل ترسبات كلسية جافة على سطح التربة لاسيما في فصل الصيف الحار والطويل مما يؤدي إلى إضعاف أنثاش وإنبات بذور الصنوبر والذي بدوره يؤدي إلى ضعف تجدد الغابة بشكل طبيعي عبر الزمن. لذلك ننصح بعد اكتمال الدورة البيوجيوكيميائية وتحقيق الهدف المبتغى من زراعة الصنوبر السريع النمو، محاولة إدخال نوع من عريضات الأوراق ويفضل وفق ظروف موقع الدراسة اعتماد إدخال السنديان العادي رغم كونه بطيء النمو، وذلك لأن جذوره وتدية ومتعمقة وقوية الاختراق تستطيع أن تكسر تلك الطبقة الرقيقة من الكلس الجاف في فصل الصيف الحار ولأن السنديان العادي يستطيع التكاثر بشكل خضري عن طريق الخلفات وبالتالي يستطيع تأمين التجدد الطبيعي للغابة عبر الزمن ولأن السنديان العادي هو ابن المنطقة على مر العصور السابقة.

التوصية:

النتائج المتحصل عليها تبين ضرورة أن تركز الدراسات المستقبلية في هذا الموقع على دراسة الدبال من نوع المودير والمنتشل تحت تأثير مناخ البحر الأبيض المتوسط، والمتباين في بعض صفاته عن ذلك الناشئ في المناطق المعتدلة الأوروبية. وذلك من خلال تحديد C/N وتحديد كمية ونوعية النشاط الحيوي عبر دراستها بالمجهر الإلكتروني (Karroum et al., 2005). كذلك دراسة نوعية المادة العضوية والمركبات البيوكيميائية الناتجة عنها (Karroum, 2002) وأثرها على ثبات التربة واستمراريتها.

كذلك يفضل أن تركز الدراسات المستقبلية على مقارنة الدبال وخصوبة التربة واكتمال الدورة البيوجيوكيميائية للموقع المدروس المزروع بالصنوبر البروتي، بموقع شبيهه بمواصفاته المختلفة مع الموقع الحالي ولكنه مزروع بالسنديان العادي.

المراجع باللغة العربية

علي، م. (2005). علم التربة الحراجية. كلية الزراعة، جامعة تشرين، 337 صفحة.

نحال، إ. (1982). الصنوبر البروتي وغاباته في سوريا وبلاد شرق المتوسط. كلية الزراعة، جامعة حلب،

نحال، إ.، رحمة، أ. & شلبي، ن. (1996). الحراج والمشاتل الحراجية، منشورات جامعة حلب، 600.

المراجع باللغة الأجنبية

AFES (1992). Référentiel pédologique. Principaux sols d'Europe. INRA Ed., 222p.

Archambault, L., Delisle, C & Larocque, G. (2009). Forest regeneration 50 years following partial cutting in mixedwood ecosystems of southern Quebec, *Canada. Forest Ecology and Management* **257**, 703–711

Braun-Blanquet, J. (1965). Plant sociology. The study of plant communities. Hafner, London.

Delarue, F., Cornu, F. Daroussin, J., Sallvador-Blanes, S., Bourenane, H., Alberic, P., Vennink, A., Bruand, A. & King, D. (2009). 3D representation of soil distribution: An approach for understanding pedogenesis. *C.R. Geoscience*, 341, 486-494.

Duchaufour, P. (2001). Introduction à la science du sol (sol, végétation, environnement). 6^{eme} édition de l'abrégé de pédologie: 331 .

Jabiol, B. (2000). Evolution de la diversité et du fonctionnement des humus au cours d'une révolution forestière en futaie régulière de hêtres. Site-atelier de la forêt de Fougères (I. & V.). Rapport de synthèse. Convention de recherche ECOFOR, **97**, 43.

Karroum, M. (1997). La qualité de l'eau gravitaire du sol au cours d'épisodes pluvieux..INRA de Nancy: 41 p + annexes.

Karroum, M. (2002). Devenir des biopolymères (lignine et polysaccharides) et constitution d'humus (mull/modre) dans une chronoséquence de hêtre (*Fagus sylvatica*), en forêt de Fougères (France). Thèse de l'Université d'Orléans, 121.

Karroum, M., Guillet, B., Lottier, N. & Disnar, J.R. (2004). Importance et destin des biopolymères (lignines et polysaccharides) dans les sols d'une chronoséquence de hêtraies (*Fagus sylvatica*), en forêt de Fougères (France). *Annals of Forest Science*, 61(3), 221-233.

Karroum, M., Guillet, B., Laggoun-Defarge, F., Disnar, J.R., Lottier, N., Villemin, G. & Toutain, F. (2005). Morphological evolution of beech litter (*Fagus sylvatica* L.) and biopolymer transformation (lignin, polysaccharides) in a mull and a moder, under temperate climate (Fougères forest, Brittany, France). *Can J. Soil Sci.*, 85, 405-416.

Lebret, M. (2002). Les humus forestiers en hêtraie de plaine: analyse des facteurs de l'évolution au cours d'une chronoséquence. Thèse de l'Université de Rennes.

Malkh, B. (2001). Evolution des descripteurs morphologique et des propriétés du bois en fonction des paramètres de la croissance chez *Pinus halepensis* Mill et *Pinus brutia* Ten: Etude sur un dispositif de comparaison de provenances âgé de 21 ans. Thèse de l'Ecole Nationale du Génie Rural, des Eaux et des Forêts. Centre de Montpellier, 207 p + annexes.

Marques, R. (1996). Dynamique du fonctionnement minéral d'une plantation de Douglas (*Pseudotsuga menwiesii* (Mirb) Franco) dans les monts de Beaujolais (France). Thèse de l'Ecole nationale du génie rural, des eaux et des forêts. 240p.

Ranger, J., Colin-Belgrand, M. & Nys, C. (1995). Le cycle biogéochimique des éléments majeurs dans les écosystèmes forestiers. Importance dans le fonctionnement des sols. Etude et Gestion des Sols, 2(2), 119 - 134.

Rouiller, J., Guillet, B. & Bruckert, S. (1980). Cations acides échangeables et acidités de surface: approche analytique et incidences pédogénétiques. Science Du Sol, 2, 161-175.

RPF (1990). Référence Pédologie Français.

Teller, A., Mathy, P. & Jeffers, J.N.R. (1992). Responses of forest ecosystems to environmental changes. Commission of European Communities / Elsevier applied science, 1009 .

Toutain, F. (1981). Les humus forestiers structures et modes de fonctionnement. Revue Forestière Française, 449-477.

Toutain, F. (1987). Les litières: siège de systèmes interactifs et moteur de ces interactions. Rev. Ecol. Biol. Sol, 24 (3), 231-242.

Vallet, P., Meredieu, C., Seynave, I., Belouard, T. & Dhotec, J.F. (2009). Species substitution for carbon storage: Sessile oak versus Corsican pine in France as a case study. Forest Ecology and Management, 257, 1314–1323.

Forest Soil evolution during 30 years under Calabrian Pine (*Pinus brutia* Ten.) canopy at Kortec Forest (Syria).

Michel Karroum

Department of Renewable Natural Resources and Ecology, Faculty of agriculture, University of Aleppo

Abstract

Kortec forest is located to the north of Aleppo province (Syria), at 400 m above sea level. The annual precipitation is 400 mm and the average maximum temperature is 32°C and the minimum temperature is - 5°C. Mother rock is impermeable limestone which is topped with a red Mediterranean soil (Terra-rosa). The aim of this study was to study the soil development (evolution) under Calabrian Pine (*Pinus brutia*) canopy. In order to study the forest soil as part of an integrated ecosystem, two plots of Calabrian Pine plantation, with the same climate conditions, terrain, and mother rock, were identified. The first plot is three years old and the second is 30 years old. The young plot was rich in herbal diversity (95-100%) with a clear dominance of the Thorny Burnet (*Poterium spinosum*). Humus was of type mull consisting of an organic horizon OL-OF above a mineral organic horizon A1 (12 cm). The soil of this plot was characterised with a poor content of organic matter (5%) and a weak Alkaline exchanged cations. pH ranged from 8 to 8.4, and the electrical conductivity EC was 0.14 ml.m./cm. The mature plot had a poor herbal diversity (10%). Humus was of type moder consisting of an organic horizon OL-OF and OH above the mineral organic horizon A1 (15 cm). The content of mineral elements in the soil at this mature plot was higher than that of the young plot with a pH from 7.8 to 8 and electrical conductivity EC of 0.36 ml.m./ cm. The development (evolution) of the soil after almost thirty years has made the soil more fertile and led to an increase in the contents of both organic matter and mineral elements and thus decreased the pH of the soil despite the change of the humus type from mull to moder which is known to be of a reduced biological activity. Hence, planting Calabrian Pine has led to activating the biogeochemical cycle, which has increased the amount of nutrients needed for biomass production.

Keywords: Forest soil, humus, organic matter, forest ecosystem, Calabrian Pine.

قائمة الأشكال

الشكل (1) التغطية النباتية وأهم الأنواع النباتية الموجودة (صورة 1 و2) ومقطع التربة و الآفاق المشكلة له (صورة 3 و4) و الصخرة الأم (صورة 5 و6).

الشكل 2. التحليل الميكانيكي لتربة الموقع:

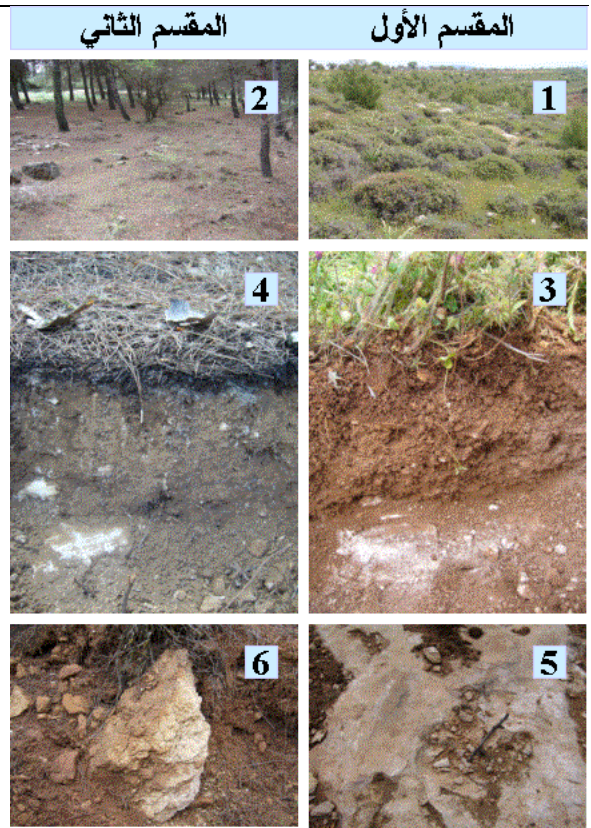
(1) O الأفق العضوي للمقسم الأول، (2) O الأفق العضوي للمقسم الثاني، (1) A1 الأفق العضوي المعدني للمقسم الأول، A1 (2) الأفق العضوي المعدني للمقسم الثاني.

الشكل 3. حركة حموضة التربة pH عبر الزمن وبتجاه العمق:

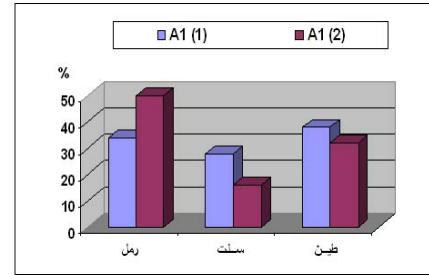
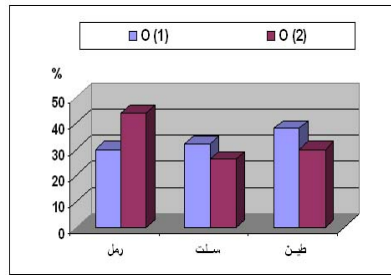
(1) O الأفق العضوي للمقسم الأول، (2) O الأفق العضوي للمقسم الثاني، (1) A1 الأفق العضوي المعدني للمقسم الأول، A1 (2) الأفق العضوي المعدني للمقسم الثاني.

الشكل 4. حركة الناقلية الكهربائية EC عبر الزمن وبتجاه العمق:

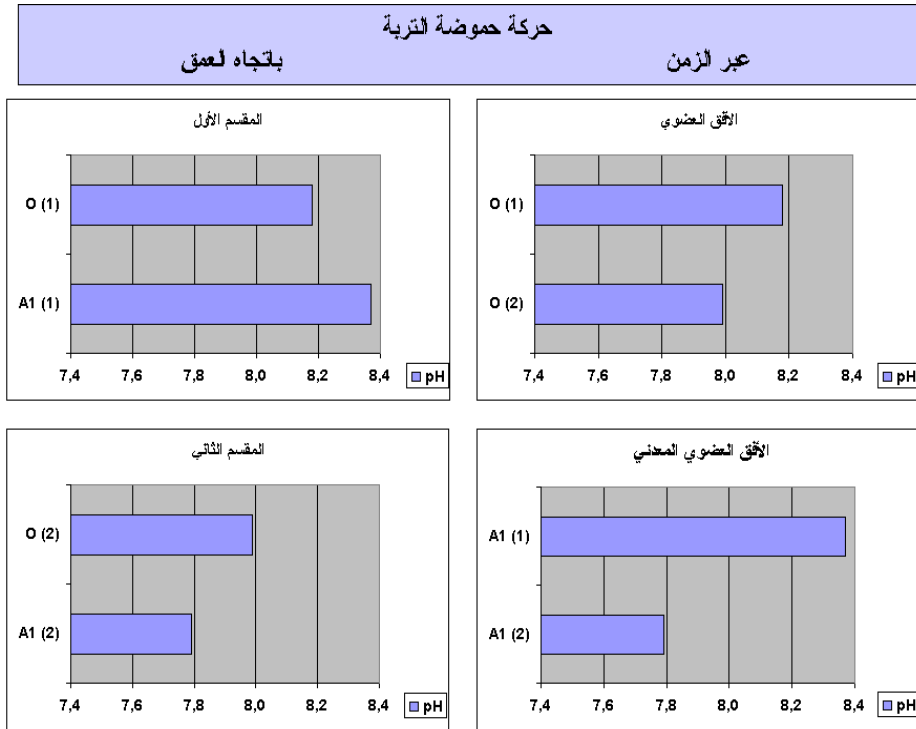
(1) O الأفق العضوي للمقسم الأول، (2) O الأفق العضوي للمقسم الثاني، (1) A1 الأفق العضوي المعدني للمقسم الأول، A1 (2) الأفق العضوي المعدني للمقسم الثاني.



Uncorrected

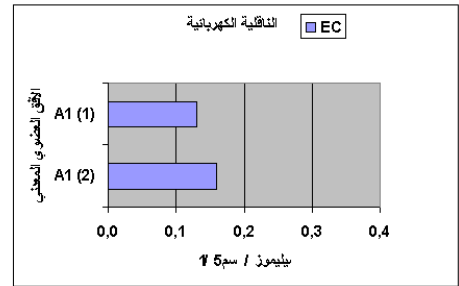
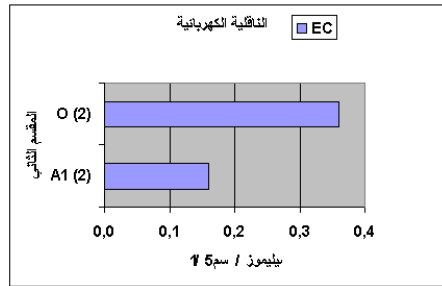
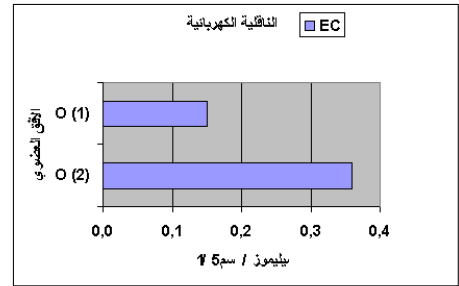
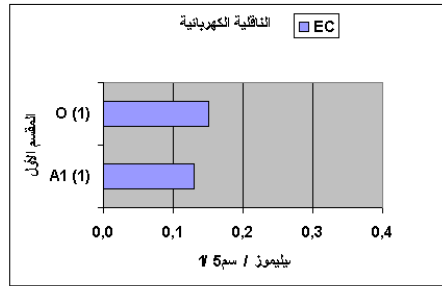


Uncorrected Proof



Uncorrected

حركة لناقلية الكهربية
 باتجاه لعمق عبر الزمن



Uncorrected Proof