Effect of the parent rock on plant species diversity (Latakia Governorate)

Somar Maryam*
Dr. Zuheir Shater**
Dr. Talal Amin***

(Received 11 / 6 / 2025. Accepted 22 / 9 /2025)

□ ABSTRACT □

The aim of this research is to evaluate the compositional and functional plant biodiversity in Lattakia Governorate, on different types of parent rock. The study was conducted during 2022 and 2023, in 67 samples of 400 m^2 each, distributed at different altitudes and exposures, and within diverse habitats, on five types of parent rock: sandstone and marl with conglomera, limestone with dolomite, limestone with dolomite and marl, limestone with marl and clay, green ophiolut rocks. Site data were collected and plant surveys were conducted. Compositional diversity indices (species richness index, Shannon index), and plant similarity ratio (Sorenson index), were calculated. Functional diversity was studied through four traits, related directly or indirectly to ecosystem functions: sexual system, pollination pattern, life form, and dispersal pattern.

The results showed no significant correlation between parent rock and either the specific richness and Shannon indices, while the Sorenson index showed low levels of similarity in general. On the other hand, functional traits showed some significant differences between green ophiolite rocks and limestone rocks of various forms, particularly limestone with clay and argillaceous clay.

Key words: compositional diversity, functional diversity, parent rock, Shannon index, Sorenson index.

Copyright **:**Latakia University journal (formerly Tishreen) -Syria, The authors retain the copyright under a CC BY-NC-SA 04

* **Ph.D. Student, Faculty of Agricultural Engineering, Latakia University(formerly Tishreen), Latakia, Syria** Mariamsomar80@gmail.com
** **Professor, Faculty of Agricultural Engineering, Latakia University (formerly Tishreen), Latakia, Syria** zuheirshater@yahoo.com
*** **Professor, Faculty of Agricultural Engineering, Latakia University(formerly Tishreen), Latakia, Syria** Talal.amin1@gmail.com

تأثير الصخرة الأم في التنوع الحيوي النباتي (محافظة اللاذقية)

سومر مريم *

د. زهير الشاطر **

د. طلال أمين ***

(تاريخ الإيداع 11 / 6 / 2025. قبل للنشر في 22 / 9 / 2025)

□ ملخّص □

هدف البحث إلى تقييم التنوع الحيوي النباتي في محافظة اللاذقية، من الناحية التركيبية والوظيفية، على أنواع مختلفة من الصخور الأم. أجريت الدراسة خلال العامين 2022 و2023، في 67 عينة مساحة كل منها 400م^2، متوزعة على ارتفاعات وسفوح مختلفة، وضمن موائل متنوعة، وذلك على خمسة أنواع من الصخور الأم: حجر رملي ومارل مع كونغلوميرا، حجر كلسي مع دولوميت، حجر كلسي مع دولوميت ومارل، حجر كلسي مع مارل غضاري وغضار، صخور أوفيولوتية خضراء. تم جمع البيانات الطبوغرافية والأرضية للموقع وإجراء الكشوف النباتية في كل عينة خلال الربيع والخريف، ثم حساب مؤشرات التنوع الحيوي التركيبي (مؤشر الغنى النوعي، مؤشر شانون)، وحساب نسبة التشابه النبتي باستخدام مؤشر سورنسون. دُرس التنوع الحيوي الوظيفي من خلال أربع سمات، مرتبطة بشكل مباشر أو غير مباشر بوظائف النظام البيئي وهي: النظام الجنسي، نمط التلقيح، شكل الحياة، نمط الانتشار.

أظهرت النتائج عدم وجود ارتباط معنوي بين الصخرة الأم ومؤشرات التنوع الحيوي التركيبي، وأظهر دليل سورنسون نسباً منخفضة من التشابه في التركيب النبتي بين الصخور الأم المدروسة. من ناحية أخرى، أظهرت السمات الوظيفية بعض الفروق المعنوية، بين الصخور الأوفيولوتية الخضراء والصخور الكلسية بأشكالها، ولاسيما الحجر الكلسي مع المارل الغضاري والغضار.

الكلمات المفتاحية: التنوع التركيبي، التنوع الوظيفي، الصخرة الأم، مؤشر شانون، مؤشر سورنسون.

حقوق النشر : مجلة جامعة اللاذقية (تشرين سابقاً)– سورية، يحتفظ المؤلفون بحقوق النشر بموجب الترخيص CC BY–NC–SA 04

* طالب دكتوراه ، كلية الهندسة الزراعية، جامعة اللاذقية(تشرين سابقاً)– اللاذقية، سوريا. Mariamsomar80@gmail.com

** أستاذ ، كلية الهندسة الزراعية، جامعة اللاذقية(تشرين سابقاً)– اللاذقية، سوريا. zuheirshater@yahoo.com

*** أستاذ ، كلية الهندسة الزراعية، جامعة اللاذقية(تشرين سابقاً)– اللاذقية، سوريا Talal.amin1@gmail.com

مقدمة:

تعدّ الصخرة الأم الركيزة الجيولوجية الأساسية التي تتشكل منها التربة، وذلك نتيجة تحولات معقدة وطويلة الأمد [1]، حيث تتفاعل الصخرة الأم والمناخ والتضاريس مع الغطاء النباتي خلال الزمن لإنتاج بيئات مميزة من معادن التربة [2]. ويسود تأثير الصخرة الأم إلى حد كبير خلال المراحل المبكرة من تكوين التربة، ثم تؤثر العوامل المناخية أو البيولوجية الأخرى، ويمكن أن تكون مدة تكوين التربة طويلة جداً، فقد شهد العديد من أنواع التربة مناخات ونباتات مختلفة عن تلك الموجودة في وقتنا الحاضر [3]. تؤثر الصخرة الأم بشكل كبير في الخصائص الفيزيائية والكيميائية للتربة، وبالرغم من أن الصخرة الأم تتكون في الغالب من الجزيئات المعدنية، وتتحكم في العديد من خصائص التربة، فإن أنظمة تصنيف الترب الدولية تنسب دوراً ضئيلاً نسبياً إلى عامل الصخرة الأم [4]. إضافة لذلك، تسهم الصخرة الأم في الخصائص البيولوجية للتربة، ففي الصين على سبيل المثال، تم تسجيل أعلى وفرة وتنوع في ميكروبات التربة في الحجر الرملي، ثم الصخور الكلسية، في حين كانت الوفرة الأقل منها في صخور البازلت [5]. يعد فهم العلاقة بين الصخرة الأم والتربة أمراً ضرورياً للإدارة الفعالة للتربة والتنبؤ بسلوكها في ظل ممارسات استخدام الأراضي المختلفة، إذ يؤدي التنوع في الصخور الأم إلى مجموعة واسعة من أنواع التربة ذات الخصائص المختلفة. في دراسة قام بها [6] في ترب غير مزروعة، نشأت على أربعة أنواع مختلفة من الصخور الأم، وجد أن هناك علاقة قوية تربط بين الصخور الأم وبعض العناصر الغذائية المتوفرة في التربة، كالمغنزيوم و العناصر الغذائية الصغرى كالحديد والمنغنيز.

تشكل التربة والنبات ثنائية ديناميكية في تفاعل دائم، مع آثار متعددة وبعيدة المدى على جميع الدورات البيوكيميائية (الكربون والنيتروجين والماء) ومكونات النظم البيئية الأرضية كالصخور الأم، والتضاريس الموضعية، والمناخ الموضعي، والحيوانات والميكروبيولوجيا. كما تتفاعل معظم النباتات بشكل مباشر مع التربة طوال وجودها، وتعتمد عليها بشكل كبير للحصول على إمدادات المياه والتغذية المعدنية. وبالمقابل، تؤثر النباتات بشكل خاص في الخصائص الفيزيائية والكيميائية وخصائص المياه في التربة [7]. كما تعد التربة عاملاً رئيساً في بنية المجتمعات النباتية وخصائص الأنظمة الإيكولوجية، إذ أن خصائص التربة، التي تتأثر بشكل خاص بتطور الموقع والتضاريس وطبيعة الصخرة الأم، هي العوامل الرئيسة التي تحدد وجود الأنواع والمجتمعات النباتية على نطاق محلي أي ضمن حيز مناخي محدد، كما تساعد خصائص التربة على نمو وازدهار أنواع نباتية محددة دون الأخرى، وفقاً لقدرتها على تحمل الظروف البيئية غير المواتية لنموها وبقائها، وهي الأنواع ذات الخصائص الوظيفية التي تمنحها التكيف مع الظروف البيئية المحددة [8]. وتمارس الخصائص الكيميائية والميكانيكية للصخور سيطرة من الدرجة الأولى على تطور المناظر الطبيعية، فقد أظهرت تحاليل البيانات الطبوغرافية والمناخية والبيولوجية والجيولوجية في المناطق الجبلية، تأثيراً واضحاً للصخور الأم في الغنى النوعي النباتي والحيواني ومؤشر الاختلاف النباتي القياسي Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) على مستوى العالم، وهو ما تم ربطه بالعناصر الغذائية المتوفرة في التربة والهيدرولوجيا، والتي تعزز أو تمنع ملاءمة الموائل [9]. كما أظهرت دراسة أجريت في 89 موقعاً في هضبة التبت الجنوبية الشرقية، والتي تمتد عبر نطاق واسع من المناخات والصخور الأم والمجتمعات النباتية، أن تنوع الغطاء النباتي والصخرة الأم هما العاملان الحاسمان للتنبؤ بالعناصر الغذائية في التربة [10]. كما تؤكد الدراسات الحديثة على أن إدراج الصخرة الأم في دراسات الكربون في التربة يحسن استراتيجيات تخزين الكربون، ويمكن أن يفتح فرصاً جديدة لتصميم استراتيجيات تعزز عزل الكربون داخل منطقة الصخرة الأم للتربة، ويساهم بالتالي في تحقيق أهداف الأمم المتحدة للتنمية المستدامة [11]. تعد طبيعة الصخور الأم عاملاً مهماً في توزيع الموائل والأنواع على

كوكب الأرض [12]، وقد ظهر تأثير الصخرة الأم في التنوع البيولوجي تحت اسم التنوع البيولوجي–الجيولوجي geobiodiversity [13]، وهو مصطلح مركّب يجمع بين التنوع الجيولوجي geodiversity والتنوع البيولوجي biodiversity، ويُستخدم للإشارة إلى التفاعل بين المكونات الجيولوجية، كالصخرة الأم ومعادن التربة، والتنوع في الكائنات الحية في منطقة معينة، ويظهر الحفاظ على هذا التنوع كقضية أساسية بالرغم من أن التفاعلات بين مكوناته المختلفة، لا تزال غير مفهومة بشكل جيد حتى الآن [14]. من ناحية أخرى، بالرغم من كون التنوع الجيولوجي والتنوع البيولوجي من بين أعظم الثروات على هذا الكوكب، فإنهما لا ينالان الاهتمام الكافي على مستوى العالم [13]، ومع ذلك، فقد بدأ حفظ التنوع الجيولوجي وإدارته يكتسبان اهتمام عالمي أكبر، وتحاول الآن عدة مبادرات دولية ووطنية ومحلية اكتساب اعتراف عملي بمفهوم التنوع الجيولوجي وتعزيز حفظه [15]. وفي دراسة للتأثيرات المشتركة للبيئات الجيولوجية وحديثة التشكل على المجتمعات البيولوجية، ووظائف النظام البيئي في هضبة التيبت الصينية، وجد أن إدخال التأثيرات الجيولوجية، مثل الصخور الأم، قد زاد من الاختلافات في المجتمعات النباتية والبكتيرية بنسبة 67.9 و35.9% على التوالي، بالمقارنة مع النماذج التي تستبعد العمليات الجيولوجية [16].

تتباين أنواع المملكة النباتية في سماتها الوظيفية، وتختلف بالتالي الأدوار التي يمكن أن تقوم بها في النظم البيئية، إذ إن استخدام مفهوم السمات الوظيفية يجعل من الممكن تفسير قدرة بعض النباتات على البقاء والاستمرار في بيئات معينة، كما يفسر الاستجابات المورفولوجية أو الفسيولوجية أو حتى الفينولوجية للنباتات، للتغيرات في مثل هذه البيئات [17]. في الحقيقة، يؤدي التنوع الواسع الناتج عن الصخرة الأم ومعادن التربة دوراً مهماً في وظيفة النظام البيئي، من خلال تأثيرها في بنية المجتمعات النباتية وتعديل السمات الوظيفية للأنواع المكونة لها [18]، فقد أظهرت دراسة [19] أن آثار تغيرات التربة تختلف في القوة والاتجاه اعتماداً على نوع المستهلك. كما أظهرت دراسة [20] أجريت في منطقة الغابات المطيرة الأطلسية في البرازيل، الدور الواضح للصخرة الأم في التنوع الوظيفي. إضافةً لذلك، قد يؤدي تغيير مستويات العناصر الغذائية ودرجة الحموضة، والرطوبة في التربة، إلى تغيير بعض السمات الوظيفية مثل شكل ولون وحجم الأزهار والثمار [22 ,21]، مما يؤثر على جاذبية الملقحات وعوامل انتشار البذور ، ويذكر [23] أن فهم الآليات التي تشرح تأثير تغيرات التربة في الملقحات ومشتتات البذور أمر ضروري لتحسين قدرتنا على التنبؤ بآثار التغيرات البيئية المستمرة وتحديد خطط الصون المناسبة.

ويقوي البشر العلاقة بين التنوع البيولوجي والركيزة الأرضية، حيث تكون العلاقة وثيقة بين الطبيعة الجيولوجية لتحت التربة والتنوع النباتي والحيواني، وفي البيئات الصعبة، حيث تخلى الإنسان عن الزراعة، تم الحفاظ على الأنواع المتوطنة، كما في البيئات الساحلية والأراضي الرطبة والمناطق الجبلية وبعض البيئات شبه الصحراوية المحيطة بالبحر المتوسط، بينما قام النشاط البشري بإخفاء وتعديل آثار العمليات الجيولوجية على النباتات في أماكن أخرى، ما يمكن ان يكون قد أدى إلى تجانس الموائل [13].

في سورية، تعد الدراسات التي تربط بين الصخرة الأم والتنوع الحيوي النباتي قليلة، إذ أن أغلب الدراسات التي تناولت الصخرة الأم كانت ضمن سياق دراسة خصوبة التربة على الصخور الأم المختلفة، وعلاقتها بالنمو والإنتاجية للأشجار الحراجية. فقد حدد [24] عدة صفوف خصوبة لغابات الصنوبر البروتي *Pinus brutia* في منطقة البابر والبسيط حسب الصخرة الأم، وحدد بعض الأنواع الدالة لكل صف من هذه الصفوف، كما بين [25] التأثير الواضح للصخرة الأم في التركيب النبتي لغابات الصنوبر البروتي في الساحل السوري.

أهمية البحث وأهدافه

تعدّ دراسة العلاقة بين التنوع الجيولوجي والتنوع البيولوجي بأشكاله المختلفة، التركيبي والبنيوي والوظيفي، أحد الركائز الأساسية في فهم هذا التنوع وصونه، وهي توفر بيانات تسمح بإدارة وحماية هذا التنوع بشكل فعال ومستدام. تنبع أهمية هذا البحث من أهمية التنوع الجيولوجي، متمثلاً بالتنوع في الصخور الأم، في محافظة اللاذقية، وما ينتج عنه من تنوع في الأنواع النباتية وسماتها الوظيفية.

يهدف هذا البحث إلى تقييم التنوع الحيوي النباتي في محافظة اللاذقية من الناحية التركيبية، التي تتناول أعداد ووفرة الأنواع النباتية، ومن الناحية الوظيفية، التي تتناول بعض السمات الوظيفية لهذه الأنواع كنظامها الجنسي ونمط التلقيح وشكل الحياة ونمط التشتت، ومحاولة فهم تأثير الصخرة الأم في هذا التنوع ما يمكن أن يساهم في تقديم مقترحات تفيد في حماية هذا التنوع وصونه.

طرائق البحث ومواده:

1. موقع الدراسة

تمت الدراسة في 67 موقعاً حراجياً موزعة على كامل أنحاء محافظة اللاذقية، وذلك على ارتفاعات تتراوح بين 57 و1380م عن سطح البحر (الشكل1). ينتمي مناخ المحافظة إلى المناخ المتوسطي النموذجي المعروف بفصليته المناخية الواضحة، حيث الصيف حار وجاف، والشتاء مضطرب ماطر ومائل للبرودة، في حين تعتدل درجات الحرارة في فصلي الربيع والخريف. يتراوح متوسط درجة الحرارة السنوية في أرجاء المحافظة بين 19– 20 م° في السهول الساحلية، و14– 17 م° في الجبال، وتتراوح معدلات الأمطار السنوية بين 750–900 مم في السهول الساحلية إلى قيمة عظمى تتجاوز 1500مم/سنة في المرتفعات الجبلية، وقد تصل الأمطار كحد أعظمي إلى 2000مم، وتسقط 51–60% من الأمطار في فصل الشتاء، أما الرطوبة الجوية النسبية فتتراوح صيفاً بين 60–80%، ولكن كمية التبخر النتح الكامن تبلغ 1600مم في السهول لتتناقص إلى 1200مم في الجبال [27 ,26].

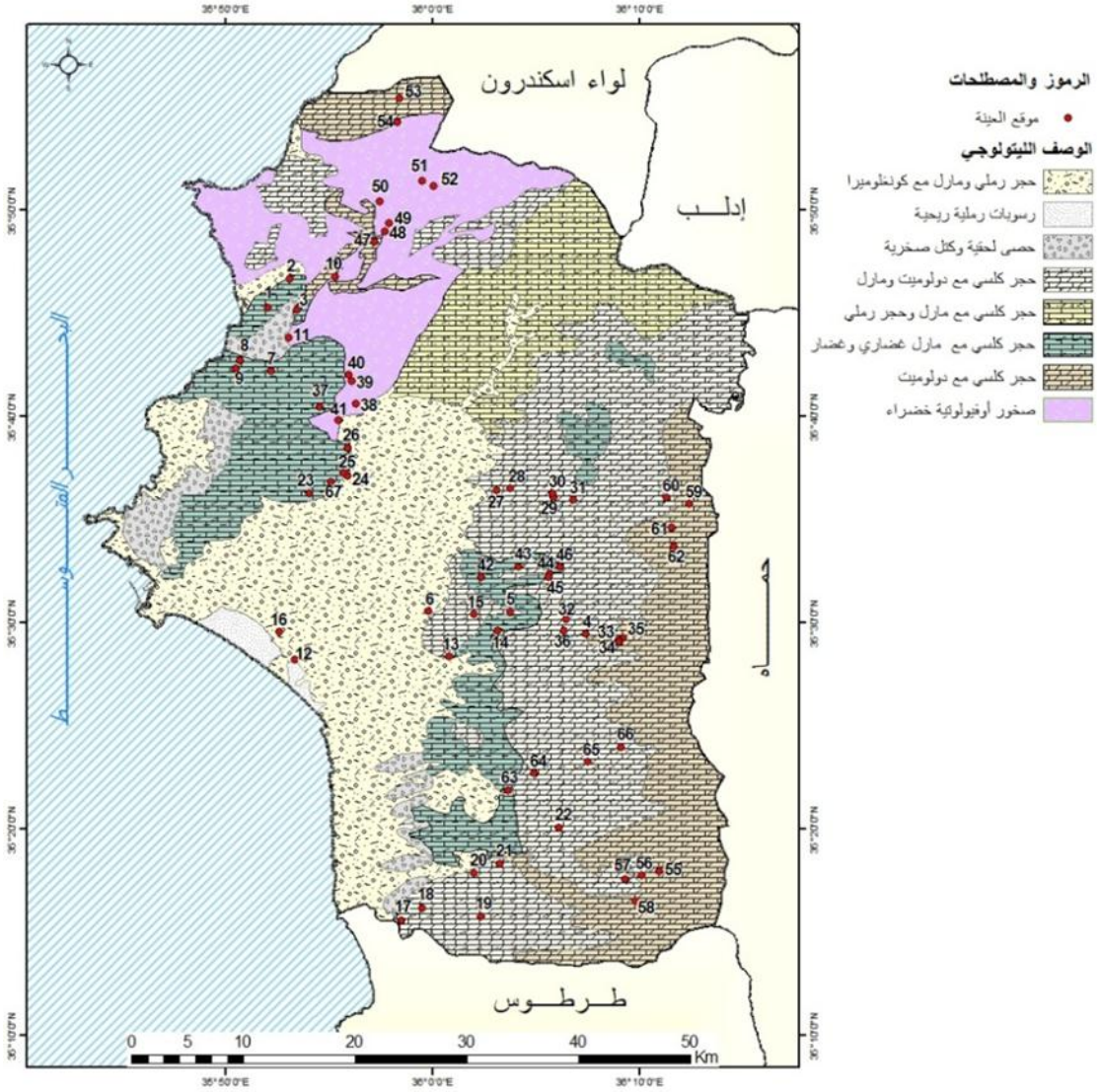
2. جمع البيانات

تم تحديد 67 عينة مربعة الشكل مساحة كل منها 400م^2 (20 x 20 م) متوزعة على ارتفاعات وسفوح مختلفة، وضمن موائل متنوعة بين سنديانية طبيعية (13 عينة)، ماكي (14 عينة)، غابات مخروطية طبيعية (17 عينة)، غابات مخروطية اصطناعية (12 عينة)، وغابات محروقة (11 عينة). (الجدول1، الشكل1).

شملت الدراسة أشكال متنوعة من الصخور الأم حيث سادت الصخور الكلسية في 53 عينة، تنوعت بين الحجر الكلسي مع الدولوميت (13 عينة)، والحجر الكلسي مع الدولوميت والمارل (25 عينة)، والحجر الكلسي مع المارل الغضاري والغضار (15 عينة)، وسادت الصخور الأوفيولوتية الخضراء في 10 عينات، في حين ساد الحجر الرملي مع الكونغلوميرا في 4 عينات فقط (الجدول1) [28].

تم في كل عينة جمع البيانات التالية:

– بيانات الموقع وهي: الإحداثيات والارتفاع عن سطح البحر بواسطة جهاز GPS والمعرض بواسطة البوصلة، والانحدار بواسطة جهاز قياس الانحدار (كلينوميتر).



الشكل1: الخريطة الليثولوجية وتوزع العينات عليها في محافظة اللاذقية.

الجدول1: أنواع الصخور الأم المدروسة وعدد العينات.

العنوان؟	الصخرة الأم	عدد العينات
R1	حجر رملي ومارل مع كونغلوميرا	4
R2	حجر كلسي مع دولوميت	13
R3	حجر كلسي مع دولوميت ومارل	25
R4	حجر كلسي مع مارل غضاري وغضار	15
R5	صخور أوفيولوتية خضراء	10
	المجموع	67

المصدر: إعداد الباحث.

– الكشـوف النباتية: تم إجراء الكشوف النباتية في العينات المدروسـة باستخدام طريقة براون – بلانكيه [29]، من خلال تسجيل جميع الأنواع النباتية في العينة وإعطاء كلِ نوعٍ معامل يدعى معامل (الوفرة – السيادة) باعتبار أن درجة

التغطية هي الأهم من أجل الأنواع الأكثر وجوداً، في حين أن الوفرة هي الأهم من أجل الأنواع الأكثر ندرةً، والتي يمكن عدُّها، في حين يصعب تقدير تغطيتِها.

تم إجراء كشفين نباتيين في كل عينة، أحدهما ربيعي–صيفي والآخر خريفي–شتوي، خلال العامين 2022 و2023 وذلك لضمان تسجيل جميع الأنواع الحولية والأرضية في العينات.

تم التعرف على الأنـواع النباتيـة، وتصنيفها بالاعتمـاد على الفـلورا الحديثـة لسـورية ولبنان [30].

3. مؤشرات التنوع التركيبي

3. 1. مؤشر الغنى النوعي: وهو عدد الأنواع الموجودة في عينة محددة، ويستخدم بكثرة بسبب بساطته ولكونه يشكل مؤشر جيد على التنوع الحيوي، مع ذلك، فإن المعلومة التي يقدمها هذا المؤشر غير كافية لكونه لا يأخذ بالحسبان الوفرة النسبية للأنواع [31].

3. 2. مؤشر Shannon: يعدّ من أكثر المؤشرات استخداماً بسبب سهولة حسابه، ولكونه يأخذ بالحسبان الوفرة النسبية للأنواع، كما أنه مؤشر بيئي يفيد في تقدير التنوع الحيوي النباتي ومقارنته بين المجتمعات الحراجية المتجاورة. يتم حسابه بالصيغة التالية [32]:

$$H' = -\sum Pi \,.\, log\ Pi_{\ (i=1-S)}$$

حيث: S هي العدد الكلي للأنواع، Pi: الوفرة النسبية للأنواع وتساوي (nj/N)، nj: التغطية النسبية للنوع j في العينة، N:العدد الكلي للأفراد. يكون التنوع أكبر كلما كانت قيمة هذا المؤشر مرتفعة. قاعدة اللوغارتم المستخدمة عادةً هي 2 وتكون الواحدة في هذه الحالة البايت.

3. 3. مؤشر Sorenson: تم استخدام هذا المؤشر لحساب نسبة التشابه النبتي بين الصخور الأم وهو يحسب من المعادلة [33]:

$$CC = 2c / (a + b + 2c)$$

حيث: a هي عدد الأنواع الموجودة في عينات الصخرة الأم الأولى، b هي عدد الأنواع الموجودة في عينات الصخرة الأم الثانية، c هي عدد الأنواع المشتركة بين عينات الصخرتين الأولى والثانية.

3. 4. مؤشرات التنوع الوظيفي

تمت دراسة أربعة عناصر مرتبطة بشكل مباشر أو غير مباشر بالتنوع الوظيفي في النظام البيئي وهي:

3. 4. 1. النظام الجنسي: يشمل وجود الأعضاء الجنسية داخل الزهرة، وتوزع الأزهار حسب جنسها على مستوى الفرد أو الجماعة، وقد تم تمييز النظم التالية [34]: 1) الخنوثة hermaphroditism (Cosexuality)، حيث تحتوي على أعضاء مذكرة (الأسدية) ومؤنثة (المدقة) في نفس الزهرة، 2) أحادية الجنس Monoecy حيث يحمل الفرد الواحد أزهاراً أحادية الجنس فقط (مذكرة ومؤنثة) في معظم الحالات. يمر الانتقال التطوري من الخنوثة إلى الأحادية بمراحل وسيطة مثل: أ) Andromonoecy، وفيه يحمل أفراد الجماعة أزهارًا خنثى وأخرى مذكرة على نفس النبات، ب) Gynomonoecy، وفيه يحمل أفراد الجماعة أزهارًا خنثى وأخرى مؤنثة، ج) (Trimonoecy) polygamomonoecy، وتكون فيه الأفراد متعددة الجنس أي يوجد ثلاثة أنواع من الأزهار على نفس الفرد في جماعة ما، خنثى، مذكرة، أو مؤنثة. 3) ثنائية المسكن Dioecy، أي أن هناك نباتات مذكرة وأخرى مؤنثة، ويشتق منها أيضاً: أ) Androdioecy، وهي وجود أفراد يحملون أزهاراً خنثى تتعايش مع أفراد آخرين يحملون أزهارًا مذكرة

فقط. ب. Gynodioecy، وهي وجود أفراد يحملون أزهاراً خنثى تتعايش مع أفراد آخرين يحملون أزهارًا مؤنثة فقط. ج) Polygamodioecy، وفيه توجد الأزهار على نباتين منفصلين (أي أن النباتات تكون مذكرة أو مؤنثة)، ولكن مع إمكانية وجود بعض الأزهار الخنثى على النبات المذكر أو المؤنث. وهناك النظام متعدد الجنس

3. 4. 2. نمط التلقيح: هي الطريقة التي تستخدمها النباتات لنقل حبوب اللقاح من الأعضاء الذكرية إلى الأعضاء الأنثوية لتحقيق الاخصاب، وهي عملية حيوية لتكاثر واستمرار النباتات وإنتاج البذور والثمار وبالتالي الغذاء. هناك نوعان رئيسيان من نظم التلقيح [35] هما التلقيح الذاتي Autogamy، يتم فيها نقل حبوب اللقاح من السداة إلى الميسم في نفس الزهرة أو زهرة أخرى على نفس النبات، ولا يتطلب ملقحات خارجية، والتلقيح الخلطي Heterogamy، وفيه تنتقل حبوب اللقاح من زهرة مذكرة إلى زهرة أخرى على نبات مختلف من نفس النوع. وللتلقيح الخلطي عدة طرق: 1) التلقيح بالحشرات Entomogamy، 2) التلقيح بالرياح Anemogamy، 3) التلقيح بالماء Hydrogamy. كما أن هناك بعض النباتات التي تعتمد على التكاثر اللاجنسي، إذ يتم إنتاج الجيل الجديد من النباتات دون الحاجة إلى إخصاب البويضة، وإنما يتطور الجنين من خلايا غير جنسية. يحدث هذا الطراز في النباتات اللاوعائية عادة أكثر من النباتات الوعائية، ويدعى هذا النمط بغياب التلقيح (Apogamy). هناك بعض الأنواع النباتية تُظهر ما يُسمى بالتلقيح المختلط أو المزدوج، كأن تكون قادرة على الاستفادة من الرياح والحشرات معاً لنقل حبوب اللقاح، وقد يكون ذلك تكيفاً مع ظروف بيئية غير مستقرة (مثل التغير في كثافة الحشرات أو في سرعة الرياح)، أو استراتيجية لتعزيز فرص التلقيح والإخصاب في ظل ندرة أحد وسائل النقل.

3. 4. 3. شكل الحياة: تم تحديد شكل الحياة للأنواع المسجلة في المواقع المدروسة بالاعتماد على مفهوم Raunkiaer [36]، ويعدّ هذا النظام في تصنيف النباتات بسيطاً، واضحاً، متناسقاً، سهل التطبيق، ويرمي إلى تقديم شرح بيولوجي وبيئي [37]. يميز هذا التصنيف خمسة أشكال أساسية من النباتات [38]: النباتات الهوائية (المرئية) Phanerophytes (Ph)، وهي نباتات خشبية، شجرية، أو شجيرية، يكون برعمها التجديدي فوق سطح التربة بشكل واضح، النباتات السطحية Chamephytes (C)، وهي النباتات الخشبية المنخفضة أو الأعشاب المعمرة التي يكون برعمها التجديدي على مسافة قصيرة من سطح التربة، النباتات الأرضية (المختبئة) Gyophytes (G)، يكون البرعم التجديدي في التربة على شكل درنات أو أبصال أو ريزومات، النباتات شبه المختبئة Hemicryptophytes (H)، وهي نباتات عشبية يقع برعمها على سطح التربة مختبئاً في الفرشة العضوية، ونباتات الفصل الجميل Therophytes (T)، يتم تشبيه البذرة ببرعم وهي تضم النباتات العشبية الحولية.

3. 4. 4. نمط الانتشار (البعثرة): تصنف هذه السمة الوظيفية الأنواع النباتية بحسب العامل الأساسي الذي يضمن انتشار وتشتت بذورها، وهي [39]: الأنواع المنتشرة بواسطة الهواء Anemochores، وفيها تنتشر الوحدات التكاثرية بواسطة الهواء الذي يمثل العامل الفعال في الانتشار. الأنواع المنتشرة ذاتياً Autochores، وفيها تكفل الأنواع انتشار وحداتها التكاثرية بنفسها، وتتم مساعدتها أحياناً بواسطة تباين عوامل خارجية معينة كدرجة رطوبة الهواء أو الرياح أو الماء. الأنواع المنتشرة بواسطة الضغط Barochores، وفيها لا يملك النبات أي تكيف يمكن أن يضمن انتشاره، حيث تنفصل الوحدات التكاثرية وتسقط بواسطة وزنها. الأنواع المنتشرة بواسطة الحيوانات Zoochores، وفيها تنتشر الوحدات التكاثرية بواسطة الحيوانات، ويمكن تمييز ثلاث تحت فئات في هذا الطراز: 1) النباتات المنتشرة بواسطة الحيوان من الخارج Epizoochores، تنتشر الوحدات التكاثرية مثبتةً على جسم الحيوان، وهذا يخص مواد التكاثر المزودة بأجهزة معينة (أشواك، حرير قاسي، خطافات، مواد دبقة) تسمح بانتشارها بواسطة الحيوان، 2) النباتات

المنتشرة بواسطة الحيوان من الداخل Endozoochores، 3) النباتات المنتشرة بواسطة النمل Myrmechores، وتحتوي مواد التكاثر فيها على جسم شحمي تبحث عنه بعض الحيوانات كالنمل إذ تقوم الحيوانات بنقل البذور هنا دون استهلاكها.

3. 5. التحليل الاحصائي

تمت مقارنة المتوسطات لنسب توزع الأنواع على الصخور الأم حسب سماتها الوظيفية باستخدام اختبار Kruskal–Wallis عند مقارنة السمات الوظيفية لعدة أنواع من الصخور الأم، واختبار Mann–Whitney (MW) عند مقارنة نوعين من الصخور الأم. وتم تحديد العتبة الحرجة P التي لا يكون هناك فروقاً معنوية بين المتوسطات عندها بقيمة أكبر من 0.05، [40]. تم تنفيذ هذه الاختبارات باستخدام البرنامج الإحصائي SPSS.

النتائج والمناقشة:

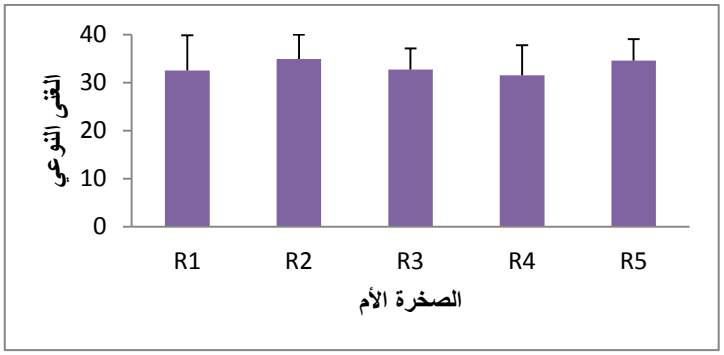
1. التنوع التركيبي

1. 1. مؤشر الغنى النوعي

بلغ عدد الأنواع النباتية المسجلة في جميع العينات المدروسة 352 نوعاً، ينتمون إلى 73 فصيلة، و235 جنساً. لم تظهر النتائج وجود فروق معنوية في الغنى النوعي بين الصخور الأم المدروسة، على مستوى جميع العينات المدروسة (p=0.91). كان "الحجر الرملي والمارل مع الكونغلوميرا"، أقل الصخور الأم غنىً بالأنواع النباتية، إذ سجل فيها 95 نوعاً فقط، تلتها "الصخور الأوفيولوتية الخضراء" التي سجل فيها 147 نوعاً، ثم "الحجر الكلسي مع المارل الغضاري والغضار"، التي سجل فيها 158 نوعاً، و"الحجر الكلسي مع الدولوميت"، التي سجل فيها 181 نوعاً، في حين كان "الحجر الكلسي مع الدولوميت والمارل"، أكثر الصخور الأم غنىً بالأنواع حيث سجل فيها 215 نوعاً (الشكل2). من ناحية أخرى، تراوح متوسط مؤشر الغنى النوعي في العينات المدروسة حسب الصخور الأم بين 32.5 ± 7 (المتوسط ± حدود الثقة) نوعاً في عينات "الحجر الكلسي مع المارل الغضاري والغضار"، و34.9 ± 5 نوعاً في "الحجر الكلسي مع الدولوميت"، ولم تكن هناك فروق معنوية بين متوسطات هذا المؤشر على الصخور الأم المختلفة (p>0.05) (الشكل3).

الشكل2: العدد الكلي للأنواع المسجلة حسب الصخرة الأم.

(R1: حجر رملي ومارل مع كونغلوميرا، R2: حجر كلسي مع دولوميت، R3: حجر كلسي مع دولوميت ومارل، R4: حجر كلسي مع مارل غضاري وغضار، R5: صخور أوفيولوتية خضراء)

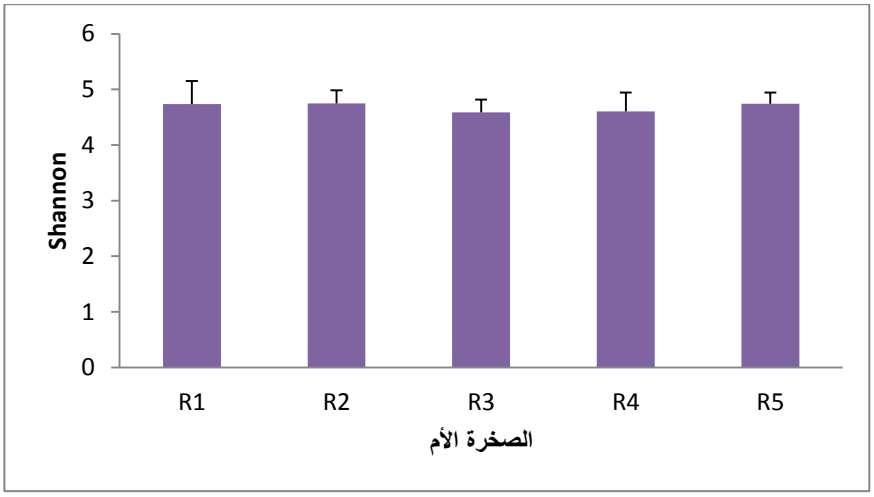


الشكل3: متوسط مؤشر الغنى النوعي للعينات المدروسة حسب الصخرة الأم.

(R1: حجر رملي ومارل مع كونغلوميرا، R2: حجر كلسي مع دولوميت، R3: حجر كلسي مع دولوميت ومارل، R4: حجر كلسي مع مارل غضاري وغضار، R5: صخور أوفيولوتية خضراء)

1. 2. مؤشر Shannon

لم تظهر النتائج وجود فروق معنوية في مؤشر شانون بين الصخور الأم المدروسة، على مستوى جميع العينات المدروسة ($p=0.93$). من ناحية أخرى، كانت قيم متوسط دليل شانون للعينات المدروسة مرتفعة متقاربة في قيمها على جميع الصخور الأم، إذ تراوحت قيم متوسط مؤشر شانون بين 4.60 ± 0.3 بايت في عينات "الحجر الكلسي مع الدولوميت والمارل"، و4.75 ± 0.2 بايت في عينات "الحجر الكلسي مع الدولوميت" (الشكل4)، ولم تكن هناك فروق معنوية بين هذه المتوسطات على الصخور الأم المختلفة ($p>0.05$).



الشكل4: متوسط مؤشر Shannon للعينات المدروسة حسب الصخرة الأم.

(R1: حجر رملي ومارل مع كونغلوميرا، R2: حجر كلسي مع دولوميت، R3: حجر كلسي مع دولوميت ومارل، R4: حجر كلسي مع مارل غضاري وغضار، R5: صخور أوفيولوتية خضراء)

1. 3. مؤشر Sorenson

أظهرت النتائج وجود اختلاف واضح في التركيب النبتي بين الصخور الأم المختلفة، إذ تراوحت قيم نسبة التشابه النبتي، محسوبة بمؤشر Sorenson، بين 33% (بين الحجر الرملي والمارل مع الكونغلوميرا من جهة، والحجر الكلسي مع الدولوميت من جهة أخرى) و47% (بين الحجر الكلسي مع الدولوميت والمارل من جهة، والحجر الكلسي مع المارل الغضاري والغضار من جهة أخرى) وهي في مجموعها نسب منخفضة (الجدول2).

الجدول(2): نسب التشابه النبتي بين الصخور الأم المختلفة محسوباً بمؤشر Sorenson.

	R1	R2	R3	R4
R2	33			
R3	39	44		
R4	42	40	47	
R5	35	42	41	39

(R1: حجر رملي ومارل مع كونغلوميرا، R2: حجر كلسي مع دولوميت، R3: حجر كلسي مع دولوميت ومارل، R4: حجر كلسي مع مارل غضاري وغضار، R5: صخور أوفيولوتية خضراء)

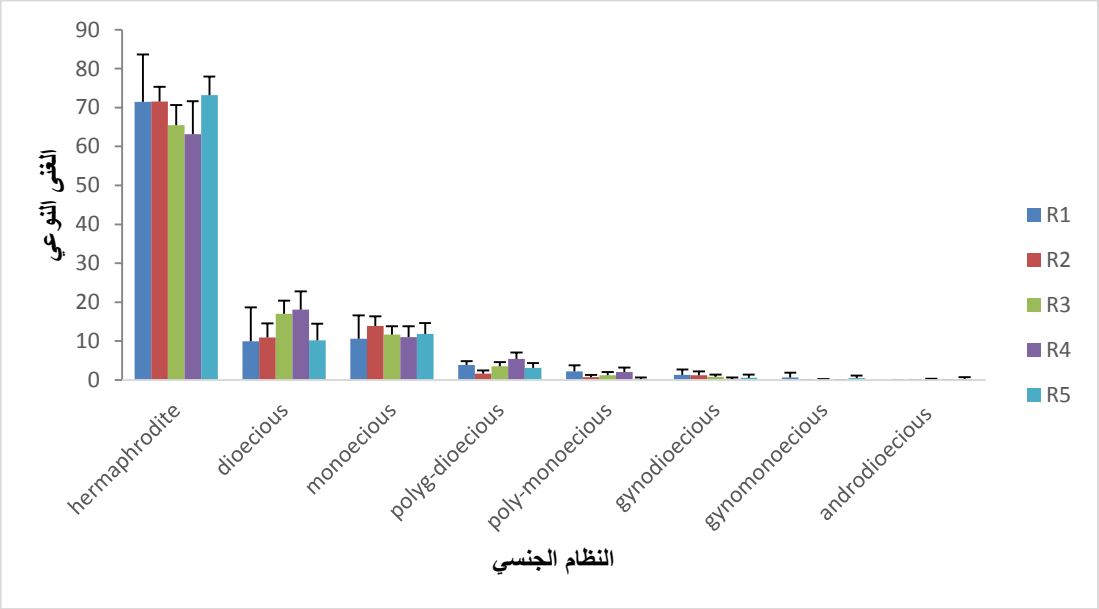
2. التنوع الوظيفي

2. 1. النظام الجنسي

كان توزع نسب الطرز الجنسية متشابهاً بشكل عام على الصخور الأم المختلفة، وهو من الشكل: <polyg–monoecious <polyg–dioecious<monoecious<dioecious<hermaphrodite androdioecious <gynomonoecious gynodioecious (الشكل5).

من ناحية أخرى، فقد اختلفت متوسطات النسب لأغلب هذه الطرز بين الصخور الأم (الشكل5)، ففي الأنواع ذات الأزهار الخنثى hermaphrodite، كانت أقل نسبة من هذه الأنواع على "الحجر الكلسي مع المارل الغضاري والغضار" (63.2 ± 9%) (المتوسط ± حدود الثقة)، وأعلى نسبة منها على "الصخور الأوفيولوتية الخضراء" (73.2 ± 5%)، دون وجود اختلافات معنوية ($p>0.05$) بين الأشكال الخمسة من الصخور الأم بالنسبة لهذا النظام الجنسي. بالنسبة للأنواع ثنائية المسكن dioecious فقد كانت أقل نسبة منها على "الحجر الرملي والمارل مع الكونغلوميرا" (9. 8%)، وأعلى نسبة منها على "الحجر الكلسي مع المارل الغضاري والغضار" (18.1 ± 5%)، وكانت الفروق في نسبة هذا النظام معنوية ($p<0.05$) بين "الصخور الأوفيولوتية الخضراء" من جهة، وكل من الحجر الكلسي مع الدولوميت، و"الحجر الكلسي مع الدولوميت والمارل"، و"الحجر الكلسي مع المارل الغضاري والغضار" من جهة أخرى، وكذلك بين "الحجر الكلسي مع الدولوميت" من جهة و"الحجر الكلسي مع المارل الغضاري والغضار" من جهة أخرى، في حين كانت بقية الفروقات بين المتوسطات على الصخور الأم المختلفة غير معنوية ($p>0.05$) بالنسبة لهذا النظام الجنسي. بالنسبة للأنواع أحادية الجنس monoecious، فقد كانت النسبة الأدنى منها على "الحجر الرملي والمارل مع الكونغلوميرا" (10.6 ± 6%)، في حين كانت النسبة الأعلى منها على "الحجر الكلسي مع الدولوميت" (13.9 ± 2%)، دون أن يكون هناك أي فروق معنوية بين المتوسطات على الصخور الأم المختلفة ($p>0.05$). بالنسبة للأنواع عديدة الجنس–الثنائية polygamous–dioecious فقد كانت النسبة الأدنى منها على "الحجر الكلسي مع الدولوميت" (1.6 ± 1%)، في حين كانت النسبة الأعلى منها على "الحجر الكلسي مع المارل الغضاري والغضار" (5.4 ± 2%)، وكانت الفروق في نسبة هذا النظام معنوية ($p<0.05$) بين "الحجر الكلسي مع الدولوميت" من جهة، وكل من "الحجر الرملي والمارل مع الكونغلوميرا"، "الحجر الكلسي مع الدولوميت والمارل"، و"الحجر الكلسي مع المارل الغضاري والغضار" من جهة أخرى. وبالنسبة للأزهار المتعددة الجنس polygamous،

فقد كانت النسبة الأدنى منها على "الصخور الأوفيولوتية الخضراء" (0.22 ± 0.4%)، في حين كانت النسبة الأعلى منها على "الحجر الرملي والمارل مع الكونغلوميرا" (2.2 ± 2%)، دون أن يكون هناك أي فروق معنوية بين المتوسطات على الصخور الأم المختلفة ($p>0.05$). بالنسبة للنظام gynodioecious، فقد كانت النسبة الأدنى منها على "الحجر الكلسي مع المارل الغضاري والغضار" (0.22 ± 0.4%)، في حين كانت النسبة الأعلى منها على "الحجر الرملي والمارل مع الكونغلوميرا" (2.2 ± 1%)، دون أن يكون هناك أي فروق معنوية بين المتوسطات على الصخور الأم المختلفة ($p>0.05$). أما بالنسبة للنظامين gynomonoecious و androdioecious فقد غابا عن بعض الصخور الأم وسجلا نسباً منخفضة جداً على صخور أخرى (الشكل5)، دون أن يكون هناك أي فروق معنوية بين المتوسطات على الصخور الأم المختلفة ($p>0.05$).



الشكل5: متوسط نسب النظم الجنسية للأنواع المسجلة حسب الصخرة الأم.

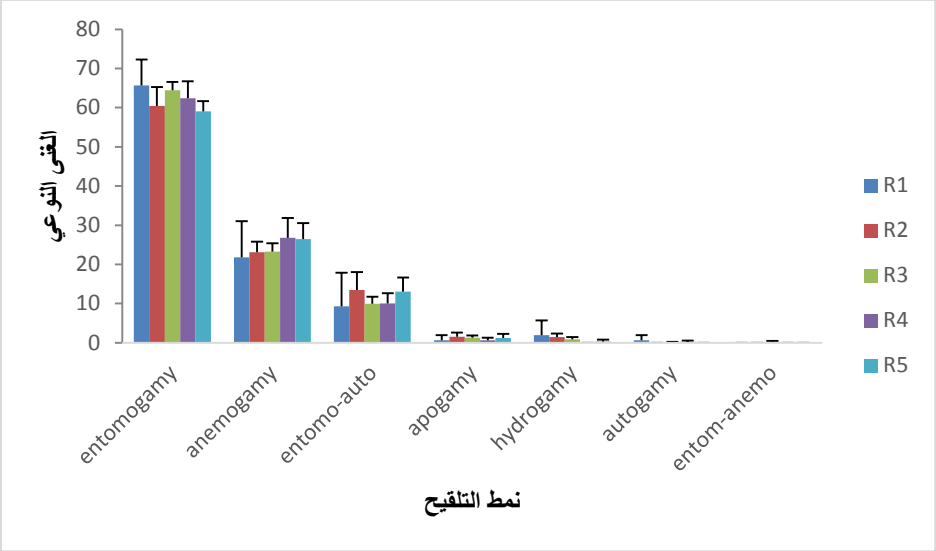
(R1: حجر رملي ومارل مع كونغلوميرا، R2: حجر كلسي مع دولوميت، R3: حجر كلسي مع دولوميت ومارل، R4: حجر كلسي مع مارل غضاري وغضار، R5: صخور أوفيولوتية خضراء)

2. 2. نمط التلقيح

كان التوزع العام لأنماط التلقيح متشابهاً على الصخور الأم المختلفة بشكل عام، إذ أخذت متوسطات النسب المئوية لهذه الأنماط الشكل: hydrogamy <apogamy <entomo–autogamy< anemogamy <entomogamy < autogamy < entomo–anemogamy، أي أن التلقيح بالحشرات كان النمط الأكثر سيادة على جميع أشكال الصخور الأم، في حين كان التلقيح الحشري–الهوائي هو الأقل (الشكل6).

تباينت متوسطات نسب كل نمط من هذه الأنماط بشكل طفيف بين الصخور الأم المختلفة (الشكل6)، إذ كانت أقل نسبة من الأنواع التي تتبع استراتيجية التلقيح بواسطة الحشرات entomogamy، على "الصخور الأوفيولوتية الخضراء" (0.59 ± 3%)، وأعلى نسبة منها على "الحجر الرملي والمارل مع الكونغلوميرا" (65.7 ± 7%)، وكانت الفروق في نسبة هذا النظام معنوية ($p<0.05$) بين "الحجر الكلسي مع الدولوميت والمارل" من جهة، و"الصخور الأوفيولوتية الخضراء" من جهة أخرى، في حين كانت الفروقات بين المتوسطات على بقية الصخور الأم لهذا النمط

غير معنوية ($p>0.05$). بالنسبة للنمط Anemogamy، فقد سجلت أقل نسبة من أنواعه على "الحجر الرملي والمارل مع الكونغلوميرا" (9.3 ± 9%)، وأعلى نسبة منها على "الحجر الكلسي مع المارل الغضاري والغضار" (26.8 ± 5%). وسجلت أقل نسبة من الأنواع التي تتبع للنمط Entomo–autogamy على "الحجر الرملي والمارل مع الكونغلوميرا" (65.7 ± 7%)، وأعلى نسبة منها على "الحجر الكلسي مع الدولوميت" (13.5 ± 5%). كما سجلت أقل نسبة من الأنواع التي تتبع في تلقيحها للنمط Apogamy على "الحجر الكلسي مع المارل الغضاري والغضار" (0.6 ± 0.6%)، وأعلى نسبة منها على الحجر الكلسي مع الدولوميت" (1.6 ± 1%)، أما بالنسبة للأنواع التي تتبع النمط Hydrogamy، فقد غابت تماماً عن عينات "الحجر الكلسي مع المارل الغضاري والغضار"، وسجلت نسباً منخفضة على بقية الصخور الأم، كان أعلاها على "الحجر الرملي والمارل مع الكونغلوميرا" (1.9 ± 4%)، دون أن يكون هناك أي فروق معنوية بين المتوسطات على الصخور الأم المختلفة ($p>0.05$) لهذه الأنماط الأربعة الأخيرة (Anemogamy، Entomo–autogamy، Apogamy، Hydrogamy). كما غابت الأنواع التي تتبع النمط autogamy والنمط entomo–anemogamy عن العديد من الصخور الأم وسجلت نسباً منخفضة جداً على بعضها الآخر مثل الحجر الكلسي مع الدولوميت والمارل (الشكل6)، دون أن يكون هناك فروق معنوية بينها ($p>0.05$).



الشكل6: متوسط نسب أنماط التلقيح للأنواع المسجلة حسب الصخرة الأم.

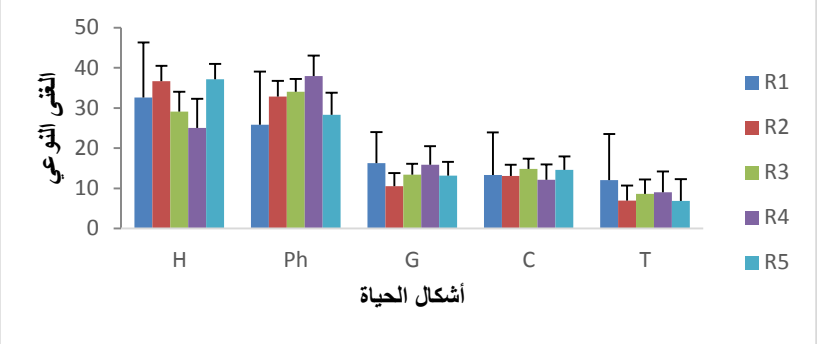
(R1: حجر رملي ومارل مع كونغلوميرا، R2: حجر كلسي مع دولوميت، R3: حجر كلسي مع دولوميت ومارل، R4: حجر كلسي مع مارل غضاري وغضار، R5: صخور أوفيولوتية خضراء)

2. 3. أشكال الحياة

كان الطيف الحيوي لنسب أشكال الحياة المختلفة على مستوى أغلب الصخور الأم من الشكل Therophyte<Chamaephyte<Geophyte<Phanerophyte=Hemicryptophyte، (الشكل7). سادت الأنواع شبه المختبئة (H) بشكل متبادل مع الأنواع الهوائية (المرئية) حسب نوع الصخرة الأم، تلتها الأنواع الأرضية

(G) والسطحية (C) بنسب متقاربة جداً في حين شكلت نباتات الفصل الجميل (T) نسبة ضئيلة. وكانت الأنواع شبه المختبئة (H) هي شكل الحياة الوحيد الذي ارتبط معنوياً بالصخور الأم (KW=−0.25, p=0.008).

تباينت متوسطات نسب أشكال الحياة للأنواع المدروسة حسب الصخرة الأم (الشكل7)، فقد سجلت الأنواع شبه المختبئة (H) أقل نسبة منها على "الحجر الكلسي مع المارل الغضاري والغضار" (25.0 ± 7%)، في حين سجلت أعلى نسبة منها على "الصخور الأوفيولوتية الخضراء" (37.1 ± 4%)، وكانت الفروق في نسبة هذا الشكل معنوية (p<0.05) بين "الحجر الكلسي مع الدولوميت" من جهة، وكل من "الحجر الكلسي مع الدولوميت والمارل"، و"الحجر الكلسي مع المارل الغضاري والغضار" من جهة أخرى، كما كانت الفروق في نسبة هذا الشكل معنوية (p<0.05) بين "الصخور الأوفيولوتية الخضراء" من جهة، وكل من "الحجر الكلسي مع الدولوميت والمارل"، و"الحجر الكلسي مع المارل الغضاري والغضار" من جهة أخرى، في حين كانت الفروقات بين المتوسطات على بقية الصخور الأم لهذا الشكل غير معنوية (p>0.05). من ناحية أخرى، سجلت أقل نسبة من الأنواع الهوائية (Ph)، على "الحجر الرملي والمارل مع الكونغلوميرا" (25.8 ± 13%)، وأعلى نسبة منها على "الحجر الكلسي مع المارل الغضاري والغضار" (37.9 ± 5%). كما سجلت أقل نسبة من الأنواع الأرضية (G)، على "الحجر الكلسي مع الدولوميت" (10.5 ± 3%)، وأعلى نسبة منها على الحجر الرملي والمارل مع الكونغلوميرا" (16.3 ± 8%)، وسجلت أقل نسبة من الأنواع السطحية (C)، على "الحجر الكلسي مع المارل الغضاري والغضار" (12.2 ± 4%)، وأعلى نسبة منها على "الحجر الكلسي مع الدولوميت والمارل" (14.9 ± 3%)، في حين سجلت أقل نسبة من نباتات الفصل الجميل (T)، على "الصخور الأوفيولوتية الخضراء" (6.8 ± 5%)، وأعلى نسبة منها على "الحجر الرملي والمارل مع الكونغلوميرا" (12.0 ± 11%)، ولم تكن هناك فروق معنوية في نسب هذه الأشكال (Ph، G، C، T) بين الصخور الأم المختلفة (p>0.05).



الشكل7: متوسط نسب أشكال الحياة للأنواع المسجلة حسب الصخرة الأم.

(R1: حجر رملي ومارل مع كونغلوميرا، R2: حجر كلسي مع دولوميت، R3: حجر كلسي مع دولوميت ومارل، R4: حجر كلسي مع مارل غضاري وغضار، R5: صخور أوفيولوتية خضراء)

2. 4. أنماط التشتت

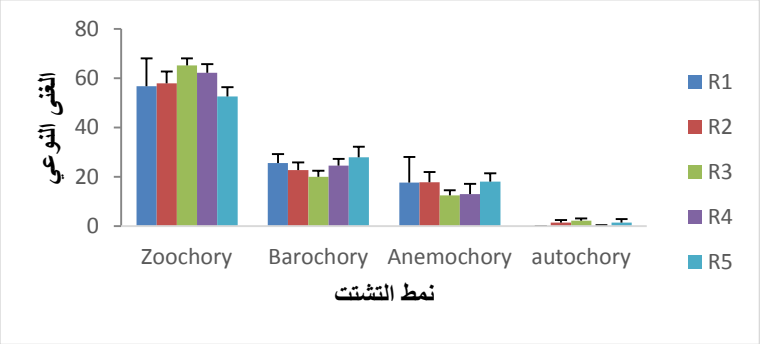
أظهرت النتائج شكلاً متشابهاً من التوزع العام لأنماط التشتت على جميع الصخور الأم المدروسة، وهو من الشكل (Zoochory>Barochory>Anemochory>Autochory) (الشكل8)، وقد ارتبطت جميع أنماط التشتت، بشكل معنوي، مع الصخرة الأم (p<0.05)، على مستوى جميع العينات المدروسة، وكانت أقوى علاقة ارتباط مع الأنواع المتشتتة بواسطة الحيوان (p=0.001).

تباينت متوسطات نسب أنماط التشتت للأنواع المدروسة حسب الصخرة الأم (الشكل8)، فبالنسبة للأنواع المنتشرة بواسطة الحيوان (Zoochores)، كانت أقل نسبة منها على "الصخور الأوفيولوتية الخضراء" (52.6 ± 11%)، وأعلى نسبة منها على "الحجر الكلسي مع الدولوميت والمارل" (65.2 ± 3%)، ولم تسجل فروق معنوية في نسب هذا الطراز إلا بين "الصخور الأوفيولوتية الخضراء" من جهة، وكل من "الحجر الكلسي مع الدولوميت والمارل" ($p<0.05$)، و"الحجر الكلسي مع المارل الغضاري والغضار" ($p<0.05$)، من جهة أخرى، وكذلك بين "الحجر الكلسي مع الدولوميت" من جهة، و"الحجر الكلسي مع الدولوميت والمارل" ($p<0.05$) من جهة أخرى، في حين كانت الفروق بين بقية الصخور الأم غير معنوية ($p>0.05$). بالنسبة للأنواع المنتشرة بواسطة الضغط (Barochores)، فقد كانت أقل نسبة منها على "الحجر الكلسي مع الدولوميت والمارل" (20.1 ± 2%)، وأعلى نسبة منها على "الصخور الأوفيولوتية الخضراء" (27.9 ± 4%)، ولم تسجل فروق معنوية في نسب هذا الطراز إلا بين "الحجر الكلسي مع الدولوميت والمارل" من جهة، وكل من "الحجر الكلسي مع المارل الغضاري والغضار" ($p=0.03$)، و"الصخور الأوفيولوتية الخضراء" ($p=0.007$) من جهة أخرى، في حين كانت الفروق بين بقية الصخور الأم غير معنوية ($p>0.05$). بالنسبة للأنواع المنتشرة بواسطة الهواء (Anemochores)، فقد سجلت منحىً مشابهاً للأنواع المنتشرة بواسطة الضغط إذ سجلت أقل نسبة منها على "الحجر الكلسي مع الدولوميت والمارل" (12.5 ± 2%)، وأعلى نسبة منها على "الصخور الأوفيولوتية الخضراء" (18.1 ± 3%)، ولم تسجل فروق معنوية في نسب هذا الطراز إلا بين "الحجر الكلسي مع الدولوميت والمارل" من جهة، وكل من "الحجر الكلسي مع الدولوميت" ($p=0.021$)، و"الصخور الأوفيولوتية الخضراء" ($p=0.012$) من جهة أخرى. بالنسبة للأنواع المنتشرة ذاتياً (Autochores)، فقد غابت تماماً على "الحجر الرملي والمارل مع الكونغلوميرا"، وسجلت أعلى نسبة منها على "الحجر الكلسي مع الدولوميت والمارل" (2.2 ± 0.9%)، ولم تسجل فروق معنوية في نسب هذا الطراز إلا بين "الحجر الكلسي مع الدولوميت والمارل" من جهة، وكل من "الحجر الكلسي مع المارل الغضاري والغضار" ($p=0.03$)، و"الصخور الأوفيولوتية الخضراء" ($p=0.007$) من جهة أخرى.

أظهرت الدراسة التفصيلية للأنواع المنتشرة بواسطة الحيوانات، سيادة الأنواع المنتشرة بواسطة الحيوان من الداخل Endozochores، تلتها الأنواع المنتشرة بواسطة الحيوان من الخارج Epizoochore، ثم الأنواع المنتقلة بواسطة النمل Myrmecochore، وذلك على جميع الصخور الأم المدروسة (الشكل9)، وقد ارتبطت الأنواع المنتشرة بواسطة الحيوان من الداخل، بشكل معنوي مع الصخرة الأم ($p<0.05$)، في حين لم يسجل أي ارتباط معنوي بين الصخرة الأم ونسب الأنواع المنتشرة بواسطة الحيوان من الخارج أو بواسطة النمل.

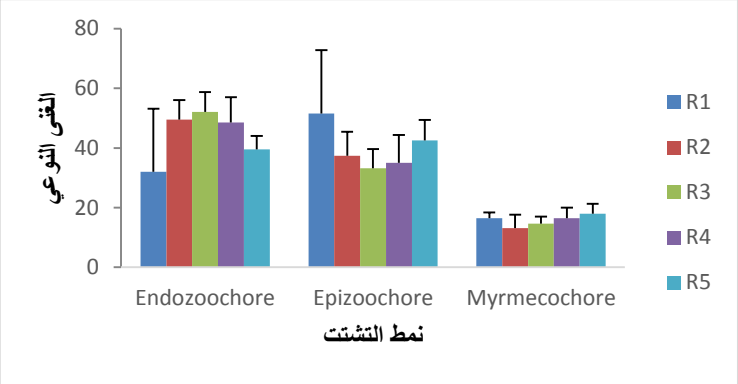
سجلت أقل نسبة من الأنواع المنتشرة بواسطة الحيوان من الداخل endozochores، على "الحجر الرملي والمارل مع الكونغلوميرا" (32.1 ± 21%)، وأعلى نسبة منها على "الحجر الكلسي مع الدولوميت والمارل" (52.1 ± 7%)، ولم تسجل فروق معنوية في نسب هذا الطراز إلا بين "الصخور الأوفيولوتية الخضراء" من جهة، وكل من "الحجر الكلسي مع الدولوميت" ($p=0.028$)، و"الحجر الكلسي مع الدولوميت والمارل" ($p=0.014$) من جهة أخرى، في حين كانت الفروق بين بقية الصخور الأم غير معنوية ($p>0.05$). من ناحية أخرى، سجلت أقل نسبة من الأنواع المنتشرة بواسطة الحيوان من الخارج Epizoochore، على "الحجر الكلسي مع الدولوميت والمارل" (33.2 ± 6%)، وأعلى نسبة منها على "الحجر الرملي والمارل مع الكونغلوميرا" (51.5 ± 21%)، كما سجلت أقل نسبة من الأنواع المنتشرة بواسطة النمل Myrmecochore على "الحجر الكلسي مع الدولوميت" (13.1 ± 5%)، وأعلى نسبة منها على

"الصخور الأوفيولوتية الخضراء" (17.9 ± 5%)، دون أن يكون هناك فروق معنوية في نسب هذين الطرازين بين الصخور الأم المختلفة ($p>0.05$) (الشكل9).



الشكل8: أنماط التشتت للأنواع المسجلة حسب الصخرة الأم.

(R1: حجر رملي ومارل مع كونغلوميرا، R2: حجر كلسي مع دولوميت، R3: حجر كلسي مع دولوميت ومارل، R4: حجر كلسي مع مارل غضاري وغضار، R5: صخور أوفيولوتية خضراء)



الشكل9: أنماط التشتت للأنواع المنتشرة بواسطة الحيوان حسب الصخرة الأم.

(R1: حجر رملي ومارل مع كونغلوميرا، R2: حجر كلسي مع دولوميت، R3: حجر كلسي مع دولوميت ومارل، R4: حجر كلسي مع مارل غضاري وغضار، R5: صخور أوفيولوتية خضراء)

المناقشة:

أظهرت النتائج عدم وجود تاثير واضح للصخرة الأم في المؤشرات التقليدية للتنوع الحيوي (الغنى النوعي، مؤشر شانون) على مستوى العينات، ولكن التركيب النبتي اختلف بشكل واضح بين الصخور المختلفة، إذ لم تتجاوز نسبة التشابه (مؤشر سورنسون) 47% وكان متوسط قيم هذه النسبة بين الصخور المختلفة 40% فقط ما يشير إلى اختلاف واضح بالتركيب النبتي حسب الصخور الأم.

أظهرت العديد من السمات الوظيفية ارتباطاً معنوياً مع الصخرة الأم، وكانت أكثر السمات ارتباطاً هي النظام الجنسي، إذ ارتفعت نسبة النظام ثنائي المسكن dioecious والمتعدد الثنائي polyg–dioecious والمتعدد الأحادي polyg–monoecious على "الحجر الكلسي مع المارل الغضاري والغضار" بشكل خاص، في حين ارتفعت نسبة الأنواع الخنثى على الحجر الرملي، وهو ما يمكن تفسيره بظروف الاجهاد المائي والغذائي المرتفع في الترب الرملية

مقارنة بالكلس مع المارل والغضار [5]، ما يجعل التكاثر الذاتي استراتيجية مفضلة ويرجح بالتالي ارتفاع نسبة الأنواع الخنثى فيها [41].

أظهرت كذلك أنماط الانتشار ارتباطاً معنوياً مع الصخرة الأم، إذ انخفضت نسبة الأنواع المنتشرة بواسطة الحيوان على الصخور الأوفيولوتية الخضراء، والحجر الرملي والمارل مع الكونغلوميرا بينما أخذت الأنواع المنتشرة ذاتياً أو المنتشرة بواسطة الضغط اتجاهاً معاكساً، كما أخذ التشتت بواسطة الحيوان من الداخل وبواسطة الحيوان من الخارج منحى متعاكساً، إذ انخفضت نسبة الانتشار بواسطة الحيوان من الداخل على الصخور الأوفيولوتية الخضراء، والحجر الرملي والمارل مع الكونغلوميرا، بينما ارتفعت نسبة الانتشار بواسطة الحيوان من الخارج على هذه الصخور، وهو ما يتوافق مع الدراسات السابقة في العديد من مناطق العالم والمستندة الى نظرية تدرج الاجهاد "Stress Gradient Hypothesis" [42]، التي تنص على أن التعاون والتسهيل بين الكائنات يزداد مع شدة الاجهاد البيئي، حيث أن إجهادات التربة على الصخور الأم الكلسية والمارلية الغضارية، من حيث قلوية التربة وتوافر العناصر والرطوبة المتذبذبة، يعزز التعاون بين النباتات والحيوانات الناقلة للبذور (التسهيل الحيواني) [43]، ويؤدي إلى انتقاء أنواع متخصصة تنتج ثماراً جذابة للحيوانات الناقلة مما يزيد من نسبة التشتت بواسطة الحيوان Zoochory في هذه البيئات المجهدة، بينما في الترب الامفيبوليتية، الأقل إجهاداً من ناحية التشبع المائي، تقل فرص التسهيل بين النباتات والحيوانات (طيور وثدييات)، كما أن انخفاض pH هذه الترب ونقص الكالسيوم يدفع لنمو نباتات ذات استراتيجيات تشتت بديلة كالتشتت بواسطة الرياح مثل الصنوبريات [44]، كما أن مشتتات النمل تكون عادةً أكثر تواترًا في الترب غير الخصبة [45].

فيما يخص أشكال الحياة بمفهوم Raunkiaer، لم يكن تأثير الصخرة الأم معنوياً إلا بالنسبة للأنواع شبه المختبئة Hemicryptophytes، إذ تميزت الصخور الأوفيولوتية الخضراء، والحجر الكلسي مع الدولوميت، بارتفاع نسبة الأنواع شبه المختبئة Hemicryptophytes بشكل عام، في حين انخفضت نسبة هذه الأنواع على الصخور الأم الكلسية والمارلية الغضارية، وهو ما يمكن تفسيره أيضاً بظروف الاجهاد البيئي كإجهاد التربة الناشئة على هذه الأنواع من الصخور، من حيث القلوية وتوافر العناصر والرطوبة بشكل خاص، إذ تكون هذه الأنواع أقل شيوعاً في البيئات المتوسطية ذات الاجهاد العالي، وتفضل البيئات ذات الظروف المعتدلة والأقل إجهاداً عادةً [36, 46]، كما أنه من المعروف بشكل عام أن الأنواع شبه المختبئة تميل الى التواجد بكثرة في الأراضي العشبية والمروج والغابات المفتوحة حيث يكون الاجهاد أقل نسبياً [47]، وقد أظهرت دراسة أجريت في الغابات الصنوبرية في اسبانيا [48]، أن الأنواع شبه المختبئة كانت الشكل الوحيد من أشكال الحياة النباتية التي ارتبطت ايجاباً بخصوبة التربة، مما يشير الى تفضيلها للبيئات ذات الاجهاد المنخفض. من ناحية أخرى، أخذت نسب بقية أشكال الحياة منحاً مرتبطاً بظروف الاجهاد بشكل واضح، كارتفاع نسبة الأنواع المرئية Phanerophytes في الظروف الأكثر إجهاداً، بالرغم من عدم معنوية الفروق بين الصخور الأم، ما يتطلب زيادة عدد العينات والتعمق أكثر في الدراسة قبل تقديم أي استنتاجات تخص أشكال الحياة الباقية.

كان نظام التلقيح بشكل عام، أقل السمات الوظيفية ارتباطاً بالصخرة الأم، إذ أن الفروق المعنوية التي تم تسجيلها انحصرت بين نسبة التلقيح بواسطة الحشرات على الحجر الكلسي مع الدولوميت والمارل (64.4%)، ونسبتها على الصخور الأوفيولوتية الخضراء (59.0%)، وهو ما يمكن تفسيره من خلال تأثير الصخرة الأم على خصائص التربة، ومن ثم على تنوع ووفرة النباتات الزهرية، وعلى خصائص وحجم الأزهار، التي تشكل المصدر الأساسي لجذب

الحشرات الملقحة [23 ,21]، إذ تنتج الصخور الكلسية والمارلية ترب ذات خصوبة أعلى ودرجة pH قاعدية، وهي ظروف تدعم تنوع النباتات الزهرية، مما يعزز التفاعلات النباتية مع الملقحات، وتؤكد الدراسات الحديثة ان التربة الناتجة عن الصخور الرسوبية القاعدية تخلق بيئات أكثر جاذبية للحشرات الملقحة [49]. في المقابل فإن الصخور الامفيبوليتية تولد تربة فقيرة بالمغذيات وأكثر حموضة ما قد يقيد نمو النباتات الزهرية وبالتالي يقلل من احتمالية زيارة الحشرات الملقحة وقد بيّن [50] أن التنوع العالي للنباتات الزهرية يقوي بنية شبكات التلقيح المتبادلة ويزيد من استقرار العلاقات بين النباتات والملقحات.

الاستنتاجات والتوصيات:

الاستنتاجات:

- كان تأثير الصخرة الأم في المؤشرات التقليدية للتنوع الحيوي (الغنى النوعي، مؤشر شانون) ضعيفاً، في حين كان تأثيرها في التركيب النبتي واضحاً، حيث كانت نسبة التشابه في التركيب النبتي بين الصخور الأم المختلفة نسبة منخفضة نسبياً.
- تباين تأثير الصخرة الأم بالتنوع الوظيفي حسب السمات الوظيفية وكان النظام الجنسي ونمط التشتت أكثر السمات تأثراً بالصخرة الأم، كما شكل "الحجر الكلسي مع المارل الغضاري والغضار" الوسط الأكثر إجهاداً وارتبط بالسمات الوظيفية الأكثر تكيفاً مع هذه الصخور كارتفاع نسبة النظام ثنائي المسكن.

التوصيات:

- التعمق في دراسة تأثير الصخرة الأم بالتنوع الوظيفي من خلال الدراسة التفصيلية للترب المتشكلة على هذه الصخور وخصائصها الفيزيائية والكيميائية، وعلاقتها بشكل مباشر في السمات الوظيفية للأنواع المسجلة.
- دراسة تأثيرات العوامل البيئية الأخرى المؤثرة بالتنوع الحيوي والمتداخلة مع الصخرة الأم كالمعرض والارتفاع عن سطح البحر والموئل.

References:

[1] A.Mocek, W.Owczarzak, *Parent Material and Soil Physical Properties*. In: Gliński, J., Horabik, J., Lipiec, J. (eds) Encyclopedia of Agrophysics. Encyclopedia of Earth Sciences Series. Springer, Dordrecht, 2011. https://doi.org/10.1007/978-90-481-3585-1_107.

[2] R.C.Graham, A.T.O'Geen, *Soil mineralogy trends in California landscapes*. Geoderma, 154(3–4): 418-437, 2010. doi.org/10.1016/j.geoderma.2009.05.018.

[3] D.Nahon, *L'épuisement de la Terre. L'enjeu du XXIe siècle*. Éditions Odile Jacob. 235p (2008).

[4] M.J.Wilson, *The importance of parent material in soil classification:* A review in a historical context. CATENA, 182, 104131 (2019). doi.org/10.1016/j. catena.2019 .

[5] H.Wu, S.Chang, Q.Li, H.Wang, C.Chen, X.Wen, *Physical and Chemical Properties of Soils Derived from Different Parent Rocks Mediate Microbial Carbon Cycling*. Water, Air, & Soil Pollution, 235, 519 (2024). doi.org/10.1007/s11270-024-07320-0

[6] D.Moraetis, V.Perdikatsis, D.Pentari, E.Manoutsoglou, C.Apostolakim N.Lydakis-Simantiris, *A study on the correlation of the properties of parent rock and soils of different geological origin.* 2nd International Conference on: Advances in Mineral Resources

Management and Environmental Geotechnology, Hania, Greece. Book of Proceedings, 349-354, (2006).
[7] G.T.Freschet, C.Violle, C.Roumet, E.Garnier, *Interactions entre le sol et la végétation : structure des communautés de plantes et fonctionnement du sol*. Les sols au cœur de la zone critique: écologie (eds P. Lemanceau & M. Blouin), ISTE editions, London, UK, pp. 83-99, (2018).
[8] F.S.I. Chapin, P.A.Matson, P.M.Vitousek, *Principles of terrestrial ecosystem ecology*, 2nd edn. edn. Springer, New-York, (2011).
[9] R.F.Ott, *How lithology impacts global topography, vegetation, and animal biodiversity: A global-scale analysis of mountainous regions*. Geophysical Research Letters, 47, e2020GL088649 (2020). doi.org/10.1029/2020GL088649
[10] Q.Zhong, S.Zhang, H.Chen, T.Li, C.Zhang, X.Xu, Z.Mao, G.Gong, O.Deng, L.Deng, Y.Zhang, Y.Pu, L.Wang, *The influence of climate, topography, parent material and vegetation on soil nitrogen fractions*. CATENA, 175: 329-338, (2019) doi.org/10.1016/j.catena. 12.027. 2018.
[11] D.L.Evans, *Organic carbon stocks in weathered bedrock—Establishing the soil parent material as a new horizon in soil carbon research*. Vadose Zone Journal, 5;24e70007, (2025). DOI: 10.1002/vzj2.70007
[12] J.M.Gray, *Geodiversity: valuing and conserving abiotic nature*. Wiley, Chichester. ISBN: 978-0-470-74215-0, p 512. (2004).
[13] P.Nehlig, E.Egal, *Géobiodiversité : l'influence de la géologie sur la biodiversité*. Géosciences, 11: 10-19. (2010), ffhal-00520
[14] H.Tukiainen, M.Toivanen, T.Maliniemi, *Geodiversity and Biodiversity*. Geological Society, London, Special Publications, 530 (1), (2022). doi.org/10.1144/SP530-2022-107
[15] J.G.Larwood, T.Badman, P.J.McKeever, *The progress and future of geoconservation at a global level*. Proceedings of the Geologists' Association, 124 (4): 720-730, (2013). doi.org/10.1016/j.pgeola.2013.04.001.
[16] A.Hu, J.Wang, H.Sun, B.Niu, G.Si, J.Wang, C.F.Yeh, X.Zhu, X.Lu, J.Zhou, Y.Yang, M. Ren, Y.Hu, H.Dong, G.Zhang, *Mountain biodiversity and ecosystem functions: interplay between geology and contemporary environments*. The ISME (International Society for Microbial Ecology) Journal, 14 (4): 931–944, (2020). doi.org/10.1038/s41396-019-0574-x
[17] E.Garnier, M.L.Navas, *Diversité fonctionnelle des plantes. Traits des organismes, structure des communautés, propriétés des écosystèmes*. De Boeck, Bruxelles, (2013).
[18] M.A.Murashkina, R.J.Southard, G.S.Pettygrove, *Silt and fine sand fractions dominate K fixation in soils derived from granitic alluvium of the San Joaquin Valley*. California. *Geoderma*, 141 (3-4): 283-293, (2007). doi.org/10.1016/j.geoderma.2007.06.011.
[19] D.L.de Ramos M.M.C.Bustamante, E.Da Silva, F.D.Silva, L.G.Carvalheiro, *Crop fertilization affects pollination service provision—common bean as a case study*. PLoS ONE, 13: 1–16, (2018). doi:10.1371/ journal.pone.0204460
[20] F.F.Carmo, C.M.Jacobi, *Diversity and plant trait-soil relationships among rock outcrops in the Brazilian Atlantic rainforest*. Plant Soil, 403, 7–20, (2016). doi.org/10.1007/s11104-015-2735-7
[21] R.Gentili, R.Ambrosini, C.Montagnani, S.Caronni, S.Citterio, *Effect of soil pH on the growth, reproductive investment and pollen allergenicity of* Ambrosia artemisiifolia *L. Front*. Plant Sci. 9, 1335, (2018). doi:10.3389/fpls.2018.01335.

[22] T.I.David J.Storkey, C.J.Stevens, *Understanding how changing soil nitrogen affects plant– pollinator interactions.* Arthropod. Plant. Interact. 13: 671–684, (2019). doi:10.1007/s11829-019-09714-y
[23] L.G.Carvalheiro, I.Bartomeus, O.Rollin, S.Timóteo, C.F.Tinoco, *The role of soils on pollination and seed dispersal*. Phil. Trans. R. Soc. B 376: 20200171, (2021). doi.org/10.1098/ rstb.2020.0171
[24] I. Nahal, *Pinus brutia and its forests in Syria and the Eastern Mediterranean*. Aleppo University Publications, (in Arabic), 228 pp (2002).
[25] Z. Shater, *A Study of Plant Biodiversity in the Brutia Pine Forests (Pinus brutia* Ten.*) on the Syrian Coast*. Arab Journal of Arid Environments, (in Arabic). 9 (1-2): 28-40, (2016).
[26] Project for Preparing the First National Report on Climate Change, *The Impact of Projected Climate Change on Lattakia Governorate*, translated by Muhammad Eido, (in Arabic). pp. 3-7, 43-47 (2008).
[27] R. Qara Falah, *An Analytical Study of the Climate of Lattakia Governorate during the Period 1970-2010*. Scientific Research, Tishreen University, Faculty of Arts, Department of Geography, (in Arabic). 49 pp, 2015.
[28] General Organization for Geology and Mineral Resources, Geological Map of Syria (Lattakia, Kasab, Al-Haffah, Jableh, Qardaha), 1/50,000, (1979)
[29] J.Braun E.Furrer, *Remarque sur l'étude des groupements de plantes*. Bull. Soc. Languedocienne Géogr., s.n. : 20-41, (1913).
[30] P.Mouterde, *Nouvelle flore du Liban et de la Syrie*, Dar Al Mashreq, Beyrouth, Liban. 3T et Atlas (1966, 1970, 1983).
[31] N.J.Gotelli A.Chao, *Measuring and Estimating Species Richness, Species Diversity, and Biotic Similarity from Sampling Data*. In: Levin S.A. (ed.) Encyclopedia of Biodiversity, second edition, Waltham, MA: Academic Press.Volume 5, pp. 195-211, (2013).
[32] A.E.Magurran, Ecological diversity and its measurements. Croom Helm, London, (1988), 179p.
[33] T.Sorenson, *A Method of Establishing Groups of Equal Amplitude in Plant Sociology Based on Similarity of Species and Its Application to Analyses of the Vegetation on Danish Commons*, Kongelige Danske Videnskabernes Selskab, 5(4): 1-34, (1948).
[34] J.C.F.Cardoso, M.L.Viana, R.Matias, M.T.Furtado, A.P.de Souza Caetano, H.Consolaro, V. L. G.de Brito, *Towards a unified terminology for angiosperm reproductive system*. Acta Bot. Brasilica, 32: 329-348, (2018). doi: 10.1590/0102-33062018abb0124.
[35] D.P.Abrol, *Pollination Biology*. Biodiversity Conservation and Agricultural Production. Division of Entomology, Faculty of Agriculture, Sher-e-Kashmir University of Agricultural, Sciences and Technology, India, (2012). doi 10.1007/978-94-007-1942-2
[36] C.Raunkiaer, *The Life Forms of Plants and Statistical Plant Geography*. Oxford University Press, p600. (1934).
[37] M.C.Rutherford, R.H.Westfall, Biomes of southern Africa: an objective categorization. Memoirs of the botanical survey of South Africa, p. 98, (1986).
[38] G.Midolo, I.Axmanová, J.Divíšek, P.Dřevojan, Z.Lososová, M.Večeřa, D.N.Karger, W.Thuiller, H.Bruelheide, S.Ačić, F.Attorre, I.Biurrun, S.Boch, G.Bonari, A.Čarni, A.Chiarucci, R.Cušterevska, J.Dengler, T.Dziuba, E.Garbolino, U.Jandt, J.Lenoir, C.Marcenò, S.Rüsina, J.Šibík, Ž.Škvorc, Z.Stančić, M.Stanišić-Vujačić, J.-C.Svenning, G.Swacha, K.Vassilev, *Diversity and distribution of Raunkiær's life forms in European vegetation*. Journal of Vegetation Science, 35, (2023). e13229. doi: 10.1111/ jvs.13229.

[39] L.Van Der Pijl, Principles of dispersal in higher plants. Springer, Berlin, Heidelberg and New York, p. 161 ,(1982).
[40] T.H.Wonnacott, R.J.Wonnacott, Statistique: Economie, Gestion, Sciences, Médecine. 4 ème édition. Economica, Paris, p. 919, (1995)
[41] X.Liu, T.Dong, S.Zhangm, *Adaptation Responses of Dioecious and Hermaphroditic Tree Species to Abiotic Stress*. Forests, 14(2), 383; (2023). doi.org/ 10.3390/f14020383
[42] P.Liancourt, Y.Le Bagousse-Pinguet, C.Rixen, J.Dolezal, *SGH: stress or strain gradient hypothesis? Insights from an elevation gradient on the roof of the world*, Annals of Botany, 120 (1): 29–38, (2017). doi.org/10.1093/aob/mcx037
[43] F.T.Maestre, R.M.Callaway, F.Valladares, C.J.Lortie, *Refining the stress-gradient hypothesis for competition and facilitation in plant communities*. Journal of Ecology, 97(2): 199-205, (2009). doi.org/10.1111/j.1365-2745.2008.01476.x
[44] J.P.Lynch, *Edaphic stress interactions: Important yet poorly understood drivers of plant production in future climates*. Field Crops Research, 283, (2022). 108547. doi.org/10.1016/j.fcr.2022.108547.
[45] M.Westoby, K.French, L.Hughes, B.Rice, L.Rodgerson, *Why do more plant species use ants for dispersal on infertile compared with fertile soils*? Aust. J. Ecol. 16, 445–455. (1991).doi:10.1111/j.1442-9993, tb01074.x
[46] S.Škornik, *Plant Trait Composition in Lowland Calcareous and Acidic Semi-Dry Grasslands. Diversity*, 17(1), 22, (2025). doi.org/10.3390/d17010022
[47] G.Midolo, I.Axmanová, J.Divíšek, P.Dřevojan et al., *Diversity and distribution of Raunkiær's life forms in European vegetation*. Journal of Vegetation Sciences, 35(1), (2024), e13229. doi.org/10.1111/jvs.13229
[48] D.López-Marcos, MB.Turrión, F.Bravo, et al., *Understory response to overstory and soil gradients in mixed versus monospecific Mediterranean pine forests*. Eur. J. Forest. Res., 138: 939–955, (2019). doi.org/10.1007/s10342-019-01215-0
[49] B.D.Adelabu, E.Bredenhand, S.van der Merwe, A.C.Franke, *Soil fertilization synergistically enhances the impact of pollination services in increasing seed yield of sunflower under dryland conditions.* The Journal of Agricultural Science, 159(3–4), 258–271. (2021), doi:10.1017/S0021859621000514
[50] J.Bascompte, P.Jordano, *Plant–animal mutualistic networks: The architecture of biodiversity.* Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics, 38, 567–593, (2007).