LJEEST
ISSN 2710-5237
www.srcest.org.ly/jou

المجلة الليبية لعلوم وتكنولوجيا البيئة

Libyan Journal of Ecological & Environmental Sciences and Technology(LJEEST)

DOI: https://doi.org/10.63359/wx8x7e02

التنوع الحيوي لمفصليات نثار الأوراق بغابة النصر طرابلس ليبيا

هدى مصطفى عمر الشبة [1] نوال عبد السلام محفوظ [2]

ARTICLE INFO

Vol.3 No. 2 Dec, 2021
Pages A-(24 -31)

Article history:
Received 17 September 2021
Accepted 09 October 2021

Authors affiliation
1 Ministry of Agriculture, Livestock and Marine Resources, Tripoli

2 Zoology Dept., Entomology Unit, Science, Univ. of Tripoli

2512acd@gmail.com
nawalmahfud9@gmail.com

Keywords:
Forest, collembolan, mites, conifers, camphor, biodiversity, Libya.

© 2021
Content on this article is an open access licensed under creative commons CC BY-NC 4.0

الملخص

أظهرت النتائج الشهرية باستخدام أقماع بيرليزي وجود اختلافات في الكثافة العددية للحيوانات الدقيقة المرتبطة بأشجار الأيوكالبتوس أو الكافور *Eucalyptus camaldulensis* والصنوبر *Pinus halepensis* والعوامل المناخية في غابة النصر بطرابلس لإجمالي 120 عينة من نثار الأوراق لسنة 2009. بلغ إجمالي الكثافة العددية للحيوانات الدقيقة السنوية 119.770 فردًا / 15 cm/ m^3 من نثار الأوراق. أوضحت النتائج أن الكثافة العددية للكوليمبولا كان فعالاً في تفكك وتكسير نثار الأوراق، والحلم كمفترسات، والفطريات والبكتيريا لتحلل نثار الأوراق. تم تقسيم الدراسة إلى فترتين. (1) مايو – أكتوبر، أظهرت أن متوسط وفرة الحلم كان 24.8، والكوليمبولا 42، والحيوانات الدقيقة الأخرى 100 فرد/ 15 cm / m^3 من نثار الأوراق على التوالي. (2) نوفمبر– أبريل، أظهرت أن متوسط وفرة الحلم كان 95، والكوليمبولا 135، ومجموعة الحيوانات الدقيقة الأخرى 100 فرداً / 15 cm/ m^3 نثار الأوراق على التوالي. أوضحت الدراسة وجود فروق ذات دلالة معنوية عند المستوى 0.001 وفي اختبار Duncan عند المستوى 0.001 بين شهر يناير والأشهر الأخرى. تم عرض جميع البيانات البيولوجية والكيميائية والفيزيائية المؤثرة على التنوع البيولوجي لمفصليات الأرجل ونثار أوراق الكافور والصنوبر في غابة النصر بطرابلس. توصي الدراسة بالنظر في أهمية تعريف وتصنيف والتنوع البيولوجي للحيوانات الدقيقة والعوامل المختلفة المرتبطة بنثار الأوراق كمؤشرات بيئية مهمة واستدامة النظام البيئي للغابات في ليبيا.

Biodiversity of Leaf Litter Arthropods in Alnaser Forest, Tripoli, Libya

Huda Mustafa Shaba Nawal Abdusalam Mahfoud

Monthly results using Berlese funnels showed differences in population density of micro-fauna associated with *Eucalyptus camaldulensis*, *Pinus halepensis* and the climatic factors at Al Naser forest, Tripoli for a total of 120 samples of leaf litter 2009. Total annual of micro-fauna density was 119,770 individuals /15 cm / m^3 thickness of leaf litter. Results revealed that population number of collembola was effective in disintegrating and breaking leaf litter, mites as predators, fungi, and bacteria leaf litter breaking down. The study was divided into two periods. (1) May - October, showed mean abundance of mites was 24.8, collembola 42, and the other micro-fauna 100 individuals /15 cm /m^3 thickness of leaf litter respectively. (2) November - April, showed mean abundance of mites was 95, collembola 135, and the other micro-fauna group 100 individuals /15 cm/ m^3 thickness of leaf litter respectively. Significant differences were found at the 0.001 level and in Duncan test at 0.001 level between January and other months. All the data biological, chemical and physical factors affecting biodiversity of arthropods leaf litter of eucalyptus and pine in Al-Nasr Forest in Tripoli were presented. The study recommends considering the importance of identifying, classifying, and biological diversity of micro-fauna associated with leaf litter as important environmental indicators and sustainability of the forest ecosystem in Libya.

المقدمة

الغابات مساحة كبيرة من الأرض مغطاة بالأشجار وتشمل النباتات والأشجار والشجيرات والحشائش والأزهار البرية والطحالب والأشنات، بالإضافة إلى أنواع كثيرة من الطيور والحشرات والكائنات الدقيقة والحيوانات الأخرى التي تعيش في الغابة. المناخ والتربة والمياه في الغابة والسلسلة الغذائية للنباتات والحيوانات والكائنات الحية الدقيقة معاً تشكل النظام البيئي المعقد للغابات. الأشجار والنباتات الخضراء تستخدم أشعة الشمس لصُنع الغذاء من الهواء والمياه والمعادن في التربة. بعد أن تموت النباتات المتساقطة والحيوانات بما في ذلك نثار الأوراق leaf litter، تُقطَع وتتفتت صغيرا بالمفصليات الدقيقة كالحشرات وتُحلل رُفاتهم بالبكتيريا والفطريات. هذه العمليات الحيوية تقوم بإرجاع عناصر المعادن للتربة، وتُمكن النباتات لصُنع الغذاء ومنتجاته خلال السلسلة الغذائية. وقبل مسح الغابات لأجل المزارع والمدن، كانت الغابات في العالم تغطي مساحات كبيرة بنحو 60 % من الأرض، واليوم تحتل الغابات حوالي 30 % منها غابات البحر الأبيض المتوسط (Waring and Franco, 2016; Running, 1998)

أراضي الغابات تمر كل سنة بدورات موسمية. مع بدء فصل الربيع تنمو الأوراق والأزهار والبذور، ومع قدوم فصل الشتاء تفقد معظم الأشجار والنباتات الأوراق والبذور وتتساقط وتتراكم على الأرض وتصبح جزء طبيعي من الغابات، وتُشكل المهاد أو "نثار الأوراق" الذي يعمل على زيادة خصوبة الأرض وازدهارها. كما توفر طبقة نثار الأوراق المأوى والغذاء وتُثري التربة بالرطوبة والحرارة للبكتيريا والفطريات، واللافقاريات الصغيرة والمجهرية في النظام البيئي للأراضي في الغابة. معظم مجموعة اللافقاريات يسكن معظمها الطبقات العُليا من التربة العضوية، ويوفر نثار الأوراق المسافات والفراغات البينية للمعيشة والهجرة. وغالبا تهاجر داخل أعماق نثار الأوراق خلال أشهر الصيف الأكثر جفافاً. ونظراً للمعيشة في بيئة عديمة الضوء، كثيرا من الأنواع عمياء يقضون حياتهم كلها في التربة ونثار الأوراق، مثل الكوليمبولا والديبلورا والبروتيورا من الحشرات غير المجنحة البدائية (Santosa *et al.*, 2020; Swift *et al.*, 1979; Peterken, 1966; Witkamp and Crossley, 1966).

يمثل تحلل نثار الأوراق عملا هاما لصحة النظام البيئي قي الغابة، وهو تكسير المواد العضوية الميتة بفعل المخلوقات الدقيقة من البكتيريا والفطريات والعوامل الفيزيائية كالأمطار والرشح. وأساسا ينقسم تحلل نثار الأوراق إلى 3 مراحل هي: فقد كتلة الورقة أو الصقل، التفتيت أو التشريد بواسطة اللافقاريات، والتجوية بفعل عوامل التعرية. تحلل نثار الأوراق يسمح أيضا بتكسير الجزئيات الغنية بالطاقة من الكربوهيدرات والبروتينات والدهون وتحويلها إلى $H_2O + CO2$ وعناصر غير عضوية مُغذية. أما عملية تحويل العناصر إلى معادن تعطي CO_2, H_2O, Ca_2^+, NH_4^+. لذلك فإن عملية تحويل العناصر إلى معادن ومُغذيات يُكمل الدورة الغذائية الهامة لحيوية الغابات وإنتاجها والمحافظة على توازن CO_2 في الغلاف الجوي (Gerlach et al., 2013; Prescott, 2005; Hasegawa and Takeda;1996).

كما أن للظروف المناخية دور كبير في تحلل نثار الأوراق، وتشكل نسبة 71 % على مستوى العالم في فقد الكتلة الحيوية لنثار الأوراق نتيجة الأمطار والتبخر. ويتكون نثار الأوراق حديث السقوط من نسبة عالية من السكريات البسيطة والسيليولوز وقِلة من البروتينات والأحماض الذهنية؛ وأول التحلل لنثار الأوراق يسبب في استهلاك بعض الجزيئات الغذائية بواسطة المخلوقات الدقيقة وعملية رشح العناصر التي تشكل 30 % من خسارة للجزئيات القابلة للذوبان في الماء. المجموعة الحيوانية للتربة جزء أساسي من النظام البيئي للغابات، يُمكن دور حيوانات نثار الأوراق في تحلله وهضمه وتحفيز نشاطات المخلوقات الدقيقة من البكتيريا والفطريات به، التي تتناسب طردياً مع ظروف العوامل الفيزيائية. وتستجيب المفصليات الدقيقة لهذه العوامل بشكل سريع ضمن نثار الأوراق، فالحلم والكوليمبولا يمثلان قرابة 72 . 97 % من المجموع الكُلي سواء للتربة أو نثار الأوراق حسب الظروف البيئية المعطاة (Rafei, 2016; Berg and Laskowski, 2006; Shadangi and Nath, 2002; Shebani, 2000; Maruan and Scheu, 1996; Seastadt, 1984).

تعتمد منهجية هذه الدراسة على الأسس التي قام بها عالم الحشرات الإيطالي (1863 – 1927)Antonio Berlese الذي نشر أكثر من 300 ورقة علمية، وألف كتاب "الحشرات والإنسان" والسلسلة العلمية للحلم ومزدوجات الأرجل والنيماتودا والعقارب في إيطاليا. وكتاب آخر للآفات الزراعية سنة (1892). كما اخترع جهاز لفصل مجموعة الحيوانات الدقيقة من التربة ونثار الأوراق بواسطة الضوء والحرارة وسقوط العينات وسط محلول حافظ من الكحول 70% والجليسرين 5% للفحص المجهري والتصنيف، والذي أسماه باسمه "Berlese Funnels" أو أقماع بيرليزي. ولقد قام العالم (Tullgern 1915) ببعض التحويرات في هذا الجهاز وأحيانا يُعرف باسمه "Tullgern Funnels" وإلى الوقت الحالي تعتبر أقماع بيرليزي العملية الرائدة في العالم لاستخلاص الكائنات الحيوانية الدقيقة المتلازمة مع التربة ونثار الأوراق (Zhou *et al.*, 2018; Conci and Poggi, 1996).

دراسة المجموعة الحيوانية الليبية في الأنظمة البيئية قليلة قبل إعداد قائمة الحيوانات الليبية للعالم الإيطالي Zavattari (1934). أما دراسة المجموعة الحيوانية الدقيقة المجهرية في التربة ونثار الأوراق تكاد تكون نادرة خاصة في النظام البيئي للغابات والزراعي عدا التي قام بها كل من: (Rafei, 2016; Shebani, 2000; Maghrabi and Abofyad, 1994; Kolkaila *et al.*, 1971 a,b)وذلك لصعوبة التصنيف المجهري والتحليل.

يتمثل موقع دراسة التنوع الحيوي للمجموعة الحيوانية المتلازمة مع نثار الأوراق في منطقة غابة النصر2009 جنوب شرق مدينة طرابلس بمساحة قرابة 137 هكتار. تتميز الغابة بأشجار الأيوكاليبتوس أو الكافور *Eucalyptus camaldulensis, E. amplifolia, E. longifolia* والصنوبر *Pinus halepensis*. تم استزراع غابة النصر خلال فترة الأربعينات كحاجز طبيعي لصد الرياح المحملة بالأتربة والغبار لحماية المدينة، وتكون مكانا للترويح الاجتماعي والثقافي؛ إلا أن سوء الإدارة وغياب وعي المجتمع أُهملت وأصبحت فضاء واسع جعل منها موقعا هاما لدراسة المؤشرات البيئية، وعلى رأسها المجموعة الحيوانية الدقيقة المتلازمة والظروف المناخية والفيزيائية والكيميائية المصاحبة مع نثار الأوراق لهذه الغابة.

تهدف هذه الدراسة إلى الحصر الشامل للمجموعات الحيوانية الدقيقة المتلازمة مع نثار الأوراق؛ ودراسة العلاقات البيئية الحيوية والكيميائية والفيزيائية المتداخلة بين الحلم والكوليمبولا ضمن السلسلة الغذائية في نثار الأوراق لأشجار الأيوكالبتوس *E. camaldulensis* والصنوبر*P. halepensis* بغابة النصر بطرابلس.

المواد والطرق:

تم تصميم أقماع جهاز بيرليزي بقطر 30 x 40 cm، إضاءة 40 watt، شبك نحاسي 2 mm، مجهر، زجاجيات، أكياس ورقية، مربع معدني 20 x 20 cm. حُددت نقاط

الإحداثيات العشوائية للدراسة بغابة النصر والجدولة الشهرية لأخذ العينات بإجمالي 120 عينة من نثار الأوراق، 10 عينات شهرية، بحجم 20 x 15 x 20 cm^3 ووُضعت في أكياس ورقية معنونة بالرقم والتاريخ والمكان، إحداثيات GPS (نظام تحديد المواقع العالمي). وُضعت عينات نثار أوراق الأشجار في جهاز أقماع بيرليزي المحورة كل على حدة تحت إضاءة 40 Watt لمدة 72 ساعة لفصل المجموعة الحيوانية وسقوطها في قنينة بها 70% كحول إيثيلي، 5% جليسرين للحفظ والتعرف، والتصنيف، والتحليل، والتوثيق. تم تحليل الخواص الكيميائية والفيزيائية الهامة لنثار الأوراق والتربة في غابة النصر بطرابلس بمعمل التربة بمركز البحوث الزراعية، طرابلس وتشمل تحديد نسب كل من: N، P، K، والمواد العضوية OM، وتحديد معامل التوصيل الكهربي EC، PH، ونوعية التربة. تم الحصول على الأحوال المناخية من درجات الحرارة وهطول الأمطار والرطوبة النسبية المئوية طيلة فترة الدراسة بالتعاون مع مكتب الأرصاد الجوي بطرابلس. أُستخدم التحليل الاحصائي نظام (Genstat Discovery Edition 3) لكافة متغيرات وثوابت البحث.

النتائج والمناقشة:

العلاقات المتداخلة للمجموعات الحيوانية الدقيقة من المفصليات في نثار الغابات المتميز في منطقة البحر الأبيض المتوسط وفي الساحل الليبي من أشجار الكافور والصنوبر وفي غابة النصر بطرابلس متباينة من خلال نتائج هذه الدراسة. المجموعات الحيوانية المتمثلة في نثار أوراق غابة النصر خاصة الحلم والكوليمبولا، ومجموعة الحشرات، العناكب، والعقارب الكاذبة، مزدوجة الأرجل ومئوية الأرجل والديدان. هذا التنوع الحيوي الهائل للمجموعات الحيوانية المختلفة جعل من السلسة الغذائية أكثر تعقيدا واستقرارا بغابة النصر بطرابلس، نتيجة تداخل كافة العوامل البيئية الحية وغير الحية. بالإضافة لدور المخلوقات الدقيقة الحية من الفطريات والبكتيريا في تكسير نثار الأوراق وتحليل مكوناته إلى عناصر كيميائية مُغذية من النيتروجين والفسفور والبوتاسيوم والمواد العضوية الأخرى وتدويرها. تكوين المجتمعات المحللة decomposers، تشمل مجموعة الحيوانات الكبيرة macrofauna (ديدان الأرض والمفصليات التي تقوم بعملية التفتيت الأولي، وخلط، وتشتت الفضلات والميكروبات)، والحيوانات المتوسطة mesofauna (الإنكريدات، الكوليمبولا، الحلم، والديدان)، والميكروبات (الفطريات والبكتيريا والطفيليات الأولية)، الديدان الخيطية، والفطريات، تحدد أيضًا معدل التحلل في التربة ونثار الأوراق (Rafei, 2016; Shebani, 2000 Coleman, 2013).

توضح النتائج الشهرية من شهر يناير إلى ديسمبر، 2009 اختلافات حيوية من حيث الكثافة العددية لمجموعات الحيوانات الدقيقة المتلازمة مع نثار أوراق أشجار الكافور والصنوبر والظروف البيئية المتمثلة في درجات الحرارة والرطوبة والأمطار حول نثار الأوراق ووسطه. وتشير البيانات على تواجد للحيوانات الدقيقة الكلية، الحيوانات الدقيقة الأخرى، الحلم، والكوليمبولا في العينات الشهرية وتحويلها إلى المتر المكعب، أن الكمية السنوية تصل إلى 3 m^3 من نثار الأوراق بغابة النصر، والكثافة العددية للحيوانات الدقيقة المصاحبة لنثار الأوراق في الغابة نحو 119770، 63550، 34805، 21415 فردا/ 15 cm/m^3 سُمك نثار الأوراق خلال السنة على التوالي. وهذا يعكس التداخل البيئي وحركة ونشاط والغذاء للمجموعة الحيوانية المفصلية الدقيقة، من حيث المفترسات والمتطفلات والعاشبات والكانسات والرُميات والتنقل وإنتاج الكتلة الحية والطاقة. هذه النتائج تؤكد بما تحصل عليه كل من: (Rafei, 2016; Guevara *et al.*, 2000; Shebani, 2000).

الكوليمبولا أو ذوات الذنب القافز هي حشرات بدائية عديمة الأجنحة في بيئات التربة ونثار الأوراق بكثافة عددية هائلة تصل 100000 فردا/ m^2، حيث يتحلل مكونات النظام الغذائي الرئيسي من النباتات والميكروبات المرتبطة بها خاصة الفطريات. العديد من أنواع الكوليمبولا يتغذى على الديدان الخيطية والبعض على النباتات والجذور. قد تتغذى فصيلة واحدة (Onychiuridae) في منطقة الجذور والفطريات المصاحبة. توجد 8 فصائل من الكوليمبولا في التربة ونثار الأوراق، قادرة على النمو السريع في ظل ظروف مناسبة وهي ظاهرة في أواخر الشتاء أو أوائل الربيع، كما أكدته نتائج هذه الدراسة. وهناك حوالي 6500 نوع موصوف. واتضح في دراسة الوفرة لمجموعة الحيوان في نثار الأوراق لغابة الولايات المتحدة MOFEP لعدد 126 عينة باستخدام نفس تقنيه هذه الدراسة الحصول على 22 رتبة من المفصليات، 54 نوع، وقرابة 40000 فردا (Weaver and Heymen, 1993). هذه البيانات متوافقة مع العديد من الدراسات السابقة في ليبيا (Rafei, 2016; Shebani, 2000)، والدراسات الأخرى، (Luxton, 1883b; Zavattari, 1934)، وبشكل متجانس مع الظروف المحلية المحيطة إثر العوامل البيئية الاعتمادية (الحية) أو غير الاعتمادية (غير الحية). فأوضح هذا البحث هيمنة الحلم بكافة بأشكاله المفترسة والمتطفلة والرُمية وبكثافة عددية كبيرة في النظام البيئي في غابة النصر بطرابلس، معتمدا على فرائسه المحيطة من أنواع الحشرات خاصة ذات الذنب القافز " الكوليمبولا " أحد المصادر الأساسية ضمن السلسلة الغذائية في الغابة.

تحلل نثار الأوراق في النظام البيئي في الغابة يلعب دور كبير في إعادة تدوير العناصر الغذائية، وخاصة الكربون والنيتروجين والبوتاسيوم والفسفور والمغنيسيوم وعناصر أخرى تحلل المواد النباتية وامتصاص المعادن في حالة توازن النظام البيئي للغابات، عملية معقدة كبيرة تعتمد على عدد من العوامل الفيزيائية والكيميائية والبيولوجية والصعوبة في إدراكها وتداخلها كما تشير الدراسات السابقة لمكونات في نثار الأوراق وتربة الغابات. عملية تكسر وتحلل نثار الأوراق ينتج عنه كميات عالية من مركبات الكربون العضوية المذابة بنسبة لا تقل عن 30 -45 % خلال عملية الترشيح (Luizao *et al.*, 1992; Persson, 1980) . قد تؤثر الخصائص المناخية، مثل درجة الحرارة وهطول الأمطار والرطوبة النسبية المئوية والتغيرات الموسمية، والخصائص الكيميائية والفيزيائية كدرجة الأس الهيدروجيني PH، معامل التوصيل الكهربي، الفراغات البينية، ونوعية التربة ونثار الأوراق. بالإضافة إلى وجود الميكروبات خاصة الفطريات والبكتيريا والأوليات الدقيقة ومجموع حيوانات التربة ونثار الأوراق الأخرى بشكل ملحوظ تؤثر على معدل التحلل. بينت هذه الدراسة آثار هذه العوامل الاعتمادية وغير الاعتمادية وتدخلها بشكل واضح على مكونات نثار الأوراق بغابة النصر بطرابلس وجاءت متوافقة مع الدراسات السابقة (جدول 1، 3).

دلت النتائج أيضا أن للكوليمبولا الدور الفعال في تفتيت وتكسير نثار الأوراق في الغابات والرعي على هيفات وأبواغ الفطريات والجراثيم البكتيرية المحللة لأوراق الكافور والصنوبر المتساقطة على المهاد وتحويلها إلى مواد عضوية غذائية غنية بالعناصر الكيميائية المطلوبة. ليس هذا فحسب فمن أنواع الكوليمبولا المفترسة على أنواع أخرى منها الحشرات والديدان والبيوض الدقيقة من خلال السلسلة الغذائية، وبدرجة خاصة مع الحلم المفترس ويمكن تقسيم فترة السنة للعلاقات المعقدة المتداخلة بين الحلم والكوليمبولا ومجموعة الحيوانات الدقيقة المتلازمة لنثار الأوراق أشجار الصنوبر والكافور بغابة النصر بطرابلس لمرحلتين بناء على الظروف المناخية (Bearey *et al.*, 1992).

المرحلة الأولى الجافة للفترة بين مارس – أغسطس، حيث كان هطول الأمطار بمتوسط 0.04 mm ومتوسط رطوبة نسبية 65 % ومتوسط درجة الحرارة الخارجية 25 °C، ومتوسط درجة حرارة نثار الأوراق الغابة 28.4 °C. عكست هذه العوامل البيئية سلباً على حيوية الكائنات الدقيقة المحللة من الفطريات والبكتيريا على نسبة المواد العضوية في

نثار أوراق الصنوبر والكافور في الغابة. كان المتوسط السنوي للمرحلة الجافة للكثافة العددية للحلم 24.8 فردا والكوليمبولا 42 فردا ومجموعة الحيوان الدقيقة الأخرى لنثار الأوراق 100 فردا، ومجموعة الحيوان الكلية لهذه الفترة قرابة 88 فردا. وأصبح ضغط العوامل البيئية الحية ضمن السلسلة الغذائية على عشيرة ذوات الذنب القافز الكوليمبولا واضحا لعملية الافتراس للحلم والطور الكامل ويرقات الخنافس والنمل وذوات 44، 100 الأرجل ومزدوجات الأرجل والعناكب الصيادة والعقارب الكاذبة المقاومين للحرارة والجفاف. أما العوامل غير الحية تمثلت في العناصر الفيزيائية والكيميائية لنثار أوراق الغابة الصنوبرية والكافور والتربة مثل متوسط التوصيل الكهربي للتربة 0.135 mMoh/cm عند درجة 28.4 °C لنثار الأوراق، ومتوسط المواد العضوية كان 0.96 % مكونة بنسبة متوسط عناصرها من النيتروجين 15 % والفسفور 7.39% والبوتاسيوم 47.5 %، أدى إلى تدني الكثافة العددية لذوات الذنب القافز الكوليمبولا في هذه الفترة الزمنية الجافة (جدول 1،2). ووُجد توافق كبير مع البيانات المنشورة في هذا الصدد منها:-García) Palacios *et al.*, 2013; Feller and Fischer, 1994).

مقارنة، المرحلة الثانية الرطبة تنحصر بين سبتمبر – أبريل؛ كان فيها هطول الأمطار بمتوسط 35 mm ومتوسط رطوبة نسبية 68 % ومتوسط درجة الحرارة الخارجية 18 °C؛ ومتوسط درجة حرارة نثار الأوراق الغابة 23.5 °C. هذه العوامل البيئية عكست إيجاباً على حيوية الكائنات الدقيقة المحللة من الفطريات والبكتيريا على نسبة المواد العضوية والعناصر الغذائية الأخرى من البوتاسيوم والفسفور والنيتروجين في ظل نسبة الرطوبة العالية ودرجة الحرارة المناسبة لِمد السلسلة الغذائية بالطاقة المطلوبة لعمليات التوازن في نثار أوراق الصنوبر والكافور في الغابة. هذه النتائج جاءت موافقة لما توصل إليه كل من Wiwatwitaya and Takeda (2005). كان المتوسط السنوي للمرحلة الرطبة لوفرة عشيرة الحلم 95 فردا وذوات الذنب القافز الكوليمبولا 82 فردا ومجموعة الحيوان الدقيقة الأخرى لنثار الأوراق 135 فردا. لذا مكنت العوامل البيئية الحية ضمن السلسلة الغذائية عشيرة ذوات الذنب القافز الكوليمبولا للتحدي بالزيادة العددية كإستراتيجية للتكاثر لعملية الافتراس للحلم ويرقات الخنافس والنمل وذوات 44، 100 أرجل ومزدوجات الأرجل والعناكب الصيادة والعقارب الكاذبة والديدان الفعالة على التنافس والافتراس في البيئة الرطبة. أما بالنسبة للعوامل الفيزيائية لخواص التربة ليس هناك أية فروق معنوية مقارنة بالمرحلة الجافة. إلا أن عامل الرطوبة والحرارة المناسبين وسط نثار الأوراق زاد من العمليات الحيوية للفطريات والبكتريا المحللة للعناصر العضوية كعامل أساسي ضمن السلسلة الغذائية في غابة النصر لأشجار الصنوبر والكافور بطرابلس (جدول 1،2). كما تم الإشارة إليه هنالك توافق كبير مع نتائج الدراسات المنشورة السابقة (Shebani, 2000; Coyle *et al.*, 2017; Rafei, 2016; Tan *et al.*, 2015; Hopkin, 1997).

بينت النتائج درجة تفضيل نثار الأوراق للصنوبر والكافور بغابة النصر بطرابلس للغذاء والمأوى والوفرة العددية لمجموعات الحيوانات الدقيقة به لمرحلتي الفترة الزمنية السنوية الجافة للأشهر مارس – أغسطس والفترة الزمنية السنوية الرطبة للأشهر سبتمبر – أبريل. التفضيل الغذائي كان واضح لنثار أوراق أشجار الصنوبر على مدار السنة بالنسبة للمجموعة الحيوانية الدقيقة وذوات الذنب القافز الكوليمبولا، مقارنة بذلك لمجموعة الحلم المفترس، على حجم الأوراق السهمية والإبرية والروائح الكيميائية المنبعثة التي تنفر أو تجذب العديد من حيوانات التربة الدقيقة مقارنة بنثار أوراق النباتات الأخرى في الغابة.

جدول (1): متوسط المؤشرات المناخية الجوية (مكتب الأرصاد الجوية – طرابلس) ولنثار الأوراق في غابة النصر بطرابلس.

متوسط المؤشرات $\bar{x}$	أشهر فصول السنة بغابة النصر، طرابلس – 2009				
	الشتاء (12 –2)	الربيع (3–5)	الصيف (6–8)	الخريف (9–11)	المتوسط الشهري السنوي $\bar{x}$
الأمطار ملم	60	0.05	0.03	10	5.9
الأيام الممطرة ملم	7	4.5	1	2.3	1.2
الرطوبة النسبية الجوية %	73	65	65	63	22
الحرارة الجوية °C	12.6	22.7	27.6	23.5	7.2
حرارة نثار الأوراق °C	20	23.5	33.3	27	9

الإحصاءات للعلاقات المتداخلة بين توزيع المعاملات (العينات) على أشهر السنة بشكل عمودي، مقارنة بالتوزيع الأفقي أن المتوسطات السنوية لكل من الحلم، الكوليمبولا، مجموعة الحيوانات الأخرى، والمجموع الكلي للحيوانات الدقيقة الأخرى مع نثار أوراق الصنوبر والكافور في غابة النصر بطرابلس الغابة: 68.0، 44.0، 103.0، 323.0؛ والمتوسط العام الكلي 110.0 فردا على التوالي.

جدول (2). نوع التربة والمتوسط السنوي لتحليل الخواص العضوية والفيزيائية والكيميائية الرئيسية بمعمل مركز البحوث الزراعية – طرابلس لنثار الأوراق بغابة النصر بطرابلس.

الموقع	نوع التربة	المادة العضوية (%) $\bar{x}$	(PH) $\bar{x}$	(EC) mMohs/cm 25 °C $\bar{x}$	N (%) $\bar{x}$	P (%) $\bar{x}$	K (%) $\bar{x}$
1	رملية	0.960	7.45	0.351	15	7.39	60
2	رملية	0.960	7.43	0.312	15	7.38	35
المتوسط العام	رملية	0.960	7.44	0.315	15	7.4	47.5

ووُجدت فروق معنوية عالية عند مستوى 0.001 بين المجموع الكلي للحيوانات الدقيقة وبين كل من الحلم، الكوليمبولا، مجموعة الحيوانات الأخرى، ووجود فروق معنوية عند أقل فرق معنوي LSD عند مستوى 0.05 والانحراف المعياري 19.6 LSD (جدول 3). أتضح أيضا من خلال اختبار دنكن أن هناك فرق معنوي باختبار t بين مجموعة الحيوانات الكلية والحلم والكوليمبولا ومجموعات الحيوانات الأخرى بنثار الأوراق بغابة النصر بطرابلس تحث الظروف المناخية والحيوية للغابة. كما أن تداخل العلاقات الحيوية بين الحلم والكوليمبولا، والعلاقات بين بين الحلم والمجموعات الكلية للحيوانات الدقيقة، ومجموع الحيوانات الدقيقة الكلية والمجموعات الحيوان الدقيقة الأخرى كان واضحا بفروق معنوية عالية عند مستوى 0.001 لاختبار دانكن وسط نثار أوراق الصنوبر والكافور بغابة النصر بطرابلس (جدول. 4، 5). تبين كذلك مدى مؤشر دنكن والتفاعلات البينية على توزيع أشهر السنة (المعاملات) لكل من الحلم والكوليمبولا ومجموعة الحيوان الدقيقة الأخرى والمجموع الكلي للحيوان الدقيقة في نثار أوراق الصنوبر والكافور بغابة النصر بوجود فرق معنوي كبير عند مستوى 0.001 بين شهر يناير وبقية الأشهر (جدول. 6، 7). هذه

النتائج جاءت متوافقة مع الدراسات السابقة في التنوع الحيوي مع مجموعات الحيوان في نثار الأوراق في النظام البيئة للغابة (Rafei, 2016; Soong and Nielsen, 2016; Shebani, 2000) Jiménez-Chacón *et al.*, 2018).

هذه الدراسة تُعد إضافة أساس جديد للدراسات والبحوث البيئية في مجال التنوع الحيوي لعشائر مجموعات الحيوانية الدقيقة للافقاريات في نثار الغابة وما تشكله أشجار الصنوبر والكافور من أهمية في الإصحاح البيئي واستدامة الغابات واستثمارها اقتصاديا وبيئيا واجتماعيا في ظل الوعي البيئي في المجتمع. كما أن مثل هذه الدراسات البيئية وما تطرحه من أهمية في مجال التنوع الحيوي للحيوانات الدقيقة الملازمة لنثار الأوراق لغابة النصر في طرابلس، والعلاقات البيئة المعقدة الحية وغير الحية من أجل استقرار واستدامة الغابات في كافة فصول السنة. المؤشرات البيئية وعلى رأسها العلاقة الحيوية الوطيدة بين الحلم وذوات الذنب القافز الكوليمبولا، التي توضح مدى تأثر الغابة بالعوامل البيئية وخاصة الملوثات وتدخل الإنسان غير السوي. كما تطرح هذه الدراسة باب البحث للنظر في أهمية التعريف والتصنيف والتنوع البيولوجي لمجموعات الحيوانية الدقيقة المتلازمة مع نثار أوراق الغابات كمؤشرات بيئية مهمة واستدامة النظام البيئي للغابة.

جدول (3). المتوسط الشهري للكثافة العددية للحلم والكوليمبولا والحيوانات الدقيقة الأخرى والمجموع الكلي للحيوانات الدقيقة لعينات نثار الأوراق والتحليل الإحصائي المرافق بغابة النصر بطرابلس

أشهر السنة	المتوسط الشهري للكثافة العددية للحلم MM MT	المتوسط الشهري للكثافة العددية للكوليمبولا MM CL	المتوسط الشهري للكثافة العددية لمجموعة الحيوانات الدقيقة الأخرى MM OTH	المتوسط الشهري للكثافة العددية للمجموع الكلي للحيوانات الدقيقة MM TF	المتوسط
1	257.2	279.8	316.9	853.9	427.0
2	73	46.9	31.4	151.3	76.0
3	87.9	33.6	29.5	151	76.0
4	30.7	11.4	64.1	106.2	53.0
5	40	10.4	54.7	105.1	53.0
6	18.9	7.1	61.2	87.2	44.0
7	29.6	5.5	46.2	81.3	41.0
8	37.6	5.7	54.9	98.2	49.0
9	32.1	1.4	72.7	164.5	68.0
10	90	43	134.4	260.4	122.0
11	47.5	75.9	180.8	304.2	152.0
12	74.3	48.6	192	314.9	157.0
المتوسط	68.0	44.0	103.0	223.0	110.0

توزيع المعاملات	توزيع العينات على الأشهر	توزيع الأشهر على المعاملات
SEالخطأ القياسي	36.5	54
LS (0.05) أقل فرق معنوي	0.001 / 104.2***	0.001 / 154.8 ***
SDالانحراف المعياري =19.6	معامل الاختلافCV % 115.4%	CV%98.4 %معامل الاختلاف %

جدول (4). تحليل التباين ANOVA توزيع المعاملات (العينات) على أشهر السنة لكل من الحلم والكوليمبولا ومجموعة الحيوانات الدقيقة

الأخرى والمجموع الكلي لمجموعة الحيوانات الدقيقة في نثار الأوراق بغابة النصر بطرابلس

Source of variation	DF	SS	MS	vr	F pr
Treatments	3	227134	75711	4.72	**0.006** **
Residual	44	705234	16028		
Total	47	932368			

** وجود معنوية عند مستوى 0.001

جدول (5): اختبار مدى مؤشر دانكن والتفاعلات البينية على متوسطات المعاملات (العينات) على أشهر السنة لكل من الحلم (**MM MT**) والكوليمبولا (**MM CL**) ومجموعة الحيوانات الدقيقة الأحرى (**MM OTH**)والمجموع الكلي للحيوانات الدقيقة في نثار الأوراق بغابة النصر بطرابلس.

Mean x Mean	t! - test	Identifier ! Mean x̄
MM CL x MM MT	- 0.465	MM CL 44.2 a
MM CL x MM OTH	-1.142	MM MT 68.2 a
MM CL x MM TF	-3.463 **	MM OTH 103.2 a
MM MT x MM OTH	- 0.677	MM TF 223.2 b
MM MT x MM TF	-2.998 **	**وجود معنوية عند مستوى 0.001 اختبار مؤشر! دانكن معنوية عند مستوى5%. حيث أن: الحروف المتشابهة داخل نفس العمود تدل عدم وجود فرق معنوي والغير متشابهة تدل وجود فرق معنوي.
MM OTH x MM TF	- 2.321 **	

جدول (6): تحليل التباين **ANOVA** توزيع أشهر السنة (المعاملات) لكل من الحلم والكوليمبولا ومجموعة الحيوانات الدقيقة الأخرى والمجموع الكلي لمجموعة الحيوانات الدقيقة في نثار الأوراق بغابة النصر بطرابلس.

Source of variation	DF	SS	MS	vr	Fpr
Months	11	5130331	46639	4.00	**0.001 *** **
Residual	36	419337	11648		
Total	47	93236			

*** وجود معنوية عند مستوى **0.001**.

جدول (7): اختبار مدى مؤشر دانكن والتفاعلات البينية على متوسطات توزيع أشهر السنة (المعاملات) لكل من الحلم (**MM MT**)

والكوليمبولا (MM CL) ومجموعة الحيوانات الدقيقة الأخرى (MM OTH) والمجموع الكلي للحيوانات الدقيقة في نثار الأوراق بغابة النصر بطرابلس.

Mean	Identifier / Duncan!	T* test	Mean x Mean
a يوليو	40.6 a	– 5.062	يناير x يوليو
a يونيو	43.6 a	– 5.023	يونيو x يناير
a أغسطس	49.1 a	– 4.951	يناير x أغسطس
a مايو	52.5 a	– 4.906	يناير x مايو
ابريل a	a53.1	– 4.899	يناير x ابريل
سبتمبر a	67.7 a	– 47.080	يناير x سبتمبر
مارس a	a 75.5	– 4. 605	يناير x مارس
فبراير a	a75.7	– 4.603	يناير x فبراير
a أكتوبر	122.3 a	– 3.992	يناير x أكتوبر
a نوفمبر	152.1 a	– 3. 601	يناير x نوفمبر
a ديسمبر	157.4 a	– 3. 531	يناير x ديسمبر
b يناير	426.9 b		

*وجود معنوية عند مستوى 0.001. دنكن مستوى 0.05. حيث أن: الحروف المتشابهة داخل نفس العمود تدل عدم وجود فرق معنوي والغير متشابهة تدل وجود فرق معنوي.

الخلاصة

أوضحت نتائج هذه الدراسة باستخدام تقنية أقماع بيرليزي لفصل مجموعة المفصليات الدقيقة المتواجدة مع نثار الأوراق لأشجار الأيوكالبتوس أو الكافور والصنوبر بغابة النصر– طرابلس ليبيا، وجود اختلافات معنوية عند مستوى 0.05، 0.001 في الكثافة العددية لهذه المجموعة وأثر العوامل المناخية بالمنطقة. بلغ إجمالي الكثافة العددية لمجموعة الحيوانات الدقيقة السنوية 119.770 فردًا / m^3 /cm15 من نثار الأوراق، حيث كان متوسط الكثافة العددية لمفصليات نثار الأوراق للفترة بين مايو – أكتوبر الكوليمبولا 42، الحلم 24.8، والحيوانات الدقيقة الأخرى 100 فرد/ m^3 / cm15 من نثار الأوراق. مقارنة بالفترة بين نوفمبر– أبريل، كان متوسط وفرة الكوليمبولا 135، الحلم 95، ومجموعة الحيوانات الدقيقة الأخرى 100 فرداً / m^3 /cm 15 من نثار الأوراق. وبينت البيانات البيولوجية والكيميائية والفيزيائية العلاقات المتداخلة في السلسلة الغذائية وأثرها على التنوع البيولوجي لمفصليات الأرجل ونثار أوراق الكافور والصنوبر في غابة النصر بطرابلس. توصي الدراسة بالنظر في أهمية تعريف وتصنيف والتنوع البيولوجي للحيوانات الدقيقة والعوامل المختلفة المرتبطة بنثار الأوراق كمؤشرات بيئية مهمة واستدامة النظام البيئي للغابات في ليبيا.

الشكر والعرفان

نتقدم بخالص الشكر إلى أ. د. حسن أحمد المغربي قسم علم الحيوان، كلية العلوم، جامعة طرابلس للمراجعة العلمية لهذا البحث. الشكر موصول إلى كل من: مركز البحوث الزراعية بطرابلس، د. نعيمة الشيباني، أ. علي الواعر، أ. صبرية رافع، أ. عايدة بادي، م. المبروك الشريف لِمَد يد المساعدة في إعداد هذه الدراسة.

المراجع

Beare MH, Hendrix P.F, Cheng W. 1992. Microbial and faunal interactions and effects on litter nitrogen and decomposition in agroecosystems. Ecological Monographs 62: 569-591.

Berg, B., and R. Laskowski. 2006. Litter decomposition: a guide to carbon and nutrient turnover. Elsevier, Amsterdam, Amsterdam. 120.

Berlese, A. 1905. Apparecchio per raccogliere presto ed in gran numero piccoli Artropodi. In: Redia. Vol. 2, pp. 85-90.

Coleman, D C. 2013. Soil Biota, Soil Systems, and Processes, Editor(s): Simon A Levin, Encyclopaedia of Biodiversity (Second Edition), Academic Press, Pages 580-589.

fruit trees. Libyan Jur. Sci.1: 21 – 30.

Kolkaila, A. M; S. M. Hammad; Abd - El – Gaffor, A. S. and Makawi, A. A. M. 1971. b. Studies on the arthropods and microorganisms of some Libyan soils: soil arthropods and microorganisms of a hill at El – Marj region. Libyan Jur. Agric. 1: 6 -12.

Luxton, M. 1883b. Studies on the Invertebrate Fauna of New Zealand. V. Pasture Soils on Kaipaki Peat. Pedobiologia 25, p. 135-148 .

Maghrabi, H. A. and A. A. Abufayed. 1994. An overview of biodiversity of Libyan ecosystems. Proceedings of the workshop on arid land biodiversity in North Africa. 14 – 16, Nov.1994. Cairo, Egypt. 65 – 71pp.

Maraun, M., Scheu, S. 1996. Changes in microbial biomass, respiration, and nutrient status of beech (Fagus sylvatica) leaf litter processed by millipedes (Glomeris marginata). Oecologia 107, 131–140.

Peterken, G. 1996. Natural Woodland Ecology and Conservation in Northern Temperate Regions. Cambridge Univ. Press, Cambridge, UK.

Prescott, C.E., 2005. Do rates of litter decomposition tell us anything we really need to know? Forest Ecology and Management. 220: 66-74.

Rafei, S. A. 1916. Soil Arthropods Associated with Alalfa Medicago sativa in Tajura, Eienzara and Wadi Alrabei East Tripoli. Ms Thesis, Zoology Department, Science, Tripoli University.

Santosa, M. V.; A. Cavallerib; J. C. Silva Junior. 2020. Forest regeneration affects litter fungivorous thrips fauna (Insecta :Thysanoptera) in Atlantic Forest. Acta Brasiliensis. 4(3): 149-155.

Seastedt, T.R. 1984. The role of microfauna in decomposition and mineralization processes. Annual Review of Entomology 29, 25–46.

Shadangi, D. K. and Nath V. 2006. Litter decomposition in eucalyptus and pine plantation and natural salt forests related to micro-arthropod in different season in Amarkantak (M.P.). The Indian Forester, 132: 420 - 428.

Shebani, N. S. 2000. Biodiversity of soil fauna in agroecosystems. A Thesis Submitted to the Department of Zoology, Faculty of Science in Partial Fulfilment of the Requirement for the Degree of Master of Science in Zoology, Tripoli, Libya. 190 pp.

Soong, J.L.; Nielsen, U.N. 2016. The role of microarthropods in emerging models of soil

Conci, C; Poggi, R. 1996. Iconography of Italian Entomologists, with essential biographical data. Mem. Soc. Ent. Ital. 75 159-382, Portrait .

Coyle, D.R.; Nagendra, U.J.; Taylor, M.K.; Campbell, J.H.; Cunard, C.E.; Joslin, A.H.; Mundepi, A.; Phillips, C.A.; Callaham, M.A. 2017. Soil fauna responses to natural disturbances, invasive species, and global climate change: Current state of the science and a call to action. Soil Biol. Biochem., 110, 116–133.

Díaz, D. 2001. Ecosystem Function Measurement, Terrestrial Communities, Editor (s): Simon Asher Levin, Encyclopaedia of Biodiversity, Elsevier, Pages 321-344.

Feller, U. and Fischer, A. 1994. Nitrogen metabolism in senescing leaves. - Critical Reviews in Plant Sciences 13: 241-273.

Franco, R. 2016. Fauna edáfica sob modelos em estágio inicial de restauração de floresta subtropical. (Doctoral Thesis). Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, Paraná.

García-Palacios, P.; Maestre, F.T.; Kattge, J.; Wall, D.H. 2013. Climate and litter quality differently modulate the effects of soil fauna on litter decomposition across biomes. Ecol. Lett., 16, 1045–1053.

Gerlach, J.; Samways, M.; Pryke, J. 2013. Terrestrial invertebrates as bioindicators: An overview of available taxonomic groups. J. Insect Conserv., 17, 831–850.

Guevara, R.A.D.; M. Rayner; E. Rynolds. 2000. Orientation of specialist and generalist fungivorus ciid beetles to host and non-host odourus. Physiol. Entomol. 25:288-295.

Hasegawa, M., Takeda, H. 1996. Carbon and nutrient dynamics in decomposing pine needle litter in relation to fungal and fauna abundances. Pedobiologia 40,171–184.

Hopkin, S.P. 1997. Biology of the Springtails (Insecta: Collembola). Oxford: Oxford University Press.

Jiménez-Chacón, A. J.; Pablo H.; Luis M.; Lorena G.; and Oscar G. 2018. Fine Scale Determinants of Soil Litter Fauna on a Mediterranean Mixed Oak Forest Invaded by the Exotic Soil-Borne Pathogen Phytophthora cinnamomic. Forests, 9 (1 -16).

Kolkaila, A. M.; A. A. Makawi and S. M. Hammad. 1971. a. Studies on the arthropods and microorganisms of some Libyan soils: soil arthropods and microorganisms from under four

318-331.

Whitkamp, M and Crossley Jr, D.A. 1966. The role of the microarthropods and microflora in breakdown of white oak litter. Pedobiologia. 6:293-303.

Wiwatwitaya, D., Takeda, H. 2005. Seasonal changes in soil arthropod abundance in the dry evergreen forest of north-east Thailand, with special reference to collembolan communities. Ecological Research 20(1) 59-70.

Zavattari, E. 1934. Prodoromo della fauna della Libya. Tipographia gia Cooprativa, Pavia. Viii+ 1234 pp.

Zhou, S.; Olaf B.; Sandra B.; Ira T. H.; Marika M.; Veronique V.; Rien A.; Matty P. B.; Brendan M.; Jasper V. R.; Stephan H.; Stefan S. 2018. Identity, Decomposition of leaf litter mixtures across biomes: The role of litter diversity and soil fauna. Forests. 9: 2-16

organic matter. Soil Biol. Biochem. 102, 37–39.

Swift, M.J., Heal, O.W., Anderson, J.M. 1979. Decomposition in Terrestrial Ecosystems. Blackwell Scientific Publications, Oxford.

Tan, B.; Wu, F.; Yang, W.; Xu, Z.; Zhang, L.; Liu, Y. 2015. Soil fauna significantly contributes to litter decomposition at low temperatures in the alpine/subalpine forests. Pol. J. Ecol. 63, 377–386.

Tullgren, A. 1918. A very simple read-out device for terricole animal faunas. In: Journal of Applied Entomology. Vol. 4, pp. 149-150.

Waring, R.H. and Running SW. 1998. Forest Ecosystems: Analysis at Multiple Scales. San Diego, CA: Academic Press.

Weaver, J and Sarah H. 1993. The Distribution and Abundance of Leaf Litter Arthropods in MOFEP Forest Sites 1, 2, and 3. MOFEP Proceedings.