

الغطاء النباتي

توماس دبليو. جيليسي وجلين إم. ماكdonald
الفصل التاسع

ترجمة بتصرف
أ.د. مضر خليل عمر

مقدمة

يُعرّف الغطاء النباتي بأنه جميع أشكال الحياة النباتية في مكان أو فترة زمنية محددة (باربور وبيلينغز، ٢٠٠٠). ويمكن وصف الغطاء النباتي من حيث أنواع النباتات الموجودة ، ومورفولوجيا النباتات السائدة ، وتاريخ حياتها ، وملامحها ، أو البنية العامة للغطاء النباتي . ويرتبط نوع الغطاء النباتي الذي ينمو في موقع محدد بعوامل مثل المناخ ، والتضاريس ، والجيولوجيا ، وظروف التربة ، والاضطرابات الطبيعية ، والاضطرابات البشرية . نظرًا لأهمية الغطاء النباتي وارتباطه بالبيئة والأنشطة البشرية ، اهتم الجغرافيون منذ زمن طويل بتصنيف الغطاء النباتي والعمليات التي تُشكّله على المقاييس المكانية العالمية والإقليمية والمحلية (ماكdonald 2003).

وقد حظي التصنيف العلمي للأرض إلى مناطق أحيائية ، وهي مناطق ذات نباتات وأنظمة مناخية متشابهة ، باهتمام كبير من علماء الجغرافيا الحيوية الأوائل ، مثل ألكسندر فون همبولت (1769-1859) وألفريد راسل والاس (1823-1913) ، قبل 150 عامًا . يوجد اليوم عدد من أنظمة تصنيف الغطاء النباتي المستخدمة حول العالم ، بالإضافة إلى العديد من النظريات والنماذج التي توضح كيفية استجابة الغطاء النباتي للاضطرابات والتغيرات البيئية على نطاقات مكانية مختلفة . يجب أن يستند أي نظام تصنيف للغطاء النباتي ، أو أي دراسة لكيفية تأثير التغير أو الاضطراب البيئي على الغطاء النباتي ، إلى بيانات حول التوزيع الحالي أو الماضي تُجمع ميدانيًا بطريقة منهجية وعلمية ، أو أن يُدعم بهذه البيانات أو يُختبر بها (ينظر الفصل 3).

قياس الغطاء النباتي

إحدى طرق قياس الغطاء النباتي هي دراسة التركيب الحالي أو الماضي لأنواع معينة من الغطاء النباتي . يُعرّف تركيب الأنواع بأنه قائمة بالنباتات الموجودة في منطقة معينة من العالم أو موقع الدراسة . كما يمكن دراسة تركيب الأنواع ووفرته من فترة زمنية محددة للدراسات التاريخية للغطاء النباتي . قام الجغرافيون الحيويون بتحديد تركيبة الأنواع في مناطق حول العالم من خلال جمع وتحديد أنواع النباتات المختلفة . وعلى نطاق مكاني عالمي ، أدى ذلك إلى تحديد عدد من المناطق النباتية الحيوية الجغرافية ، والتي تحتوي على العديد من الأنواع المتوطنة الفريدة لكل منطقة . كما يقوم الجغرافيون بتحديد تركيبة الأنواع من خلال جمع عدد الأنواع المختلفة التي تمت مصادفتها في منطقة الدراسة ، وهو ما يُشار إليه غالبًا باسم ثراء الأنواع ، ولطالما اهتم الجغرافيون الحيويون بأنماط ثراء الأنواع عبر عدد من التدرجات البيئية .

هناك طريقة أخرى لتحديد كمية النباتات وهي فحص بنية أو ملامح الغطاء النباتي السائد . وهذا عرض ثنائي الأبعاد أو صورة للنباتات في منطقة ما . يمكن تصنيف جميع النظم البيئية الأرضية بناءً على بنيتها إلى فئات بسيطة ، مثل الغابات ، والأراضي الحرجية ، والشجيرات ، والأراضي العشبية – المراعي ، والمجتمعات الصحراوية (الشكل 9.1). مجتمعات الغابات هي مساحات من الأرض تهيمن عليها الأشجار بنسبة تغطية لا تقل عن 70% من مظلتها ، مثل الغابات المطيرة الاستوائية أو الغابات المتساقطة الأوراق

في شرق الولايات المتحدة . تُسمى الغابات المفتوحة التي تقل نسبة تغطيتها مظلتها عن 70% بالغابات ، مثل غابات البلوط في كاليفورنيا وتكساس أو غابات الأوكالبتوس في أستراليا . تهيمن على مجتمعات الشجيرات نباتات خشبية متعددة السيقان ، يصل ارتفاعها عادةً إلى مترين . العديد منها تتميز مجتمعات الشجيرات بمظلات مغلقة ، مثل الشابرال في كاليفورنيا ، أو مظلات مفتوحة تضم شجيرات معزولة وغطاء أرضياً عشبياً ، مثل مجتمعات شجيرات المسكيت في تكساس .

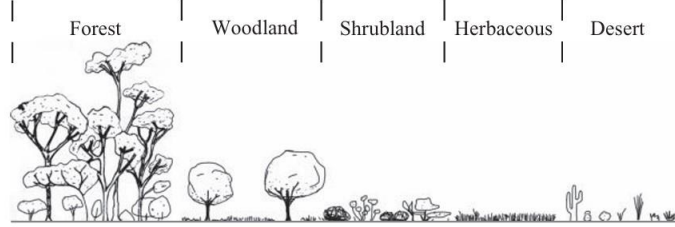


Figure 9.1 Profiles of forests, woodlands, shrub, herbaceous-grassland, and desert communities

تتكون المجتمعات العشبية عمومًا من غطاء متواصل نسيبًا من الأعشاب الحولية أو المعمرة ، والحشائش ، والأنواع الشبيهة بالحشائش . تُصنف المجتمعات التي تهيمن عليها أنواع من فصيلة الحشائش عمومًا بناءً على ارتفاع النبات ، بما في ذلك المراعي القصيرة في المناطق الأكثر جفافاً في غرب الولايات المتحدة ، والمراعي الطويلة في المناطق الأكثر رطوبة في شرقها . تُسمى المراعي في المناطق الاستوائية بالسافانا . وأخيرًا ، توجد المجتمعات الصحراوية في المناطق القاحلة ، حيث يقل معدل هطول الأمطار السنوي عن 25 سم ، حيث تغطي الشجيرات و/أو النباتات العشبية 50% أو أقل من سطح التربة . توجد هذه الأنماط الهيكلية البسيطة للنباتات الأرضية في جميع أنحاء العالم (والتر ١٩٨٥).

هناك عدد من الأسئلة العامة ومناهج البحث المتعلقة بتوزيع النباتات في الماضي والحاضر، والتي تحظى باهتمام واسع النطاق من قبل الجغرافيين اليوم . على الرغم من أن الجغرافيين يتناولون المسائل المكانية ويستخدمون مجموعة متنوعة من التقنيات الميدانية لدراسة أنماط وعمليات النباتات في الماضي والحاضر، إلا أن بعض المصطلحات والأساليب الأساسية تُستخدم على نطاق واسع من قبل جميع الباحثين.

النباتات في الماضي

ركزت أبحاث الجغرافيين حول النباتات في الماضي بشكل عام على التغيرات في أنواع النباتات منذ أواخر العصر البليستوسيني (بعد ذروة العصر الجليدي الكبير الأخير منذ حوالي ٢٠ ألف عام) ، وعلى التغيرات في النباتات من حيث صلتها بالظروف المناخية أو أنظمة الاضطرابات في الماضي . يقوم بعض الجغرافيين بإزالة عينات الرواسب من البحيرات وأراضي الخث (وهي مواد عضوية للغاية توجد في المناطق المستنقعية) لإعادة بناء الغطاء النباتي في الماضي القريب والبعيد (إدواردز وماكدونالد 1991؛ ماكدونالد وإدواردز 1991). يمكن أن تحتوي هذه العينات على الخشب والأوراق والبذور والفحم وحبوب اللقاح المجهرية من النباتات التي عاشت في المنطقة منذ آلاف السنين . تُعد حبوب اللقاح الأحفورية أحد أهم أنواع الأدلة التي يستخدمها الجغرافيون الحيويون .

ويُطلق على المجال الفرعي لتحليل حبوب اللقاح الأحفورية علم حبوب اللقاح . ونظرًا لاعتماد العديد من النباتات على الرياح لنقل حبوب اللقاح وإنتاج كميات كبيرة منها ، فإن حبوب اللقاح والأبواغ غالبًا ما

تكون شديدة المقاومة للتحلل ، لا سيما في البيئات اللاهوائية ، ويمكن حفظها لملايين السنين في رواسب البحيرات والرواسب البحرية والخبث . تتميز العديد من حبوب اللقاح بشكلها وحجمها وسماتها الأخرى ، ويمكن لعالم حبوب اللقاح استخدام هذه السمات لتحديد فصيلة أو جنس أو نوع النبات الذي أنتج حبوب اللقاح (الشكل 9.2) . وقد أظهرت الدراسات أن المجتمعات النباتية المختلفة تُنتج تجمعات حبوب لقاح مختلفة ومميزة (روبرتس 1998) . ويمكن استخدام أدلة مثل أحافير النباتات الكبيرة أو حبوب اللقاح لإعادة بناء التركيب النوعي للغطاء النباتي في منطقة ما عبر الزمن .

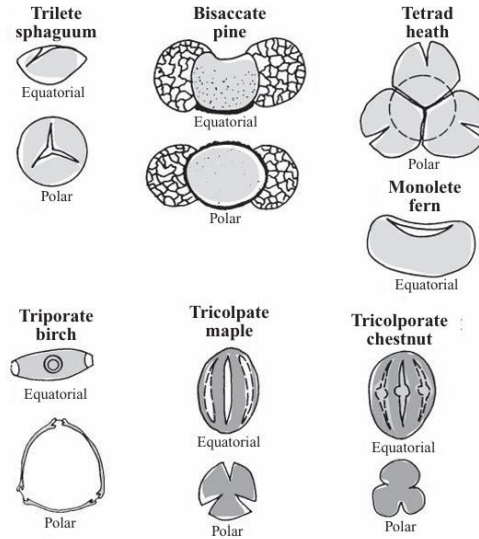


Figure 9.2 Different types of pollen grains showing typical shapes and arrangements of pores and openings

وتجمع دراسات جغرافية أخرى عينات وأقراصًا من الأشجار الحية والمينة لحساب حلقات النمو السنوية وإعادة بناء التغيرات النباتية على مدى القرون القليلة الماضية . ويُطبق مصطلح التأريخ الشجري على هذه الدراسات . وتنمو العديد من الأشجار، مثل معظم أنواع الصنوبر أو البلوط ، في مناخات متغيرة موسميًا وتُنتج حلقات نمو سنوية . تتكون الحلقات من مقاطع من خلايا كبيرة (الخشب المبكر) تتشكل في بداية موسم النمو، وخلايا صغيرة تتشكل قرب نهاية موسم النمو (الخشب المتأخر) (الشكل 9.3). يمثل كل مقطع سنة واحدة من النمو، ويتيح عدّ المقاطع حساب عمر الشجرة . توفر كل من دراسات الرواسب الأساسية وحلقات الأشجار أدلة على المناخ الماضي و الظروف البيئية الأخرى المفيدة في فهم البيئة التي نما فيها الغطاء النباتي في الماضي.

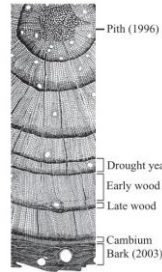


Figure 9.3 Cross sections of a tree with annual rings with early and late wood

أخذ العينات والمعدات الميدانية

يتطلب النهجان الأساسيان الأكثر استخدامًا من قبل الجغرافيين الحيويين لدراسة الغطاء النباتي في الماضي ، وهما تحليل الرواسب وتحليل حلقات الأشجار ، أساليب ومعدات مختلفة تمامًا . تُجرى تحليلات الرواسب عمومًا على عينات رواسب مأخوذة من البحيرات وأراضي الخث الموجودة . ويُستخدم عدد من أجهزة أخذ عينات الرواسب المختلفة للحصول على عينات من رواسب البحيرات الرخوة والخبث . تُدفع أجهزة أخذ العينات الروسية والهيليرية إلى الرواسب ثم تُدار لالتقاط جزء من الرواسب مجاور لأسطوانة أخذ العينات (الشكل 9.4) . يُدفع جهاز أخذ العينات المكبسي Livingstone إلى الرواسب ويلتقط الرواسب داخل الأسطوانة أثناء نزول جهاز أخذ العينات ؛ يمكن استخدامه في الحالات التي لا يتجاوز فيها عمق مياه البحيرة والرواسب 20 مترًا .

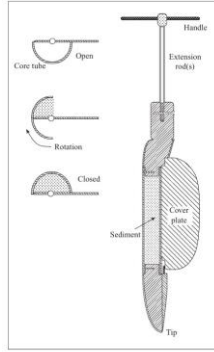


Figure 9.4 A sediment coring device (Russian corer) that can be used to obtain samples from lakes and peats <http://www.epa.gov/ORD/STTR/reports/600/1010/60001010.pdf>

يُشكّل مكبس محكم الإغلاق في البرميل حاجزًا هوائيًا أثناء اختراق برميل اللب للرواسب ، مثبتًا إياها في مكانها أثناء استخراج أداة الثقب . تستخدم أجهزة الثقب المستخدمة في المواقع الأعمق قوة الجاذبية لدفع برميل اللب إلى داخل الرواسب للحصول على عينة لب قصيرة من الرواسب العليا . تُستخدم أدوات الثقب المُجمدة ذات الأصابع لأخذ عينات من الرواسب المُفككة ، خاصةً عند وجود تراكيب دقيقة مثل الطبقات السنوية (تسمى الفارفس) التي يُفضل حفظها . يُملأ برميل اللب بالثلج الجاف ومادة مثل ثلاثي كلورو الإيثيلين ، ويدخل البرميل فائق التبريد أو يُسقط في الرواسب . تتجمد الرواسب على السطح الخارجي لأداة الثقب وتُستخرج في حالة مُجمدة .

تُجمع عينات حلقات الأشجار عادةً من الأشجار الحية باستخدام أداة ثقب متزايدة . هذا الجهاز عبارة عن أنبوب معدني رفيع برأس ملولب يُثبت في جانب الشجرة بزاوية 90 درجة على المحور الطولي للجذع. تُجمع عينة أسطوانية صغيرة من الخشب داخل أداة الثقب (الشكل 9.5) . تُزال عينة الخشب وتُخزن في ماصة بلاستيكية . إذا كانت أداة الثقب طويلة بما يكفي لاختراق اللحاء إلى اللب في مركز الجذع ، فسوف تلتقط جميع حلقات النمو السنوية وغيرها من السمات التي تشكلت منذ وقت قريب من إنبات الشجرة . لدراسات المناخ القديم ، أو عندما لا تكون معرفة السنة الدقيقة لتأسيس الشجرة الأولى مهمة ، يُؤخذ اللب من ارتفاع حوالي 1.5 متر من الأرض . ومع ذلك ، عند دراسة قضايا مثل تجنيد الأشجار، يمكن أخذ عينة من لب الشجرة من مكان أقرب إلى قاعدة الجذع لأخذ عينات من الحلقات التي تكونت عندما كانت الشجرة ما تزال صغيرة وقصيرة القامة . غالبًا ما تُؤخذ عينات من الأشجار الميتة والأخشاب الميتة المتساقطة عن طريق إزالة أقراص الجذع . يتم الحصول على هذه الأقراص ، التي يتراوح سمكها عادةً بين 2 و 10 سم، باستخدام المناشير اليدوية والمناشير الكهربائية في الحقل .

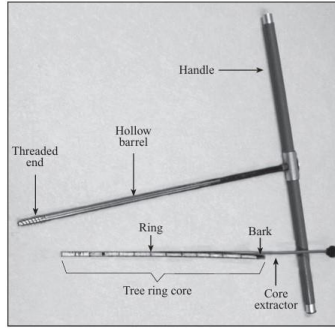


Figure 9.5 Tree corer and tree ring core

اختيار الموقع

قد يستغرق التحليل المختبري للمواد النباتية الأحفورية أو حلقات الأشجار وقتًا طويلاً ، ولذلك من المهم توخي الحذر في اختيار مواقع أخذ العينات . غالبًا ما يعتمد اختيار البحيرة الدقيقة لأخذ عينات من لب الأشجار أو مجموعة الأشجار التي تم أخذ العينات منها على سؤال البحث الذي يتم تناوله . يمكن أن تخبرنا أنواع مختلفة من البحيرات أو مجموعات الأشجار المختلفة من المنطقة نفسها بمعلومات مختلفة عن البيئة السابقة . بشكل عام ، البحيرات الصغيرة وأراضي الخث تلتقط الرواسب و/أو أحافير النباتات من المنطقة المحلية المحيطة بها . وينطبق هذا حتى على المواد الدقيقة المحمولة جواً مثل حبوب اللقاح الأحفورية.

في البحيرات الصغيرة أو أراضي الخث الحرجية ، تميل نسبة حبوب اللقاح المحلية في الرواسب إلى أن تكون مرتفعة نسبياً مقارنةً بحبوب اللقاح المنقولة من مسافة بعيدة . غالبًا ما تحصل الدراسات التي تحاول إعادة بناء الغطاء النباتي السابق على نطاق محلي للغاية على رواسب من بحيرات صغيرة جدًا تبلغ مساحتها بضعة هكتارات أو أقل . في بعض الحالات ، يحصل الباحثون على رواسب من تجاويف رطبة صغيرة في الغابات لا تغطي سوى بضعة أمتار . تلتقط البحيرات الكبيرة نسبة أعلى من حبوب اللقاح المحلية الإضافية ، وهي أكثر فائدة لإعادة بناء الغطاء النباتي الإقليمي السابق . قد تحتوي البحيرات التي تتدفق إليها أنهار كبيرة على أحافير من مناطق مصدرة كبيرة جدًا.

تُجرى العديد من دراسات حلقات الأشجار لدراسة علاقة التغير المناخي بتجديد الأشجار أو موتها . في هذه الحالات ، تُؤخذ عينات من الأشجار من مجموعات الأشجار على حافة الغابة بالقرب من حدود نطاق أنواع الأشجار. قد تشمل هذه المواقع خط أشجار جبال الألب المرتفع إذا كانت العلاقة بين درجة الحرارة والغطاء النباتي للغابات قيد الدراسة . في حالات أخرى ، قد تُؤخذ عينات من الأشجار من مواقع جافة على حواف المراعي والصحاري لدراسة تأثير الإجهاد الرطوبي على أعداد الأشجار. لدراسات التفاعلات بين الأشجار، مثل آثار تنافس الجذور والغطاء النباتي ، يمكن أخذ عينات من الأشجار التي تنمو في مجموعات كثيفة في وسط الغابة.

التحضيرات والتحليلات المختبرية

يتطلب تحليل أحافير النباتات الكبيرة وحبوب اللقاح مرافق مختبرية متطورة نسبياً لمعالجة الرواسب وعزل الأحافير . يتطلب تحديد الهوية استخدام مجاهر مجسمة عالية الجودة و/أو مجاهر مركبة (بحد أدنى تكبير 400x لحبوب اللقاح التي يتراوح حجمها بين 10 و 200 ميكرومتر فقط) ومجموعات مرجعية واسعة

من عينات النباتات وحبوب اللقاح (ينظر الموارد الإضافية) . عادةً ما يتم تحديد أعمار العينات عن طريق التأريخ بالكربون المشع إذا كان عمر المواد أكبر من 200 عام وأصغر من 40,000 عام . غالبًا ما يتم الحصول على التسلسل الزمني للعينات المترسبة على مدار المئتي عام الماضية عن طريق تأريخ الرواسب المحيطة باستخدام الرصاص 210 (ينظر الفصل 7).

بمجرد عزل أحافير النباتات الكبيرة أو حبوب اللقاح وتحديداتها وتأريخها ، يمكن استخدامها لاستنتاج شكل الغطاء النباتي السابق في محيط الموقع . على سبيل المثال ، تحتوي الرواسب السفلية - ومعظمها من العديد من البحيرات الصغيرة في جنوب أونتاريو، كندا ، و ولاية نيويورك المجاورة - على الخشب الأحفوري ، والمخاريط ، والإبر من أشجار التنوب الأسود والأبيض (*Picea glauca* و *Picea mariana*) (سيز وماكدونالد، ١٩٩١). كما عُثر على كميات وفيرة من حبوب اللقاح الأحفورية من أشجار التنوب في هذه الرواسب . تُظهر تواريخ الكربون المشع أن هذه الأحافير قد ترسبت منذ حوالي ١٣٠٠٠ عام في نهاية العصر الجليدي الأخير . لا تنمو هذه الأشجار في هذه المناطق اليوم ، ولكنها توجد في الغابات الشمالية الواقعة على بُعد مئات الكيلومترات شمالًا . تقدم أحافيرهم دليلاً على أنه قبل 13000 عام كانت هناك غابة شمالية تهيمن عليها أشجار التنوب التي تنمو في منطقة تدعم اليوم الغابات المتساقطة الأوراق التي تهيمن عليها أشجار مثل القيقب (*Acer*) والبلوط (*Quercus*) (ينظر المربع 9.1).

عند إعادة عينات حلقات الأشجار إلى المختبر، تُجفف ثم تُصقل للحصول على أسطح ناعمة للغاية . عادةً ما تُلصق عينات الخشب الرقيقة المأخوذة من نوى حلقات الأشجار على دعائم خشبية لمنعها من الكسر أثناء الصقل والتحليل . تُحصى الحلقات ويُقاس عرضها باستخدام مجهر مجسم متصل بحامل عينات حاسوبي . في بعض الحالات ، تُصوّر العينات بالأشعة السينية ، وتُحلل وتُسجل الاختلافات في كثافة الخشب . ببساطة ، يُمكن أن يُعطي عدّ الحلقات من الجانب الداخلي للحاء إلى مركز الشجرة مؤشرًا تقريبيًا على عمرها . ومع ذلك ، في كثير من الحالات ، تُظهر حلقات الأشجار من نفس المجموعة أو المنطقة أنماطًا مشتركة من الاختلافات في العرض بمرور الوقت ، ويمكن استخدام هذا التباين للتحقق من تأريخ حلقات الأشجار .

تُظهر العديد من الأشجار نمطًا عامًا من الحلقات الكبيرة بالقرب من اللب وحلقات أصغر باتجاه الجذع . عادةً ما تكون هذه سمة نمو بيولوجية غير مرتبطة بالبيئة الخارجية ، وتُحذف إحصائيًا من البيانات . بعد إزالة اتجاه النمو، غالبًا ما تظهر أنماط لسنوات فردية أو مجموعات من السنوات ، تمثلها حلقات كبيرة أو صغيرة بشكل خاص ، ويمكن العثور على هذه الأنماط في العديد من عينات الأشجار في نفس المجموعة أو المنطقة . عادةً ما تكون هذه الاختلافات الموجودة في العديد من الأشجار نتيجة لعوامل خارجية مثل التغيرات المناخية . على سبيل المثال ، تُنتج فترات البرد القارس حلقات صغيرة في الأشجار التي تنمو بالقرب من خط الأشجار في القطب الشمالي .

يستخدم علماء تحديد عمر الأشجار هذه الأنماط المتكررة للتحقق من الأعمار التي يُنسبونها للحلقات في العينات الفردية . بالإضافة إلى ذلك ، إذا أمكن مطابقة نمط الحلقة في قطعة من الخشب الميت مع النمط في عينة من شجرة حية ، فيمكن تحديد الوقت الذي عاشت فيه الشجرة الميتة وشكلت فيه الحلقات . يُطلق على تأريخ عينات الأشجار من خلال مقارنة عرض الحلقات أو كثافتها اسم التأريخ المتبادل . تُستخدم الاختلافات في عرض الحلقات أيضًا في كثير من الأحيان لإعادة بناء المناخ الماضي . بمجرد تحديد عمر عينات من الأشجار الحية باستخدام تقنيات التأريخ الشجري ، يمكن تقدير توقيت ترسيخها . إذا ترسخت معظم العينات في نفس الوقت ، فيمكن أن يُستنتج من ذلك أن المجموعة قد نشأت بعد اضطراب مثل حريق أو أنها ترسخت خلال فترة من الظروف المناخية المواتية بشكل خاص .

وبالمثل ، إذا وُجدت العديد من قطع الخشب الميت في مجموعة معينة تعود إلى الفترة نفسها ، فيمكن استنتاج أنها ماتت بسبب اضطراب ما مثل الإصابة بخنفساء اللحاء ، أو بسبب فترة مناخية غير مواتية بشكل خاص . وقد استخدمت العديد من الدراسات التي أجراها علماء الجغرافيا الحيوية حلقات الأشجار لتحديد توقيت وتواتر أحداث الاضطراب أو حساسية مجموعات الأشجار لتغير المناخ . على سبيل المثال ، أظهرت دراسة شجرية أجريت على أشجار الصنوبر (*Larix sibirica*) التي تنمو بالقرب من خط الأشجار في القطب الشمالي في شمال سيبيريا أن العديد من الأشجار الحية حاليًا قد استقرت خلال فترة طويلة من ارتفاع درجات الحرارة الصيفية ، والتي بدأت في أوائل القرن العشرين (ماكدونالد وآخرون، 1998). في المقابل ، ماتت معظم الأشجار الميتة في المجموعة خلال فترة طويلة من البرد القارس في منتصف القرن التاسع عشر. وقد سلّطت هذه الدراسة الضوء على حساسية هذه المجموعات من الأشجار، الواقعة عند خط عرض 70 درجة شمالاً (وهي من بين أكثر الأشجار شمالاً في العالم)، حتى للتغيرات الطفيفة نسبيًا في درجات الحرارة.

الغطاء النباتي المعاصر

يهتم الجغرافيون بعمليات مثل كيفية تأثير الاضطرابات الطبيعية والبشرية على تكوين الأنواع وبنية المجتمعات النباتية . كما يُطوِّرون وينشرون أدوات مثل صور الأقمار الصناعية ونظم المعلومات الجغرافية (GIS) في جهودٍ لرسم خرائط لأنماط الغطاء النباتي المحلية والإقليمية والعالمية (ماكدونالد 2003). ويتم ذلك لاختبار النظريات المتعلقة بالعوامل البيئية التي تؤثر على توزيع الغطاء النباتي المعاصر. كما يهتم الجغرافيون بقياس ونمذجة معدل تغير الغطاء الأرضي لتحديد النباتات التي قد تُصبح مهددة بالانقراض بسبب عدم قدرتها على الهجرة بسرعة كافية لمواكبة تغير المناخ المتوقع في المستقبل أو تدمير الموائل. هناك عدد من البروتوكولات والمصطلحات التي يجب على الجغرافيين معرفتها عند التعامل مع تركيب الأنواع وبنية الغطاء النباتي . تُسجل جميع النباتات في البحث الجغرافي بأسمائها العلمية ، مثل الفصيلة والجنس والنوع . تنتهي جميع أسماء عائلات النباتات بـ "aceae" مثل الفصيلة النجيلية (فصيلة الأعشاب)، والفصيلة السحلبية (فصيلة السحلبية)، والفصيلة الصنوبرية (فصيلة الصنوبر). تُكتب أسماء الأجناس والأنواع بخط مائل أو مسطر. على سبيل المثال ، يُكتب الاسم العلمي لشجرة البلوط الأسود *Quercus nigra* أو *Quercus nigra*. قوائم الأنواع هي قوائم بسيطة للأسماء العلمية للأنواع في نوع نباتي معين . تُرتب معظم قوائم الأنواع أبجديًا حسب اسم العائلة ، ثم أبجديًا حسب الجنس والنوع (الجدول 9.1).

Table 9.1 Examples of species list from Florida shrub

Family	Scientific name
Apocynaceae	<i>Asclepias curtissii</i>
Asteraceae	<i>Chrysopsis floridana</i>
Asteraceae	<i>Palafoxia feayi</i>
Caryophyllaceae	<i>Paronychia Americana</i>
Cistaceae	<i>Helianthemum corymbosum</i>
Cistaceae	<i>Lechea deckertii</i>
Clusiaceae	<i>Hypericum reductum</i>
Commelinaceae	<i>Callisia ornate</i>
Cyperaceae	<i>Bulbostylis ciliatofolia</i>
Ericaceae	<i>Lyonia fruticosa</i>
Fabaceae	<i>Dalea pinnata</i>
Fabaceae	<i>Galactia regularis</i>
Oleaceae	<i>Osmanthus megacarpus</i>
Pinaceae	<i>Pinus clausa</i>
Poaceae	<i>Aristida gyrans</i>
Polygonaceae	<i>Polygonella robusta</i>
Scrophulariaceae	<i>Seymeria pectinata</i>
Selaginellaceae	<i>Selaginella arenicola</i>

تُستخدم عدة مصطلحات عامة لتصنيف بنية الغطاء النباتي . يمكن تصنيف النباتات الفردية إلى ثلاثة أشكال حياة شائعة : الأشجار والشجيرات والأعشاب . تشير الأشجار إلى النباتات الخشبية التي يزيد طولها عن مترين ولها جذع واحد . في المقابل، تُعرف الشجيرات بأنها نباتات متعددة السيقان ، يقل ارتفاعها عادةً عن مترين . تشير الأعشاب إلى النباتات العشبية الصغيرة (غير الخشبية) مثل الحشائش والزهور البرية . أحياناً تُسمى الأعشاب والنباتات الشبيهة بالحشائش بالنباتات النجيلية ، بينما تُسمى أزهار البرية بالنباتات العشبية . هناك عدد من المصطلحات التي تنطبق على بنية مجتمع النباتات . كثافة الأنواع هي عدد الأفراد لكل وحدة مساحة . ومع ذلك، يصعب أحياناً قياس الكثافة المطلقة لكل نبات على حدة.

لذلك ، تُقاس بعض مجتمعات الشجيرات والنباتات العشبية أحياناً بنسبة الغطاء النباتي أو بنسبة الغطاء النباتي الذي يغطي مساحة من الأرض . الكتلة الحيوية هي كمية المادة الحية في منطقة ما ، والكتلة الحيوية النباتية هي كمية المادة النباتية الحية فوق الأرض وتحتها في منطقة ما . الطريقة الأكثر دقة لقياس الكتلة الحيوية هي قطع النباتات ، وتسخينها في فرن لإزالة محتواها المائي ، ووزنها . يتطلب هذا جهداً كبيراً ، لذا يستخدم العديد من الجغرافيين طرقاً أخرى لتقريب الكتلة الحيوية . بالنسبة لمجتمعات الغابات ، تُعدّ المساحة القاعدية الطريقة الأكثر شيوعاً لتقييم الكتلة الحيوية . وهي إجمالي مساحة المقطع العرضي لجذوع الأشجار لكل وحدة مساحة . تُقاس المساحة القاعدية عادةً بقياس قطر الأشجار عند ارتفاع الصدر (DBH) ، ويُعبّر عنها بمساحة الأشجار لكل هكتار (م² هكتار - 1) أو (م²/هكتار).

المعدات والمواد الميدانية

تتطلب دراسة الغطاء النباتي الحالي معدات عدة ميدانية بسيطة . تُستخدم عادةً أشرطة قياس من الألياف الزجاجية بطول خمسين متراً لتحديد حدود منطقة الدراسة . كما يُمكن استخدام أشرطة قياس مرنة بطول مترين لقياس محيط الأشجار والشجيرات ، وكذلك ارتفاع النباتات . يُعابير شريط قياس خاص يُسمى "شريط القطر" لقياس قطر الأشجار بدلاً من محيطها ، ويُستخدم عادةً في أبحاث الغابات . يجب إعداد أوراق البيانات قبل الدخول إلى الحقل ، ويجب أن تتضمن معلومات عن موقع منطقة الدراسة ومعلومات أخرى ذات صلة بالموقع ، بما في ذلك بيانات المناخ والارتفاع والجيولوجيا والتربة والاضطرابات (ينظر الفصلين 7 و8). تُصاغ أوراق البيانات عادةً وفقاً لطريقة الحقل المُستخدمة ، بحيث يُسهّل على الباحث الميداني تسجيل خصائص الغطاء النباتي التي يجري قياسها.

تُجمع خصائص الموقع عادةً لأغراض وصفية أو لاختبار فرضيات مُحددة . وأخيراً ، يجب إحضار دفتر ملاحظات لعينات القسائم إلى الحقل . عينات القسائم هي عينات مُجففة من النباتات تُجمع في الحقل للمساعدة في تحديد الأنواع . عند العمل في منطقة أو إقليم ذي تنوع عالٍ أو إمكانية لتحديد نوع جديد ، تُجمع عينات القسائم من النباتات في الحقل وتُرسل إلى معشبة محلية أو دولية ، حيث تُثبت على ورق معشبة خاص وتُسَلَّم إلى أخصائي تصنيف لتحديد هويتها . يمكن استخدام مجموعة متنوعة من طرق الحقل لدراسة جميع أنواع الغطاء النباتي في العالم (بونهام 1989). تشمل هذه الطرق : القطع الخطي ، والقطع الحزامي ، وطريقة الربع المركز بالنقطة ، والقطع المربع أو المخطط . وندرس تحديداً كيفية إنشاء القطع الخطية ، والقطع الحزامية ، والقطع ، والبيانات المسجلة بكل طريقة ، ومزايا كل طريقة.

القطع الخطي

يتطلب القطع الخطي وضع شريط قياس مستقيمًا عبر منطقة ما ، وتسجيل أنواع وتركيب النباتات التي تصادفها عند فترات زمنية محددة أو نقاط تقاطع على طول القطع (الشكل 9.7) . على سبيل المثال ، يمكن وضع شريط قياس بطول 50 مترًا في خط مستقيم . خط يمر عبر مجتمع عشبي مثل المراعي (بونهام 1989) . ثم يوضع عمود صغير أو عصا مباشرة فوق موقع الفاصل أو نقطة التقاطع على شريط القياس . تُسجل بيانات النبات الذي يصادفه العمود أو "يصطدم به" عند إنزاله فوق النقطة . على طول خط عرض قصير بطول 10 أمتار ، من الممكن تسجيل النباتات التي يتم مصادفتها كل 50 سم على طول خط العرض ، مما ينتج عنه إجمالي 20 نقطة تقاطع ، بينما على طول خط عرض بطول 50 مترًا ، يمكن تسجيل عدد النباتات التي يتم مصادفتها كل متر واحد ، بإجمالي 50 نقطة تقاطع على طول خط العرض.

إذا لم يتم مصادفة أي نباتات عند نقطة تقاطع على طول خط العرض ، على سبيل المثال عند إنزال العمود وارتطامه بالتربة العارية أو الصخور ، فلن يتم تسجيل أي نباتات . يمكن أيضًا تسجيل شكل الحياة أو ارتفاع كل نبات يتم مصادفته عند كل نقطة تقاطع . يعتمد طول المقطع العرضي وعدد النقاط المسجلة على طوله على مقدار الوقت الذي يُمكن للشخص قضاؤه في الحقل . تُجرى المقاطع العرضية عادةً في التجمعات العشبية ، حيث يصعب غالبًا إحصاء عدد أفرادها في منطقة ما . تُعد هذه الطريقة مثالية أيضًا لتجمعات الشجيرات التي يقل ارتفاع نباتاتها عن متر واحد ، نظرًا لسهولة تقدير الغطاء النباتي.

مقطع الحزام

تتضمن مقاطع الحزام إنشاء شريط مستطيل ضيق في منطقة الدراسة (الشكل 9.7) . على سبيل المثال ، يمكن أن يكون مقطع الحزام 1 متر × 10 أمتار أو 2 متر × 10 أمتار أو 2 متر × 50 مترًا . يعتمد حجم المقطع إلى حد ما على كثافة الغطاء النباتي ، ولكن مقاطع الحزام التي تبلغ 2 متر × 50 مترًا أو 20 مترًا × 50 مترًا شائعة (ويتاكر 1975) . تستخدم العديد من مسوحات الغطاء النباتي مقاطع حزام متعددة عبر نوع نباتي معين لمسح منطقة عينة أكبر . على سبيل المثال ، يمكن إنشاء عشرة مقاطع حزام ، يبلغ طول كل منها 2 متر × 50 مترًا ، على بُعد 20 مترًا في نوع نباتي واحد . بدءًا من أحد طرفي بيانات المقطع ، تُسجل بيانات أنواع النباتات والموقع لكل نبات متجذر داخل المقطع .

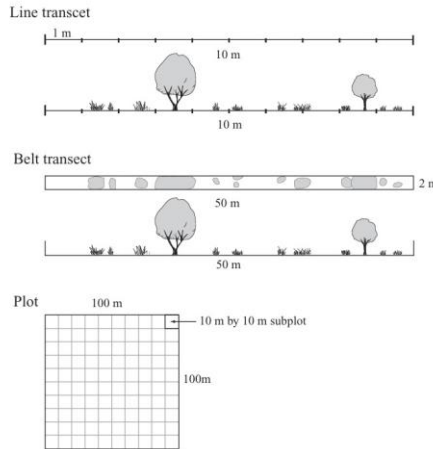


Figure 9.7 Examples of a line transect, belt transect, and quadrat or plot

بالنسبة للشجيرات أو الأشجار ضمن المقطع العرضي للحزام ، يمكن تسجيل القطر عند ارتفاع الصدر (DBH) لكل شجرة أو شجيرة ، بالإضافة إلى بيانات ارتفاع النبات . تُعد المقاطع العرضية للحزام مثالية لإنشاء ملفات تعريف الغطاء النباتي لمنطقة ما ، وذلك برسم موقع كل ساق على طول المقطع العرضي أولاً ، ثم رسم ارتفاع وشكل كل نوع نباتي . تُعد المقاطع العرضية للحزام طريقة ممتازة لتحديد كمية الغطاء النباتي في مجتمعات الشجيرات والغابات ، حيث يسهل تحديد السيقان الفردية لكل نبات . تتميز هذه الطريقة بسهولة تحديد نوع نباتي واحد ، كما يضمن الشكل الخطي أخذ عينة كبيرة من نوع نباتي واحد . يوفر المقطع العرضي للحزام أيضاً تقديرًا أفضل لثراء الأنواع ضمن نوع الموطن مقارنةً بطرق المسح الميداني الأخرى، مثل القطع المربعة ذات الحجم المتساوي.

المربع أو القطعة

يشير المربع أو القطعة إلى مربع جميع أضلاعه متساوية الطول (الشكل 9.7). مصطلحا المربع والقطعة مترادفان ، لكن المربعات عادةً ما تكون أصغر من القطع . يفحص الجغرافيون عادةً قطعة أرض مساحتها هكتار واحد، أو 100 متر × 100 متر، في الغابات ، وقطعاً مساحتها 10 أمتار × 10 أمتار في مجتمعات الشجيرات ، وقطعاً أصغر مساحتها متر واحد × متر واحد في مجتمعات النباتات العشبية . عند مسح قطع أرض كبيرة ، مثل هكتار واحد أو أكثر، يقوم الباحثون عادةً بأخذ عينات فرعية من القطعة ، أو تقسيمها إلى قطع فرعية أصغر (مثل 10 أمتار × 10 أمتار) يسهل مسحها . هذا يضمن عدم إغفال أي نوع أو فرد عند مسح مساحة كبيرة.

يُنشئ العديد من الباحثين قطعاً "متداخلة" أو أصغر داخل قطعة أرض أكبر لمسح أشكال مختلفة من الحياة النباتية . على سبيل المثال ، يمكن إنشاء قطعة أرض مساحتها 100 متر × 100 متر لمسح جميع الأشجار التي يبلغ ارتفاعها 10 سم أو أكثر، ويمكن إنشاء أربع قطع صغيرة داخل القطعة نفسها لمسح الشجيرات أو الأعشاب . يوفر هذا عينة من الطبقة السفلى من الأشجار دون الحاجة إلى مسح شامل لكامل مساحة 100 متر × 100 متر . تتميز القطع بعدد من المزايا مقارنةً بمقاطع الخطوط أو الأحزمة . بالنسبة لمجتمعات الغابات ، يمكنها توفير بيانات عالية الدقة حول ثراء الأنواع وكثافة الأفراد داخل منطقة العينة . تُستخدم القطع غالباً للدراسات طويلة المدى للغطاء النباتي وتغيره نظراً لسهولة إعادة أخذ العينات منها . بالإضافة إلى ذلك ، يسهل تحديد بعض الأنماط المكانية للأنواع الفردية ، مثل التكتل ، في القطع مقارنةً بمقاطع الخطوط أو الأحزمة.

تحليل البيانات

بمجرد جمع القياسات الميدانية ، يُمكن تحليل النتائج بسهولة . يُقدَّر ثراء الأنواع بإجمالي عدد أنواع النباتات المختلفة التي تم رصدها عند نقطة التقاطع . النقاط على طول خط القطع أو إجمالي عدد الأنواع التي تمت مصادفتها في المقاطع أو المخططات . يمكن حساب الكثافة كإجمالي عدد الأفراد التي تمت مصادفتها في منطقة العينة . تردد الأنواع هو عدد مرات مصادفة نوع ما ، ويُعبّر عنه كنسبة مئوية . بالنسبة للمقاطع الخطية ، يُقاس تردد الأنواع بعدد مرات مصادفة نوع ما مقسوماً على إجمالي عدد نقاط التقاطع . بالنسبة للمقاطع الحزامية والمخططات ، يُقاس تردد الأنواع بعدد مرات مصادفة نوع ما مقسوماً على إجمالي عدد النباتات المسجلة في العينة . يمكن حساب المساحة القاعدية كإجمالي مساحة المقطع العرضي للأشجار لكل وحدة مساحة باستخدام نفس الصيغة لحساب مساحة الدائرة (الجدول 9.2). اقسم القطر عند ارتفاع الصدر

على اثنين لحساب نصف القطر، ثم اضربه في باي (3.14). يمكن أيضًا حساب قيم أهمية الأنواع من خلال مقاطع الأحزمة والمخططات. ويتم ذلك باستخدام صيغة بسيطة تُحدد الكثافة النسبية، والتكرار النسبي، والهيمنة النسبية (مقاسةً بالمساحة القاعدية) لكل نوع في العينة (الجدول 9.2). ويمكن بعد ذلك حساب قيمة أهمية كل نوع في العينة بجمع القيم الثلاث. عند أخذ عينتين أو أكثر، يُمكن مقارنة مدى تشابه مجتمعين باستخدام مؤشر التشابه. لحساب تشابه نوعين من النباتات، يكفي معرفة العدد الإجمالي للأنواع الموجودة في كلا الموقعين وعدد الأنواع في كل موقع (الجدول 9.2). يوفر هذا تقديرًا لنسبة التشابه المئوية بين موقعين أو نوعين من النباتات.

Table 9.2 Formulas for vegetation surveys

Element	Formula
Basal area	$3.14 \times (\text{radius of tree})^2$
Relative density	$\frac{\text{individuals of species} \times 100}{\text{total individuals of all species}}$
Relative frequency	$\frac{\text{frequency of species} \times 100}{\text{sum of frequency of all species}}$
Relative dominance	$\frac{\text{basal area of species} \times 100}{\text{total basal area of all species}}$
Importance value	Relative density + Relative frequency + Relative dominance
Index of similarity	$\frac{2 \times \text{the no. of species that occur in both samples}}{\text{total species in sample 1} + \text{total species in sample 2}}$

الخلاصة

تطبق دراسة الغطاء النباتي التي يقوم بها الجغرافيون الحيويون منظوري المكان والزمان لفهم شكل ووظيفة نباتات الأرض. تعتمد جميع أشكال الحياة تقريبًا على الكوكب على الغطاء النباتي الرقيق. لا تقتصر النباتات على امتصاص الطاقة الشمسية من خلال عملية التمثيل الضوئي لتغذية السلسلة الغذائية فحسب، بل توفر أيضًا موائل للحيوانات والعديد من الموارد للبشر، بدءًا من الخشب والألياف ووصولًا إلى المنتجات الصيدلانية. تُشكل حالة الغطاء النباتي في العالم مصدر قلق كبير اليوم. يُشكل فقدان الغطاء النباتي وتجزؤه بسبب الاستخدام البشري للأراضي والتغيرات المناخية الناجمة عن الاحتباس الحراري ضغوطًا عليه، ويتطلب استراتيجيات إدارة دقيقة ومدروسة للتخفيف من هذه الخسائر.

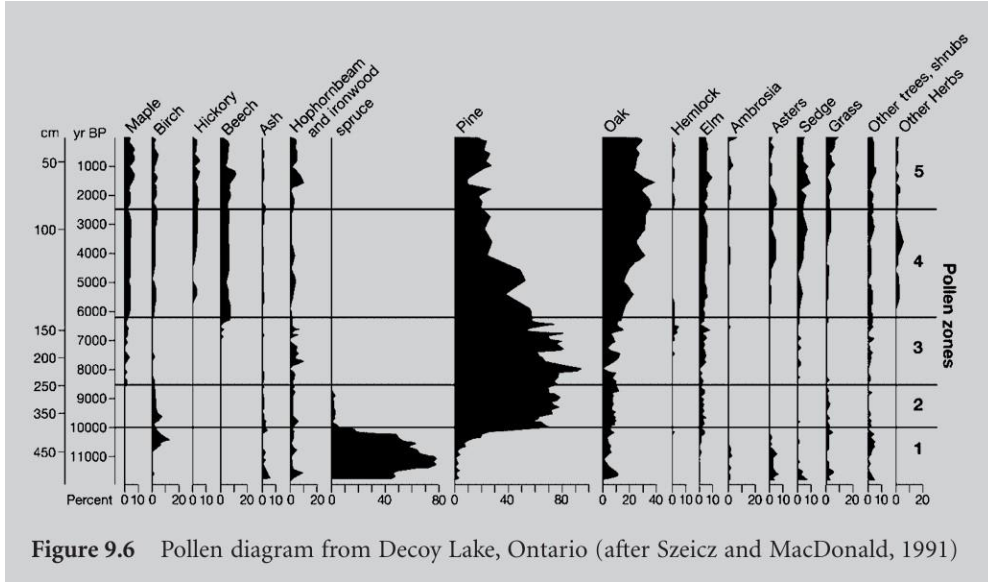
يمكن لعلماء الجغرافيا الحيوية، من خلال استخدام تقنيات علم البيئة القديمة مثل تحليل حبوب اللقاح وتحليل حلقات الأشجار، المساعدة في فهم الديناميكيات الطبيعية للغطاء النباتي، واستجاباته للتغيرات المناخية والبيئية السابقة، وتأثيرات ما قبل التاريخ على البشر. من خلال تقنيات المسح الحديثة، يوثق علماء الجغرافيا الحيوية التوزيعات الحالية للنباتات وتكوينات الغطاء النباتي، ويرصدون التغيرات الأخيرة، ويوفرون معلومات بالغة الأهمية حول التوزيع الحالي للتنوع البيولوجي على كوكب الأرض. توفر دراسات الغطاء النباتي القديم، التي تُجرى بعناية، ومسوحات الغطاء النباتي الحديثة، بيانات لا تقتصر فائدتها على اليوم فحسب، بل يمكن أن يستفيد منها في المستقبل علماء الجغرافيا الحيوية، وعلماء البيئة، وخبراء الموارد، للمساعدة في جهودهم الرامية إلى فهم الأنواع النباتية ومجتمعات الغطاء النباتي والحفاظ عليها.

الملحق 9.1:

مخطط حبوب اللقاح

من المعطيات المهمة في تحليل حبوب اللقاح كيفية تحليل وعرض أعداد حبوب اللقاح الخام رقميًا لتقديم وصف منطقي للغطاء النباتي السابق. الأداة الرئيسية المستخدمة لعرض وتفسير بيانات حبوب اللقاح

الأحفورية من أي موقع فردي هي مخطط حبوب اللقاح الأحفورية (الشكل 9.6). يعرض هذا المخطط الأساسي الوفرة النسبية (%) لأنواع حبوب اللقاح والأبواغ المختلفة ، مرسومة بيانياً مقابل محور رأسي يمثل عمق مقطع الرواسب أو عمرها (بالسنوات قبل الحاضر - BP). ثم تُستخدم مناهج نوعية أو رياضية لتقسيم سجل حبوب اللقاح إلى مناطق طبقية . في كل منطقة ، تتشابه نسب حبوب اللقاح لمختلف الأصناف ، وتُظهر اختلافات ملحوظة عن نسب حبوب اللقاح في أجزاء أخرى من اللب . المثال المذكور هنا مأخوذ من بحيرة صغيرة في أونتاريو ، كندا ، تُظهر غابة شمالية مبكرة تهيمن عليها أشجار التنوب ، ثم حلت محلها غابات الصنوبر، ثم أنواع مختلفة من الغابات المختلطة المتساقطة الأوراق والصنوبرية ، التي تهيمن عليها أشجار مثل البلوط والقيقب والزان والزان الهندي والخشب الحديدي.



9.1 التمرين

التأريخ الشجري

على الرغم من أن الأبحاث الحديثة في تقنيات مثل تحليل أحافير النباتات وتحليل حلقات الأشجار تتطلب معدات ومرافق متطورة ، إلا أنه من الممكن إجراء تحليل تأريخ شجري أولي باستخدام صورة ممسوحة ضوئياً لعينة من لب شجرة ومسطرة عليها علامات مليمترية . يوضح الشكل 9.8 عينة من لب حلقة شجرة ومجموعة فرعية مكبرة من اللب . استُخرج لب حلقة الشجرة هذا من شجرة تنوب دوغلاس مخروطية كبيرة (*Pseudotsuga menziesii*) في جبال سان غابرييل، كاليفورنيا ، في شتاء عام 1997. لاحظ الفرق في اللون بين الخشب المتأخر والخشب المبكر. يمكن افتراض أن الحلقة الخارجية تُمثل موسم نمو العام الماضي لأنها أُخذت في الشتاء. حدّد الكمية كل عام باتجاه مركز لب الشجرة المكبر بدءاً من العام الأخير من اللب . ثم قس المسافة الشعاعية الكلية من خارج اللحاء إلى المركز، وقس عرض كل حلقة بالمليمتر. أولاً، حدّد عمر العينة المُكَبَّر بالسنوات بناءً على عدد الحلقات. ثم احسب متوسط معدل النمو الشعاعي السنوي للشجرة بقسمة المسافة الشعاعية الكلية من المركز إلى اللحاء الخارجي على عدد الحلقات المحسوبة . حدّد السنوات التي يُحتمل أن يكون قد مرّ خلالها جفاف شديد بناءً على عدد الحلقات الصغيرة ، وعدد السنوات التي يُحتمل أن تهطل فيها كميات كبيرة من الأمطار.

وأخيراً، قارن نتائج عرض الحلقة مع التغيرات السنوية في هطول الأمطار ودرجات الحرارة الصيفية في المنطقة . هل هناك علاقة بين عرض الحلقة وهطول الأمطار؟ هل توجد أنماط مناخية ، مثل التغيرات الملحوظة خلال سنوات ظاهرة النينيو (أي، ١٩٨٢-١٩٨٣)؟

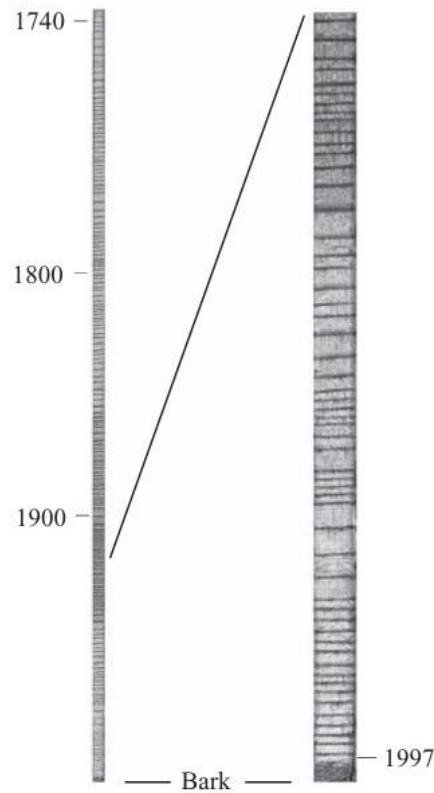


Figure 9.8 A tree ring core of Big Cone Douglas Fir (*Pseudotsuga menziesii*) collected during the winter of 1997 in the San Gabriel Mountains, California

9.2 التمرين

مسوحات الغطاء النباتي

سنستخدم مسحًا للغطاء النباتي لتحديد ثراء الأنواع ، والتركيب الزهري ، وبنية الغابات الاستوائية الجافة المهددة بالانقراض في هاواي ، ولإنشاء مؤشر تشابه بين جزأين من الغابة . يوفر الجدول 9.3 بيانات عن إحدى أكبر الغابات الاستوائية الجافة المحفوظة جيدًا في هاواي . تشمل بيانات منتزه مانوكا الحكومي في جزيرة هاواي جميع الأشجار ضمن حزام عرضي بأبعاد 2 متر × 50 مترًا (100 متر مربع) وقطر عند ارتفاع الصدر ≤ 2.5 سم . يحدد العمود الأول المسافة المقطوعة على طول الحزام ، بينما يمثل العمود الثاني الاسم العلمي للنوع . عُرفت جزر هاواي تاريخيًا باسم جزر ساندويتش ، ولهذا السبب تنتهي معظم أسماء الأنواع بـ *sandwicensis*. العمود الثالث هو القطر عند ارتفاع الصدر (بالسنتيمتر) لجميع السيقان في المقطع العرضي . لاحظ وجود سيقان متعددة لعدد من النباتات عند قياسها عند ارتفاع الصدر.

Table 9.3 Field data on tropical dry forest from a 2 m × 50 m belt transect for tree ≥2.5 cm DBH

Meters	Species	DBH (cm)	Height (m)
0	<i>Nestegis sandwicensis</i>	3.7	6
10	<i>Aleurites moluccana</i>	4.7	4
13	<i>Aleurites moluccana</i>	2.7	4
15	<i>Diospyros sandwicensis</i>	3.2	6
15	<i>Nestegis sandwicensis</i>	2.6	4
17	<i>Nestegis sandwicensis</i>	3.1	12
		15.8	
17	<i>Aleurites moluccana</i>	4.1	4
18	<i>Nestegis sandwicensis</i>	2.9	4
27	<i>Nestegis sandwicensis</i>	12.2	10
28	<i>Nestegis sandwicensis</i>	8.9	10
31	<i>Nestegis sandwicensis</i>	3.8	10
		4.0	
		3.5	
		16.4	
32	<i>Diospyros sandwicensis</i>	2.8	6
34	<i>Nestegis sandwicensis</i>	3.6	14
		12.3	
36	<i>Nestegis sandwicensis</i>	19.6	14
		2.7	
		5.7	
36	<i>Psychotria hawaiiensis</i>	5.7	10
39	<i>Psychotria hawaiiensis</i>	3.8	6
40	<i>Nestegis sandwicensis</i>	5.9	6
42	<i>Nestegis sandwicensis</i>	4.2	6
43	<i>Metrosideros polymorpha</i>	20.1	14
44	<i>Nestegis sandwicensis</i>	6.5	8
45	<i>Nestegis sandwicensis</i>	2.5	4
46	<i>Wikstroemia sandwicensis</i>	6.5	6
47	<i>Wikstroemia sandwicensis</i>	3.8	4
		2.8	
47	<i>Nestegis sandwicensis</i>	3.0	4
49	<i>Nestegis sandwicensis</i>	3.4	4

العمود الأخير هو ارتفاع كل شجرة في مجموعات طولها متران . جُمعت عينة أخرى من مقطع عرضي بطول مترين × 50 مترًا من وادي كالواكاويلا ، أوهاو . احتوى هذا الموقع على خمسة أنواع (كورديلاين فروتيكوسا، ديوسبيروس ساندويتشينسيس، لوكاينا ليوكوسيفالا، نيسنجيس ساندويتشينسيس، سايدريكس أودوراتوم). لتحديد ثراء الأنواع ، والتركيب الزهري ، وبنية الغابات الاستوائية الجافة المهددة بالانقراض في هاواي، عليك :

أولاً تلخيص مستوى ثراء الأنواع في الموقع.

ثانيًا، أنشئ قائمة أنواع بجميع النباتات التي صادفتها وكثافة كل نوع . الأنواع لكل 100 متر مربع. ثالثًا، حدد عدد الأشجار متعددة السيقان ، والكثافة الكلية للأشجار، وإجمالي عدد الأشجار التي يبلغ ارتفاعها ≤ 10 سم، والمساحة القاعدية (بالسنتيمتر)، ومتوسط ارتفاع الشجرة. ارسم مخططًا ثنائي الأبعاد للغطاء النباتي بناءً على البيانات المقدمة .

وأخيرًا، باستخدام مؤشر التشابه في الجدول 9.2 ، احسب التشابه بين الموقعين . أي الأشجار أكثر وفرة أم نادرة ؟ ما هي أكبر الأشجار ؟ هل من الممكن تحديد أي الأشجار غير محلية/غريبة في هاواي؟ ما مدى تشابه الموقعين وأيهما يتمتع بأعلى ثراء بالأنواع؟