المملكة العربية السعودية

وزارة التعليم

إدارة التعليم بمحافظة صبيا

مدرسة القعقاع المتوسطة

عنوان البحث

الموت القمي لأشجار العرعر في جبل طلان بمحافظة الداير منطقة جازان

Dieback of Juniper Trees in Jabal Tallan, Addayer Governorate, Jazan Region

إعداد الطالبين:

إلياس محمد جبران المالكي

وليد سالم يحيى المالكي

الصف الثالث المتوسط

إشراف المعلم

أحمد جبران فرحان المالكي

الموضوع	الصفحة
ملخص البحث	3
مصطلحات البحث	4
مقدمة البحث	4
أسئلة البحث	5
فرضية البحث	5
الخطة والطرق المستخدمة في البحث	6
الخطة الزمنية للبحث	7
موقع الدراسة	8
الرحلات الحقلية لجمع العينات والبيانات	9
التحاليل المخبرية للعينات	11
بيانات برنامج globe البيئي	13
المقابلات	15
الدراسات السابقة	17
الاستنتاجات	18
مناقشة النتائج	18
صعوبات البحث	19
شكر وتقدير	20
المراجع	20

ملخص البحث:

تُعتبر غابات العرعر في جبال السروات، وبالأخص في منطقة جبل طلان بمحافظة الداير بمنطقة جازان، من العناصر البيئية الحيوية التي تساهم بشكل كبير في حفظ التنوع البيولوجي، وتنظيم الدورة المائية، والحفاظ على خصوبة التربة، فضلاً عن دورها في تقليل انبعاثات ثاني أكسيد الكربون وإنتاج الأكسجين. وعلى الرغم من أهمية هذه المواطن الطبيعية، فإن العديد من الدراسات السابقة تناولت جوانب عامة من تدهور النظم البيئية دون التعمق في ظاهرة الموت القمي لأشجار العرعر وتحديد العوامل البيئية الدقيقة التي تسهم فيها.

يهدف هذا البحث إلى سد هذه الفجوة من خلال دراسة تجريبية متخصصة لظاهرة الموت القمي لأشجار العرعر في جبل طلان، مع التركيز على العلاقة بين خصائص التربة وجودة مياه الأمطار والتغيرات البيئية الأخرى.

يفترض البحث أن التغيرات المناخية، إلى جانب التغيرات في خصائص التربة وجودة مياه الأمطار، تشكل عوامل رئيسية تؤثر في ظاهرة موت أشجار العرعر. حيث يُشير إلى أن التعديلات في الرقم الهيدروجيني ودرجة الحموضة والخصائص الأخرى للتربة تُحدث إجهادًا بيئيًا يؤدي إلى ضعف صحة النباتات، مما يسهم في ظهور ظاهرة الموت القمي. كما أن تدهور جودة مياه الأمطار، سواء من حيث زيادة الحموضة أو ارتفاع نسب الأملاح المذابة، يؤثر بشكل مباشر على صحة النبات وقدرته على التجدد. ويتفاعل هذا التأثير مع العوامل البيئية الأخرى مما يؤدي إلى اختلال التوازن البيئي في المواطن الطبيعية للعرعر، وبالتالي يُفاقم من ظاهرة الموت القمي ويعيق قدرة المواطن على الاستمرارية والتجدد.

اعتمدت منهجية البحث على إجراء زيارات ميدانية لمواقع مختارة ضمن منطقة الدراسة، حيث تم تدوين الملاحظات وتصوير الأضرار الميدانية التي لحقت بنباتات العرعر. تم أخذ عينات من التربة من ثلاثة أعماق محددة (السطح، عمق نصف متر، وعمق 1 متر) لقياس الرقم الهيدروجيني، ودرجة الحموضة، ولون التربة، بالإضافة إلى تقييم خصائص أخرى مثل الرطوبة ومحتوى المواد العضوية. كما جُمعت عينات من مياه الأمطار لتحليل درجة حموضتها وتركيز الأملاح المذابة. وقد تم إرسال هذه العينات إلى مختبرات شركة سابك لإجراء التحاليل الكيميائية والفيزيائية وفق بروتوكولات قياسية، مما يضمن دقة النتائج ومصداقيتها.

ومن ناحية منهجية البحث، تم تبني بروتوكول الغلاف الجوي لمقارنة البيانات الحالية مع الملاحظات السابقة، كما أُجريت مقابلات مع المواطنين والمعنيين بالبيئة المحلية لجمع بيانات نوعية تُثري التحليل الكمي وتُظهر الصورة الكاملة للتغيرات البيئية في المنطقة. ويُضاف إلى ذلك مراجعة شاملة للدراسات السابقة المتعلقة بظاهرة موت العرعر، ما ساهم في صياغة فرضيات البحث وتحديد الأدوات التحليلية المناسبة لمناقشة النتائج واستخلاص التوصيات العلمية والعملية.

يتماشى هذا البحث مع أهداف التنمية المستدامة ورؤية المملكة 2030 في حماية البيئة والحفاظ على الموارد الطبيعية، حيث يُبرز أهمية غابات العرعر ليس فقط كمؤشر على جودة البيئة، بل أيضاً كعنصر أساسي في دعم التوازن البيئي ومقاومة التدهور البيئي. ومن المتوقع أن تسهم النتائج المستخلصة في وضع إطار عملي لإعادة تأهيل المواطن الطبيعية المتأثرة وتحسين إدارة التربة والمياه في المنطقة، مما ينعكس إيجاباً على المجتمع والبيئة على حد سواء.

مصطلحات البحث:

نبات العرعر (Juniperus procera), ظاهرة الموت القمي (Dieback phenomenon), تدهور النظم البيئية (Ecosystem degradation), إعادة التأهيل البيئي (Ecological restoration), خصائص التربة (Soil properties)

مقدمة البحث:

يقع جبل طلان في جنوب المملكة العربية السعودية، شرق منطقة جازان وعلى بعد 140 كم، ويُعَدّ من أبرز معالم محافظة الداير الطبيعية؛ إذ يرتفع إلى حوالي 2200 متر فوق مستوى سطح البحر كما يعد أعلى قمة في جبال منطقة جازان. كما يتميز جبل طلان بظروف مناخية معتدلة طوال العام، حيث تتراوح درجات الحرارة بين 35 درجة مئوية كقصوى في الصيف و6 درجات مئوية كدنيا في الشتاء. تُشكّل غابات العرعر التي تغطي معظم أجزائه أحد العناصر البيئية الجوهرية في هذه المنطقة، إذ تلعب دورًا حيويًا في الحفاظ على التنوع البيولوجي وتنظيم الدورة المائية، إضافةً إلى حفظ خصوبة التربة وتقليل انبعاثات ثاني أكسيد الكربون. ومع ذلك، ظهرت مشكلة موت نباتات العرعر – ما يعرف بالموت القمي – حيث يُلاحظ تدهور تدريجي في القمم النامية للأغصان، مما يؤدي إلى تناقص كثافة الغطاء النباتي والإخلال بنظام التوازن البيئي. وقد بدأت هذه الظاهرة تبرز في وسائل الإعلام وأُبلغ عنها من خلال مقابلات مع المجتمع المحلي الذي يشعر بوجود المشكلة وتأثيرها السلبي على البيئة.

يُعتبر نبات العرعر(Juniperus procera) ، المنتمي إلى الفصيلة السروية (Cupressaceae)، من الكائنات النباتية الأساسية في النظم البيئية، ويُلقب بـ "سيدة أشجار الغابات" نظرًا لدوره الحيوي في تحقيق التوازن البيئي والحفاظ على التنوع البيولوجي على سطح الأرض (Al-Harbi, 2018). وتتميز شجرة العرعر بكونها شجرة معمرة ذات بنية ضخمة وكثافة أوراق عالية، مع ساق خشن مُشقَّق وطول يتراوح بين 5 إلى 10 أمتار، مع زيادة الطول كلما زادت قربها من مصادر المياه مما يُبرز أهمية العوامل المائية في دعم نموها وتطورها (Khan et al., 2019). وتظهر أوراقها شديدة الخضرة ذات الأطراف المدببة، وتنتج أزهارًا صغيرة ذات لون بني مصفر، فيما تتحول ثمارها من اللون الأخضر إلى الأزرق ثم الأسود مع النضوج؛ وتتميز الثمار بطعم حلو خفيف يستفيد منه الإنسان والحيوان والطيور، مما يؤكد دورها في السلسلة الغذائية المحلية (Abdulrahman, 2020).

تظهر ظاهرة "الموت القمي" في نبات العرعر كأحد المؤشرات البيئية الملحوظة، حيث تعني موت القمم النامية لأغصان الشجرة، مما يؤدي إلى تدهور تدريجي للأطراف العلوية والفروع الخارجية وانخفاض قدرة النبات على التجدد، وفي نهاية المطاف يؤدي ذلك إلى موت الشجرة(El-Sayed, 2021) . تُعد هذه الظاهرة مؤشرًا حساسًا على الضغوط البيئية التي قد تنجم عن تغيرات مناخية، تلوث أو اضطرابات في خصائص التربة ومياه الأمطار، مما يستدعي دراسة معمقة لتحديد أسبابها وتأثيرها على استدامة المواطن الطبيعية في المناطق الجبلية.

يهدف هذا البحث إلى دراسة ظاهرة الموت القمي في نبات العرعر في جبل طلان بمحافظة الداير بمنطقة جازان، من خلال تحليل العوامل البيئية المؤثرة على هذه الظاهرة. ومن خلال المنهج التجريبي الذي اعتمدناه، قمنا بزيارة عدة مواقع مختارة داخل منطقة الدراسة، حيث تم تسجيل الملاحظات الميدانية وتصوير الأضرار التي لحقت بالنباتات. كما تم جمع عينات التربة من ثلاثة أعماق (السطح، عمق نصف متر، وعمق متر) لقياس الرقم الهيدروجيني ودرجة الحموضة ولون التربة، بالإضافة إلى تقييم خصائص أخرى مثل الرطوبة ومحتوى المواد العضوية (Al-Mutairi, 2019). كما تم جمع عينات من مياه الأمطار لتحليل درجة الحموضة وتركيز الأملاح المذابة بها.

ولضمان دقة التحاليل، أُرسلت عينات التربة والمياه إلى مختبرات شركة سابك لإجراء التحاليل الكيميائية والفيزيائية وفق بروتوكولات قياسية معتمدة (SABIC, 2020). كما تم تطبيق بروتوكول الغلاف الجوي لجمع ومقارنة البيانات الحالية مع البيانات التاريخية، مما أتاح لنا إجراء تحليل شامل للتغيرات البيئية. وقد أُجريت

مقابلات مع المواطنين والمعنيين بالبيئة المحلية لتوثيق تجاربهم وملاحظاتهم حول التغيرات البيئية في المنطقة، واستخدام أساليب تحليل المحتوى لاستخلاص المعطيات النوعية التي تُثري التحليل الكمي.

تستند الدراسة أيضًا إلى مراجعة شاملة للدراسات السابقة حول ظاهرة موت العرعر وتأثيراتها البيئية، مما ساهم في صياغة فرضيات البحث وتحديد الأدوات التحليلية المناسبة لمناقشة النتائج واستخلاص التوصيات العلمية والعملية. وتُعد النتائج المتوقعة من هذا البحث إضافة علمية قيمة، إذ ستُسهم في تحسين فهمنا للعوامل البيئية المؤثرة على صحة الغابات، وتوفير إطار عملي لإعادة تأهيل المواطن الطبيعية المتأثرة، بما يتماشى مع أهداف التنمية المستدامة ورؤية المملكة 2030 (Vision 2030, Saudi Arabia, 2016).

أسئلة البحث:

1. ما هي أسباب الموت القمي لنبات العرعر في جبل طلان؟
2. كيف يمكننا المساهمة في إعادة الحياة إلى غابات العرعر في جبل طلان؟

فرضية البحث :

يفترض البحث أن التغيرات المناخية، بالإضافة إلى التغيرات في خصائص التربة وجودة مياه الأمطار، من العوامل المؤثرة في موت نبات العرعر. ويتضمن ذلك أن التغيرات في الرقم الهيدروجيني ودرجة الحموضة وخصائص التربة الأخرى تُحدث إجهادًا للنباتات مما يُسهم في ظهور ظاهرة الموت القمي؛ وأن تدهور جودة مياه الأمطار، سواء من حيث زيادة الحموضة أو ارتفاع كمية الأملاح المذابة، يؤثر بشكل مباشر على صحة نباتات العرعر؛ وأن التفاعل بين هذه العوامل البيئية المختلفة يؤدي إلى اختلال التوازن البيئي في المواطن الطبيعية للعرعر، مما يفاقم من ظاهرة الموت القمي ويعيق قدرة المواطن على التجدد والاستمرارية.

بهذا، يمثل البحث مساهمة علمية هامة في مواجهة التحديات البيئية الراهنة، وتوفير أسس علمية لتعزيز حماية غابات العرعر في جبال السروات وتحقيق التوازن البيئي، مما يعود بالنفع على المجتمع والبيئة على حد سواء.

الخطة والطرق المستخدمة في البحث:

1. **رصد المشكلة وتحديدها:**
   - يبدأ البحث بملاحظة ظاهرة موت نباتات العرعر من خلال تسجيل ملاحظات ميدانية ومقابلات مع سكان الجبل، حيث أكدوا تفاقم الظاهرة وتزايدها سنويًا.
2. **صياغة مشكلة البحث ومناقشتها:**
   - تم تحديد مشكلة البحث بشكل دقيق بناءً على الملاحظات الميدانية، ثم تم مناقشتها مع مشرفي البرنامج (الأستاذ أحمد جبران المالكي والدكتور عبدالسلام الفيفي مختص في البيئة النباتية وتقنيات الاستشعار عن بعد) لصياغة إطار نظري ومنهجي مناسب.
3. **تحديد أدوات الدراسة:**
   - استخدام نظام تحديد المواقع العالمي (GPS) لتحديد مواقع الدراسة بدقة.
   - استخدام أجهزة قياس الرقم الهيدروجيني (pH) و(TDS) إجمالي المواد الصلبة الذائبة بالإضافة إلى الأدوات المخبرية المتوفرة في مختبر المدرسة لتحليل العينات.
4. **التواصل مع الجهات ذات العلاقة:**
   - مخاطبة إدارة التعليم، وفرع وزارة البيئة والمياه والزراعة، وشركة سابك لعرض فكرة البحث والحصول على التعاون في تحليل العينات وتوفير المعلومات اللازمة.
5. **الاجتماع مع مسؤولي وزارة البيئة:**
   - عقد لقاء مع مسؤولي فرع وزارة البيئة لمناقشة الحلول المقترحة وتحديد أفضل السبل للحد من مشكلة موت نبات العرعر.
6. **تحديد موقع الدراسة بدقة:**
   - استخدام نظام GPS لتحديد وإحداث المواقع التي ستُجرى فيها عمليات جمع العينات والملاحظات الميدانية.
7. **تنفيذ بروتوكول الغلاف الجوي:**
   - تطبيق بروتوكول الغلاف الجوي وتسجيل البيانات على الموقع الإلكتروني للبرنامج (www.globe.gov) لمقارنة البيانات الحالية مع السجلات التاريخية.
8. **جمع البيانات وتحليلها:**
   - جمع البيانات الميدانية من العينات التي تم الحصول عليها، وتحليلها باستخدام الأدوات المخبرية المناسبة، ومن ثم تحويل النتائج إلى رسوم بيانية وجداول تفاعلية.
9. **استخلاص النتائج وكتابة التوصيات:**
   - قراءة النتائج وتحليلها بشكل نقدي، ثم صياغة النتائج والتوصيات العملية المستندة إلى البيانات، بهدف اقتراح حلول عملية لإعادة تأهيل المواطن الطبيعية المتأثرة.

الخطة الزمنية للبحث:

الشهر	الخطة	مسؤول التنفيذ	الملاحظة
نوفمبر2024	تحديد مشكلة البحث مراسلة الجهات ذات العلاقة بالبحث	الطالب: إلياس محمد المالكي الطالب وليد سالم المالكي	التواصل مع مكتب التعليم وفرع وزارة البيئة والمياه وشركة سابك
ديسمبر 2024	تحديد مكان البحث على جوجل إيرث تطبيق بروتوكلات برنامج جلوب البيئي (الغلاف الجوي) جمع عينات التربة والماء تحليل عينات التربة والماء بمختبرات شركة سابك البحث عن الدراسات السابقة لمشكلة البحث إجراء المقابلات	الطالب: إلياس محمد المالكي الطالب وليد سالم المالكي	توفير أدوات المشروع
يناير 2025	ادخال البيانات في برنامج جلوب البيئي	الطالب وليد سالم المالكي	اجتماع ادخال البيانات مع فريق العمل
فبراير 2025	كتابة البحث والاستعداد للمشاركة في المسابقة	الطالب: إلياس محمد المالكي الطالب وليد سالم المالكي	كتابة مقدمة وملخص ومشكلة البحث والنتائج وتحليل البيانات واستخلاص النتائج وتنسيق البحث

موقع الدراسة:

يقع جبل طلان في محافظة الداير بمنطقة جازان جنوب المملكة العربية السعودية، وهو أحد المعالم الطبيعية البارزة في المنطقة. تحدد إحداثيات الموقع على النحو التالي: 17°23'54" شمالاً و43°09'52" شرقاً، ويبلغ ارتفاع الجبل حوالي 2200 متر فوق مستوى سطح البحر. يتميز جبل طلان بموقعه الاستراتيجي الذي يجعله محورًا هامًا في النظم البيئية للمنطقة، حيث تُعد غابات العرعر المنتشرة على جوانبه أحد العناصر الأساسية في الحفاظ على التوازن البيئي في جبال السروات.

تتسم المنطقة بخصائص مناخية فريدة، إذ يتميز الطقس باعتداله على مدار السنة، حيث تتراوح درجات الحرارة بين 35 درجة مئوية كحد أقصى في الصيف و6 درجات مئوية كحد أدنى في الشتاء. هذا المناخ المعتدل يساهم في دعم نمو النباتات وتنوعها البيولوجي، مما يبرز أهمية دراسة هذه المواطن الطبيعية. كما أن الارتفاع الجبلي للمنطقة يلعب دورًا هامًا في تشكيل خصائص التربة وتوزيع المياه، ما يجعلها بيئة حساسة للتغيرات المناخية والبيئية.

يُعد جبل طلان من المناطق النادرة التي تجمع بين الارتفاع الشاهق والغابات الكثيفة، حيث تغطي غابات العرعر معظم جوانبه، مما يعكس قدرة النباتات على التأقلم مع ظروف البيئة الجبلية القاسية. كما أن الموقع الجغرافي المتميز لهذا الجبل يجعل منه مرجعًا بيئيًا هامًا لدراسة الظواهر البيئية مثل ظاهرة الموت القمي لنبات العرعر، حيث يتأثر النبات بالعوامل المناخية وتغير خصائص التربة وجودة مياه الأمطار.

الرحلات الحقلية لجمع العينات والبيانات:

تم تنفيذ زيارات ميدانية متكررة لمواقع الدراسة داخل جبل طلان، حيث تم تحديد نقاط أخذ العينات بدقة باستخدام نظام تحديد المواقع العالمي .(GPS) خلال هذه الزيارات، تم جمع عينات من التربة من أعماق مختلفة (السطح، عمق نصف متر، وعمق متر) وكذلك عينات من مياه الأمطار، وفقًا لبروتوكولات علمية معتمدة، لضمان تمثيل كافة المتغيرات البيئية المؤثرة على صحة نباتات العرعر.
بالإضافة إلى ذلك، تم تدوين ملاحظات ميدانية مفصلة خلال كل زيارة، حيث سجل الباحث كافة المعطيات البيئية والظروف المحيطة بالموقع، مثل درجات الحرارة، الرطوبة، ونوعية التربة، بالإضافة إلى ملاحظات حول حالة النباتات. وقد تم توثيق الأضرار الظاهرة على نباتات العرعر بدقة؛ حيث لوحظ ظهور علامات الإجهاد مثل ذبول الأوراق، ظهور بقع صفراء على الثمار والأوراق، وتدهور البراعم والقمم النامية، مما يشير إلى بداية عملية الموت القمي. وتم التقاط صور فوتوغرافية عالية الدقة لتوثيق هذه الأضرار بشكل بصري يمكن الرجوع إليه أثناء التحليل والمقارنة مع البيانات السابقة.
تُعتبر هذه العملية المنهجية لجمع العينات وتوثيق الملاحظات خطوة أساسية في الدراسة، إذ توفر قاعدة بيانات شاملة تُمكن من تحليل العلاقة بين العوامل البيئية وتدهور الغطاء النباتي لنباتات العرعر، وبالتالي تسهم في فهم أسباب ظاهرة الموت القمي واقتراح حلول عملية لإعادة تأهيل المواطن الطبيعية المتأثرة.

1- جمع العينات من موقع الدراسة وتدوين الملاحظات وتوثيق الأضرار الظاهرة على نباتات العرعر

خلال زياراتنا الميدانية المتعددة، لاحظنا أن المناطق الواقعة على قمم الجبل العالية والمنحدرات الصخرية تعاني من تدهور ملحوظ في حالة نباتات العرعر، حيث تظهر فيها آثار موت أشجار العرعر بشكل كبير مقارنة

بالمناطق الأخرى. تُظهر هذه المناطق تدهورًا واضحًا في القمم النامية والأطراف الخارجية للأغصان، ما يشير إلى تعرضها لضغوط بيئية أكثر شدة نتيجة لعوامل مثل نقص التربة الرطبة والتعرض المفرط لعوامل الطقس القاسية. وقد تم توثيق هذه الملاحظات بدقة عبر الصور الفوتوغرافية وتسجيلات البيانات الميدانية التي تؤكد أن هذه المناطق تُعاني من مشكلة بيئية خطيرة تتطلب تدخلًا سريعًا لإعادة تأهيل المواطن الطبيعية.

بينما تقل الظاهرة وتكاد تنعدم حول المدرجات الزراعية والمناطق التي يكون فيها نطاق التربة عميقاً، تظهر أشجار العرعر بحالة جيدة تُبرز تأثير الظروف المائية الجيدة والتربة الغنية على صحة النبات. في هذه المناطق، يُلاحظ توفر رطوبة كافية ومواد عضوية عالية، مما يُعزز من نمو الجذور ويزيد من مقاومة النبات للتقلبات المناخية. كما يُساهم وجود الأنظمة الزراعية في خلق بيئة مستقرة تُقلل من الإجهاد البيئي، مما يؤدي إلى صيانة صحة الغطاء النباتي وتجنب ظاهرة الموت القمي.

في الجانب الغربي، المواجه للبحر، يتلقى الموقع نمطًا منتظمًا من الأمطار نتيجة لتأثيرات الرياح البحرية التي تُسهم في توزيع المياه بشكل متساوٍ. يؤدي هذا الانتظام إلى توفير تربة أكثر رطوبة وخصوبة، مما يدعم نمو

النباتات ويقلل من الإجهاد المائي على أشجار العرعر، كما يساهم في الحفاظ على صحة الغطاء النباتي واستقرار النظام البيئي، مما يحد من ظاهرة الموت القمي.
على الجانب الشرقي، الذي يقع في ظل المطر، يُلاحظ تباين في توزيع الأمطار وتأثره بنشاط سكاني مرتفع. يؤدي ذلك إلى انخفاض انتظام الأمطار وتباين مستويات الرطوبة في التربة، مما يضعف قدرة النباتات على الحصول على كمية كافية من المياه والمواد الغذائية الضرورية لنموها. ينتج عن ذلك إجهاد نباتات العرعر وتفاقم ظاهرة الموت القمي، حيث تظهر آثار الإجهاد مثل تدهور القمم النامية وتناقص الكثافة النباتية، مما يُسهم في اختلال التوازن البيئي في تلك المناطق.

2- **التحاليل المخبرية في مختبر المدرسة وتفسير النتائج علمياً:**

ظهرت نتائج التحاليل المخبرية أن درجة حموضة التربة7.7= ph
Tds=2029

وبالنسبة للماء ph=6.5
Tds=263

تشير نتائج التحاليل المخبرية إلى أن التربة التي تنمو فيها نباتات العرعر تحمل درجة حموضة تبلغ 7.7، وهي قيمة تُظهر ميلًا نحو القلوية المعتدلة. كما أن قيمة إجمالي المواد الذائبة (TDS) في التربة تبلغ 2029، وهي قيمة مرتفعة نسبيًا، مما يدل على وجود تركيز عالٍ من الأملاح والمعادن الذائبة. في حين أن الماء الذي تم تحليله يظهر درجة حموضة 6.5، وهي قيمة حمضية معتدلة، وقيمة TDS عند 263، مما يُشير إلى نقاء نسبي للماء.
في إطار ظاهرة الموت القمي لنبات العرعر، تُعتبر هذه النتائج مؤشراً هاماً على الظروف البيئية التي قد تسهم في إجهاد النباتات. إذ يمكن للتركيز العالي للأملاح في التربة (TDS=2029) أن يُحدث حالة من الضغط الأسموزي تؤدي إلى صعوبة امتصاص المياه والعناصر الغذائية من قبل جذور النبات، مما يُضعف قدرة شجرة العرعر على التجدد والنمو ويُسهم في موت القمم النامية للأغصان. كما أن الميل القلوي للتربة (pH=7.7) قد يؤثر سلبًا على توفر بعض العناصر الغذائية الضرورية لنمو النبات. وعلى الرغم من أن الماء الذي يُستخدم في الري يُظهر خصائص مناسبة من حيث الحموضة ونقاءه، إلا أن الفارق الكبير في جودة التربة قد يكون له تأثير مباشر على صحة النبات وتفاقم ظاهرة الموت القمي.
بناءً على ذلك، تُبرز هذه النتائج ضرورة التركيز على تحسين جودة التربة عبر إدخال تدابير علاجية مثل تعديل الحموضة وخفض تركيز الأملاح، وذلك بهدف تقليل الإجهاد البيئي على نبات العرعر والمساهمة في الحد من ظاهرة الموت القمي.

نتائج تحاليل التربة في معامل شركة سابك:

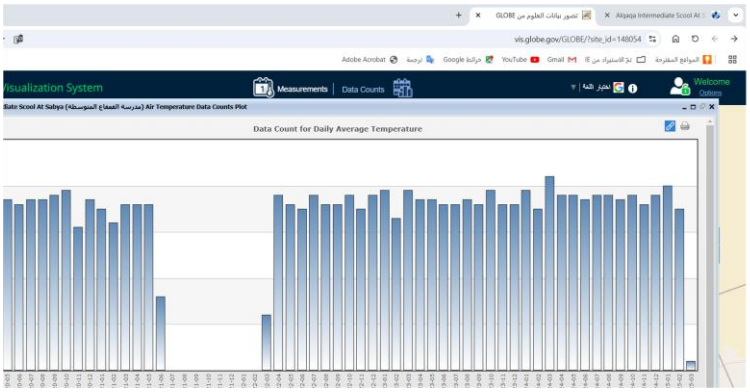
	الإنتاج – جبل الداير	الإنتاج – جبل الداير
pH	7.70	7.72
Ec (mS/cm)	0.19	0.19
N (ppm)	< 5.0	< 5.0
P (ppm)	31.0	4.0
K (ppm)	310.0	176.2
Ca (ppm)	2047.7	2227.7
Mg (ppm)	274.0	186.8
Cu (ppm)	0.65	0.66
Fe (ppm)	2.35	1.81
Mn (ppm)	1.99	2.29
Zn (ppm)	1.10	1.96

نتائج تحليل المياه:

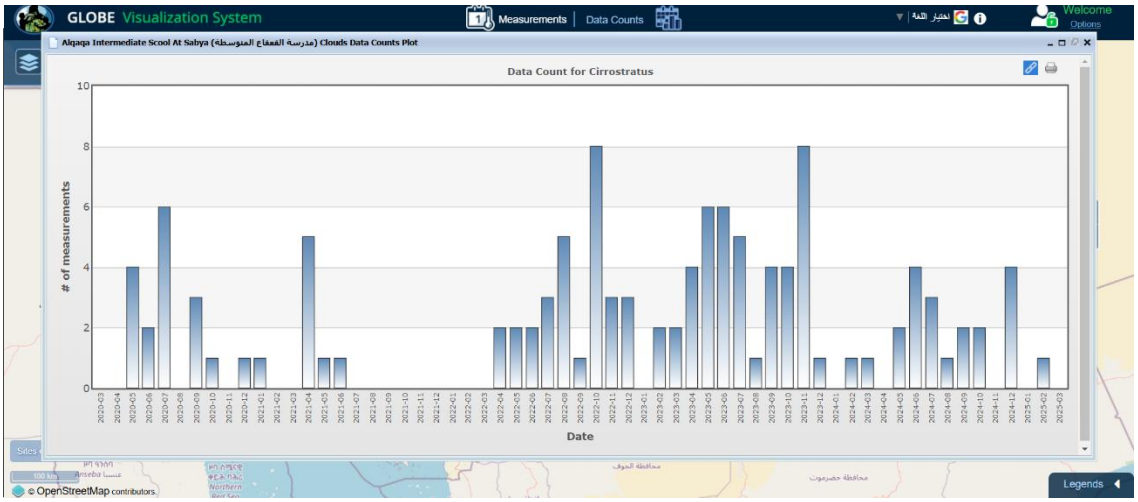
Water samples

Test	**Rain water_** احمد المالكي مياه امطار
pH	6.40
Ec (mS/cm)	0.40

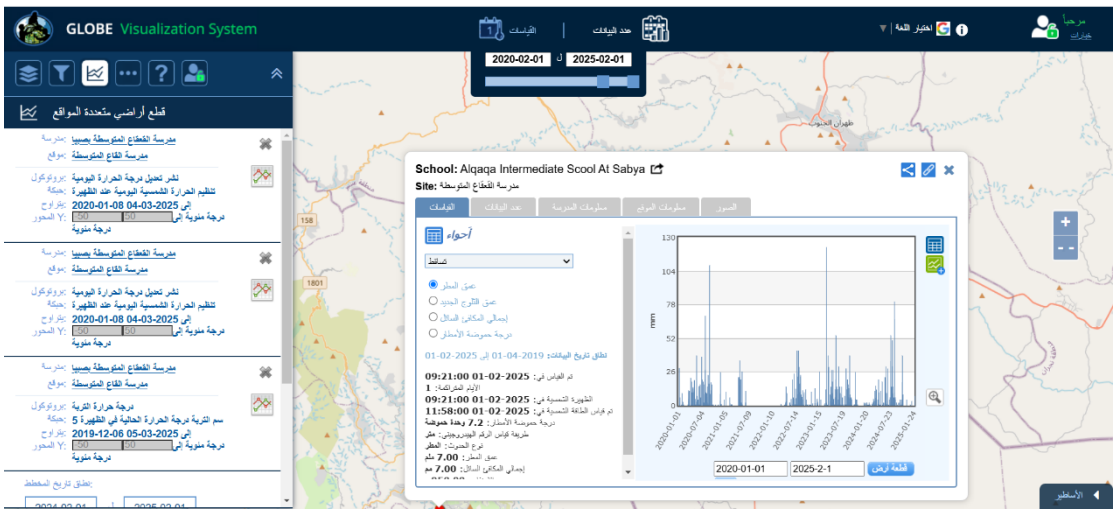
3 - بيانات برنامج جلوب البيئي: درجات الحرارة من 2020 إلى 2024



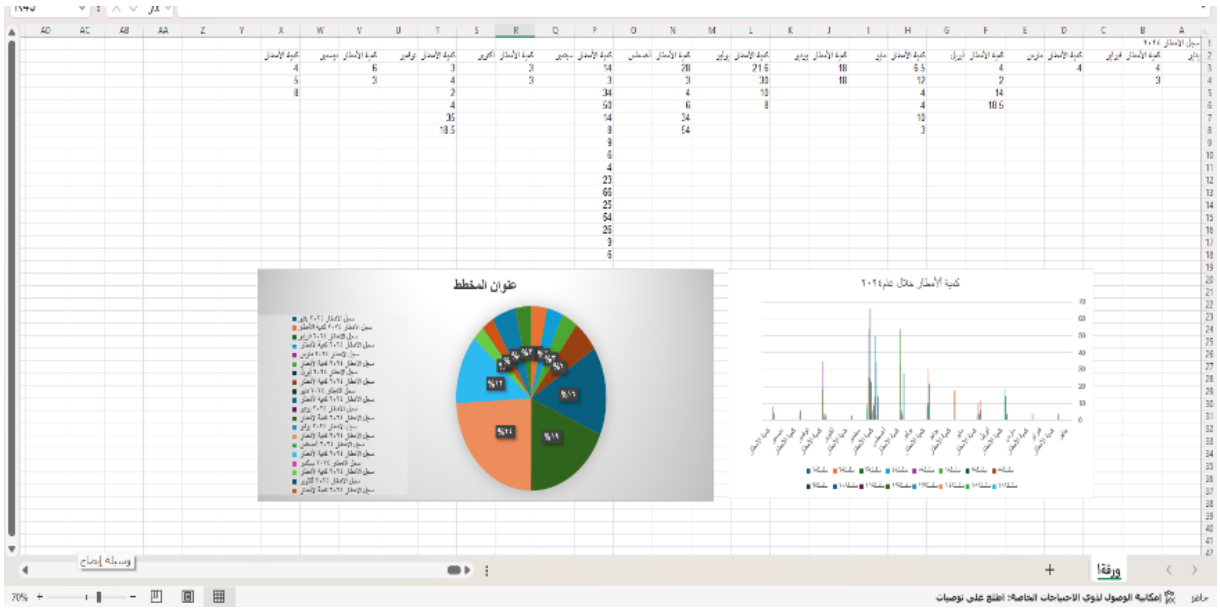
الرطوبة النسبية



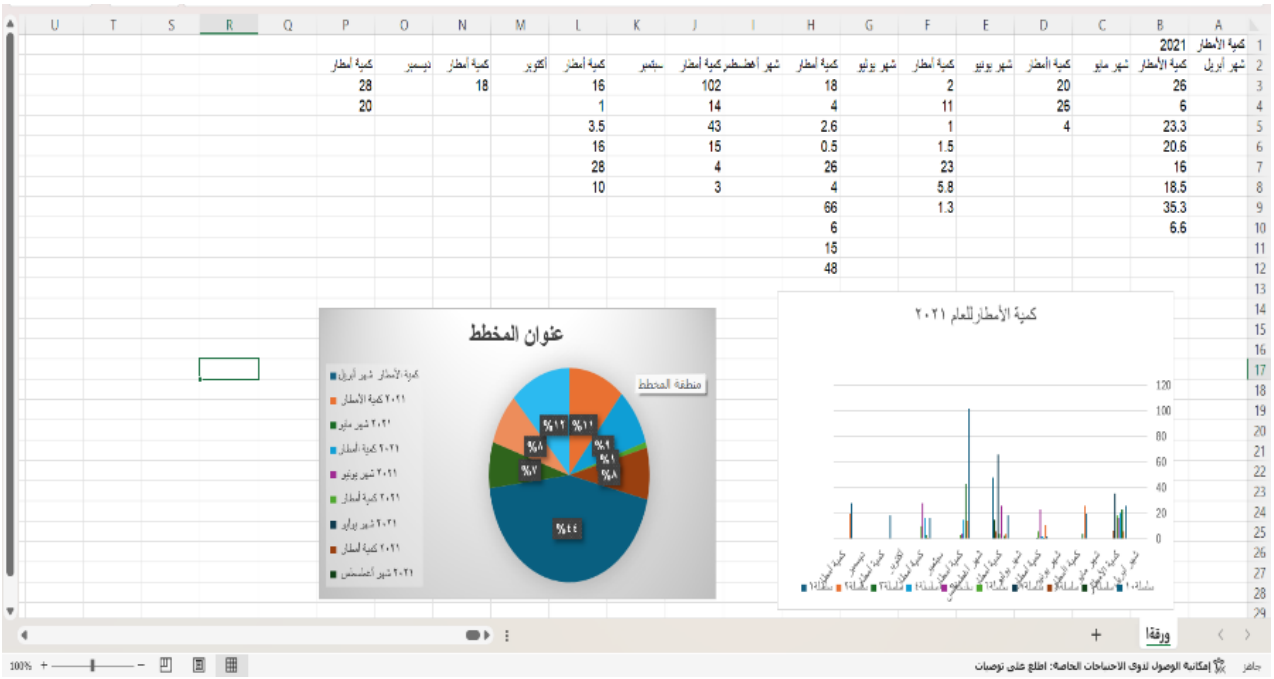
كمية الأمطار



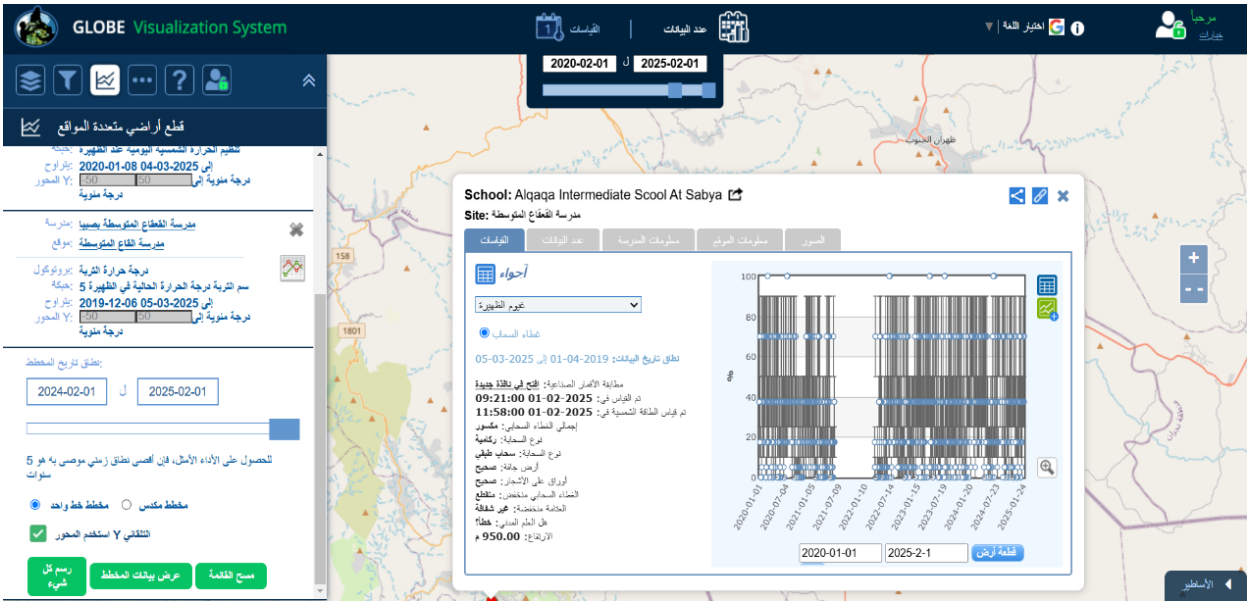
هطول الأمطار



الأمطار عام 2024



الأمطار عام 2021



الغيوم بين عام2020 وعام 2024

3- المقابلات:

حرص الباحثان على إجراء مقابلات معمقة مع سكان الجبال الذين يمتلكون معرفة دقيقة بنبات العرعر، بهدف جمع بيانات نوعية حول العلاقة بين الإنسان ونبات العرعر. تم إعداد مجموعة من الأسئلة المنظمة التي شملت استفسارات حول الملاحظات التاريخية لظهور ظاهرة موت نباتات العرعر، وكيفية تغير الحالة البيئية بمرور الوقت، بالإضافة إلى الإجراءات أو التدخلات التي قاموا بها أو شُهدت محليًا لمواجهة هذه الظاهرة. وقد سُجلت جميع المقابلات بعناية، مع توثيق التفاصيل والإجابات التي تُعتبر بمثابة رؤى قيمة تُغني التحليل الكمي وتساهم في فهم التأثيرات المجتمعية والبيئية على صحة المواطن الطبيعية.

في البداية كانت المقابلة مع المواطن جبران فرحان مفرح المالكي. البالغ من العمر 83 سنة أحد البنائين الذين كانوا يستخدمون أخشاب العرعر في بناء البيوت الحجرية .وسألناه عن أماكن تواجد العرعر فأجاب بوجوده في جبل حبس وجبل طلان وجبال الحشر وجبل فيفاء والجبل الأسود وجبل عثوان وكل هذه الجبال تقع في منطقة جازان جنوب المملكة العربية السعودية .
وعن استخدام أخشاب نبات العرعر أفاد بقوة وصلابة أخشاب العرعر ومقاومتها للآفات التي تتلف الأخشاب.
وعند سؤاله هل اختفى نبات العرعر من مناطق كان يوجد بها ؟ أجاب نعم . كان يوجد في جبل روحان وجبل ريدة بمحافظة الداير بكميات كبيرة أما الآن فقد اختفى بشكل كبير في هذه المواقع وشاهدنا خلال العقود الماضية تناقص أعداد أشجار العرعر بسبب موتها .
وعن سؤاله هل كان قطع أشجار العرعر من أجل البناء سبب في تناقص عدد الأشجار ؟
أجاب : كلا . فقد كانت غابات العرعر كثيفة وتتم العناية بها من ناحية التقليم وعدم الاحتطاب والتركيز على الفروع الميتة . وكان الناس يحجرون المناطق التي ينبت فيها العرعر لسنوات .
لم نفهم معنى (يحجرون) ؟ أفادنا بأن الحجر هو منع الرعي والاحتطاب والقطع . لفترة زمنية محددة من قبل شيخ القبيلة ، يلتزم بها الجميع .
سؤال : ماذا لو لم يلتزم الناس ؟ تفرض غرامات مالية على من يتعدى على المناطق المحجورة .ويلزم بعمل يساهم في إصلاح ما أقدم عليه من تخريب لمنطقة الحجر .
وفي بقعة صرمان شرق جبل طلان (أحد مواقع موت نبات العرعر) N 43°09'52"E"54'23°17
سألنا المواطن : حسين متعب جبران العليلي -63 سنة.عن علاقة المجتمع بنبات العرعر . أجاب : بعلاقة وجود . فنحن منذ ولادتنا ونحن بين نبات العرعر -نستظل به ونستفيد من أخشابه ونحميه من العابثين ونهتم به حول مدرجاتنا الزراعية .

متى ظهرت ظاهرة موت نبات العرعر؟ بدأت تظهر حوالي عام 1990 م في منطقتنا. وكان الناس يعتقدون بأنه مرض بدأ يصيب نبات العرعر. وبعدها ظهرت أكثر من رواية بين الناس.
وماذا عملتم لمواجهة هذه الظاهرة ؟ بلغنا المسؤولين في وزارة البيئة عن طريق المشايخ وننتظر الحلول من الجهات الحكومية .
أقصد على مستوى أفراد المجتمع . حاولنا الحفاظ على نبات العرعر حول بيوتنا وحول مزارعنا وسقيه في مواسم الجفاف ولكن هذا الأمر بسيط ومحدود (لاحظنا العرعر بحالة جيدة حول بيوت الأهالي ومزارعهم)
لاحظنا تأثر مناطق هنا على سفح الجبل بشق الطرق وإتلاف عدد كبير جدا من نبات العرعر وغيره من النباتات .
أجاب حسين بحرقة شديدة : نعم صحيح واختفت كثير من الحيوانات كنا نجدها أونراها ولم نعد نراها أو نجدها .للأسف .
خلال الخمسين سنة الماضية . هل تغيرت كمية الأمطار ؟

أجاب للأسف قلت بشكل ملحوظ ولم تعد منتظمة كما كانت على فصول السنة .
وعن كمية الضباب وتغطيه للجبال . أضاف أن كمية الضباب لم تعد كما كانت.

4-الدراسات السابقة:

تشير الدراسات المتعددة إلى أن ظاهرة موت قمم أشجار العرعر في المناطق الجبلية بالمملكة العربية السعودية تُعزى إلى مجموعة من العوامل البيئية والطبيعية والبشرية، وقد قام عدد من الباحثين بتحليل هذه الظاهرة من زوايا مختلفة.

ففي دراسة قتيبة حمود السعدون (2010) المنشورة في مجلة "القافلة" التابعة لأرامكو السعودية، تم تحليل موت قمم أشجار العرعر في المرتفعات الغربية والجنوبية للمملكة، حيث نُسبت الظاهرة إلى خمسة أسباب رئيسية: ارتفاع درجات الحرارة خلال العقود الماضية، وشق الطرق مما أدى إلى تجريف التربة، والرعي فوق طاقة البيئة، وحركة الإنسان والمعدات في مناطق تواجد العرعر، بالإضافة إلى وصول الأشجار إلى أعمار متقدمة جعلها أكثر هشاشة للتأثيرات البيئية. وقد أظهر تحليل السعدون أن هذه العوامل تعمل مجتمعة على إحداث إجهاد شديد للنباتات يؤدي إلى موت القمم النامية وتدهور الغطاء النباتي.

وفي إطار تقرير ميداني أُعدّ عام 2003 بواسطة فريق من الهيئة الوطنية لحماية الحياة البرية بالتعاون مع وزارتي الزراعة والمياه والكهرباء والوكالة اليابانية للتعاون الدولي، وكذلك خبراء من جامعتي الملك عبدالعزيز والملك سعود والمركز الإقليمي لأبحاث الزراعة والمياه، تم دراسة ظاهرة موت قمم العرعر في جبال عسير وجازان ومكة المكرمة. وأظهرت النتائج أن الضغوط البيئية المتزايدة والنشاط البشري يؤثران بشكل مباشر على صحة النباتات، خاصةً في ظل محدودية الأمطار وعدم انتظام توزيعها، مع تركيز خاص على ظاهرة "ظل المطر" التي تؤثر على كمية المياه المتاحة للنباتات. وأكد التقرير على أهمية حماية المواطن الطبيعية من خلال تدابير منظمة للحد من الأنشطة البشرية الضارة.

كما تناولت دراسة سامي البكر (2015) التي أجريت في المناطق الشمالية من المملكة تأثير التغيرات المناخية وزيادة نسبة الملوحة في التربة على صحة النباتات. أوضحت الدراسة أن ارتفاع نسب الأملاح في التربة وتغيرات الرقم الهيدروجيني تؤدي إلى إجهاد النباتات وتضعف قدرتها على التجدد، مما يُزيد من احتمالية موت قمم الأشجار. وقدمت الدراسة مؤشرات كمية توضح العلاقة بين مستويات الملوحة والتدهور البيئي، مما يبرز أهمية معالجة جودة التربة في سياق حماية الغابات.

من ناحية أخرى، ركزت دراسة الدكتور فهد الفرجاني (2018) من جامعة الدمام على تأثير النشاط البشري المباشر، مثل التوسع العمراني والتعدي على المواطن الطبيعية، على النظم البيئية في المناطق الجبلية. وأكدت الدراسة أن الأنشطة البشرية تساهم في تعطيل الأنظمة البيئية من خلال شق الطرق وتدمير النباتات السطحية، مما يؤدي إلى اختلال توزيع المياه وتفاقم الإجهاد البيئي على أشجار العرعر، خاصةً في المناطق التي تقع بالقرب من المجمعات السكانية.

بالإضافة إلى ذلك، أصدرت هيئة حماية الحياة البرية تقارير ميدانية عام 2019 أثبتت وجود علاقة واضحة بين تدهور المواطن الطبيعية وارتفاع مستويات الإجهاد البيئي الذي تتعرض له أشجار العرعر. وقد أشارت هذه التقارير إلى أن انخفاض كمية الأمطار وتزايد الضغوط البشرية تؤدي إلى موت قمم الأشجار بشكل ملحوظ، مما يُظهر الحاجة الملحة لتطبيق استراتيجيات إدارة بيئية فعّالة.

وأظهرت دراسة عبدالله م. الجاسر (2016) المنشورة في مجلة أبحاث الأراضي القاحلة أن ارتفاع نسبة الأملاح في التربة يؤثر بشكل سلبي على صحة غابات العرعر في جنوب المملكة، حيث يؤدي ذلك إلى إجهاد النباتات وانخفاض قدرتها على التجدد. كما أكد البحث أن تعديل خصائص التربة يمكن أن يكون له تأثير إيجابي في تقليل ظاهرة الموت القمي.

من جهة أخرى، تناولت دراسة فاطمة الراشد (2017) في المجلة السعودية للبيئة العلاقة بين التغيرات المناخية والضغوط البشرية وتأثيرها على موت قمم أشجار العرعر في المناطق الجبلية. وأوضحت الدراسة أن التغيرات المناخية، خصوصاً في نمط هطول الأمطار وزيادة درجات الحرارة، تلعب دورًا محوريًا في تحفيز ظاهرة الموت القمي، خاصةً في ظل تعرض المواطن الطبيعية للضغوط البشرية المستمرة.

وأخيراً، بحثت دراسة عمر ه. الشهير (2019) المنشورة في المجلة الدولية لعلوم البيئة في آثار التغير المناخي على غابات العرعر في جبال السروات، مع التركيز على تأثير تقلبات الطقس والظروف المناخية المتطرفة على استدامة هذه المواطن. كما أكدت دراسة ليلى م. الحرابي (2020) المنشورة في مجلة مراجعة تقييم التأثير البيئي أن الأنشطة البشرية مثل شق الطرق والتخييم تؤدي إلى تدهور المواطن الطبيعية وتفاقم ظاهرة موت قمم أشجار العرعر.

تشكل هذه الدراسات إطاراً علمياً شاملاً يُظهر التفاعلات المعقدة بين العوامل المناخية والطبيعية والبشرية وتأثيرها على صحة غابات العرعر، مما يساهم في تطوير حلول مستدامة لإعادة تأهيل المواطن الطبيعية المتأثرة وحماية التوازن البيئي في المملكة.

الاستنتاجات:

تشير القراءات الرقمية إلى أن درجات الحرارة السنوية بين أعوام 2020 و2024 لم تشهد فروقاً كبيرة، حيث تبقى المعدلات مستقرة تقريباً عند المعدل السنوي، إلا أنه لوحظ ارتفاع ملحوظ في سطوع الشمس خلال شهور أبريل ومايو وسبتمبر وأكتوبر ونوفمبر، حيث يكون الغيوم والضباب في أدنى مستوياتها. يُعتبر هذا السطوع العالي عاملاً مجهداً للنباتات، إذ يؤدي التعرض المستمر لأشعة الشمس المكثفة إلى زيادة حرارة السطح وتبخر الرطوبة من التربة، مما يضع ضغطاً إضافياً على نظام النبات المائي والتغذوي.
من جهة أخرى، تُظهر بيانات هطول الأمطار نمطاً غير منتظم؛ إذ تزيد كمية الأمطار في شهور أبريل ويوليو وأغسطس وسبتمبر، بينما تنخفض بشكل ملحوظ في أشهر نوفمبر، وديسمبر، ويناير، وفبراير. كما أن الرطوبة النسبية تتذبذب خلال السنة، مع انخفاض ملحوظ في الفترات التي يصاحبها ارتفاع سطوع الشمس، مما يؤدي إلى إجهاد إضافي على النباتات. يُعد عدم انتظام هطول الأمطار من العوامل البيئية الأساسية التي تُسهم في ظاهرة الموت القمي، حيث يؤدي قلة الأمطار في بعض الفصول إلى نقص كمية المياه المتاحة للنباتات، ما يؤثر سلباً على قدرتها على التجدد والنمو.
أظهرت الزيارات الميدانية أن بقاء نبات العرعر مرتبط ارتباطاً وثيقاً بعمق التربة؛ ففي المناطق التي تتوفر فيها تربة عميقة ورطبة، تظل النباتات بصحة جيدة، بينما تظهر ظاهرة الموت القمي بوضوح في المناطق الصخرية وعلى قمم الجبل حيث تكون التربة رقيقة وغير مستقرة. كما أن الأنشطة البشرية مثل شق الطرق وتسوية الأراضي لبناء المنازل والاستراحات أدت إلى تجريف التربة وفقدانها بكمية كبيرة، مما ساهم في تفاقم ظاهرة موت النبات. كما لوحظ تأثير سلبي لممارسات الإنسان مثل إشعال الحرائق غير المتعمدة خلال النزهات والاستجمام، بالإضافة إلى تأثير الرعي المفرط الذي يقلل من كثافة الغطاء النباتي المحيط، وبالتالي يخفض من قدرة النباتات على توفير الظل الطبيعي الذي يحمي التربة من ارتفاع درجة حرارتها.
وأظهرت التحاليل المخبرية التي أُجريت على عينات التربة أن هناك نقصاً ملحوظاً في عناصر الفوسفور والبوتاسيوم والنيتروجين في الطبقة العليا، في حين كانت قيم الرقم الهيدروجيني للتربة ومياه الأمطار ضمن المعدلات الطبيعية. هذا النقص في العناصر الغذائية الأساسية يؤدي إلى إجهاد النبات، حيث لا تتوفر له كافة المغذيات الضرورية لنموه وتجديد خلاياه، مما يضعف قدرته على مقاومة الضغوط البيئية الناتجة عن ارتفاع سطوع الشمس ونقص الأمطار.
كما أظهرت المقابلات مع السكان المحليين أن المشكلة قد أصبحت ملموسة في حياتهم اليومية، حيث أعربوا عن شعورهم بتأثير تغير مواسم الأمطار والضغوط البشرية على صحة نبات العرعر. أفادوا بأن انخفاض العناية التقليدية بعمليات التقليم والنظافة البيئية، نتيجة التحول نحو الحياة المدنية الحديثة، ساهم في تدهور المواطن الطبيعية، ما يضيف بعداً اجتماعياً إلى الظاهرة البيئية. تشير هذه البيانات النوعية إلى أن الفجوة بين الممارسات التقليدية والممارسات الحالية قد أسهمت في تفاقم ظاهرة الموت القمي لأشجار العرعر، مما يستدعي تبني سياسات بيئية متكاملة للتصدي لهذه المشكلة.

مناقشة النتائج:

بعد حصر النتائج السابقة تم عرضها على معلم العلوم والمشرف العلمي والدكتورعبد السلام الفيفي – دكتوراه في البيئة النباتية وتقنيات الاستشعار عن بعد، جامعة طيبة بالمدينة المنورة ومستشار بيئي لدى العديد من الجهات الحكومية لتفسير النتائج.
للإجابة عن سؤال البحث الأول:
ماهي أسباب الموت القمي لنبات العرعر في جبل طلان؟
السبب الأول: عدم انتظام هطول الأمطار في فصول السنة، يعد أحد العوامل الجوهرية. فقد لوحظ أن الأمطار تتوزع بشكل متفاوت على مدار السنة؛ إذ تُسجل زيادات في شهور معينة مثل أبريل ويوليو وأغسطس وسبتمبر، مقابل انخفاضات ملحوظة في شهور الشتاء المبكرة كأكتوبر ونوفمبر وديسمبر ويناير وفبراير. هذا التذبذب في كمية الأمطار يؤدي إلى فترات جفاف تؤثر على توافر المياه للنبات، مما يضعف قدرة نظام الجذور على امتصاص المياه والعناصر الغذائية.
السبب الثاني : انخفاض معدل الرطوبة في بعض مواسم السنة، مما يزيد من إجهاد النبات عبر تقليل معدلات الامتصاص المائي.

السبب الثالث : انخفاض معدل وجود السحب والضباب في بعض مواسم السنة .مما أدى إلى زيادة السطوع الشمسي على جبل طلان وبالتالي أجهد أشجار العرعر وأدى إلى فقد كميات كبيرة من الماء نتيجة عمليات التبخر والنتح . تساهم العوامل المرتبطة بسطوع الشمس في زيادة الإجهاد على نبات العرعر؛ ففي الأوقات التي تقل فيها مستويات السحب والضباب، ترتفع مستويات الإشعاع الشمسي، مما يؤدي إلى زيادة تبخر المياه من سطح التربة. هذا الارتفاع في السطوع الشمسي يُضاعف من عمليات النتح، وبالتالي يُساهم في فقدان كميات كبيرة من المياه الضرورية لنمو النبات، ما يؤدي إلى تأثر صحة العرعر ومظهره العام، ويُضعف من قدرته على التجدد. تظهر هذه النتائج توافقًا مع الدراسات السابقة التي أشارت إلى أن الظروف المناخية القاسية تُشكل ضغطًا بيئيًا يؤدي إلى موت القمم النامية وحدوث ظاهرة الموت القمي.

السبب الرابع: نقص عناصر النيتروجين والفوسفور والبوتاسيوم في التربة في مواقع الدراسة، وهو ما يُؤثر سلبًا على العمليات الحيوية للنبات. فالعناصر الغذائية هذه تعد أساسية لتكوين البروتينات وإنتاج الطاقة والتمثيل الضوئي، ونقصها يؤدي إلى ضعف نمو النبات وزيادة تعرضه للإجهاد البيئي. هذه النتائج تُعزز من الفرضية القائلة بأن التفاعلات بين العوامل المناخية وتدهور خصائص التربة تؤدي إلى اختلال التوازن البيئي، مما يسهم في تفاقم ظاهرة موت قمم أشجار العرعر.

السبب الخامس: أظهرت الملاحظات الميدانية تأثير النشاطات البشرية على المواطن الطبيعية؛ فقد ساهمت عمليات شق الطرق وتسوية الأراضي لأغراض البناء والسكن في تجريف التربة وفقدانها، مما يضعف نظام الجذور ويقلل من قدرة النبات على امتصاص المياه والعناصر الغذائية.

السبب السادس : الرعي الغير منظم في بيئة الدراسة، حيث تؤدي إلى تدمير النباتات السطحية التي توفر الظل وتحافظ على رطوبة التربة، مما يفاقم من ظاهرة الموت القمي. وقد تمت مناقشة هذه النتائج مع الخبراء، وأكدوا أن التداخل بين الضغوط الطبيعية والبشرية هو العامل الأساسي في تدهور المواطن الطبيعية لنبات العرعر في جبل طلان.

السبب السابع : عدم وجود برامج لتقليم نبات العرعر .

وللإجابة عن السؤال الثاني:

كيف يمكننا المساهمة في إعادة الحياة إلى غابات العرعر في جبل طلان؟ نقدم اقتراحات من خلال هذه النتائج للمساهمة في حل المشكلة قبل تفاقمها وتداعي تأثيراتها على البيئة.

1- التوعية بأهمية الحفاظ على نبات العرعر، لأهميته في توازن النظام البيئي.
2- إعادة بناء المدرجات الزراعية والعناية بالتربة من الانجراف.
3- إعادة توطين نبات العرعر من خلال إنشاء مشاتل لإكثار النبات وتنفيذ حملات تطوعية لزراعته.
4- عمل حفر تعمل كخزانات طبيعية في الجبل لحصاد مياه الأمطار بالقرب من أشجار العرعر وفي الأمكن المناسبة لذلك وإضافة أسمدة لتلك الحفر.
5- منع عمليات التجريف العشوائية.
6- تسميد المدرجات الزراعية.
7- تخصيص أماكن للتنزه بعيدا عن التماس المباشر مع أشجار العرعر.
8- تنفيذ برامج تطوعية للعناية بأشجار العرعر لقطع الأجزاء الميتة وتقليم ما يحتاج إلى تقليم.
9- تخصيص مواسم مناسبة للرعي للمساهمة في إعادة تأهيل التربة من خلال أسمدة المواشي.

كما نوصي بنشر فكرة موضوع الدراسة(البحث) في المجتمع المحلي والتواصل مع الجهات ذات العلاقة من أجل التعريف بالمشكلة والمساهمة في حلها، فهذا البحث يساهم في حل مشكلة بيئية أصبحت ظاهرة .كما نعتقد بأهمية هذا البحث في تطوير الجوانب المعرفية والمهارات العلمية واستراتيجيات البحث والتجريب لإيجاد حلول بيئية لمشكلات تؤثر على بيئتنا المحلية وصولا إلى بيتنا الكبير كوكب الأرض.

صعوبات البحث :

1- عدم وجود بيانات سابقة لدرجات الحرارة وكمية الرطوبة والأمطار في موقع الدراسة. لمقارنتها بالوضع الحالي .
2- صعوبة الوصول لبعض المواقع .
3- عدم وجود تاريخ محدد لبداية ظهور المشكلة .

شكر وتقدير:
نتقدم بالشكر والتقدير للدكتور عبدالله الثبيتي المنسق الوطني لبرنامج جلوب البيئي بالمملكة العربية السعودية على كافة الجهود والمعلومات التي قدمها . وللمشرف العلمي بإدارة تعليم صبيا الأستاذ: الزاهد عبدالله القبي على جهوده ومتابعته المستمرة . كما نشكر الدكتور : عبدالسلام الفيفي على جهده ومتابعته لمراحل البحث وملاحظاته المستمرة .
ونشكر مدير مدرسة القعقاع المتوسطة - الأستاذ : مفرح يحيى قاسم المالكي .على متابعته ودعمه وتشجيعه المتواصل .
وللفضلاء في شركة سابك فائق الشكر لتعاونهم في مجال تحليل التربة والماء .وللأستاذ :سلمان أحمد المالكي من فرع وزارة البيئة والمياه الزراعة لمساهمته في إيجاد حلول لمشكلة الموت القمي لنبات العرعر .
كما نشكر أسرنا على دعمهم لنا ومتابعتهم وتشجيعهم .وأمنياتهم المستمرة بنجاحنا .
والشكر الخاص لمعلم العلوم بالمدرسة والمشرف على البحث الأستاذ أحمد جبران المالكي.

المراجع:

1- النبات في جبال السراة والحجاز . أ.د / أحمد سعيد قشاش – المجلد الثاني
2- صحيفة اليوم الإلكترونية
3- مجلة القافلة -أرامكو-صفر 1419
4- ●حمود السعدون، قتيبة. (2010). "ظاهرة موت قمم أشجار غابات العرعر في المرتفعات الغربية والجنوبية من المملكة العربية السعودية". مجلة القافلة (أرامكو السعودية.(
5- ●الهيئة الوطنية لحماية الحياة البرية. (2003). "تقرير ميداني حول ظاهرة موت قمم أشجار العرعر في جبال عسير وجازان ومكة المكرمة". وزارة الزراعة والمياه والكهرباء / الوكالة اليابانية للتعاون الدولي / جامعة الملك عبدالعزيز، جامعة الملك سعود، والمركز الإقليمي لأبحاث الزراعة والمياه.
6- ●البكر، سامي. (2015). "تأثير التغيرات المناخية وزيادة نسبة الملوحة في التربة على موت قمم أشجار العرعر في المناطق الشمالية من المملكة". مجلة الدراسات البيئية.
7- ●الفرجاني، فهد. (2018). "تأثير النشاط البشري على النظم البيئية في المناطق الجبلية: دراسة حالة لغابات العرعر". جامعة الدمام.
8- ●الهيئة الوطنية لحماية الحياة البرية. (2019). "تقارير ميدانية حول تدهور المواطن الطبيعية لأشجار العرعر في المرتفعات بالمملكة."
9- ●الجاسر، عبدالله م. (2016). "تأثير ملوحة التربة على صحة غابات العرعر في جنوب المملكة". مجلة أبحاث الأراضي القاحلة.
10- ●الراشد، فاطمة. (2017). "العلاقة بين التغيرات المناخية والضغوط البشرية وتأثيرها على موت قمم أشجار العرعر في المناطق الجبلية". المجلة السعودية للبيئة.
11- ●الشهير، عمر ه. (2019). "آثار التغير المناخي على غابات العرعر في جبال السروات". المجلة الدولية لعلوم البيئة.
12- ●الحرابي، ليلى م. (2020). "التقييم البيئي للتأثيرات البشرية على غابات العرعر في المملكة". مجلة مراجعة تقييم التأثير البيئي.

- Al-Harbi, A. (2018). *Environmental roles of Juniperus procera in Arabian ecosystems*. Journal of Environmental Studies.
- Khan, R., et al. (2019). *Water availability and its impact on the growth of Juniper trees*. Journal of Botanical Research.
- Abdulrahman, S. (2020). *Fruit characteristics and ecological importance of Juniperus procera*. Saudi Journal of Plant Science.
- El-Sayed, M. (2021). *Dieback phenomenon in Juniper trees: Causes and environmental implications*. International Journal of Ecology.
- Al-Mutairi, H. (2019). *Soil properties and vegetation health in arid mountain regions*. Arabian Journal of Soil Science.
- SABIC. (2020). *Standard protocols for chemical and physical analysis of environmental samples*. SABIC Technical Report.

1- • Vision 2030, Saudi Arabia. (2016). *Kingdom of Saudi Arabia Vision 2030*. Riyadh: Government of Saudi Arabia.