بقايا غابة الصنوبر على حدود الصحراء في أعقاب سنوات قحط متطرفة

أُعِدّ من: יקיר פרייזלר י., רוטנברג א., הר נ., יצחק י., ספרינצין ש., גרינצוויג ז., יקיר ד. (2016), *שרידות יער אורנים על גבול המדבר בעקבות שנות בצורת קיצונית*. אקולוגיה וסביבה (7) 1 41-51.

خلاصة

شاهدنا موت أشجار كثيرة، في صيف 2010، في غابة يتير، بعد مرور عشر سنوات، خمس سنوات منها قحط، من بينها سنتين متتاليتين. تميّز موت الأشجار بظهور بُقع من الأشجار الميتة إلى جانب أشجار حيّة. أدّت هذه الظاهرة إلى إجراء بحث مقارنة بين الأرض والشجرة للكشف عن العوامل التي تشرح هذه الظاهرة. اتّضح من نتائج البحث أهمية ظروف بيت التنمية لبقاء الأشجار على قيد الحياة في حالات الجفاف، واتّضح أيضًا أنّ مكان الشجرة في تربة ضحلة، صخرية، فيها حجارة من صخور كيرتون (طباشير) لين أفضل من مكان الشجرة في تربة عميقة فيها حجر الجير. يحافظ بيت التنمية الأفضل على رطوبة التربة، ونتيجة لذلك يضمن تراكم الكتلة الأحيائيّة الضروريّة لبقاء الشجرة.

الرسمة 1: موت أشجار في غابة يتير، سنة 2010، تصوير تمير كلين

قاموس مصطلحات

- **كتلة أحيائيّة:** الكمّيّة الكليّة لكلّ المادّة العضويّة في مساحة معيّنة.
- **توتر (إجهاد):** حالة ضغط وتغيّرات في ظروف البيئة المحيطة، وهي تقلل من القدرة المعيشية للكائنات الحيّة.

قبل أن نبدأ

نتعرف على غابة يتير وعلى ظاهرة التصحر قبل أن نتعمق في تفاصيل البحث. شاهدوا الأفلام القصيرة في الروابط التالية، وأجيبوا عن الأسئلة التي تليها:

أ. الفيلم القصير 1: مساهمة الصندوق القومي الإسرائيلي (كيرن قيمت لإسرائيل) في تحريش الصحراء وفي مكافحة التصحر في الرابط https://www.youtube.com/watch?v=_sMSzKjBXc0

1. **ما هي الظروف المناخيّة التي تُميّز التصحر؟**
2. **ما هي تربة اللس؟ وكيف تَنْتُج الفيضانات في مناطق فيها تربة اللس؟**
3. **ما هي طريقة ري الأشجار المتبعة في الصحراء (طريقة الري المسمّاة ليمن)؟**
4. **كيف تساهم الغابة الصحراوية في الحفاظ على الاتزان البيئيّ؟ اذكروا مساهمتين تطرّق إليهما الفيلم القصير.**
5. **كم طنًا من ثاني أكسيد الكربون تُثبت كلّ شجرة طيلة حياتها؟ وكم شجرة، حسب الفيلم، يجب على كلّ إنسان أن يغرس خلال حياته من أجل تعويض تلوث ثاني أكسيد الكربون الذي أنتجه طيلة حياته؟**
6. **قال المرحوم شمعون بيرس في الفيلم القصير: " إسرائيل على قيد الحياة، تعمل عكس القوانين الطبيعية، وهي تصنع لها طبيعة خاصة بها". في الآونة الأخيرة نشرت سلطة حماية الطبيعة موقفها أنها تعارض زرع الغابات في شمال النقب على مساحات أراضي من التربة اللس.**
   اذكروا حُجَج (ادّعاء+تعليل) تدعم ولا تدعم غرس غابات في الصحراء؟ ما رأيكم الشخصي؟

ب. الفيلم القصير 2: بحث غلاف حياتيّ – غلاف جوي في غابة يتير. الرابط –
https://www.youtube.com/watch?v=VCb4hBC5klM

1. **لماذا يهتم العلماء في كمّيّة ثاني أكسيد الكربون التي تستوعبها الغابات؟ كيف يشرح العالِم ذلك في الفيلم القصير؟**
2. **ما القصد بمناخ شبه قاحل؟ (ابحثوا عن المصطلح ومعناه).**
3. **لماذا يمكن القول: إنّ غابة يتير هي غابة خاصة ومميّزة؟ ما هي المميّزات الخاصّة لهذه الغابة؟**
4. **ما هي نتائج البحث التي توصل إليها الباحثون في البحث الذي أُجري عليه الفيلم القصير؟**

ت. الفيلم القصير 3: عملية التصحر. الرابط
https://www.youtube.com/watch?v=8vnE8rgcrkE

1. **ما هي عمليّة التصحر؟ وكيف تظهر (ما هي الظواهر التي نشاهدها عندما تحدُث عمليّة التصحر)؟**
2. **ما هي نشاطات الإنسان التي تؤدّي إلى عمليّة التصحر؟**
3. **كيف يؤدّي الرعي الزائد إلى عمليّة التصحر؟**
4. **كيف تزداد عمليّة التصحر؟**
5. **ما هي المناطق التي تتضرر بشكل واسع من عمليّة التصحر؟**

مقدمة

بيّنت مشاهدات في جميع أنحاء العالَم أنّ هناك ازدياد في حدوث القحط وشدته في العقود الأخيرة. كما طرأ ازدياد ملحوظ في موت الغابات بسبب ارتفاع درجة حرارة الهواء، انخفاض كمّيّة الرواسب والتغيّرات في توزيع الأمطار. تؤدّي هذه التغيّرات إلى تغيير مميّزات بيت التنمية وإلى تغيير العلاقة المتبادلة بين الشجرة وبيئتها المحيطة، وتؤدّي إلى تغيّرات في كمّيّة المياه في التربة، تزداد وتيرة التبخر، تتكاثر حشرات ضارة للنبتة وغير ذلك. تتمّ في مناطق مناخية مختلفة، في العالَم، أبحاث لفهم رد فعل الغابات للقحط المستمر ولفهم الأسباب والعوامل التي تؤدّي إلى موت الأشجار. كما هو الأمر في أماكن أخرى في العالَم، شوهد في إسرائيل أيضًا، في سنة 2010، موت متزايد للأشجار في غابات الصنوبر المزروعة، في أعقاب عدّة سنوات قحط متتالية.

جاء هذا البحث كي يفحص الأسباب والعوامل التي أدّت إلى موت كمّيّات كبيرة من الأشجار في غابة يتير خلال سنة 2010. تمّ غرس غابة يتير قبل حوالي 50 سنة، وهي أكبر غابة مغروسة في إسرائيل. تمتد الغابة على حوالي 30,000 دونم. معدّل الرواسب السنوي في هذه الغابة هو 86±276 ملم، والصنوبر المقدسي هو النوع السائد فيها.

بين السنوات 2000-2010 حدثت في منطقة غابة يتير خمس سنوات قحط، من بينها سنتان خطيرتان متتاليتان (في كلّ سنة 340 يوم دون أمطار بين السنوات 2008-2009). بعد مرور سنوات القحط الخطيرة شوهد، سنة 2010، موت أشجار لم يحدُث خلال 45 سنة. من التقدير الذي يعتمد على التصوير الجوي في صيف 2010، وُجدت حوالي 50,000 شجرة ميتة في أنحاء الغابة. انتبه الباحثون إلى أن توزيع الأشجار الميتة غير متجانس، وقد تميّز موت الأشجار ببُقع من مجموعات الأشجار الميتة إلى جانب مجموعات من الأشجار الحيّة. في أعقاب ذلك، ركَّز البحث على المقارنة بين بُقع الأشجار الميتة وأشجار الغابة الحيّة من حولها.

نُجيب بعد القراءة

6. **وُصفت في المقدمة ظاهرة موت الغابات كرد فعل للقحط. ما هي التغيّرات التي تحدُث، خلال القحط، في الظروف الحياتيّة للأشجار والتي تؤدّي إلى موت الأشجار؟**
7. **ما هدف البحث؟**
8. **بين السنوات 2000-2010 حدثت في منطقة غابة يتير خمس سنوات قحط، من بينها سنتين خطيرتين متتاليتين. افترضوا – ماذا يمكن أن يكون تأثير القحط الذي يستمرّ سنتين متتاليتين مقارنة بالقحط الذي لا يحدُث بشكل متواصل؟**
9. **كيف تمّ تقدير كمّيّة الأشجار التي ماتت؟ لماذا تمّ، حسب رأيكم، اختيار هذه الطريقة؟ اذكروا حسنة واحدة وسيئة واحدة للطريقة.**
10. **ما الذي تمّ اكتشافه خلال تقدير عدد الأشجار الميتة؟**
11. **بودكم إجراء مقارنة بين بقع الأشجار الميتة وأشجار الغابة من حولها. ماذا تقترحون للفحص؟**

هدف البحث وفرضيات البحث

فُحصت في البحث عدّة عوامل قد تؤثّر على موت الأشجار: تأثير الجيومورفولوجيا (علم شكل الأرض) على وضع الأشجار، الفروق الوراثية بين الأشجار والعلاقة بين صفات التربة وباطنها وموت الأشجار. افترض البحث أنّ دمج هذه العوامل يؤثّر على حيوية الأشجار وعلى بقائها في سنوات القحط المتطرفة.

تمّ تخطيط البحث وتنفيذه بناءً على عدّة فرضيات فُحصت في هذا البحث وهي:

أ. هناك فروق وراثية بين الأشجار التي تبقى على قيد الحياة والأشجار التي تموت.
ب. نَتَجَت بُقع الأشجار الميتة بسبب الفروق الجيومورفولوجية بين قِطع الأرض المختلفة.
ت. ميل الأرض ، منحدرها، عُمرها وكثافتها هي عوامل رئيسية وحاسمة في احتمال بقاء الأشجار على قيد الحياة.
ث. يختلف المبنى تحت سطح التربة في قِطع الأراضي التي بقيت فيها الأشجار على قيد الحياة عن قِطع الأراضي الحساسة.

يركّز هذا المقال على فحص الفرضية ث فقط.

قاموس مصطلحات

- **المبنى الجيومورفولوجي:** شكل ومميّزات سطح التربة.
- **تحت سطح التربة:** القسم السفلي للتربة الذي لا يحد سطح التربة.
- **حيوية:** حياة

نُجيب بعد القراءة

7. **ما هي الفرضية؟ وما هو الدعم للفرضية؟ [ابحثوا في الإنترنت وفتشوا عن تعريفات مناسبة]**
8. **أيّ عوامل، من بين العوامل التي تؤثر على موت الصنوبر، تطرّقت إليها فرضيات البحث؟**
9. **صيغوا سؤال بحث يعتمد على إحدى الفرضيات المقترحة. اكتبوا المتغيّر المتعلق والمتغيّر المستقل في السؤال الذي اقترحتموه.**

طرق ومواد

في أعقاب موت الأشجار، طَلَب الصندوق القومي الإسرائيلي، سنة 2010، صور جوية للغابة كي يميّزوا بواسطتها الأشجار الميتة في الغابة. وُجد أن توزيع الأشجار الميتة يظهر على شكل بُقع: مجموعة أشجار ميتة إلى جانب أشجار حيّة. من مُجمل الأشجار الميتة، أشاروا في البحث إلى 20 قطعة أرض مساحة كلّ منها 800 متر مربّع. وُجدت، في كلّ قطعة، قطعتين ثانويتين لهما نفس الظروف الهندسيّة الفراغيّة (الميل، المنحدر، وسهولة وصول مَرْكَبات العمل): تمّ تعريف قطعة الأرض الثانوية التي فيها أكثر من 80% من

الأشجار ميتة كـ "قطعة حساسة"، وإلى جانبها تمّ تعريف قطعة الأرض الثانوية التي فيها أكثر من 80% من الأشجار حيّة كـ "قطعة مقاومة".

ركَّز البحث على المقارنة بين هذين النوعين من قِطع الأراضي.

فحص قِطع الأراضي المختلفة:

الرسمة 2: حفر قناة لمسح التربة.

أ. مسح (فحص) المخزون – تمّ فحص كثافة الأشجار، في كلّ قطعة أرض (عدد الأشجار في الدونم)، قُطر الأشجار، ارتفاعها، كتلتها الأحيائيّة (كغم للشجرة)، وذلك حسب طريقة الصندوق القومي الإسرائيلي، كما تمّ عدّ الجذوع لفهم كثافة الغرس (عدد الأشجار في الدونم).

ب. مسح (فحص) التربة – بالإضافة، أُجري مسح شامل للتربة في 11 قطعة أرض من بين 20 قطعة أرض أُعدَّت للبحث، وقد تمّ المسح بواسطة حفر قناة طولها 10 أمتار ويتراوح عمقها حوالي متر واحد حتّى متر ونِصف. شمل المسح فحص التربة وعمقها بطرق كيميائيّة وفيزيائيّة، فحص النسبة المئويّة لكلّ من الحجارة والصخور التي تغطي التربة، كما تمّ فحص كثافة الجذور (عدد الجذور للمتر المربّع) على طول المقطع الجانبي لعُمق التربة في ثلاثة مقاطع قياس على طول القناة (الرسمة 2).

ت. وتيرة نمو الحلقات السنوية - أُجري مسح لوتيرة نمو الحلقات السنوية للأشجار في 11 قطعة أرض من بين 20 قطعة أرض أُعدت للبحث، وقد تمّ فحص هذه الوتيرة بواسطة المقارنة بين 30 شجرة حيّة وَ 30 شجرة ميتة.

نُجيب بعد القراءة

6. **ما هي القِطع الحساسة وما هي القطع المقاومة؟**
7. **ركَّز البحث على المقارنة بين هذين النوعين من القطع، حساسة ومقاومة. لماذا تمّ، حسب رأيكم، اختيار العوامل التي تمّ فحصها في قِطع البحث؟**
8. **هل تمّ الحفاظ على عوامل ثابتة في هذا البحث؟ اشرحوا لماذا من المهم الحفاظ على عوامل ثابتة في البحث؟**

إثراء: ما هو Dendrochronology (علم تحديد أعمار الأشجار)، وماذا يمكن أن نتعلّم

من الحلقات عن الشجرة؟

المصدر: موقع الصندوق القومي الإسرائيلي للشباب

Dendrochronology (باليونانية - Dendro – شجرة، chronology – زمن) هو اسم عِلم يتناول تحديد أعمار الأشجار وتطوّرها بواسطة قياس حلقات نمو الشجرة بشكل دقيق جدًّا. ويعتمد هذا العِلم على اختلاف سُمك حلقات نمو الشجرة وفقًا لوتيرة نموها خلال فصول السنة.

إذا نظرنا إلى مقطع الشجرة نرى مباشرة أنّ حلقاته الداخليّة عريضة، وكلّما ازداد عدد الحلقات تصبح ضيقة، السبب لذلك هو تسارع نمو الشجرة في صغرها وتباطؤ نموها في كبرها. هناك شيء مثير للاهتمام وهو لون الحلقات – الحلقات الفاتحة تدل على موسم غزير بالأمطار (الشتاء عندنا)، أمّا الحلقات الغامقة تدل على موسم جاف (الصيف عندنا).

حلقات الشجرة. أَعدَّ الصورة: ينيف زلج، الصندوق القومي الإسرائيلي. المصدر: אתר קק"ל לצעירים ، موقع الصندوق القومي الإسرائيلي للشباب.

ماذا يعمل المختص في عِلم تحديد أعمار الأشجار؟ نأخذ على سبيل المثال شتاء 1991-1992، كان هذا الموسم ماطر جدًّا بشكل خاصّ. المختص في عِلم تحديد أعمار الأشجار المهتم في تأثير الرواسب الغزيرة على حلقات الشجرة، يبحث عن الحلقات الملائمة حسب السن في شجرة بالغة مرّت في هذا الشتاء الماطر بغزارة. نحن اليوم في بداية سنة 2019، لذا يجب عليه أن يعدّ إلى الخلف 27 حلقة كي يصل إلى حلقة الشتاء المذكور أعلاه، ويجب أن يفحص تأثير الرواسب الكثيرة عليها. هناك احتمال كبير أن يجد حلقة فاتحة وعريضة.

يتأثر عُمر الشجرة من ظروف البيئة المحيطة للشجرة في نفس السنة (المناخ والحيّز الفيزيائيّ). كما هو الأمر عند الإنسان، تتطوّر الشجرة في صغرها بوتيرة أسرع مما في كِبرها. لذا نرى حلقات عريضة نسبيًّا في مركز الشجرة. كلّما تقدّمنا مع السنوات تكون الحلقات ضيقة. يتمّ عدّ الحلقات من مركز الشجرة حتى القشرة. إذا أردنا أن نقدِّر عُمر الشجرة بواسطة عدّ الحلقات لا نحتاج إلى قَطعها. يستعمل الباحثون مثقاب لهذا الغرض، وهم يُخرجون بمساعدته شريحة ضيقة فقط لا تؤذي الشجرة بتاتًا، ويمكن عدُّ الحلقات فيها.

نتائج – مقارنة بين قِطعة أرض "حساسة" وقطعة أرض "مقاومة"

صفات الأشجار – عندما فحصنا الفروق بين قِطع الأراضي "الحساسة" والقطع "المقاومة" وجدنا أنّ قُطر الأشجار، ارتفاعها وكتلتها الأحيائية في القطع "المقاومة عالية جدًّا مقارنة بالقطع "الحساسة" (جدول 1).

	قطعة مقاومة	قطعة حساسة
الكثافة (عدد الأشجار للدونم)	36	36
كثافة الغرس (عدد الأشجار للدونم)	61	64
القُطر (سم)	17.2	15
الارتفاع (أمتار)	10	8.9
الكتلة الأحيائيّة (كغم للشجرة)	123.3	60.5
عُمر القطعة (سنوات)	42	42
عُمق التربة (سم)	75	107
النسبة المئويّة للحجارة (%)	31.7	18
تغطية التربة بالصخور (%)	36.8	8.8

جدول 1: معدّل قيم متغيّرات مختلفة في قِطع أراضي مقاومة وقِطع أراضي حساسة.

نُجيب بعد القراءة

9. تمعّنوا في جدول 1 واكتبوا – أي مقاييس كانت أعلى في القطع المقاومة مقارنة بالقطع الحساسة؟ وأي مقاييس كانت أقل في هذه المقارنة؟ وأيّ مقاييس كانت متساوية؟

المقاييس التي كانت قيمها أعلى في القطع المقاومة مقارنة بالقطع الحساسة	المقاييس التي كانت قيمها أقل في القطع المقاومة مقارنة بالقطع الحساسة	المقاييس التي كانت قيمها متساوية عندما قارنا بين القطع المقاومة والقطع الحساسة

10. تمعّنوا في العوامل التي تظهر في جدول 1 والتي تمّ فحصها بالمقارنة بين القطعتين، ما هي العوامل المتعلقة وما هي العوامل المستقلة؟

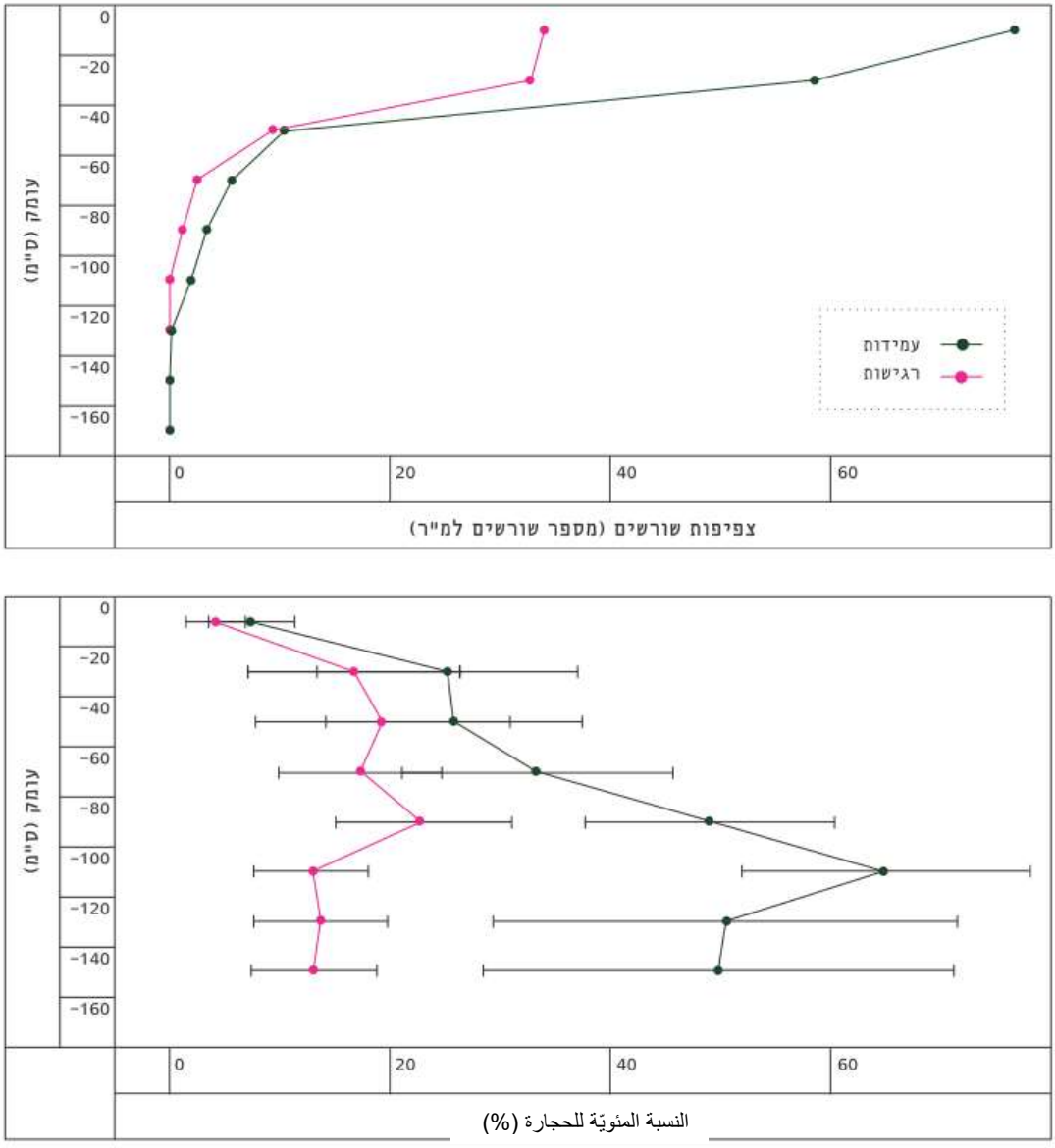
11. تمعّنوا في العوامل غير المتعلقة التي ذكرتموها – من هو العامل الأكثر تأثيرًا، حسب رأيكم، على العوامل المتعلقة؟ اشرحوا.

نتائج – تغطية التربة، مميّزات تحت سطح التربة والجذور

بيّنت نتائج فحص تغطية التربة أنّ النسبة المئويّة لتغطية التربة بالصخور في قِطع الأراضي "المقاومة" هي 36%، أمّا في قِطع الأراضي "الحساسة" كانت 8% (جدول 1). في القنوات التي تمّ حفرها لفحص ومسح

التربة، وُجد أنّ كثافة الجذور في المقطع الجانبي للتربة من سطح التربة وحتّى عمق 1 متر عالية جدًّا، وقد بلغت ضعفين في القطع "المقاومة" مقارنة بالقطع الحساسة (الرسمة 4، مصدرها من المقال).

تميّزت القطع "الحساسة" بتربة عميقة نسبيًّا (بمعدّل 107 سم)، وبتركيز حجارة جيرية قليل نسبيًّا في عمق التربة مقارنة بالقطع "المقاومة" التي تميّزت بتربة ضحلة نسبيًّا (بمعدّل 57 سم) وبتركيز حجارة عالٍ في عمق التربة (حجارة صغيرة) (الرسمة 4ب، مصدرها من المقال) وبصخور كيرتون (طباشير) لينة كصخرة الأم.



الرسمة 4: صفات تحت سطح التربة في القطع "الحساسة" وفي القطع "المقاومة":

(أ) كثافة الجذور في مقطع التربة (ب) النسبة المئويّة للحجارة في مقطع التربة

نُجيب بعد القراءة

12. تمعّنوا في الرسمة 4 من المقال، وأكملوا الجدول التالي. اعتمدوا على الجدول واكتبوا الفروق بين قِطع الأراضي المقاومة وقطع الأراضي الحساسة.

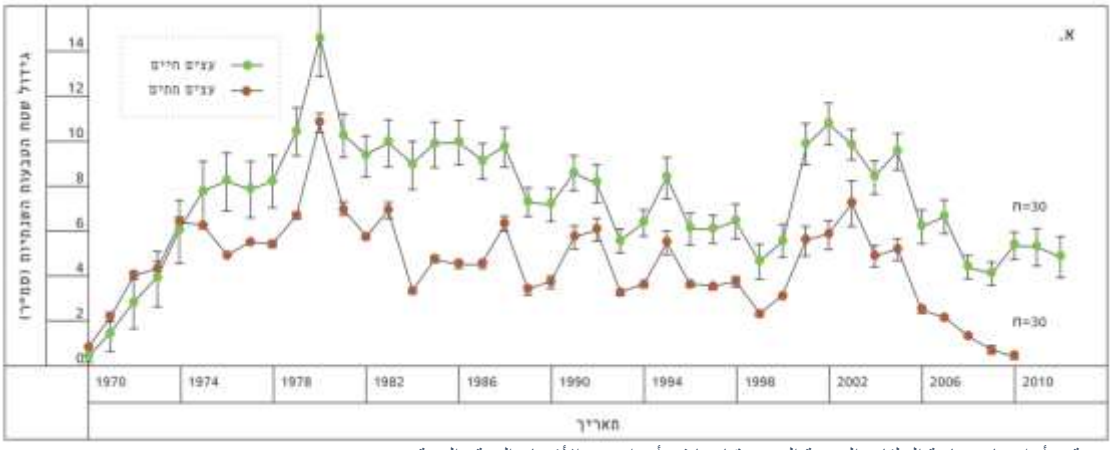
ارتفاع التربة	عدد الجذور للمتر المربّع		النسبة المئويّة للحجارة في مقطع التربة النسبة المئويّة	
	قِطع مقاومة	قِطع حساسة	قِطع مقاومة	قِطع حساسة
0				
-20				
-40				
-60				
-120				
-140				

13. افترضوا – هل يمكن أن تكون هناك علاقة بين النسبة المئويّة للحجارة، في التربة، وكثافة الجذور؟ اشرحوا.

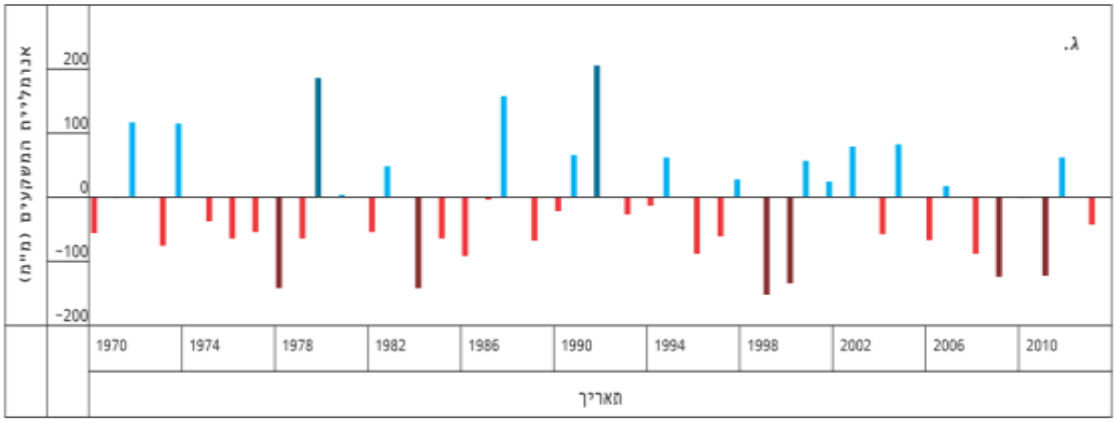
14. اعتمادًا على النتائج التي وُصفت حتّى الآن، صيغوا الفروق بين القطع الحساسة والقطع المقاومة بما يلي:
أ. مميّزات الأشجار. ب. مميّزات التربة (غطاء التربة وعمقها). ما هي شروط التربة التي تفضلها الأشجار؟

نتائج – مقارنة سُمك الحلقات السنويّة

بيّنت مقارنة سُمك الحلقات السنويّة بين الأشجار الحيّة والميتة تباين كبير جدًّا في نمو الأشجار المتجاورة. وتيرة نمو الأشجار التي ماتت سنة 2010 أصغر بحوالي 2% من الأشجار الحية المجاورة (الرسمة 3أ، مصدرها من المقال)، وقد بدأ يظهر هذا الفرق منذ سنة 1974. أدّت سنة القحط 1984 (الرسمة 3ت) إلى ازدياد الفرق بين الأشجار المتجاورة، وقد أدّت في نهاية الأمر إلى الموت النهائيّ للأشجار الضعيفة في سنة 2010، بعد مرور 25 سنة.



الرسمة 3 أ. ازدياد مساحة الحلقات السنوية التي تمّ قياسها في أزواج من الأشجار الحية والميتة



3. ت. توزيع معدّل كمّيّة الرواسب السنويّة. يمثّل خطّ الصفر معدّل الرواسب متعدّد السنوات. تمّ تمثيل سنوات القحط تحت خطّ الصفر بلون أحمر، وتمّ تمثيل السنوات الماطرة، فوق خطّ الصفر، بلون أزرق. تمثّل الألوان الغامقة سنة غزيرة بالأمطار بشكل خاصّ أو قحط صعب جدًّا بشكل خاصّ.

نُجيب بعد القراءة

15. تمعّنوا في الرسمة 3 ت – ما هي السنوات التي سادها قحط؟

16. هل تمثِّل السنوات 2009 وَ 2011 سنوات قحط متتالية؟ حسب الرسمة 3 ت – ماذا حدث في سنة 2010؟

17. حسب الرسمة 3 أ، كانت ذروة نمو الحلقات السنوية سنة 1980. كيف يمكن أن نشرح ذلك؟

نقاش واستنتاجات

اتّضح من نتائج البحث أنّ بيت التنمية الذي يتميّز بتربة ضحلة تكونت فوق صخرة أم من الكيرتون (الطباشير) وتغطي سطحه نسبة مئويّة عالية من الصخور، هو بيت تنمية أفضل لأشجار الصنوبر من التربة العميقة التي تكونت فوق صخور مع حجارة جيرية تغطيها نسبة مئويّة قليلة من الصخور. اتّضح من حسابات اتزان الماء المختلفة في نوعَيْ التربة (الحسابات غير موجودة في هذا المقال، لكنها موجودة في المقال الأصليّ) أنّه خلال فترة الشتاء تركيز المياه في التربة التي تكونت فوق الكيرتون أعلى من تركيز المياه في التربة التي تكونت مع كتل من الجير. يبقى قسم من هذه المياه في التربة في فترة الصيف وهي متوافرة للأشجار.

من حيث فرضيات البحث يمكن القول أنّ هناك تباين واضح في مبنى سطح التربة لقطع الأراضي التي بقيت فيها الأشجار على قيد الحياة مقارنة بالقطع "الحساسة"، ممّا يؤدّي ذلك إلى تغيّرات في قطاع الماء للأشجار. القطعة الصخرية تمنح أفضلية هائلة لتطوّر وبقاء أشجار في منطقة جافة. يؤدّي وجود الصخر إلى ازدياد كمّيّة المياه المتوافرة حول الشجرة. غابات الصنوبر على حافة الصحراء حساسة كثيرًا لظروف المناخ المتغيّرة. لذلك يجب أن تكون معالجة الغابات ملائمة لظروف الإجهاد (التوتر) والجفاف المتطرفة. يُتيح الكشف المبكر لاضمحلال الأشجار، عدّة سنوات قبل موت الأشجار نهائيًّا، كما يظهر في سُمك الحلقات السنوية (الرسمة 3)، الكشف المبكر للأشجار الغارقة في الإجهاد (التوتر). التقليل المراقب والحكيم للأشجار التي احتمال بقائها على قيد الحياة قليل يمكن أن يساعد أشجار قوية على التطوّر والصمود في سنوات القحط الصعبة، ويقلل من التنافس الذي يؤثّر كثيرًا في ظروف الجفاف. التنافس على مصادر المياه وعلى الموارد الأخرى هو عامل مهم في قدرة بقاء الغابة، لذا كثافة الغابة هي العامل الأكثر تأثيرًا. الكثافة الموصى بها هي كثافة 30 شجرة للدونم.

لتوسيع استنتاجات البحث إلى أنظمة بيئية أخرى يجب توسيع البحث إلى مواقع مختلفة على طول الرواسب في إسرائيل.

نُجيب بعد القراءة

18. في أعقاب نتائج البحث، ما هي الاستنتاجات التطبيقية المرتبطة بالاعتناء بالغابة؟