ديناميكية العناصر الغذائية الكبري خلال تحلل الأوراق الإبرية البنية لأشجار الصنوبر الحلبي (*Pinus halepensis* Mill) في منطقة الجبل الأخضر/ ليبيا

حورية سعد محمد
قسم صحة المجتمع، المعهد العالي للعلوم والتقنية ، شحات ، ليبيا

فرج بدر عبد الكريم
قسم النبات، كلية الآداب والعلوم، جامعة بنغازي، توكره، ليبيا

ميكائيل يوسف الفيتوري
قسم التربة والمياه، كلية الزراعة، جامعة عمر المختار، البيضاء، ليبيا

للمراسلة
horia.mohamed@istc.edu.ly

مجلة السلفيوم للعلوم والتقنية
SILPHIUM Journal of Science & Technology (SJST)

SJST Vol.07 No.01 2025 (33-48)

www.j.istc.edu.ly
Received 08/10/2024 Revised 04/12/2024 Published online 24/01/2025

ديناميكية العناصر الغذائية الكبري خلال تحلل الأوراق الإبرية البنية لأشجار الصنوبر الحلبي (*Pinus halepensis* Mill) في منطقة الجبل الأخضر/ ليبيا

حورية سعد محمد [1*] فرج بدر عبد الكريم [2] وميكائيل يوسف الفيتوري[3]
[1] قسم صحة المجتمع، المعهد العالي للعلوم والتقنية، شحات، ليبيا
[2] قسم النبات، كلية الآداب والعلوم، جامعة بنغازي، توكره، ليبيا
[3]قسم التربة والمياه، كلية الزراعة، جامعة عمر المختار، البيضاء، ليبيا
*horia.mohamed@istc.edu.ly

الملخص

كان هدف هذه الدراسة تتبع التغيرات (الديناميكية) التي تحدث للنتروجين (N) و الفسفور (P) و البوتاسيوم (K) خلال مراحل تحلل الأوراق الإبريــة البنية المتساقطة (Brown needle litter) لأشجــار الصنوبـر الحلبــي (*Pinus halepensis* Mill) النامي في منطقة الجبل الأخضر– ليبيا، و لتحقيق هذا الهدف تمّ إتباع تقنيــة الأكيـــــاس (Litter bag technique) في ثلاث مواقع ترتفع عن مستوى سطح البحر بمقدار 800 و 600 و 400 مترا (م800؛ غابة سيدي الحمري، م600؛ غابة عين الحفرة، م400؛ المصحة "المنصورة") وبدأت التجربة في فصل الخريف و استمرت إلى فصل الربيع .

وتشير نتائج هذه الدراسة والتى كانت في اتجاه دراسات سابقة وأكدت على تلك الدراسات ، فقد لوحظ في الأيام الاولى من عملية التحلل حدوث عملية غسيل (Leaching) للمغذيات الكبار N و P وK المقدرة في هذا البحث و تبعها مرحلة تراكم (Accumulation)، وان التركيزات الأولية (Initial concentrations) لهذه المغذيات اثرت في كمية التركيزات المفقودة والمتراكمة في مخلفات الصنوبر الحلبي، واثرت خصوبة الموقع أيضا في نوعية الأوراق الإبرية البنية المتساقطة واستجابتها للتحلل اختلف باختلاف الموقع الذي تم فيه التحضين، كما تبين أيضا ان هذه البقايا تعتبر مخزنا مهما للنيتروجين والفسفور والبوتاسيوم. لذا يجب المحافظة على هذه الطبقة من البقايا المتساقطة لأشجار الغابات والتي تعتبر مخزناً للمغذيات ومحدد للنمو في تلك الغابات واستدامتها.

الكلمات المفتاحية: الصنوبر الحلبي، الجبل الأخضر، ليبيا، النيتروجين، الفسفور، البوتاسيوم، الأوراق الإبرية البنية المتساقطة.

Macro- Nutrient Dynamics during the decomposition of brown needle litter of Aleppo pine (*Pinus halepensis* Mill.) in AlGabal AlAkhdar Eco-region-Libya.

Horia saad Mohamed[1*], Faraj Bader Abdel Karim[2] & Mikaeel Youssef Al Faituri[3]
[1]Community Health Department, Higher institute of Science and Technology, shahat, Libya
[2]Plant Department of the Faculty of Arts and Sciences, University of Benghazi ,Tokra ,Libya
[3]Department of Soil and Water, College of Agriculture, Omar Al- Mukhtar University Al-Bayda, Libya
*Corresponding Author: horia.mohamed@istc.edu.ly

Abstract

The aim of this study was to track the changes (dynamics) that occur in nitrogen (N), phosphorus (P)and potassium (K) during stages of decomposition of fallen brown needle litter of Aleppo pine trees (Pinus halepensis Mill) growing in the Green Mountain region – Libya. To achieve this goal ,the Aki technique was followed(bag technique in three locations 800, 600,

and 400 meters above sea level,(800) Sidi El Hamri Forest, (600) Ain Al- Hofrah, (400) Mansoura Sanatorium) and the experiment began in the fall and continued until the spring the results of this study, which were in the direction of previous studies and confirmed those studies, indicate that in the first of days of the process, decomposition is the occurrence of a leaching process for the macronutrients N, P and K estimated in this research, followed by an accumulation stage, (Accumulation) and that the initial concentration of these nutrients affected the amount of lost concentrations and accumulated in the Aleppo pine residues, and the fertility of the site also affected the quality of the fallen brown needle leaves and their response , the rate of decomposition varied depending on the location where the fortification was carried out ,it was shown that these remains are an important store of nitrogen and phosphorus, potassium, therefore, this layer of fallen remains of forest tree must be preserved, which is considered a storehouse of nutrients and determinant of growth in those forests and their sustainability.

Keywords: Aleppo pine, AlGabal Alakhdar, Libya , Nitrogen, Phosphorus, Potassium, brown needle litter.

المقدمة

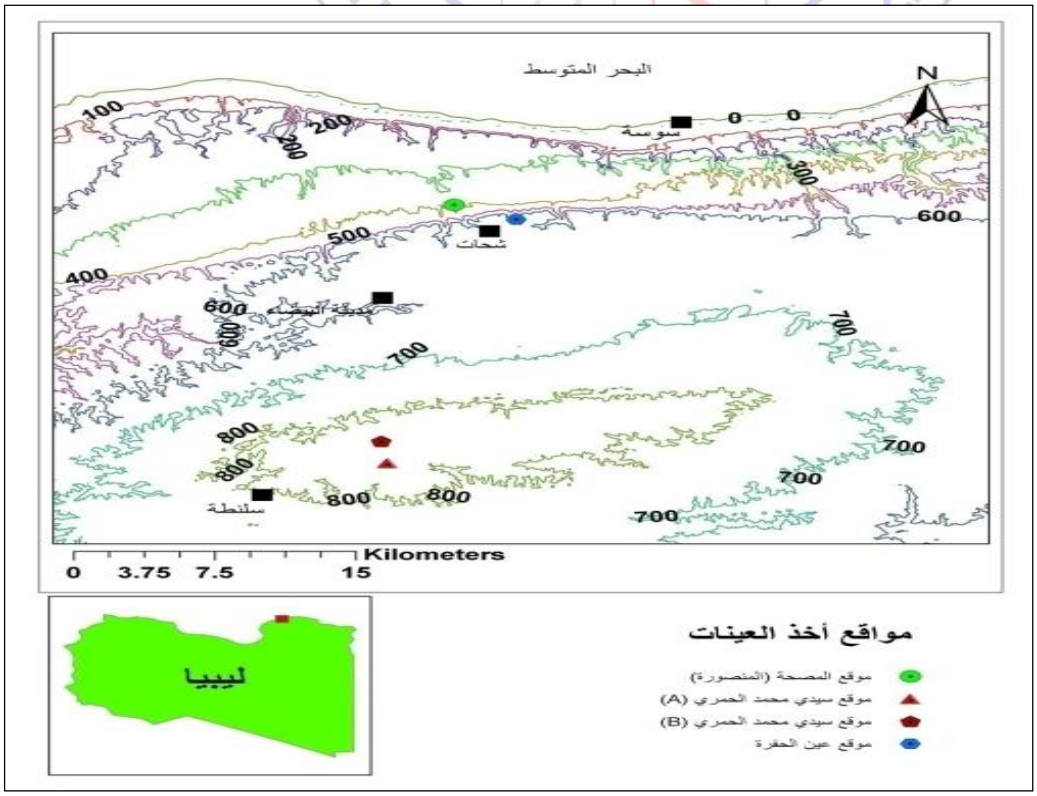
من المعروف إن الصنوبر الحلبي *Pinups halepensis* Millهي أشجار دائمة الخضرة تنمو طبيعيا في المنطقة الشمالية الشرقية في الجبل الأخضر و قد أدخلت في حملات التشجير كمصدات رياح في العديد من مناطق الجبل الأخضر، و تعتبر الآن جزءا مهما من الغطاء النباتي (التقرير الدوري الثاني، UNESCO-2003 ;Selkhozprom Export, 1980) .(FAO ,1963 ; Lehouerou par H. N. ,1984)، و التي تدعم أشكالا من الغطاء النباتي، فمناخ البحر المتوسط يتميز بشتاء رطب و بارد و فترة صيف حارة جافة و ان التغير في ظروف الحرارة و الرطوبة له أهمية في النشاط الحيوي تحت مثل هذه الظروف .(Howard PJA and Howard DM ,1974 ;Quézel,p ,1977) فهي تؤثر على العديد من العمليات الكيموحيوية في النظم البيئية فنمو النبات وامتصاص المغذي و عملية تدوير المغذي نتوقع أنها تكون نشطة في فصل الخريف و فصل الربيـــــــع في مناخ البحر المتوســـــــــط حيث تكون الترب رطبة ودافئـــــــــــة;Faituri, 2002) .Breg et al., 1995b) حيث ان الفصل في الحرارة الدافئة و ظروف الرطوبة يمكن أن يؤثر أيضا و يحد من معدلات تحلل البقايا النباتية ويطيل من مدة الاحتفاظ بالمغذيات الأساسية للنبات في البقايا المتساقطة و يقلل انطلاق ثاني أكسيد الكربون و يمكن أن يخفّض إنتاجية النظام البيئي، وهذا التأثير يمكن أن يكون أكثر شدة في الأنظمة البيئية التي تكون المخلفات المتساقطة فقيرة و تحتوى على تركيزات مرتفعة من المواد المقاومة للتحلل (بسبب طبيعتها الوراثية) مثال على ذلك غابات الصنوبر Pine Forest Systems، إن نوعية البقايا المتساقطة من هذه الغابات يمكن أن تنخفض أثناء نمو وتطور الغابة (Berg and Laskowski,2006) .و ان هذه العملية اقترحت كتوضيح و تفسير ممكن لانخفاض معدلات التحلل في مثل هذه الغابات بشكل عام، و كذلك بطء انطلاق وتدوير المغذيات (Fogel R. and Cromack K JR , 1977; Lousier, D. J. and D. Parkinson ,1978; Hart and Fireston ,1992 ;Gallardo, 1995; Berg , 200x; Berg, B and C, McClaugherty,2003)..ان هذا قد يكون ايجابيا من حجز الكربون لفترة أطول من ان ينطلق إلى الغلاف الجوي و ما يصاحبه من تفاقم مشكلة الاحتباس الحراري (Global warming)، و لكن هذا يترتب على ه احتجاز المغذيات أيضا و التي تحتاجها أحياء التربة (Berg and McLaugherty, 2003)) . إن وجود المادة العضوية في ترب المناطق الجافة يكون بكميات قليلة و هذا مشابه لوضع الماء في مثل هذه المناطق، فتكون خصوبتها منخفضة، إضافة إلى بطء معدل تحلل بقايا النباتات لعدم نشاط الكائنات الحية الدقيقة، كما ان قلة الماء تخفض من معدلات عملية الغسيل ومن ثم فانه لا يتم فقد المواد العضوية من قطاع التربة و لو تم نقل لهذه المواد فسيكون محصورا في المواد القابلة للذوبان في الماء، وبالرغم من ذلك فان للمادة العضوية وظيفة أساسية في الأنظمة البيئية، (Swift, et al., Anderson, 1979; Aber and Melillo, 2001; Berg and McClaugherty, 2003; Cadish. and Giller, 1997) فمحتوى الترب من المادة العضوية يؤثر في قدرتها على التزويد بالمغذيات (Mengel and Kirkby, 1982)) وتخزين الماء وتخزين الكربون و الطاقة اللازمة لنمو الكائنات المحللة (Decomposers) ومن ثمّ المساهمة في خفض انطلاق بعض الغازات ذات العلاقة بالاحتباس الحراري مثل ثاني أكسيد الكربون (Aber and Melillo, 2001)، إضافة لدورها في حماية التربة من التدهور وزيادة الإنتاجية، ويعتبر الغطاء النباتي (Vegetation) و ما ينتج عنه من مخلفات سواء كانت أجزاء نباتية متساقطة أو بقايا نباتات ميتة مصدرا هاما ورئيسا لتزويد التربة بالمادة العضوية (Paul,1984;Waring and Schlesinger, 1985; الكسندر، مارتن ، 1982)، فعملية تحلل (Degradation) هذه البقايا والمخلفات تعتبر مفتاح في عملية انطلاق الكربون والطاقة والمغذيات في مختلف الأنظمة البيئية (Schlesinger and Andrews, 2000; Schlesinger, 1977;Reichle *et al*., 1973; Minderman, 1968). وعملية التدوير أو الدورة الغذائية (Nutrient Cycle) والتي تصاحب عملية التحلل هي أيضا من بين الوظائف والعمليات التي لها دور جوهري في تنظيم أنشطة و نمو أنظمة الغابات (Melillo et al., 1989; McClaugherty et al., 1985; Odum , 1969) .فدراسة هذه العملية في نظم الغابات توضح ديناميكية هذه الأنظمة

والتي تشمل الاحتياجات الغذائية و معدلات تحولات المغذيات و فقدها بفعل عملية الغسيل و إضافتها من خلال عملية التجوية وعملية التثبيت من الغلاف الجوي (Berg and Tamm, 1994; Berg and Staaf, 1981;Aber and Milello,2001 .حيث ان عملية التحلل هي نتيجة لتداخل عمليات فيزيائية و كيموحيوية تحدث خارج و داخل الكائنات القائمة بعملية التحلل كعمليات تكسير(Fragmentation) البقايا النباتية بفعل نشاط بعض حيوانات التربة (Soil Fauna) أو تحلل بعض المركبات بفعل بعض الأنزيمات التى تفرزها بعض الأحياء الدقيقة، فهذه العملية تبدأ بغسيل (Leaching Stage) المواد القابلة للذوبان في الماء (water-solubles) (Nykvist , 1963; Staaf and Berg , 1982; Ibrahima et al., 1995) و باستمرار عملية التحلل يحدث تراكم للمركبات الأكثر مقاومة للتحلل و التي تشتـــــــمل على اللجنين .(Lignin) . (Johansson, 1986; Laskowski et al, 1995a ; Laskowski et al, 1995b) بالإضافة إلى مواد أخرى والتي تختلف في تركيبها عن اللجنين أو ما يعرف حاليا بالبقايا غير القابلة للتحلل المائي Non- hydrolysable Residues (NHR) أي إنها لا تذوب خلال عملية الهضم بالحمض (Faituri 2002; Stevenson,1994;Berg ,1982; Berg 2000;Berg and Cortina 1995; Berg et al., 1982) و مع ذلك توجد قياسات قليلة لمعدلات تحلل مخلفات هذه الغابات تحت ظروف مناخ البحر المتوسط و يبدو أن هذا الأمر لم يتم التطّرق إليه في الجزء الجنوبي من حوض البحر الأبيض المتوسط رغم توافر دراسات كثيرة في مناطق أخرى. لذا فان هده الدراسة كان بهدف تتبع التغيرات (ديناميكية) في تركيزات النيتروجين و الفسفور و البوتاسيوم خلال عملية تحلل الأوراق البنية للصنوبر الحلبي النامي في منطقة الجبل الأخضر (مناخ البحر المتوسط)- ليبيا.

المواد وطرق العمل

وصف موقع الدراسة:

يقع الجبل الأخضر في المنطقة الشمالية من ليبيا حيث يمتد بين خطي عرض (30-33) وخطي طول (20-25) شرقا و تبلغ مساحة الجبل الأخضر حوالى5000 كم مربعاً. للجبل الأخضر يتضمن انحدارات شديدة مقسم إلى ثلاثة درجات الأول على ارتفاع 205-300 متراً و الثانية بين 450-600 متراً و الثالثة عند 800 متراً حيث توجد أعلى نقطة للجبل الأخضر بمنطقة سيدي الحمري (بن محمود,1995 , دراسة وتقييم الغطاء النباتي الطبيعي الجبل الأخضر,2003).و استنادا للموقع الجغرافي فان الموقع الفلكي لمنطقة الجبل الأخضر يمتد بين خطى طول 21.37^{0} شرقا و 21.51^{0} غربا وبين دائرتي عرض 32.52^{0} شمالا و 32.35^{0} جنوبا (بن محمود 1995 ,1963; UNESCO-FAO ,1984; Lèhouerou Selkhozprom Export, 1980; Quézel ,1977). أما المواقع الثلاثة التي استهدفت في هذا البحث فهي تقع على ارتفاع 400م، 600 م، 800م، مترا فوق مستوى ممثلة الارتفاعات المميزة للجبل الأخضر.

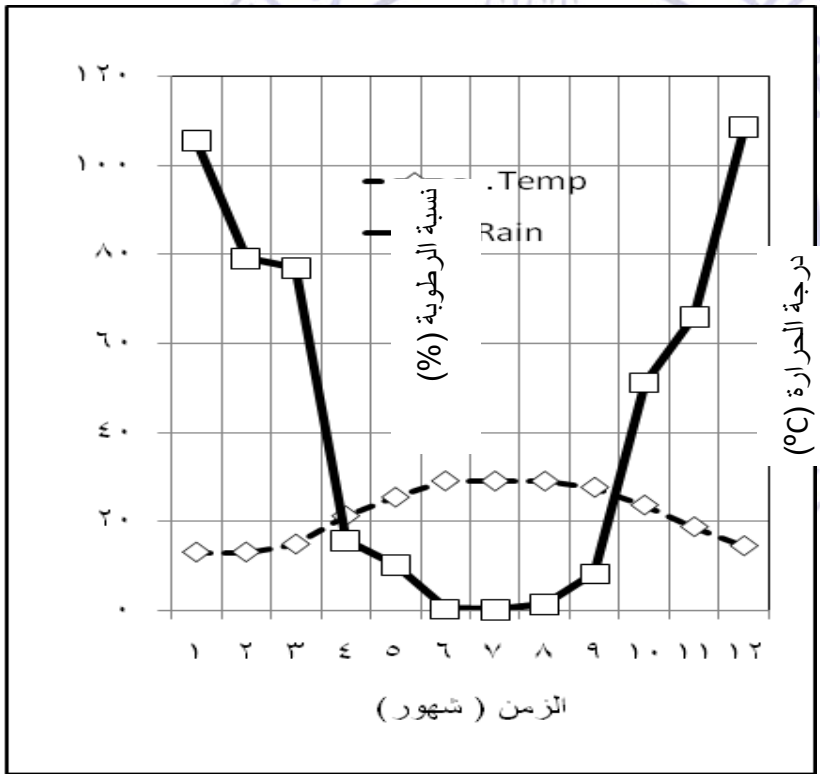


شكل (1) خريطة تمثل منطقة الدراسة والمواقع التي أجريت فيها التجارب (منشورات جامعة عمر المختار,2003).

المناخ :

يعتبر المناخ بجميع عناصره من حرارة ورطوبة نسبية و أمطار و رياح من أهم العوامل في تحديد نوعية (Quality) و مصير المخلفات النباتية و تحللها و ذلك من خلال دور المناخ في التأثير على نمو و كثافة الغطاء النباتي و نشاط الكائنات الحيّة في التربة وكذلك دوره في عمليات تكوين التربة مثل إضافة و فقد و غسيل و نقل المكونات العضوية و غير العضوية و التفاعلات الكيمائية و الحيوية الأخرى التي تحدث أثناء عملية التحلل (Decomposition) و التي تحدث للمخلفات النباتية أو لإفرازاتها التي تنطلق من المجموع الخضري أو الجذري خلال نموها، بالإضافة إلى تأثير المناخ على عملية تجوية (Weathering) المواد المعدنية في التربة (Aber and Melillo 2001; Scott *et al*. 1996; Stevwnsson1994; Swift et al. 1979).

ويتأثر المناخ بجملة من العوامل منها الجغرافيا؛ كالموقع ودورات الهواء ولعل أهم العوامل المناخية المؤثرة في عمليات تحلل المخلفات العضوية هي الحرارة والرطوبة والأمطار، ويتميز إقليم البحر المتوسط (الذي تقع ضمنه مواقع الدراسة) بصيف حار جاف وشتاء رطب معتدل البرودة، فمعدل سقوط الأمطار يتباين وفق الموقع النسبي والارتفاع عن سطح البحر



شكل (2) درجات الحرارة والأمطار في منطقة الدراسة (مأخوذة من محطة ارصاد شحات)، متوسط 20سنة.

يتميز مناخ الجبل الأخضر(شكل1) بموسم الأمطار الذي يبدأ من شهر أكتوبر إلى نهاية شهر أبريل و يكون أعلى معدل لسقوط الأمطار في شهر يناير و أقل معدل لسقوط الأمطار في شهر أبريل و أقصي متوسط لسقوط الأمطار (660 مل) في السنة, أما الحرارة فتتراوح في فصل الشتاء بين (6-16مْ) و في فصل الصيف تتراوح بين (14-28مْ) درجة مئوية حيث ترتفع الحرارة في شهر أبريل و تعود للانخفاض في شهر أكتوبر. (دراسة وتقييم الغطاء النباتي الجبل الأخضر , 2003)؛ Hubert 1964; Selkhozprom 1980; Lèhouerou 1984). أما الغطاء النباتي المنتشر بمنطقة الدراسة هي نباتات حولية وشجيرات وأشجار ذات الخضرة الدائمة مثل البطوم (*Pistacia lentiscus L.*) و الخروب (*Ceratonia siliqua*) و الشماري (*Arbutus pavarii*) و الصنوبر الحلبي (الاسم المحلى القلعز *Pinus halepensis* Mill)شجرة كبيرة الحجم، و أيضا خليط من نباتات طبيعية وأخرى قام الإنسان بتشجيرها (Plantation) ومن أهم النباتات المكونة للغطاء النباتي في منطقة نجد: السرو .(*Cupressus sempervirens L.*) شجرة مخروطية مستديمة الخضرة، الصنوبر الحلبي الزهيرة *Phlomis floccose D.Don*))شجيرة متقزمة معمره الشبرق (*Sarcopoterium spinosum L.*) شجيرة قصيرة معمرة شوكية، خرشوف (شوك الإبل)*Cynara cardunculus* نبات عشبي، النرجس *Dipcadi erythraeum*، الحارة

Brassica tournefortii، القرط *Trifolium resupinetum*، رجل العصفور (نوع آخر من الجلبان) *Lotus creticus*، جلبان *Vicia monatha*، شوك الحنش*Carduncellus eriocephalus*، بصل العنصل أو القنصل *Asphodelus marcocarpa*. (بن محمود, 1995 ; دراسة وتقييم الغطاء النباتي ، الجبل الأخضر ,2003; Hubert, 1964; Selkhozprom, 1980). تتميز ترب منطقة الدراسة بعدم التطور و الضحالة (Shallow) في اغلبها، بفعل تأثيرات عوامل و عمليات تكوين التربة ومختلطة مع بعض الأنواع، كما يمكن أنها متفاوتة الخصوبة (Lé Houerou, 1984; Hurbert, 1964؛بن محمود، 1996)، و من الترب الموجودة في الجبل الأخضر من رتبة ترب الحشائش أي الترب الجيرية الضحلة المعروفة باسم الرندزينا (Rendzina) والمصنفة حسب USDA (Rendolls)، و كذلك ترب الغابات ذات النظام الرطوبي المميز لمنطقة البحر المتوسط (Xeralfs)، و المعروف بالترب الحمراء (Terra Rossa) أو ترب البحر المتوسط الحمراء (Red Mediterranean Soils)، إضافة ترب (Xerets) و الترب الجبلية القرفية (Xerochrepts)، أي الترب قليلة التطور ذات الأفق الاوكريك، و افق التغيير (Cambic)، وذات النظام الرطوبى المميز لمنطقة البحر المتوسط (Selkhozprom Export, 1980).

جمع وتجهيز العينات:

تم جمع العينات خلال فترة تساقط الأوراق البنية الإبرية (Brown Needle Litter) وذلك بعمل مقطع من النايلون يوضع تحت أشجار الصنوبر الحلبي قبل فترة تساقط الأوراق وذلك لجمع كميات مناسبة من هذه الأوراق الإبرية، وبعد ذلك وضعت في أكياس بلاستيكية ونقلت إلى المعمل وأخذت منها عينة عشوائية لتقدير نسبة الرطوبة، و لإجراء هذه التجربة تم استخدام تقنية تعرف بـ (Litter bag) وفيها تم تجهيز أكياس قماش بأبعاد 10 × 10سم وبفتحات قطرها 1مليمتر (Berg and Laskowski, 2006; Faituri, 2002) مصنوعة من مادة تتحمل ظروف التحضين في الغابة، وبعد حساب المحتوى الرطوبى للأوراق الإبرية تم اخذ وزنة بمقدار0.7 جرام وضعت في كل كيس، و أغلق كل كيس بأحكام وذلك لضمان عدم خروج الأوراق الإبرية أثناء فترة التحضين وبعد ذلك تم تحديد قطاعات في مواقع الدراسة بإبعاد (20 × 20 مترا) داخل كل موقع (Stand) تم تقسيمه إلى مربعات فرعية Sub Plot (بأبعاد 1×1 متراً) وتم اختيار 20 مربعا عشوائيا. و وضعت 24 كيساً في كل مربع، حيث ثبتت الأكياس على طبقة الدبال (L-layer) تحت أشجار الصنوبر الحلبي في المواقع الثلاثة؛ م800 و م600 و م400، و تم جمع (15) كيس لعدة أشهر و تم تجفيفها في الفرن عند درجة حرارة 85º مئوية لمدة يوم و طحنها و تمريرها من منخل بفتحات قطرها 1ملم ثم حددت تركيزات كل من النيتروجين الكلي و الفسفور و البوتاسيوم عند كل فترة ؛ 4 و 8 و 12 و16 و20 أسبوعا إضافة إلى معاملة الشاهد "لم يتم تحضينها" (Berg and Laskowski, 2006; Faituri, 2002) .

هضم العينات

تمت عملية الهضم باستخدام حمض الكبريتيك المركز H_2SO_4 وفوق أكسيد الهيدروجين H_2O_2 كما ورد في (Chapman and Pratt, 1961)، وتم تقدير العينات وذلك بالطرق الآتية :

النيتروجين الكلى: قدر تركيز النيتروجين الكلي باستخدام طريقة نسلر (Nesslar) كما ورد في (Chapman and Pratt, 1961) باستخدام جهاز قياس الطيف (Spectrophotometer) عند طول موجي240 نانوميتر"nm" و عبر عن التركيز بـــ مجم/جم.

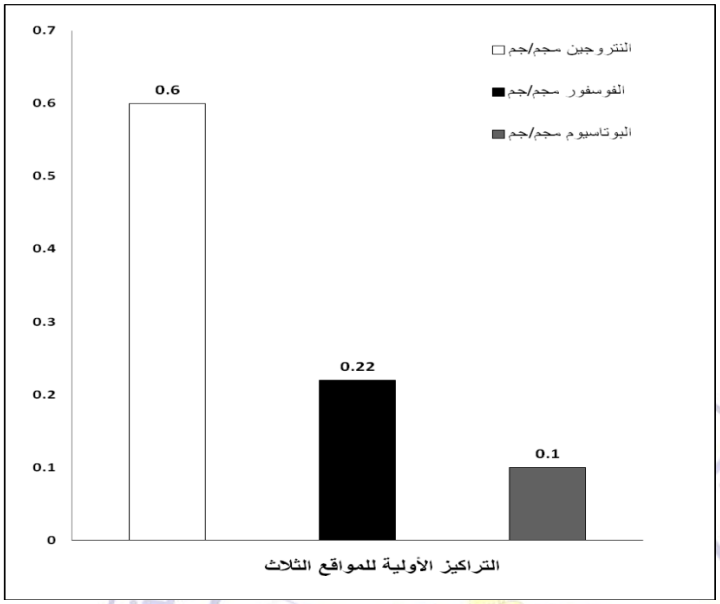
الفسفور: قدر تركيز الفسفور الكلي والذائب لونيا باستخدام طريقة دليل مخلوط الألوان وحمض الاسكوربيك (Black *et al.*, 1965) و استخدم جهاز قياس الطيف (Spectrophotometer) عند طول موجي 880 نانوميتر"nm" وعبر عن التركيز بـــ مجم/جم .

البوتاسيوم: تم تقدير تركيز أيون والبوتاسيوم الكلى في عينات النبات باستخدام جهاز الطيف اللهبى (Flame photometer) كما ورد في (Chapman and Pratt, 1961) وعبر عن التركيز بـــ مجم/جم.

النتائج

من خلال الشكل (3) وضح أن تركيزات (مجم/جم) العناصر كانت مختلفة لكل من نوعية Q1 و نوعية Q2، حيث كان تركيز النتروجين فيQ2 أكبر من Q1 بفارق 0.5 مجم/جم وعلى العكس حيث كان تركيز الفسفور Q1 أكبر من Q2 بفارق 0.25 مجم/جم ، أما بالنسبة لتركيز البوتاسيوم في Q1 فكان أقل من Q2 حيث كان الفرق بينهما 1.4 مجم/جم، و عند مقارنة تركيز النتروجين بالبوتاسيوم في العينتين نلاحظ أن تركيز النتروجين في العينة Q1 (3.7 مجم/جم) حيث كان تركيز البوتاسيوم حوالي 1.7 مجم/جم مقارنة بالعينة Q2 التي كان تركيز البوتاسيوم مرتفعا فيها بمقدار 3.1 مجم/جم و هذا راجع إلى اختلاف المواقع التي تمّ أخذ العينة منها، و يبدو ان تباين هذه النسب يعود الى اختلاف التركيزات الأولية (Initial concentrations) (Johansson, 1986; Berg and Laskowiski 2006;

Berg and McClaugherty, 2003; Berg and Staaf ,1981) للعناصر في الأوراق ولقد استعملنا هذه الاختلافات لكل من Q1 و Q2موزعة على المواقع الثلاث و ذلك لمعرفة تأثير هذا على ديناميكية النتروجين والفسفور و البوتاسيوم خلال عملية تحللها بعد تحضينها في مواقع الدراسة.



شكل (3) يوضح التركيزات الأولية "Initial concentrations" (مجم/جم) من الأوراق البنية الإبرية (Brown needle litters) قبل عملية التحضين في المواقع الثلاث

من خلال الجدول (1،2،3) نجد هناك ديناميكية واضحة في المواقع الثلاث للعينتين Q1 و Q2 على مدى فترة التجربة لتراكم تركيزات النتروجين و الفسفور و البوتاسيوم، حيث بين الجدول (1) بالنسبة للموقع م800 أن هناك اختلاف كبير في العينتين Q1 و Q2 مقارنا بالمواقع م600 و م400 و هذا راجع إلى خصائص الموقع، حيث كان أعلى تراكم تركيز النتروجين في العينةQ2 في الموقع م800 حوالي 28.7 مجم/جم مقارنة بالنوعية Q1 في نفس الموقع الذي كان تراكم النيتروجين بواقع 23.7 مجم /جم أي بفارق 5 مجم/جم. أما بالنسبة للموقع م600 حيث كان تراكم النتروجين في العينة Q2 بمقدار 26.7 مجم/جم و هو أعلى من العينة Q1 بفارق لم يتجاوز 0.7 مجم/جم،أما بالنسبة للموقع م400 حيث كان هناك ارتفاع قليل في تركيز للعينة Q1 حيث كان تقريبا 25.2 مجم /جم مقارنة بالعينة Q2 التي كان تركيزها 24.1 مجم / جم بفارق 1.1 مجم/جم. أما بالنسبة لتركيزات الفسفور فمن خلال الجدول (2) فان هناك اختلاف كبير بين العينتين Q1 و Q2 على مدى فترة التجربة، حيث سُجِّل أعلى تركيز في العينة Q1 مقارنة بالعينة Q2 للمواقع الثلاث، عند مقارنة العينتين في موقع م800 كان التركيز في النوعية Q1 حوالي 2.55 مجم/جم, أما بالنسبة للعينة Q2 فكان 1.61 مجم/جم أي بفارق 0.94 مجم/جم و هذا الفارق يختلف عن الموقعين م600 و م400 للعينتين حيث كان الفارق للعينتين للموقعين على التوالي 0.78 و 0.72 مجم / جم. أما بالنسبة الجدول (3) كان أعلى تراكم تركيز البوتاسيوم في العينة Q2 وهذا يختلف عن الموقعين م800 و م600 وتأثر الفسفور بزيادة استهلاك النتروجين وهذا يبين أثر المواقع على النيتروجين المتراكم في نهاية التجربة.

جدول (1) مجموع تركيزات (مجم/جم) النتروجين المتراكم في المواقع الثلاث خلال مراحل لتحلل الأوراق الابرية البنية للصنوبر الحلبي (*Pinus halepensis* Mill) النامي في منطقة الجبل الأخضر.

ارتفاع المواقع	النتروجين المتراكم (مجم/جم)
م800	**3.2**
م600	**3.5**
م400	**4**
المجموع	**10.7**
المتوسط	**3.56**
الانحراف المعياري	**0.40**

جدول (2) مجموع تركيزات (مجم/جم) الفسفور المتراكم في المواقع الثلاث خلال مراحل لتحلل الأوراق الابرية البنية للصنوبر الحلبي (*Pinus halepensis* Mill) النامي في منطقة الجبل الأخضر.

ارتفاع المواقع	الفوسفور المتراكم (مجم/جم)
800م	1.12
600م	1.2
400م	1.12
المجموع	3.44
المتوسط	1.15
الانحراف المعياري	0.05

جدول يوضح (3) يوضح مجموع تركيزات (مجم/جم) البوتاسيوم المتراكم في المواقع الثلاث خلال مراحل لتحلل الأوراق الابرية البنية للصنوبر الحلبي (*Pinus halepensis* Mill) النامي في منطقة الجبل الأخضر

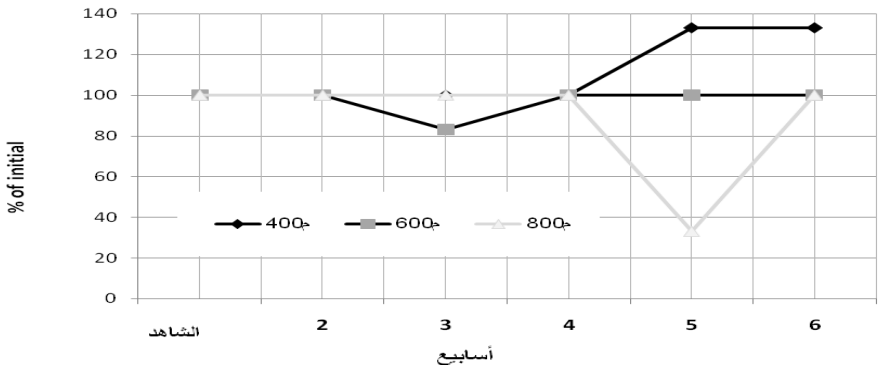
ارتفاع المواقع	البوتاسيوم المتراكم (مجم/جم)
800م	0.61
600م	1.07
400م	0.59
المجموع	2.27
المتوسط	0.75
الانحراف المعياري	0.3

المناقشة:

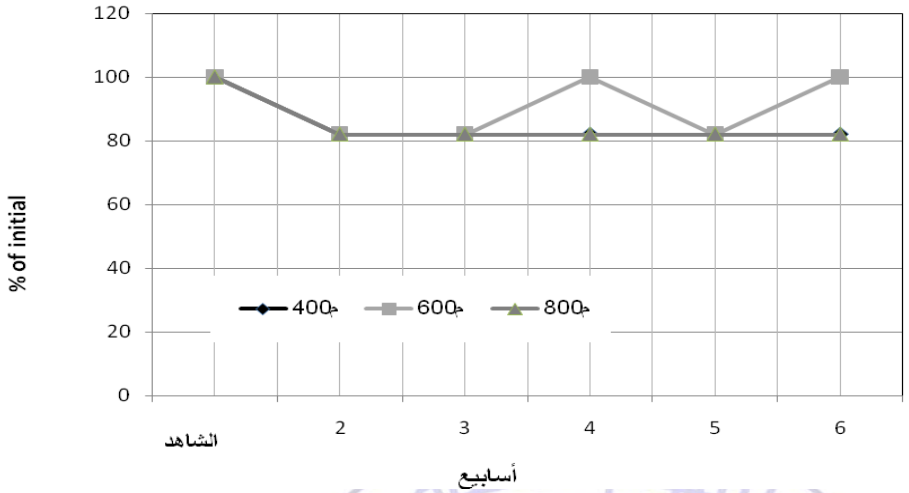
التركيز الأولي للمغذيات (N, P, K) في الشكل (3) و الجداول (1) و (2) و (3) يوضح مفهوم الديناميكية لهذه المغذيات و هي في الحقيقة مرتبطة بالمناخ، حيث أن النشاط الميكروبي في التربة (البقايا) يتأثر بالرطوبة و الحرارة (المناخ) من خلال التأثيرات على مستوى المناخ الدقيق (Microclimate)، وهذا التغير في نشاطات أحياء التربة يكون حسب الموسم، ففي فصل الربيع يحدث نشاط للمجتمع الحي في التربة (Soil flora and Fauna) و هذا قد انعكس بوضوح على تركيزات النتروجين و الفسفور زيادة ونقصانا و نلاحظ ان زيادة التركيز عن مستوى ال 100% من التركيز الأولي للمغذي تُعتبر عملية تراكم "Accumulation" بسبب تكاثر و نمو أحياء التربة التي تغزو تلك البقايا للحصول على المغذيات والطاقة، وان الهبوط عن هذا المستوى فهو يعني حدوث عملية معدنة "Mineralization" و ما يصاحبها من عملية انطلاق لثاني أكسيد الكربون و المغذيات و التي تكون مُيسرة للمجتمع الحي في التربة و قد يحدث لها عملية غسيل "Leaching" (Berg and Staaf ,1981; Aber and Melillo, 1982; Berg, 1986; Berg and Ekbhm ,1983; Cadish Giller,1997). ان عدم التغير في التركيز يعني عدم وجود نشاط حيوي بسبب عدم توافر ظروف مناخية تزيد من النمو ففي الشتاء تتوافر الرطوبة مع انخفاض في درجات الحرارة مما يعوق نشاط احياء التربة؛ وفي فصل الصيف يحصل نقص في رطوبة التربة بسبب ارتفاع درجات الحرارة وهذا أيضا يصاحبه انخفاض في نشاطات أحياء التربة، وهذا انعكس على ديناميكية هذه المغذيات خلال عملية تحلل الأوراق البنية للصنوبر الحلبي في المواقع الثلاثة (Faituri, 2002). لوحظ أن النوعين أحضرتا من موقعين مختلفين وهذا أن هنالك مجتمعاً حياً قاطنا في هذه النوعيات، وهذا جعلها ضمن المحللات. فمثلا جدول (2) قد نعزي عدم التغير في تركيز النتروجين المتراكم في النوعية Q2 الى أسباب متعلقة بالمجتمع القاطن في العينة وهذا المجتمع الحي يحتاج الى فترة ليتأقلم مع الظروف 800م .و يتضح هذا من خلال الشكل (4؛ أ،ب،ج) فعمليـــــــة التقييد"Immobilization" و عملية المعدنة"Mineralization" للنتروجين والفسفور و البوتاسيوم للعينتين Q1 و Q2 تحت ظروف المواقع الثلاثة. أما بالنسبة للشكل (4 أ) المتعلق بديناميكية العينة Q1 فقد كان هناك ارتفاع في النسبة المئوية بعد أسبوعين للمواقع الثلاثة، و لكن حدث اختلاف في النسب بعد أسبوعين آخرين من التحضين، فكان أعلى نسبة ارتفاع في الموقع م600، أما في الموقع م800 فكان هناك معدنة أي انخفاض تحت مستوى نسبة 100% من التركيز الأولي بقيمة قدرها 90% أي بفارق 10%بالنظر إلى شكل (4 ب) المتعلق بديناميكية النوعية Q2 فقد كان هناك عملية تمثيل و تراكم في فترة الـ 4 أسابيع تقريبا، أي حدوث انخفاض بحوالي10% بعد أسبوعين من التحضين ثم تلاها ارتفاع كما في فترة التحضين السابقة أي 10% وهذا حدث في المواقع الثلاث على التوالي، ولكن لوحظ ارتفاع في النسبة المئوية بواقع140% بعد 8 أسابيع، و لكن هذا الارتفاع حدث بعد 4 أسابيع من التحضين

أي حوالي 40% في المواقع الثلاثة، لكن مع اختلافات فبما بين المواقع؛ حيث لوحظ في الموقع م800 أعلى ارتفاع بنسبة 140%، أما بالنسبة للموقع م600 كان بمقدار 120%، في حين ان الموقع م400 كان هناك انخفاض في النسبة بسبب حدوث عملية الغسيل أي بنسبة أقل من 100% و بواقع مقداره 90% أي بانخفاض قدره 10% . أما بالنسبة للموقع م800 كان هناك زيادة (تراكما) بفارق 40% و م600 كان الفارق 20%. وهذا راجع إلى خصائص الموقع كما ذكرنا وكذلك العينة Q1 مقارنة بالعينة Q2. وان عملية المعدنة وعملية التمثيل نجدها واضحة في العينة Q1 للمواقع الثلاثة حيث حدث انخفاض وارتفاع في النسبة المئوية من فترة 2 أسبوع إلى الـ 20 أسبوعا. أما للشكل (2 ج ، د) لتركيزات الفسفور فكان هناك اختلاف في العينيتين Q1 و Q2 للمواقع الثلاث، حيث لوحظ أن هناك ارتفاع في تركيزات هذا المغذي في العينة Q2 للمواقع الثلاث بعد 2 أسبوع وهذا الارتفاع يقدر بحوالي 160% تقريبا أي بزيادة 60% وهذا يقابله انخفاض في العينة Q1إلى حوالي 50% و هذا ربما راجع إلى نوعية الورقة. ولكن لوحظ بعد فترة من 2 أسبوعا إلى 20 أسبوعا حدوث معدنة وتمثيل وغسيل لكلا العينتين :Q1 و Q2.حدث انخفاض ملحوظ في العينة Q1 في الموقع م800 وهذا راجع إلى عملية الغسيل ما يعني وجود صور ذائبة في الماء، وعند مقارنة هذا الانخفاض بالموقع م800 في العينة Q2 نلاحظ ارتفاع فوق النسبة المئوية بمقدار 20% وهذا التغير راجع الى خصائص الموقع وكذلك نوع العينة أما بالنسبة لتركيزات المئوية البوتاسيوم ،فكان هناك انخفاضا في المواقع الثلاث وهذا الانخفاض خلال الفترة من 2 أسبوع إلى 4 أسابيع من التحضين وهذا راجع إلى عملية الغسيل في المواقع الثلاث، وبعد ذلك لوحظ ارتفاع من فترة 8 أسابيع إلى 20 أسبوعا في المواقع الثلاث في العينة Q1 وهذا راجع إلى تراكم الميكروبات في العينة، ولكن مع اختلاف في المواقع أي أعلى نسبة تراكم كان في الموقع م400 وأقل موقع كان م600 وبعدها م800, أما بالنسبة للعينة Q2 فكان هناك ارتفاع بسيط بعد فترة 8 أسابيع إلى 20 أسبوعا، وهذا راجع إلى خصائص الموقع وكذلك لعمليات Immobilization و Mineralization. كان انخفاض تركيزات الفسفور في بقايا الأوراق البنية الإبرية المتحللة نتيجة مرحلة الغسيل (Leaching)، وكذلك عدم تراكم النتروجين وهذا يبين عدم حدوث نمو ميكروبي في هذه المرحلة رغم الفارق في النيتروجين الأولي والبوتاسيوم، وبالمقارنة نجد أن انخفاض تراكم الفسفور ترتب على النمو الميكروبي على بقايا النبات ووجود الفسفور بهذا المستوي (Q2) تبعه فقد للنيتروجين بالغسيل.

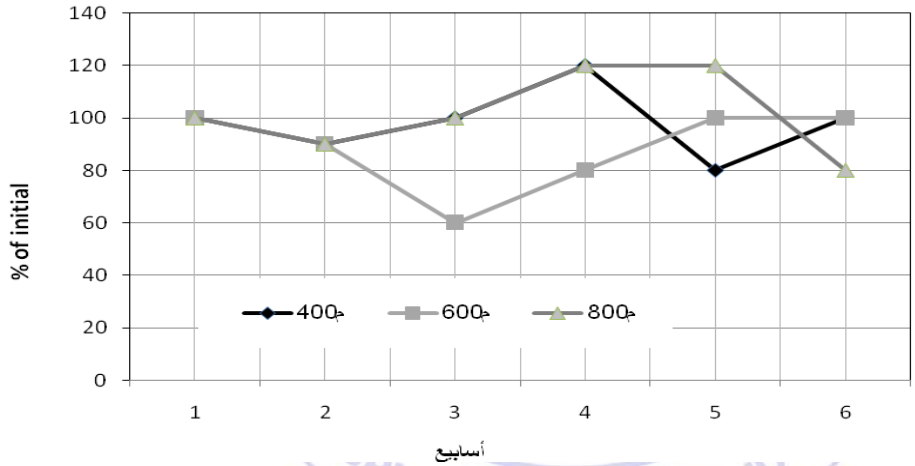
أ



ب



ج



شكل (4؛ أ، ب، ج) تقييد Immobilization و معدنة Mineralization النتروجين و الفسفور و البوتاسيوم في نوعيتين (Q1 و Q2؛ تختلف في التركيزات الأولية في النيتروجين و الفسفور و البوتاسيوم (جداول 1 و 2 و 3) من أوراق بنية لأشجار الصنوبر الحلبي عند فترات تحضين مختلفة للمواقع الثلاثة في منطقة الجبل الأخضر.

من خلال جدول (4) هناك ديناميكية (تغيرا مع الزمن) واضحة للنتروجين و الفسفور والبوتاسيوم للمواقع الثلاث، حيث نلاحظ أن هناك اختلاف في العينة Q1 و Q2 في تركيز النيتروجين حيث كانت 3.7 و 4.2 مجم /جم على التوالي في بداية التحضين، و أن التركيز يختلف من بداية فترة التحضين حتى نهاية فترة التحضين. فمن خلال الموقع م800 نلاحظ أن هناك انخفاض و زيادة في تركيز النتروجين في العينة Q1 و Q2 ، بعد 15 يوما من التحضين حيث كان هناك زيادة في العينة Q1 بمعدل 4.1 مجم/جم مقارنة بالعينة قبل فترة التحضين و التي كانت 3.7 مجم/جم ، أما بالنسبة للنوعية Q2 كان هناك انخفاض بسيط بمعدل 4 مجم/جم مقارنة بالعينة قبل فترة التحضين. ونلاحظ كذلك أن هناك زيادة في معدل تركيز النتروجين بعد 60 يوما من التحضين في النوعية Q2 والتـــــــــي كانت 6 مجم/جم أي بزيادة 1.8مجم/جم، حيث نلاحظ في نفس الفترة وللنوعية Q1 وصل تركيزها إلى 4.2 مجم /جم وهذه القيمة سُجّلت لنفس العينة Q2 في بداية فترة التحضين في نفس الموقع. و عند المقارنة بالموقعين م600 و م400 لوحظ زيادة و انخفاض في العينتين Q1 وQ2 على التوالي، و عند مقارنة المواقع م800 و م600 و م400 بعد 150 يوما من التحضين، فان الزيادة كانت للعينة Q2 بمقدار 5.8 و 5 و 4.5 مجم/جم على التوالي للمواقع الثلاث، أما العينة Q1 فكانت الزيادة في الموقع م600 بواقع 4.4 مجم /جم ، أما الموقع م400 فكان التركيز 4.8 مجم/جم .ونلاحظ كذلك أن العينة Q1 في الموقع م800 و بعد 150 يوما من التحضين كان تركيزه 3.7 مجم/جم و هو نفس مستوى التركيز قبل فترة التحضين; التركيز الأولي (Initial concentration). أما بالنسبة لتركيزات الفسفور نلاحظ تغير ملحوظ خلال فترة التحضين أي بمعني انخفاض وزيادة في تركيزات الفسفور للمواقع الثلاث في العينتين Q1 و Q2 . نلاحظ في الموقع م600 هناك زيادة كبيرة في العينة Q1 بعد 150 يوما من التحضين و هذه الزيادة في التركيز تقدر 0.17 مجم/جم ، وهذه الزيادة تختلف مقارنة بالموقعين الآخرين . و من خلال نسب تركيزات هذا المغذي في الموقع م800 لنفس العينة (Q1) و بعد فترة تحضين 150 يوما نجدها اختلفت عن الموقع م600 حيث كانت نسبة التركيز 0.3 مجم/جم أي حدث انخفاض، و كذلك حدثت نسبة انخفاض في الموقع م400 في نفس الفترة من التحضين بواقع 0.45 مجم /جم .أما بالنسبة لنسب التركيزات في العينة Q2 للمواقع الثلاثة كان هناك زيادة و انخفاض أيضا في نسب التركيزات على التوالي، و على العكس بالنسبة لتركيزات البوتاسيوم فقد كان هناك اختلافات بين المواقع الثلاثة على مدي فترة التجربة ، حيث لوحظ في الموقع م800 أن هناك انخفاض على مدى فترة التجربة وصل التركيز إلى 0.8 مجم/جم للنوعيتين Q1 و Q2 مقارنة ب بداية التجربة و التي كان تركيزها 1.7 مجم/جم و 3.1 مجم/جم على التوالي. و عند مقارنة هذه التركيزات بالموقعين الآخرين م600 و م400 نلاحظ نفس نسب التركيزات لكن بعد فترة 60 يوما من التحضين في العينتين Q1 و Q2 حيث كان التركيز 0.8 مجم/جم . و كذلك نلاحظ أن المواقع الثلاثة بعد فترة 60 يوما حيث وصل التركيز إلى 0.8 مجم/جم في العينتين Q1 و Q2 للمواقع الثلاث ، وهذا يعود إلى التشابه في خصائص الموقع. انه و من خلال التحليل الإحصائي للنتائج المتحصل على ها نجد أن عامل نوعية الأوراق و عامل الموقع (الارتفاع عن مستوى سطح البحر؛ يتضمن المناخ الدقيق و خصائص الموقع الحيوية و الكيميائية و الفيزيائية) كان لها تأثير عالي المعنوية ($LSD_{0.05}$) على تركيز النتروجين في الأوراق الأولي، و أن هناك فروق معنوية في تركيز النيتروجين بفعل فترات التحضين و عامل الموقع و نوعية الأوراق (Q2 و Q1). توجد اختلافات معنوية عالية (LSD, 5%) بين فترات التحضين للنوعية (Q1) وكذلك للنوعية (Q2) و كذلك بين المواقع الثلاثة. شوهدت نفس الاختلافات المعنوية في تركيزات الفسفور للنوعية (Q1) وكذلك للنوعية (Q2) عند مرحلة الثمانية أسابيع و الأسبوعين و هنا لم نشاهد أي اختلافات معنوية. وحدثت اختلافات معنوية بسبب تأثير الموقع بالنسبة للموقع م400 و لم نشهد أي اختلافات بين الموقع م600 و م800. سُجَّلت اختلافات معنوية في مقارنة معاملة الشاهد (لم يتم التحضين؛ عند الزمن صفر) و بقية فترات التحضين عدا فترة العشرين أسبوعاً و هذه الأخيرة سجلت اختلافات معنوية مع جميع فترات التحضين عدا فترة الأسبوعين. أما النوعية (Q2) فقد لوحظت اختلافات معنوية بين معاملة الشاهد وبقية فترات التحضين، و كذلك الحال بالنسبة لفترة الثمانية أسابيع. شوهد تأثير لعامل الموقع على النوعية (Q1) والتي أظهرت استجابة معنوية بين م400 و م800 و لم نجد اختلافات بينهما و بين م800. لوحظت اختلافات معنوية بالنسبة للنوعية (Q2) بين م400 وبقية المواقع و لم تسجل اختلافات بين م600 و م800. لاحظنا كذلك أن هناك تأثيرات معنوية للفترات الزمنية والنوعية على تركيزات الفسفور و لكن لم نشاهد أي اختلافات معنوية عند مقارنة فترتي التحضين الخامسة (12 أسبوعا) و السادسة (20 أسبوعا). و إن هناك فروقا معنوية ما بين محتوى الأوراق للنوعية Q1 من الفسفور فيما بين الارتفاع الثان و جميع الارتفاعات، في حين لا توجد أي اختلافات معنوية ما بين الارتفاع الأول و الثالث .و كذلك هناك فروق معنوية ما بين محتوي الأوراق Q2 من الفسفور فيما بين الفترات الزمنية المختلفة ما عدا الفترتين الثانية (أسبوعان) و السادسة (20 أسبوعا) فلا توجد بينهما أي اختلافات معنوية.و أن هناك فروقا معنوية ما بين محتوى أوراق النوعية Q2 من الفسفور في ما بين الارتفاعات المختلفة، وان لا توجد أي ارتباطات ما بين الأوراق في محتواها من النيتروجين و الفسفور. ولا توجد أي اختلافات معنوية ما بين المواقع المختلفة، فمن الواضح ان طبيعة مناخ البحر المتوسط (Mediterranean-type climate) ظهر تأثيرها على ديناميكية هذه المغذيات والفقد الكتلي (بيانات غير منشورة) وهذا يتفق مع دراسات شبيه.

لقد بينت الدراسات أن ديناميكية انطلاق المغذي من البقايا النباتية يكون لها أنماط تختلف بحسب المغذي حتى لنفس النوع من الأشجار (Berg, 1986; Blair, 1988a,b;; Rashid and Schaefer, 1988) و مع ذلك تكون أنماط تراكم و انطلاق مغذيات كالنيتروجين N و الفسفور P متشابهة في معظم الأحيان في معظم أنظمة الغابات سواء في المناطق الباردة أو الدافئة و بالتالي من الممكن توقعها فعلى سبيل المثال عندما يكون محتوى البقايا النباتية من النتروجين و الفسفور منخفضاً، فلوحظ ارتفاع في تركيز المغذي في المراحل المبكرة من عملية التحلل و بعد فترة من الزمن تحدث عملية انطلاق (Staaf

and Berg, 1982)، و جهة أخرى فان سلوك البوتاسيوم مثلا يتجه إلى الانطلاق منذ بداية عملية التحلل بسبب طبيعته و علاقته بالمكونات العضوية و من الراجح ان هناك تشابها لهذا المغذي مع المنجنيز (Mn) و الماغنيسيوم (Mg) و الكالسيوم (Ca) و لكن بأنماط مختلفة بسبب طبيعة كل منها (Berg and Staaf,1980; Baliarb,1988)، و من الظاهر أيضا فان المغذي الذي يكون محددا للنمو (Limittig Nutrient) يحدث له تراكما (Accumulation) في المراحل المبكرة للنمو في حين نجد ان المغذيات الموجود بتركيزات مرتفعة في البقايا المتساقطة يحدث لها عملية انطلاق (Berg,1982; Swift, 1979). و إجمالا، ان نتائج هذه الدراسة أكدت على نتائج لدراسات سابقة(Bocock, 1963; Staaf, 1982; Boone, 1994)، و عليه فان أساليب ادارة انظمة الغابات في تلك المناطق يمكن تطبيقها في المنطقة التي أجريت فيها هذه الدراسة بل يمكن نقل كل الخبرات في الدول المتقدمة في هذا المجال إلى مناطق مشابهة كالمناطق التي تميز بمناخ البحر المتوسط (Berg et al., 2001).

(جدول 4) تركيزات النيتروجين والفسفور و البوتاسيوم للأوراق الابرية البنية للصنوبر الحلبي (*Pinus halepensis* Mill.) عند عدة مراحل تحلل لثلاثة مواقع ترتفع عن مستوى سطح البحر ي 800 و 600 و 400 مترا في منطقة الجبل الأخضر/ ليبيا.

الزمن/ أسبوع	تركيز النتروجين (مجم / جم)			تركيز الفسفور (مجم / جم)			تركيز البوتاسيوم (مجم / جم)		
	800م	600م	400م	800م	600م	400م	800م	600م	**400م**
0	0.6	0.6	0.6	0.22	0.22	0.22	0.1	0.1	**0.1**
4	0.6	0.6	0.6	0.18	0.18	0.18	0.09	0.09	**0.09**
8	0.6	0.5	0.6	0.18	0.18	0.18	0.1	0.6	**0.1**
12	0.6	0.6	0.6	0.18	0.22	0.18	0.12	0.08	**0.12**
16	0.2	0.6	0.8	0.18	0.18	0.18	0.12	0.1	**0.08**
20	0.6	0.6	0.8	0.18	0.22	0.18	0.08	0.1	**0.1**
الوسط الحسابي	0.53	0.6	0.7	0.19	0.20	0.19	0.10	0.18	**0.10**
الوسيط	0.6	0.6	0.6	0.18	0.18	0.18	0.1	0.1	**0.1**
الأنحراف المعياري	0.18	0.04	0.1	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	**0.01**

شكر وتقدير
نشكر قسم التربة والمياه بكلية الزراعة جامعة عمر المختار لتقديم المساندة والدعم لإتمام هذا البحث.

قائمة المراجع:

أ- المراجع العربية

بن محمود، خالد رمضان (1995) ،الترب الليبية (تكوينها – تصنيفها- خواصها- إمكانيات زراعتها) منشورات الهيئة القومية للبحث العلمي، الطبعة الأولى .

دراسة وتقييم الغطاء النباتي الطبيعي الجبل الأخضر (2003)، التقرير الثاني ، الدراسات السابقة ، جامعة عمر المختار ـ البيضاء .

ب- المراجع الأجنبية المترجمة

الكسندر، مارتن (1982): مقدمة في ميكروبيولوجيا الأراضي (جامعة كورنيل:منشورات مؤسسة جون وايلى وأولاده، الطبعة الثانية.

References

1.Aber, J. D., & Melillo, J. M. (1982). Nitrogen immobilization in decaying hardwood leaf litter as a function of initial nitrogen and lignin content. *Canadian Journal of Botany, 60*, 2263-2269.
2.Aber, J. D., & Melillo, J. M. (2001). *Terrestrial ecosystems*. International Thomson Publishing.
3.Berg, B., & Staaf, H. (1980). Decomposition rate and chemical changes of Scots pine needle litter. II. Influence of chemical composition. *Ecological Bulletins (Stockholm), 32*, 363-372.
4.Berg, B., & Staaf, H. (1981). Leaching, accumulation and release of nitrogen in decomposing forest litter. *Ecological Bulletins (Stockholm), 33*, 163-178.
5.Berg, B., Hannus, K., Popoff, T., & Theander, O. (1982). Changes in organic-chemical components during decomposition. Long-term decomposition in a Scots pine forest I. *Canadian Journal of Botany, 60*, 1310-1319.
6.Berg, B., & Ekbohm, G. (1983). Nitrogen immobilization to decomposing needle litter at variable carbon-nitrogen ratios. *Ecology, 64*, 63-67.
7.Berg, B. (1986). Nutrient release from litter and humus in coniferous forest soils – a mini review. *Scandinavian Journal of Forest Research, 1*, 359-369.
8.Berg, B., & Tamm, C. O. (1994). Decomposition and nutrient dynamics of litter in long-term optimum nutrient experiments. *Scandinavian Journal of Forest Research, 6*, 305-321.
9.Berg, B., & Cortina, J. (1995). Nutrient dynamics in some decomposing leaf and needle litters in a Pinus sylvestris forest. *Scandinavian Journal of Forest Research, 10*, 11-11.

10. Berg, B. (2000). Litter decomposition and organic matter turnover in northern forest soils. *Forest Ecology and Management, 133*, 12-22.
11. Berg, B., & Meentemeyer, V. (2001). Litter fall in European pine and spruce forests as related to climate. *Scandinavian Journal of Forest Research, 31*, 292-301.
12. Berg, B., & McClaugherty, C. (2003). *Plant litter-decomposition, humus formation, carbon sequestration*. Springer Verlag.
13. Berg, B., & Laskowski, R. (2006). Litter decomposition: A guide to carbon and nutrient turnover. *Advances in Ecological Research, 38*. Elsevier.
14. Berg, B., Davey, M. P., de Marco, A., Emmett, B., Faituri, M., Hobbie, S. E., Johansson, M. B., Liu, C., McClaugherty, C., Norell, L., Rutigliano, F. A., Vesterdal, L., & Virzo De Santo, A. (2010). Factors influencing limit values for pine needle litter decomposition: A synthesis for boreal and temperate pine forest system. *Biogeochemistry, 100*, 57-73.
15. Berg, B., McClaugherty, C., Virzo De Santo, A., Johansson, M-B., & Ekbohm, G. (1995). Decomposition of forest litter and soil organic matter – a mechanism for soil organic matter buildup. *Scandinavian Journal of Forest Research, 10*, 108-119.
16. Black, C. A., Evans, D. D., White, J. L., Ensminger, L. E., & Clark, F. (1965). *Methods of soil analysis part (1) and part (2)*. American Society of Agronomy Inc.
17. Bocock, K. L. (1963). Changes in the amount of nitrogen in decomposing leaf litter of sessile oak (Q. petraea). *Journal of Ecology, 51*, 555-566.
18. Boone, R. D. (1994). Light fraction soil organic matter: Origin and contribution to net nitrogen mineralization. *Soil Biology and Biochemistry, 26*, 1159-1168.
19. Blair, J. M. (1988a). Nitrogen, sulphur and phosphorus dynamics in decomposing deciduous leaf litter in the southern Appalachians. *Soil Biology and Biochemistry, 20*, 693-701.
20. Blair, J. M. (1988b). Nutrient release from decomposing foliar litter of three tree species with special reference to calcium, magnesium and potassium dynamics. *Plant and Soil, 110*, 49-55.
21. Cadish, G., & Giller, K. E. (1997). *Driven by nature: Plant litter quality and decomposition*. CAB International.
22. Chapman, H., & Pratt, P. (1961). *Methods of analysis for soils, plants and waters*. University of California.
23. Faituri, M. Y. (2002). *Soil organic matter in Mediterranean and Scandinavian forest ecosystems and dynamics of nutrients and monomeric phenolic compounds* [Doctoral dissertation]. Silvestra 236.
24. Fogel, R., & Cromack, K., Jr. (1977). Effect of habitat and substrate quality on Douglas fir litter decomposition in western Oregon. *Canadian Journal of Botany, 55*, 1632-1640.
25. Gallardo, J. F., Santa Regina, I., Harrison, A. F., & Howard, D. M. (1995). Organic matter and nutrient dynamics in three ecosystems of the "Sierra de Bejar" mountains (Salamanca Province, Spain). *Acta Ecologica, 16*(4), 447-459.

26. Gosz, J. R. (1981). Nitrogen cycling in coniferous ecosystems. In F. E. Clark & T. Rosswall (Eds.), *Terrestrial nitrogen cycles, processes, ecosystem strategies, and management impacts. Ecological Bulletins (Stockholm), 33*, 405-426.
27. Hart, S. C., & Firestone, M. K. (1992). Decomposition and nutrient dynamics of ponderosa pine needles in a Mediterranean-type climate. *Canadian Journal of Forest Research, 22*, 306-314.
28. Howard, P. J. A., & Howard, D. M. (1974). Microbial decomposition of tree and shrub leaf litter. Weight loss and chemical composition of decomposing litter. *Oikos, 25*, 311-352.
29. Hubert, P. (1964). *The soils of Northern Cyrenaica. A soil survey report*. FAO, Libya Mission.
30. Ibrahima, A., Jefere, R., & Gillon, D. (1995). Changes in litter during the initial leaching phase. An experiment on the leaf litter of Mediterranean species. *Soil Biology and Biochemistry, 27*(7), 931-939.
31. Johansson, M. B. (1986). *Chemical composition and decomposition pattern of leaf litters from forest trees in Sweden with special reference to methodological aspects and site properties* [Doctoral dissertation]. Swedish University of Agricultural Sciences.
32. Laskowski, R., Berg, B., Johansson, M., & McClaugherty, C. (1995a). Release pattern for potassium from decomposing forest leaf litter. Long-term decomposition in a Scots pine forest. XI. *Canadian Journal of Botany, 73*(21), 2019-2027. https://doi.org/10.1139/b95-216
33. Laskowski, R., Nikliska, M., & Maryaski, M. (1995b). The dynamics of chemical elements in forest litter. *Ecology, 76*, 1393-1406.
34. Le Houerou, H. N. (1984). An outline of the bioclimatology of Libya. *Bulletin de la Société Botanique de France. Actualités Botaniques, 131*(2,3,4), 157-178.
35. Lousier, D. J., & Parkinson, D. (1978). Chemical element dynamics in decomposing leaf litter. *Canadian Journal of Botany, 56*, 2795-2812.
36. McClaugherty, C. A., Bastor, J., Aber, J. D., & Melillo, J. M. (1985). Forests litter decomposition in relation to soil nitrogen dynamics and litter quality. *Ecology, 66*, 266-275.
37. Mellillo, J. M., Aber, J., Linkens, A. E., Ricca, A., Fry, B., & Nadihoffer, K. (1989). Carbon and nitrogen dynamics along the decay continuum: Plant litter to soil organic matter. In M. Clarholm & L. Bergstrom (Eds.), *Ecology of arable lands* (pp. 53-62). Kluwer Academic Press.
38. Mengel, K., & Kirkby, E. A. (1982). *Principles of plant nutrition*. International Potash Institute.
39. Mindermann, G. (1968). Addition, decomposition, and accumulation of organic matter in forests. *Journal of Ecology, 56*, 355-362.

40. Nommik, H., & Vahtras, K. (1982). Retention and fixation of ammonium and ammonia in soils. In F. J. Stevenson (Ed.), *Nitrogen in agricultural soils* (pp. 123-161). Agronomy Society of America.
41. Nykvist, N. (1963). *Studies on leaching and decomposition of litter* [Doctoral dissertation]. University of Stockholm.
42. Odum, E. P. (1969). The strategy of ecosystem development. *Science, 164*, 262-270.
43. Olsen, S. R., Cole, C. V., Watanabe, F. S., & Dean, L. A. (1954). *Estimation of available phosphorus in soils by extraction with $NaHCO_3$* (USDA Circular 939). U.S. Government Printing Office.
44. Paul, E. (1984). Dynamics of organic matter in soils. *Plant and Soil, 76*, 275-285.
45. Quézel, P. (1977). Forests of Mediterranean basin. In *Mediterranean forests and maquis: Ecology, conservation and management*. UNESCO, MAB Technical Notes 2, 11-32.
46. Rashid, G. H., & Schaefer, R. (1988). Seasonal variation in the nitrogen mineralization and mineral nitrogen accumulation in two temperate forest soils. *Pedobiologia, 31*, 381-390.
47. Schlesinger, W. H. (1977). Carbon balance in terrestrial detritus. *Annual Review of Ecology and Systematics, 8*, 51-81.
48. Schlesinger, W. H., & Andrews, J. A. (2000). Soil respiration and the global carbon cycle. *Biogeochemistry, 48*, 7-20.
49. Scott, N. A., Cole, C. V., Elliott, E. T., & Huffman, S. A. (1996). Soil textural control on decomposition and soil organic matter dynamics. *Soil Science Society of American Journal, 60*, 1102-1109.
50. Staaf, H., & Berg, B. (1982). Accumulation and release of plant nutrients in decomposing Scots pine needle litter. Long-term decomposition in a Scots pine forest. II. *Canadian Journal of Botany, 60*, 1561-1568.
51. Selkhozprom Export Soil Ecological Expedition. (1980). *Soil studies in the western zone, the eastern zone, and the pasture zone of Libya*. Ministry of Agriculture, Reclamation and Land Development.
52. Stevenson, F. J. (1994). *Humus chemistry, genesis, composition, reactions* (2nd ed.). John Wiley and Sons.
53. Swift, M. J., Heal, O. W., & Anderson, J. M. (1979). *Decomposition in terrestrial ecosystems*. Blackwell Scientific Publications.
54. UNESCO-FAO. (1963). *Bioclimatic map of the Mediterranean zone; Ecological studies of Mediterranean zone*. UNESCO-FAO.
55. Wardle, D. A., Zachrisson, O., Homberg, G., & Gallet, C. (1997). The influence of island area on ecosystem properties. *Science, 277*, 1296-1299.
56. Waring, R. H., & Schlesinger, W. H. (1985). Decomposition and forest soil development. In *Forest ecosystems: Concepts and management* (pp. 181-210). Academic Press.