

التشجير: التحديات والحلول



عبد الله بن محمد العمري

قسم الجيولوجيا والجيوفيزياء - كلية العلوم - جامعة الملك سعود

١٤٤٤ هـ - ٢٠٢٣ م



www.alamrigo.com





ح عبد الله بن محمد العمري، ١٤٤٣هـ

فهرسة مكتبة الملك فهد الوطنية أثناء النشر

العمري ، عبدالله بن محمد سعيد

التشجير: التحديات والحلول. / عبدالله بن محمد سعيد العمري - ط١ -

الرياض، ١٤٤٣هـ

١٨٤ ص ، ٢١,٥ × ٢٨

ردمك: ١٩٨٠-٧-١٩٨٠-٠٤-٦٠٣-٩٧٨

١ - الجيوفيزياء ٢ - الأرض أ. العنوان ب. الموسوعة

١٤٤٣ / ١٢٠٨٨

ديوي ٢، ٧١٥

رقم الإيداع ١٢٠٨٨ / ١٤٤٣

ردمك: ١٩٨٠-٧-١٩٨٠-٠٤-٦٠٣-٩٧٨

حقوق طبع الموسوعة محفوظة للمؤلف

مع عدم السماح ببيعها .. ويمكن إعادة طباعتها وتوزيعها مجاناً بدون أي تعديل في الاسم أو المحتوى

تطلب النسخة الورقية المجانية من المؤلف على العنوان التالي:

قسم الجيولوجيا والجيوفيزياء - جامعة الملك سعود ص.ب 2455 الرياض 11451

الإصدار الإلكتروني من خلال الموقع

www.alamrigeo.com

للاستفسارات والملاحظات الاتصال على:

جوال +966505481215 هاتف +966 11 4676198

البريد الإلكتروني E.mail : alamri.geo@gmail.com



الطبعة الأولى

١٤٤٤هـ / ٢٠٢٣م



بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

﴿ فِي الْأَرْضِ آيَاتٌ لِلْمُوقِنِينَ ﴾

[سورة الذاريات : آية 20]

﴿ And on the Earth are Signs for
Those Whose Faith is Certain ﴾



موسوعة العمري في علوم الأرض الجزء الرابع





مَهْمَيْكَ

الحمد والشكر لله الذي ساعدني في إنجاز هذا الجهد المتواضع المرتبط بتأليف الموسوعة العلمية العربية. تهدف الموسوعة العلمية الشاملة في علوم الأرض والبيئة والطاقة إلى تزويد وخدمة الباحثين وطلاب المدارس والجامعات وفئات المجتمع نظراً لمعاناة المهتمين من مشاكل ندرة المراجع العربية في هذا المجال. تشتمل الموسوعة المجانية والتي تعتبر الأضخم عالمياً على 30 كتاب علمي ثقافي موثق ومدعم بالصور والأشكال التوضيحية المبسطة في 6000 صفحة تقريباً تغطي خمسة أجزاء رئيسية:

الجزء الأول مكون من ستة كتب يناقش عمر الأرض وشكلها وحركاتها وتركيبها الداخلي وثرواتها المعدنية والتعدينية والجاذبية الأرضية وعلاقتها بالمد والجزر:

- | | |
|-----------------------------|-----------------------|
| تقدير عمر الأرض | التركيب الداخلي للأرض |
| شكل الأرض وحركاتها | المعادن والتعدين |
| الجاذبية الأرضية وتطبيقاتها | المد والجزر |

الجزء الثاني من الموسوعة يشتمل على ستة كتب تربط علاقة الأرض بالنظام الشمسي وبالأخص القمر والأغلفة الجوية والمائية والحيوية المحيطة بالأرض. وكذلك دور الزلازل والتفجيرات والبراكين والتسونامي في التأثير على بنية الأرض وكيفية تقليل مخاطرها:

- | | |
|---------------------|------------------------|
| موجات التسونامي | البراكين وسبل مجابقتها |
| الزلازل والتفجيرات | جيولوجية القمر |
| تقييم مخاطر الزلازل | الأغلفة المحيطة بالأرض |





الجزء الثالث يتألف من ستة كتب يربط كل ما يتعلق بالمشاكل والكوارث البيئية والطبيعية وحلولها والتغيرات المناخية وأهمية التشجير ومعالجة الاحتباس الحراري:

- | | | | |
|-------------------------------------|---|-----------------------------------|---|
| المشاكل البيئية وحلولها | 📖 | الانزلاقات والإنهيارات والفيضانات | 📖 |
| التغيرات المناخية والاحتباس الحراري | 📖 | الأمطار والسيول والسدود | 📖 |
| التشجير: التحديات والحلول | 📖 | التصحّر والجفاف | 📖 |

الجزء الرابع يتكون من ستة كتب يناقش ارتباط علوم الأرض بالعلوم الأخرى نووياً وطبيياً، وكذلك دور الطاقة المستدامة النظيفة اقتصادياً وبيئياً:

- | | | | |
|-------------------------|---|---|---|
| مستقبل الطاقة في عالمنا | 📖 | الجيوفيزياء النووية | 📖 |
| الطاقة الحرارية الأرضية | 📖 | الجيولوجيا الطبية | 📖 |
| هل إنتهى عصر النفط؟ | 📖 | دليل كتابة الرسائل الجامعية والنشر العلمي | 📖 |

أما **الجزء الخامس** يتألف من ستة كتب متخصصة في العلوم الجيولوجية مكونة من 2020 سؤال وجواب لمساعدة طلاب الجامعات والباحثين وتهيئتهم للاختبارات الشاملة والتأهيلية للدراسات العليا ومزاولة المهنة:

321 سؤال وجواب في تطور الأرض	📖
358 سؤال وجواب في علم الصخور والجيوكيمياء والاستشعار عن بُعد وال GIS	📖
358 سؤال وجواب في الثروات الطبيعية	📖
380 سؤال وجواب في المخاطر الجيولوجية	📖
303 سؤال وجواب في علم الزلازل والزلازلية الهندسية	📖
300 سؤال وجواب في الجيوفيزياء التطبيقية	📖

المؤلف





مقدمة

يواجه عالمنا حالياً العديدَ من التحديات التي تمتد من التدهور البيئي إلى نقص الطاقة والغذاء والمياه لعدد متزايد من سكان العالم. إنّ سبب مشكلاتنا في الأساس من صنع الإنسان. إذ يعتمد البشر على الموارد، لكن معظم مواردنا الطبيعية محدودة وغير قابلة للتجديد.

تتطور العديد من الموارد، مثل المعادن، ببطء شديد خلال مئات الملايين من السنين. إذا لم تستخدم الموارد بطريقة مستدامة، فسوف تستنفد، مما يترك الأجيال القادمة قاحلة وخالية الوفاض. في الوقت الحاضر، يدير البشر مواردهم بشكل غير لائق من خلال تحقيق فائدة قصيرة الأجل مع التسبب في تلوث البيئة وتدهورها.

من خلال الاستفادة من المعرفة والتكنولوجيا المناسبة المتاحة لنا حالياً، يمكننا حل العديد من المشكلات التي يواجهها العالم اليوم من خلال الاستخدام السليم وإمكانات الموارد المتاحة بطريقة مستدامة.

أحد هذه الحلول المقترحة هو القيام بتشجير المناطق القاحلة والجافة بأعداد كبيرة من الأشجار. والتشجير هو عملية إدخال الأشجار وشتلاتها إلى منطقة لم تكن مشجرة من قبل، التي كانت تستخدم سابقاً لأغراض أخرى غير الغابات.





يمكن أن يجري التشجير من خلال غرس الأشجار والبذر، بشكل طبيعي أو اصطناعي.

طبعاً لا ينبغي الخلط بين مصطلحي التشجير **Afforestation** وإعادة التشجير **Reforestation**، فالثاني يعني زراعة الأشجار المحلية في غابة بها عدد متناقص من الأشجار. وفي حين تؤدي إعادة التشجير إلى زيادة عدد الأشجار الموجودة في الغابة الحالية، فإن التشجير هو إنشاء غابة جديدة تماماً.

بالمقابل يمكن اعتبار إعادة التشجير شكلاً من أشكال التشجير. إعادة التشجير هو تغيير منطقة غير حرجية إلى منطقة حرجية من خلال غرس الأشجار وبذرهما. الفرق هو أن إعادة التشجير هي استعادة منطقة جرى إزالتها. يجري التشجير وإعادة التشجير للحفاظ على النظام البيئي. والغرض منه هو استعادة المنطقة التي دمرت بسبب الاستخدام المفرط السابق للأرض أو لتقليل كمية التعرية في التربة في منطقة ما وإنشاء قاعدة تربة أكثر خصوبة ونباتاً.

كما يجري التشجير وإعادة التشجير الصناعي والتجاري للحفاظ على ناتج جيد من الخشب لتلبية متطلبات اللب والأخشاب في منطقة معينة.

غالباً ما يُستخدم التشجير وإعادة التشجير والأشكال الأخرى من طرائق التشجير لوقف آثار تغير المناخ عن طريق تقليل ثاني أكسيد الكربون في الغلاف الجوي. تكمن المشكلة في البحث عن أي نوع من الأشجار يحتجز أكبر كمية من الكربون وهل لهذا تأثير إيجابي أو سلبي إن وجد؟

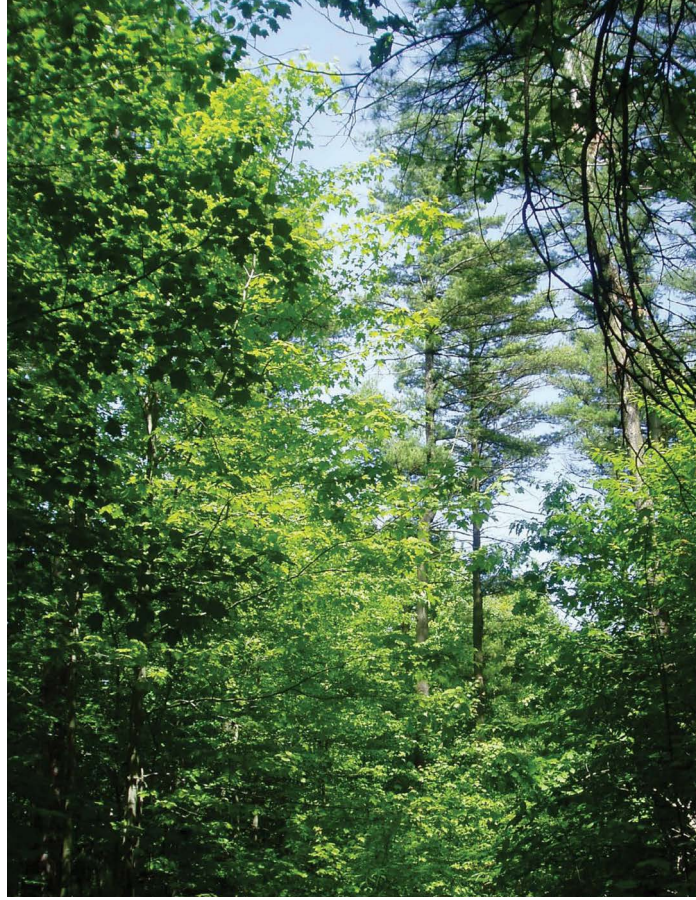




يمتاز **التشجير** بالعديد من **الفوائد المتعلقة** بالمناخ. تشير العديد من الدراسات الجديدة إلى أن الغابات تجتذب الأمطار، وهو ما قد يفسر سبب حدوث الجفاف بشكل متكرر في أجزاء معينة من العالم مثل غرب إفريقيا، حيث تكون الأشجار أكثر تآثراً.

تقدم دراسة عام 2017 أول دليل رسدي على أن **غابات الأمازون** المطيرة في جنوب الأمازون تؤدي إلى موسم الأمطار الخاص بها باستخدام بخار الماء المطروح من أوراق النبات، التي تشكل بعد ذلك السحب فوقها. تساعد هذه النتائج في تفسير سبب ارتباط إزالة الغابات في هذه المنطقة بانخفاض هطول الأمطار. تفترض دراسة أجريت عام 2009 أن الغطاء الحرجي يؤدي دوراً أكبر بكثير في تحديد **هطول الأمطار** مما كان معترفاً به سابقاً. ويفسر كيف تولد مناطق الغابات تدفقات **واسعة النطاق في بخار الماء في الغلاف الجوي** وتؤكد كذلك فائدة **التشجير** في المناطق القاحلة حالياً من العالم.





يساعد التشجير على إبطاء الاحتباس الحراري عن طريق تقليل ثاني أكسيد الكربون في الغلاف الجوي وإدخال المزيد من الأوكسجين. الأشجار هي بالوعات الكربون التي تزيل ثاني أكسيد الكربون من الغلاف الجوي عن طريق التمثيل الضوئي وتحويله إلى كتلة حيوية.

يوفر **التشجير** فوائد بيئية أخرى، بما في ذلك زيادة جودة التربة ومستويات الكربون العضوي في التربة، وتجنب التعرية والتصحر. كما أن زراعة الأشجار في المناطق الحضرية قادرة على الحد من تلوث الهواء عن طريق امتصاص الأشجار وتنقية الملوثات، بما في ذلك أول أكسيد الكربون وثاني أكسيد الكبريت والأوزون، بالإضافة إلى ثاني أكسيد الكربون.





أنواع الأشجار التي تمت مناقشتها على نطاق واسع هي غابات النمو القديم مقابل غابات النمو الصغير. يُقال إن غابات النمو القديمة تتمتع بقدرات هائلة على تخزين **الكربون**، إلا أن هذه الأشجار تلتقط **الكربون** ببطء شديد أو أنها غير قادرة على التقاط المزيد. ولكن مع إعادة التشجير، تُحل هذه العملية عن طريق قطع النمو القديم وزراعة الأشجار الصغيرة النمو. لسوء الحظ، عندما تُقطع غابة نمو قديمة، ينطلق الكثير من **الكربون** المخزن في الغلاف الجوي وبالتالي يمنع التأثير الإيجابي الصافي. يُنظر إلى التشجير على أنه حل لمشكلة إعادة التشجير.

من خلال زراعة غابة جديدة فتية في منطقة لم تكن بها غابة من قبل، يمكن أن يكون هذا خياراً قابلاً للتطبيق لحجز المزيد من الكربون من الغلاف الجوي. ومع ذلك، فإن غرس الأشجار في منطقة لم تكن غابات من قبل يمكن أن يؤثر سلباً في النظام البيئي الأصلي مثل تقليل رطوبة التربة في منطقة ما وإجبار العديد من الأنواع على ترك موائلها المفضلة.

بعض القضايا التي يمكن أن تنشأ عن **التشجير** وإعادة **التشجير** هي تغير المناخ، والتغيرات بشرية المنشأ في المناظر الطبيعية وزيادة الطلب على الأخشاب. يمكن أن يكون لتغير المناخ بعض الآثار الرئيسية في نمو وصحة الأشجار المزروعة حديثاً.





أفضل جزء في التشجير هو أنه بمجرد نمو الأشجار بالكامل، فإنها تصير مستدامة ذاتياً، مما يعني أنها لا تتطلب الكثير. كما أن التشجير رخيص نسبياً مقارنة بخطط إدارة الفيضانات الأخرى.

يمكن أن يتسبب الجفاف والتقلبات الرئيسية في درجات الحرارة في حدوث موت خطير للشتلات في منطقة تمت زراعتها حديثاً، مما يؤدي في النهاية إلى إبطاء عملية الاستعادة. للحد من آثار تغير المناخ في عملية الاستعادة، تُستخدم أنواع من الأشجار تتحمل الجفاف والظل.





زيادة الطلب على الخشب مشكلة أخرى. معدل زراعة الأشجار أبطأ بكثير من معدل قطع الأشجار للإنتاج. تحتاج الأشجار إلى وقت لتنمو، وبدون مواسم زراعة في توقيت مناسب جنباً إلى جنب مع إزالة الغابات، يمكن أن يكون هناك ركود محتمل للطلب المتزايد باستمرار على الأخشاب.

يعمل تغير المناخ أيضاً على تغيير نجاح الآفات مثل خنفساء الصنوبر الجبلية. في أمريكا الشمالية، مع ارتفاع درجات الحرارة في الغرب والشتاء صار أكثر دفئاً، لا تنفق مجموعات خنفساء الصنوبر كما يفترض في الشتاء. سنعالج في هذا العمل عدداً من الموضوعات المتعلقة **بالتشجير** وفوائده وأهميته وسنتكلم بشيء من التفصيل عن تجارب العدد من الدول ذات المناخ الصحراوي الجاف أو شبه الجاف لأخذ الدروس منها.





ما التشجير؟

على مدى العقد الماضي، سيطر الحديث عن الاحتباس الحراري وتغير المناخ على الأحداث والمؤتمرات الكبرى. كما قام السياسيون والقادة العالميون بحملات تحت شعار المساعدة في مكافحة قضايا الاحتباس الحراري. على هذا النحو، كان **التشجير** أحد أكثر الأساليب التي يجري الحديث عنها للتعامل مع ظاهرة الاحتباس الحراري.

يشير **التشجير** إلى عملية بذر البذور أو غرس الأشجار في منطقة لا تحوي على أشجار لإنشاء غابة. وفقاً لذلك، فإن **التشجير** هو «تحويل الأرض الجرداء أو المزروعة إلى غابات». ومع ذلك، لا ينبغي الخلط بين **التشجير** وإعادة **التشجير**. تشير إعادة **التشجير** إلى زراعة الأشجار في أرض بها عدد متناقص من الأشجار.

لذلك، فإن إعادة **التشجير** هي عملية زيادة الأشجار في غابة موجودة، بينما **التشجير** هو عملية إنشاء غابة جديدة. هدفنا هنا هو إلقاء نظرة على أهمية **التشجير** ومزاياه المختلفة.

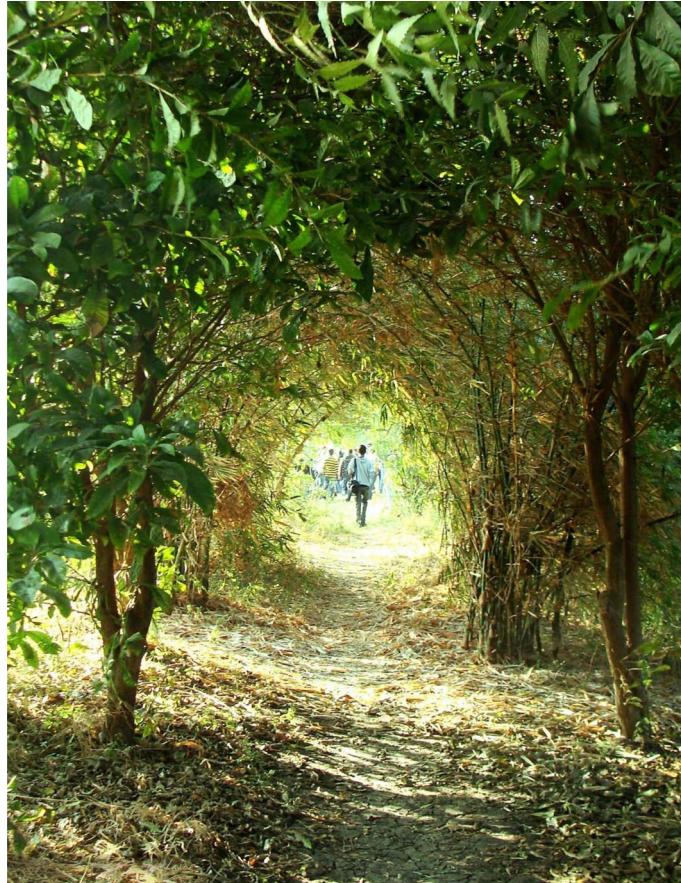




أهمية التشجير

1. توفير مصدر بديل لمنتجات الأشجار

في عالم اليوم، معدل نمو الأشجار بشكل طبيعي في الغابات أبطأ بكثير من معدل قطع الأشجار في الغابات للإنتاج. وقد أدى الطلب المتزايد على منتجات الأشجار إلى الضغط على الغابات مما أدى إلى إزالة الغابات.



يساعد التشجير في تخفيف الضغط على الغابات الطبيعية من خلال توفير مصدر بديل لمنتجات الأشجار. الذي يكون في الغالب لأغراض تجارية.





2. زيادة المعروض من الأشجار التي يتزايد الطلب عليها

في العالم التجاري، يكون الطلب مرتفعاً عادةً على نوع معين من الأشجار. يسمح **التشجير** لأصحاب المصلحة بزراعة نوع الأشجار المطلوبة، مما يعزز الانتشار السريع لأنواع معينة من الأشجار. يمكن أن يساعد إدخال إمدادات جديدة من الأشجار، على سبيل المثال، في استقرار الصناعة المنزلية مما يؤدي إلى استقرار الأسعار وموثوقية الأعمال.

3. حماية الغابات الطبيعية

حماية الغابات الطبيعية دون توفير مصادر بديلة للمنتجات الشجرية أمر صعب جداً وغير مستدام. إلى جانب ذلك، يعد قطع الأشجار أكثر شيوعاً في الأماكن التي لا توجد فيها مصادر بديلة لمنتجات الأشجار.

ومع ذلك، عندما يكون لمستخدمي الأشجار التجارية مصادر بديلة للإمداد، يمكنهم دعم الجهود الإدارية والسياسية في حماية الغابات، مما يؤدي إلى مبادرات أكثر استدامة. تؤدي حماية الغابات الطبيعية أيضاً إلى فوائد أخرى تأتي مع زيادة غطاء الغابات الشجرية مثل الحفاظ على مجتمعات المياه والأراضي الرطبة ومناطق النهر.

4. الفوائد البيئية

تكون زراعة الأشجار في أرضٍ قاحلة في بعض الحالات أكثر فائدة من زراعة الأشجار في غابة مستنفدة. تساعد زراعة الأشجار في غابات مستنفدة أو قدرة على استعادة النظام البيئي للمنطقة، لكن غرس الأشجار في أرضٍ قاحلةٍ يساعد في إنشاء نظام بيئي جديد.





استخدمت معظم الحكومات والمؤسسات **التشجير** للمساعدة في إعادة المناطق القاحلة وشبه القاحلة إلى مناطق منتجة. كما أنه يساعد في تحسين مظهر الأراضي القاحلة لتكون ذات مناظر خلّابة.

5. لها قيمة مضافة

طريقة سهلة لتحويل الأرض القاحلة هي زراعة الأشجار. الأرض بالأشجار أكثر جاذبية وقيمة من الأرض القاحلة. سواء كان المرء يسعى لتطوير أو بيع الممتلكات، فإن زراعة الأشجار هي طريقة مؤكدة لزيادة قيمة الممتلكات.

• فوائد التشجير المتنوعة

1. توريد مستمر للمنتجات الحرجية

يضمن غرس الأشجار في الأرض التي لم تكن منتجة من قبل عدم توقف توريد المنتجات الأساسية. يمكن أن يكون الاعتماد على الغابات الطبيعية غير موثوق به إلى حد كبير. كما أنه لا يمكن التنبؤ بها بسبب السياسات الحكومية والبيئية.

يجري تنظيم حصاد الغابات بشكل كبير. إذ من الشائع عادة أن تفرض الحكومات حظراً على قطع الغابات، مما قد يكون ضاراً بالأعمال التجارية التي تعتمد بشكل كامل على إمدادات الغابات. حيث يزود **التشجير** الأفراد والشركات بمصادر بديلة موثوقة لإمدادات الغابات.





على سبيل المثال، يمكن للشركة بسهولة وموثوقية عرض مبيعاتها السنوية وإنتاجها عندما يكون لديها أرضها الخاصة من الأشجار، على عكس ما يحدث عندما تُصدر منتجاتها من الغابات الطبيعية.

يوفر إنشاء غابات جديدة أيضاً للمجتمع العلف والفواكه والحطب والموارد القيمة الأخرى اللازمة للإنسان. بالإضافة إلى إتاحة الموارد، **يضمن التشجير** أيضاً أن الموارد مستدامة للمستقبل.

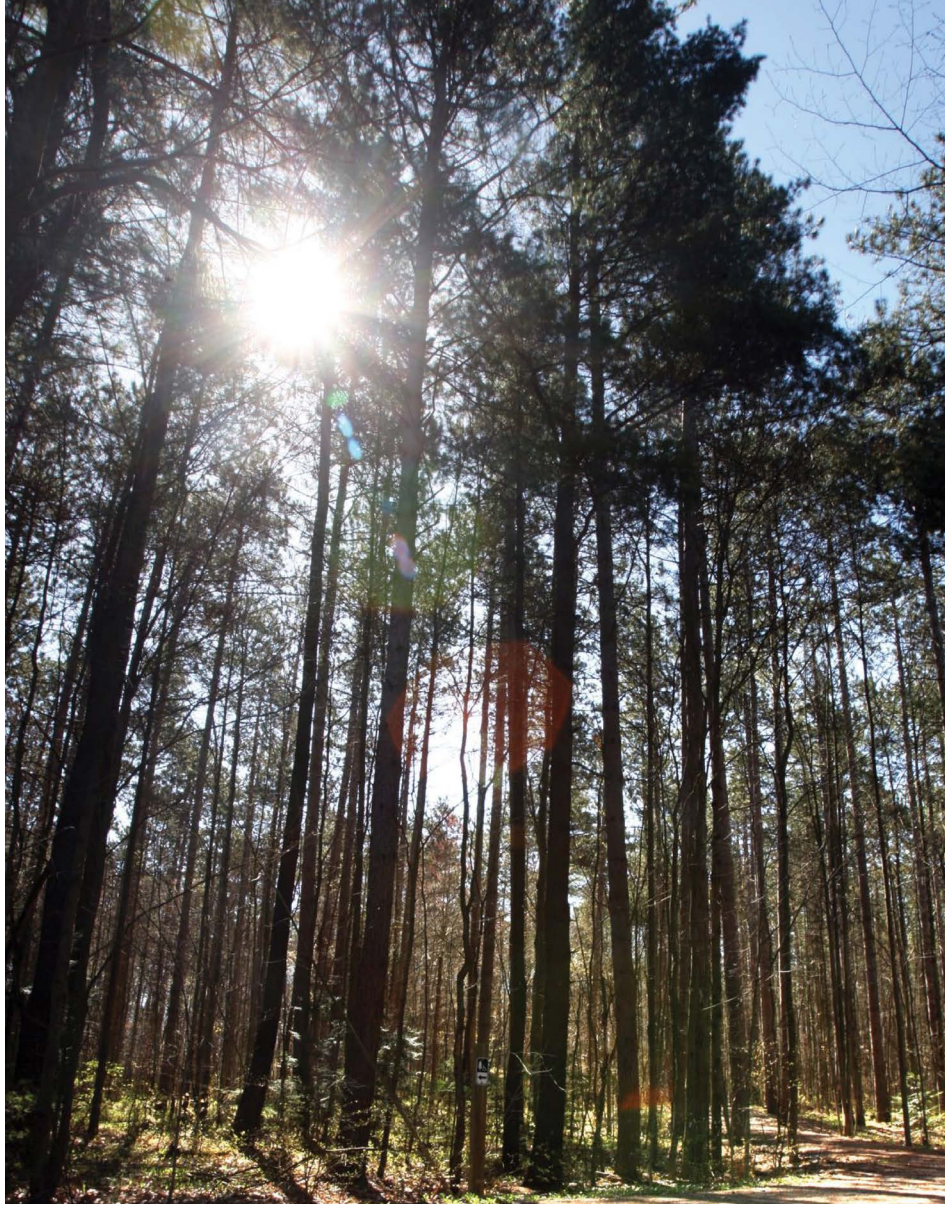
2. تمنع تآكل التربة

تآكل التربة مشكلة شائعة في الأراضي القاحلة، لذلك فإن الأرض القاحلة ليست أفضل مكان لقضاء يوم عاصف. تشهد الأراضي القاحلة رياحاً قوية تحمل جزيئات كبيرة من التربة مما يؤدي إلى تآكل التربة مع التأثير سلباً في جودة الهواء. وخير مثال على ذلك موجة وعاء الغبار في أمريكا الذي ارتبط ارتباطاً وثيقاً بالزراعة المكثفة والمساحات الشاسعة من الأراضي القاحلة.

تتعرض الأراضي القاحلة أيضاً للفيضانات عند هطول الأمطار، مما يؤدي إلى نقل التربة السطحية إلى الأنهار ومصادر المياه في المنطقة؛ لذلك فإن **التشجير** يساعد في معالجة جميع قضايا تآكل التربة والأراضي القاحلة في الوقت نفسه.

تعمل الأشجار كحاجز للرياح مما يضعف سرعة الرياح ويقلل من تأثيرها وقدرتها على حمل جزيئات التربة الكبيرة. تحافظ جذور الشجرة أيضاً على التربة معاً بإحكام مع التأكد من بقاء التربة في مكانها أثناء الفيضان.





تساعد أوراق الشجر وفروعها من تقليل تأثير قطرات المطر على الأرض مما يمنع تآكل التربة بسبب قطرات الماء. يضمن الحفاظ على التربة أن يكون للمزارعين تربة خصبة لزراعة المحاصيل. التربة التي يُحتفظ بها بإحكام هي أيضاً أقل عرضة للانهييارات الأرضية، وخاصة في المناطق الجبلية.





3. استقرار المناخ

تعتبر زراعة الأشجار طريقة مجربة لتغيير المناطق القاحلة وشبه القاحلة. تشهد الأماكن التي يوجد بها المزيد من الأشجار هطول أمطار متكررة، وبالتالي فإن زراعة الأشجار هي طريقة مثالية لتحقيق الاستقرار في المناخ. تقلل الأشجار أيضاً من تأثير الاحتباس الحراري مما يمنع درجات الحرارة المرتفعة؛ لأنها مكيفات الهواء الطبيعية الوحيدة في العالم.

4. لديها القدرة على عكس الاحتباس الحراري وتغيير المناخ

الاحتباس الحراري هو مصدر قلق كبير لقادة العالم ودعاة حماية البيئة. على هذا النحو، يجري تشجيع المزيد والمزيد من الناس على زراعة الأشجار في حدائقهم، والتشجير هو إحدى الطرائق الموصى بها لمعالجة ظاهرة الاحتباس الحراري.

تساعد الأشجار في عكس تأثير الاحتباس الحراري من خلال عملية التمثيل الضوئي؛ لأنها تعمل كمصارف للكربون، بمعنى آخر فإن إنشاء غابات جديدة يوجد مناطق جديدة لاحتجاز ثاني أكسيد الكربون، مما يقلل من ثاني أكسيد الكربون في البيئة. النتيجة الإجمالية هي الحد من تأثير ظاهرة الاحتباس الحراري.

5. نوعية هواء أفضل

تؤدي الأشجار دوراً مهماً في تنقية الهواء. الناس في مناطق الأشجار هم أقل عرضة للمعاناة من الظروف الجوية. إذ تنقي الأشجار ثاني أكسيد الكربون وتوفر الأكسجين من خلال عملية التمثيل الضوئي.





في العقود القليلة الماضية، كان الناس ينتجون المزيد والمزيد من ثاني أكسيد الكربون من خلال أنشطتهم مثل القيادة وحرق الأحافير والأنشطة الصناعية، مما أدى إلى زيادة ثاني أكسيد الكربون في الهواء.

بالإضافة إلى إنتاج ثاني أكسيد الكربون، أدت الأنشطة البشرية مثل البناء إلى تقلص مساحة الغابات. وقد أدى عدم التوازن إلى ظهور المزيد من السموم في الهواء. بالإضافة إلى ثاني أكسيد الكربون وانبعاثات الدفيئة، فإن الأنشطة البشرية مثل البناء والقيادة توجد جزيئات الغبار في الهواء التي تؤثر في جودة الهواء.

لا تعمل الأشجار على تنقية ثاني أكسيد الكربون فحسب، بل تعمل أيضاً على تنقية انبعاثات غازات الدفيئة. كما أنها تحبس جزيئات التربة في الهواء مما يؤدي إلى جودة هواء أفضل.

6. تحسين مجمّع المياه

بدون مياه نظيفة، لا يمكن للأرض أن تدعم الحياة. يعتمد البشر والحيوانات على المياه النظيفة من أجل بقائهم ومن ثم فإن الحاجة إلى حماية مجمّع المياه أمر في غاية الضرورة. مع أنّ معظم الجهود تهدف إلى استعادة مجمّع المياه الحالية، إلا أن **التشجير** يؤدي دوراً رئيسياً في إنشاء مجمّع المياه الجديدة.

إنّ الأشخاص الذين يعيشون في المناطق القاحلة وشبه القاحلة هم الأكثر تضرراً عندما يتعلق الأمر بنقص المياه النظيفة للاستهلاك والاستخدام المنزلي.





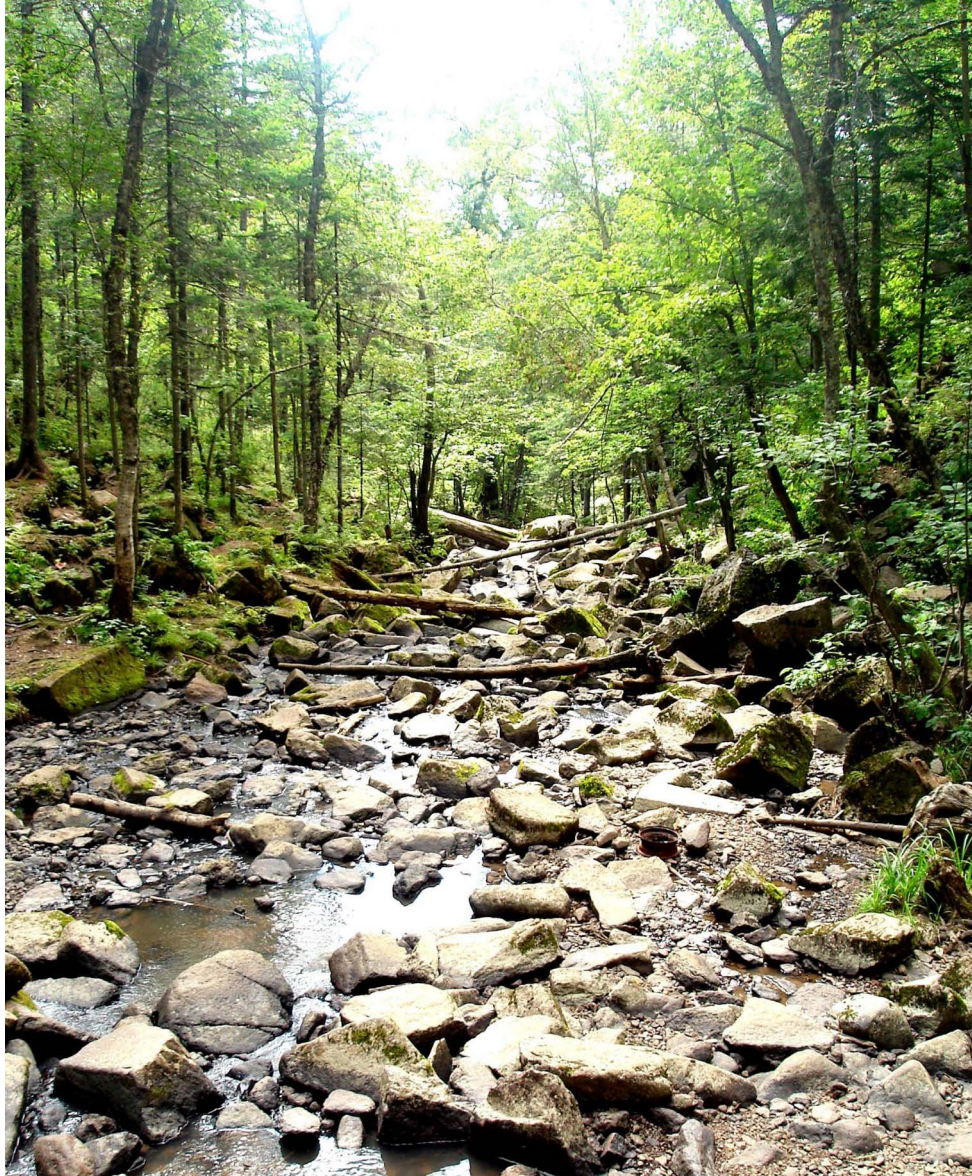
تحتوي الأماكن التي فيها غابات على عدة مصادر للمياه على عكس الأماكن التي لا تحتوي على أشجار حيث تعتمد في الغالب على الحفاظ على مياه الفيضانات. يمكن أن يساعد **التشجير** في تحسين مجمّع المياه في المناطق القاحلة وشبه القاحلة.

7. المحافظة على الحياة الفطرية

عندما تتضاءل الغابات، تتضاءل الحياة البرية أيضاً. إذ تعاني الحيوانات البرية أكثر من غيرها عندما يغزو البشر الغابات وموائلها الأخرى. لقد كانت معظم الأماكن التي بنى فيها البشر مُدنًا وعقارات، أماكن رعي وسكنى للحياة البرية. مع استمرار الأنشطة البشرية في التوسع، يتضاءل عدد الأحياء البرية التي تعيش في مناطق غير محمية.

علاوة على ذلك، ما لم يتم اتخاذ تدابير صارمة، فإن معظم هذه الحيوانات سوف تنقرض. يساعد **التشجير** على ضمان وجود غابات كافية للحياة البرية لتزدهر فيها. تلك الحيوانات التي دفعت من موائلها الطبيعية من خلال الأنشطة البشرية يمكن أن تنتقل إلى الغابات الجديدة. لهذا السبب، يمكن أن يساعد **التشجير** في حماية الحيوانات البرية.





تساعد الأشجار في جلب المزيد من الأمطار إلى المنطقة التي تقام فيها، كما تضمن الأشجار أيضاً الاحتفاظ بالمياه بشكل أفضل في التربة، مما يؤدي إلى تحسين منسوب المياه الجوفية.





8. توفير العمالة والفرص الاقتصادية

صناعة الأخشاب هي مصدر عمل كبير، ففي صناعة البناء والتشييد، تعتبر منتجات الأخشاب من المكونات الأساسية لكل مبنى. ومع ذلك، قبل أن تصير جاهزة للاستخدام النهائي في موقع البناء، فإنها تخضع لمعالجة مفصلة. على سبيل المثال، قبل استخدام الألواح الصلبة في بناء الأدرج، يجب معالجتها من الأخشاب المستديرة.

تتضمن عملية **التشجير** مراحل مختلفة تتطلب مجموعة فريدة من المهارات التي تدفع إلى الحاجة إلى توظيف عمال مختلفين. علاوة على ذلك، ونظراً لأن **التشجير** هو عملية تحويل الأراضي القاحلة إلى غابات، فإنها تتطلب عدداً كبيراً من العمال لأداء مهام مختلفة تشمل حفر التربة وبذر البذور وسقي النباتات وحصاد الأشجار. كان معظم الأشخاص العاملين في هذه الأراضي عاطلين عن العمل في السابق وعادة ما يكونون من الفقراء.

تتكلف عملية **التشجير** ما يقرب من 80% من إجمالي مبلغ النفقات على حساب الأجور الممنوحة للعمال المسؤولين عن الأعمال المتعلقة بزراعة الأشجار وزراعتها في **التشجير**.

ستفتح الكمية الهائلة من المواد الخام التي ستكون متاحة من الغابات المتزايدة مجالاً غير محدود لعدد من الصناعات المنزلية، مثل: الأثاث والسلع الرياضية وحمل الأخشاب وصنع السلال المصنوعة يدوياً وصناعة أقلام الرصاص وصناعة الورق، وبناء المنازل وتقديم الأعمال للآلاف.





كما أنّ زراعة نوع معين من الأشجار، بخاصة تلك المفيدة للأغراض التجارية، سيكون بالتأكيد مفيداً لاقتصاد البلد. سيؤدي إنتاج وتوريد هذه الأخشاب إلى زيادة الاقتصاد. لن يوفر **التشجير** الواسع فرص عمل مباشرة للفقراء فحسب، بل سيوجد رأسمال دائم ذا قيمة هائلة.

9. التحكم في الفيضانات

التشجير في حوض الصرف يعزز الاعتراض والتخزين ويقلل من الجريان السطحي. الأمر الذي يقلل من تصريف النهر، وبالتالي يجعله أقل عرضة للفيضان. يمكن أن يكون **التشجير**، عندما يقترن بتقسيم مناطق السهول الفيضية، فعّالاً جداً في الحد من مخاطر الفيضانات.

تساعد الغابات في الحد من تأثير الفيضانات عن طريق تأخير وتقليل حجم الفيضانات، وتشتت المياه بطريقة تدريجية أكثر من الأرض الجرداء. تقلل جذور الأشجار من التعرية وتثبت التربة، وهذا يعني أن كمية أقل من التربة يتم نقلها عن طريق الجريان السطحي ومن خلال التدفق إلى النهر، مما يقلل من سعة القناة.

10. توفر موائل للحياة البرية

بسبب **التشجير**، يجري إنشاء موائل جديدة للحياة البرية. الدمار الهائل في مناطق الغابات ترك الحيوانات بلا مأوى. توفر الغابات المنزل ومصدر الغذاء ومكان الحماية لمعظم أنواع الحيوانات. لذلك فإن غرس أشجار جديدة ونباتات وإنشاء أراضٍ حرجية سيوفر مأوى لهذه الحيوانات. كما ستوفر مرافق الرعي وحل مشكلة علف الماشية.





11. تسهم في الأمن الغذائي

بالنسبة للعدد المتزايد من السكان فإن **التشجير** يوفر الأمن الغذائي لهم من خلال حماية الأراضي الصالحة للزراعة والأراضي المستصلحة الجديدة من الرياح ومكافحة التصحر. إذا كانت المناطق المزروعة (على سبيل المثال، لإنتاج الغذاء) محمية بالغابات (الحزام الأخضر / مصدات الرياح)، فسيكون هناك انخفاض كبير في الضغوط البيئية (تقليل الأضرار النباتية بالصقيع ورواسب الرمال والحشرات، وتحسين كفاءة الري والتسميد، والحفاظ الرطوبة في النباتات والتربة).



يُحسّن التشجير المناخ المحلي، وبالتالي تحقيق محصول أعلى من المحاصيل المحمية.





• برامج التشجير التي تضر أكثر مما تنفع

يمكن أن تسبب برامج التشجير الآتية أضراراً جسيمةً:

1. عندما لا تتناسب الأشجار مع المناخ والظروف المحلية.
2. عندما يجري تدمير النظم البيئية القائمة على التنوع البيولوجي أو تعطيلها (على سبيل المثال، الأراضي العشبية الأصلية أو الأراضي الرطبة التي تعمل بالفعل كموائل مهمة).
3. عندما يزرع نوع واحد فقط من الأشجار بدلاً من مزيج من الأنواع التي من شأنها أن تكون أكثر مقاومة للمناخ والآفات.
4. عندما تُقطع الأشجار المزروعة مراراً وتكراراً دون السماح للغابة بالنضوج.
5. عندما يزداد تلوث التربة والمياه.
6. عندما لا تشارك المجتمعات المحلية أو تجري استشارتهم بشكل صحيح (على سبيل المثال عندما يكون لمن هم في مواقع السلطة فقط رأي)، مما يؤدي إلى فقدان سبل العيش أو الانفصال عن الطبيعة أو الاستيلاء على الأراضي.
7. عندما يوجد إدارة رديئة للمشروع، مما يؤدي غالباً إلى مزارع ميتة. وغالباً ما يكون للمزارع والممرضات (الفيروسات، الجراثيم) معدلات نجاح منخفضة جداً، كما أن إدارة المجتمع المحلي ومعرفته حول النظم البيئية مهمة جداً لصحة النظم البيئية والأشخاص الذين يعيشون فيها.





إن تشجير أنواع معينة من الأشجار سواء بالنسبة للصناعات أو البيئة سيكون خطوة ذكية. يضمن **التشجير** بقاء الأشجار والنباتات التي تحمل التربة في هذه المناطق الحساسة محمية. يمكن أن تؤدي إزالة الغابات إلى نضوب الأشجار في مجمّع المياه والمناطق الواقعة على ضفاف النهر.

التشجير الزراعي، وهي مزيج من الزراعة و**التشجير**، هي طريقة أخرى لزراعة الأشجار والنباتات، وهي شيء يُمارس على نطاق واسع بجديّة مستمرة في العديد من البلدان. هنا، تُزرع الأشجار جنباً إلى جنب مع المحاصيل الزراعية في الأراضي الزراعية، وتشمل فوائد الزراعة الحراجية ما يأتي:

1. فحص تآكل التربة.
2. التمكن من الاحتفاظ بشكل أفضل بالمياه.
3. حماية المحاصيل من الحرارة الزائدة وأضرار أشعة الشمس.
4. توفير إمدادات الأخشاب والفاكهة والأعلاف للماشية بصرف النظر عن إنتاج المحاصيل.





• التعاون والتشاركية

لقد أدت الزيادة في عدد السكان إلى إزالة المزيد من مناطق الغابات لبناء المنازل والمصانع ومجمعات التسوق وما إلى ذلك. ونتيجة لذلك، صار **التشجير** في الوقت الحاضر ضرورياً جداً في كل مكان للحفاظ على التنوع البيولوجي في البيئة.

مثلاً كانت الزيادة في النسبة المئوية لمساحة الأراضي المغطاة بالغابات في الهند بعد عام 1950 حتى عام 2006 ضئيلة جداً. في عام 1950، كان نحو **40.48 مليون** هكتار من المساحة المغطاة بالغابات. في عام 1980 زادت إلى **67.47 مليون** هكتار وفي عام 2006 عُثر على 69 مليون هكتار. من إجمالي الأراضي المتوفرة، يوجد ما يقرب من 23% فقط من الأراضي مغطاة بالغابات ويمكن تصنيفها في خمس فئات:

1. جافة شبه استوائية نفضية (38.2%).
2. رطبة استوائية متساقطة الأوراق (30.3%).
3. شوكية شبه استوائية (6.7%).
4. الغابات الاستوائية الرطبة دائمة الخضرة (5.8%).
5. الفئات الأخرى (الصنوبر، المعتدلة والألبية، والاستوائية شبه دائمة الخضرة) (17.5%).





ومع ذلك، في الآونة الأخيرة، أظهر السكان الأصليون في البلاد اهتماماً كبيراً تجاه هذه المشكلة ويساعدون في حلها عن طريق زراعة المزيد من الأشجار. بالنظر إلى الحاجة إلى **التشجير** في الهند، تشارك العديد من المؤسسات الحكومية والخاصة والمنظمات غير الحكومية لإنشاء غابات جديدة من خلال طريقة **التشجير** لتعظيم التقاط الكربون أو السيطرة على تآكل التربة.

• كيف نعيش في المستقبل؟

إن أهمية الغابات تكمن في مواجهة تحديات تغير المناخ والاعتراف بدور مصارف الكربون، بما في ذلك الغابات، في اتفاق باريس، تحث على فهم أفضل حول أفضل السبل لتعزيز **التشجير**.

يشدد اتفاق باريس الذي تم التوصل إليه على أهمية مصارف الكربون في ضوء تحقيق التوازن بين الانبعاثات حسب المصادر وعمليات الإزالة بواسطة المصارف لغازات الاحتباس الحراري بحلول النصف الثاني من هذا القرن.

لقد التزم الاتحاد الأوروبي بخفض انبعاثات غازات الدفيئة المحلية (GHG) بنسبة 40% على الأقل بحلول عام 2030 مقارنة بعام 1990، بما في ذلك لأول مرة استخدام الأراضي وتغيير استخدام الأراضي و**التشجير** (LULUCF). إذ يسهم قطاع استخدام الأراضي وتغيير استخدام الأراضي و**التشجير** في الاتحاد الأوروبي في التخفيف من حدة تغير المناخ ليس فقط عن طريق إزالة ثاني أكسيد الكربون من الغلاف الجوي ولكن أيضاً من خلال توفير المواد الحيوية التي يمكنها تخزين الكربون واستبدال المواد الخام الأحفورية.





في حين أن مساهمة قطاع الغابات في التخفيف من حدة المناخ والتكيف معه، والطاقة الحيوية، والاقتصاد القائم على الأحياء، والوقاية من الفيضانات والتصحر قد تم الاعتراف بها جيداً، فإن مستوى **التشجير** في الاتحاد الأوروبي خلال العقود الماضية كان يتناقص.

في حين جرى تشجير نحو مليون هكتار من الأراضي الزراعية في دول الاتحاد الأوروبي الـ 15 خلال الفترة 1994-1999، ونحو **700 ألف** هكتار سُجِّرت بين عامي 2000 و2007. وأسهمت برامج التنمية الريفية المغلقة مؤخراً للفترة 2007-2013 بمساحةٍ قدرها 300 ألف هكتارٍ إضافيٍ من الغابات في دول الاتحاد الأوروبي الـ 27 بحلول نهاية عام 2015. التخصيص الجديد في برامج البحث والتطوير للفترة 2014-2020 للدول الأعضاء الـ 28 يتوقع نحو 510 آلاف هكتار من **التشجير** الجديد.

• حلول من أجل مستقبلٍ خالٍ من إزالة الغابات

إذا كنت مستعداً للانضمام إلى حركة حماية الغابات والحياة البرية والمناخ، فأليك كيف يمكنك البدء:

1. دعم الجهود المبذولة من أجل الغابات التقليدية الموجودة.
2. قلل من استهلاكك للمنتجات ذات الاستخدام الفردي.
3. اطلب أن تكون المنتجات المشتقة من الغابات التي تشتريها مصنوعة من مواد ذات محتوى معاد تدويره بعد الاستهلاك بنسبة 100 % وعندما تصنع المنتجات من غابة عذراء، اطلب أن يتم التوريد بطريقة مسؤولة بيئياً واجتماعياً.





4. اتخذ خيارات غذائية مستتيرة. هناك عدد لا يحصى من الأسباب لتبني نظام غذائي نباتي أو تقليل استهلاكك للمنتجات الحيوانية بما في ذلك حماية الغابات والطبيعة.
5. مطالبة الشركات بالالتزام بالحد من إزالة الغابات من خلال سياسات صديقة للغابات ومتابعة تلك الالتزامات.
6. قم بتثقيف أصدقائك وعائلتك ومجتمعك حول كيفية تأثير أعمالنا اليومية على الغابات في جميع أنحاء العالم.
7. اطلب من الشركات أن تصدر سلع الغابات فقط بطريقة تضمن حماية الطبيعة.
8. تجنب الحلول الخاطئة مثل الوقود الحيوي أو الكتلة الحيوية أو تعويضات الكربون التي تطلق المزيد من انبعاثات غازات الاحتباس الحراري.





التشجير في المناطق القاحلة وشبه الجافة

تُعرّف المناطق القاحلة -حسب منظمة الأمم المتحدة للأغذية والزراعة (الفاو)- على أنها «المناطق التي يقل هطول الأمطار فيها عن 300 ملم»، والمناطق شبه القاحلة على أنها «المناطق التي تستقبل هطول الأمطار بين 300-600 ملم». في المناطق شبه القاحلة والجافة، قد تكون بعض السنوات أكثر جفافاً من متوسط سنوات هطول الأمطار (جفاف مؤقت). في مثل هذه السنوات الجافة، يبقى الكفاف المائي (هطول الأمطار، والجداول والمياه الجوفية) أقل من النطاق الإقليمي خلال فترة محددة. هذا النوع من الجفاف، الذي يؤثر سلباً في بقاء النباتات وتطورها، يحدث عادةً في شكل جفاف صيفي.

وصف المناطق القاحلة وشبه القاحلة وفقاً لظروف هطول الأمطار السائدة (على سبيل المثال أقل من 300 مم للقاحلة وبين 300-600 مم للمناطق شبه القاحلة) يوفر إرشادات لأغراض التشجير. يُوصف الجفاف وفقاً لسمات مثل التكرار والشدة والمدة ومنطقة التأثير.

يصنف الجفاف على أنه جفاف مناخي، وجفاف زراعي، وجفاف مائي، وجفاف اجتماعي واقتصادي. يوصف الجفاف الجوي بأنه انخفاض في كميات التهطل العادية؛ والجفاف الهيدرولوجي هو إفقار الظروف الهيدرولوجية العادية؛ ويشير الجفاف الزراعي إلى بقاء التربة تحت ظروف رطوبة التربة العادية؛ أما الجفاف الاجتماعي والاقتصادي فهو انعكاس للأثار السلبية لتقليل المياه في الحياة الاجتماعية والاقتصادية للمجتمعات. تعتبر حالات الجفاف الهيدرولوجي والزراعي والاجتماعي والاقتصادي انعكاساً ونتائج للجفاف الجوي على المناطق المذكورة.





حتى في المناطق ذات **الأمطار الكافية**؛ حيث الانخفاض في هطول الأمطار، بسبب عدم انتظام هطول الأمطار، يكون خلال فترة الغطاء النباتي لبعض السنوات، وبعبارة أخرى، قد يؤدي نقص المياه الذي يحدث في مواسم الصيف وأوائل الخريف إلى حدوث آثار الجفاف. الرطوبة النسبية في الهواء، من خلال التأثير في التبخر، لها تأثير أيضاً في الجفاف.

علاوة على ذلك، في المناطق التي يفسد فيها توازن الماء والنبات (الخصائص الفيزيائية للتربة)، فإن التحويل الفوري لسقوط الأمطار إلى جريان سطحي، دون التسلسل إلى التربة، يؤدي أيضاً إلى حدوث حالات جفاف. ومن شأن هذا الوضع أن يمنع تخزين كمية كافية من المياه داخل آفاق التربة وفي المياه الجوفية؛ لأن كفاءة هطول الأمطار تزداد مع انخفاض الجريان السطحي والتبخر.

لقد استخدم **مفهوم التصحر** من قبل الباحث أوبريفيل لأول مرة، وهو يُعرّف بأنه «تدهور الأراضي في المناطق القاحلة وشبه القاحلة والجافة شبه الرطبة نتيجة عوامل مختلفة، بما في ذلك التغيرات المناخية والأنشطة البشرية».

وتستخدم العبارات الآتية لإبراز دور الغابات في **مكافحة التصحر**: «تحدث آثار إزالة الغابات وتدهورها في شكل تعرية التربة، وفقدان التنوع البيولوجي، وتلف الحياة البرية، وتدهور أراضي مجتمعات المياه، وتدهور نوعية الحياة وانخفاض في خيارات كسب العيش».

وبعبارة أخرى، فإن التصحر مفهوم يشمل؛ انخفاض الإنتاج البيولوجي، وتدهور النظم البيئية، وانخفاض خصوبة التربة وتدهور نوعية الحياة. وفقاً لتعريف منظمة الأغذية والزراعة، فإن التصحر هو توسع واشتداد الظروف





الصحراوية لأسباب طبيعية أو نتيجة لتأثيرات بشرية. وبالتالي، هناك انخفاض في الكتلة الحيوية وقدرة المراعي والإنتاج لتلبية الاحتياجات البشرية وبالتالي في رفاهية الناس.

يقوم التصحر على تدهور النظام البيئي. ليست الصحاري مجرد مساحات شاسعة مغطاة بالرمال فقط. الصحراء ذات أوسع مساحة رملية هي الصحراء العربية، حيث إن ثلث الأرض مغطاة بالرمال. أما في الصحراء الكبرى فإن نسبة المساحات الرملية هي 9/1.

فيما يتعلق بالمواد الأساسية والتربة والمناخ وخصائص الإنتاجية، تُصنف الصحاري على أنها صحاري حجرية حصوية وصحاري صخرية وصحاري التربة منخفضة الخصوبة وصحاري ملحية وصحاري قطبية مغطاة بالجليد.

من الصعب تمييز الحدود المحددة بين المناطق القاحلة وشبه القاحلة والجافة شبه الرطبة في المناطق المتقدمة الصحراوية. في المقابل، تكون الاختلافات بين المناطق الرطبة والجافة أكثر أهمية. العامل الرئيسي في تشكيل الأرض في المناطق الرطبة هو جداول الماء. في المناطق القاحلة، يكون عامل الرياح أكثر بروزاً في انحلال وتشكيل الطبوغرافيا، بينما يتم تحديد شكل الأرض من خلال التأثيرات المشتركة للفيضانات والانهيارات الأرضية. يصير الغطاء النباتي المتناثر والجاف في المناطق شبه القاحلة أكثر تضرراً باتجاه الأجزاء الداخلية من المناطق القاحلة ويتخذ أشكالاً تتكيف بشكل أفضل مع المزيد من الظروف القاحلة. في بعض الظروف يختفي تماماً من الموقع.





• تحديات التشجير في المناطق القاحلة وشبه القاحلة

يشكل غرس الأشجار في الأراضي الجافة تحدياً كبيراً للمزارعين في المناطق القاحلة وشبه القاحلة. لذلك، هناك حاجة إلى معلومات تقنية أفضل لتعزيز غرس الأشجار في التربة التي تعاني من نقص المياه.

في المناطق القاحلة وشبه القاحلة، يكون الغطاء النباتي عرضة للتدهور بسبب الأنشطة البشرية التي تؤدي إلى إزالة الغابات وتدهور الأراضي والتصحر الذي يؤثر بشكل مباشر وغير مباشر على الموارد المائية. لتحسين معيشة المجتمعات الريفية من خلال إنتاج مواد البناء وحطب الوقود.

علاوة على ذلك، وعلى المدى الطويل، يمكن أن تؤدي استعادة الغطاء النباتي للغابات إلى تحسين خصائص التربة والمساهمة في توازن المياه المحلي من خلال التحكم في الفيضانات في موسم الأمطار وتخفيف الجفاف في موسم الجفاف. وبالتالي فإن إعادة التشجير هو إجراء بيئي مهم جداً وفعال.

ومع ذلك، وفي الوقت نفسه، تؤدي إعادة التشجير إلى زيادة استهلاك المياه بسبب التبخر من الغابات المنشأة حديثاً. لذلك فإن الزيادة في إعادة التشجير تقلل من الموارد المائية في المناطق القاحلة وشبه القاحلة، مما يؤدي إلى نقص المياه للحياة اليومية والإنتاج الزراعي. بالإضافة إلى ذلك، قد يؤثر انخفاض تدفق الأنهار في النظام البيئي لحوض النهر، مما قد يؤدي إلى الإضرار بالتنوع البيولوجي والتأثير سلباً في سبل عيش المجتمع.

لذلك، هناك طلب كبير على تحسين تقنيات إعادة التشجير التي يمكن أن تعزز استعادة الغابات وإدارتها وزيادة كمية المياه المتاحة مع الحفاظ على





البيئة المائية. ومع ذلك، فإن كميةً كبيرةً من المياه استهلكت عن طريق **التشجير** باستخدام أنواع مثل الكينا التي جرى إدخالها لزيادة إنتاج الأخشاب المحلية مما أدى إلى قلق خطير من انخفاض مستوى المياه الجوفية.

كما جرى إدخال أنواع أشجار المسكيت لاستعادة الأراضي المتدهورة إلى غابات كثيفة وانتشرت حتى في الأراضي الزراعية والممرات المائية بخلاف المناطق المستهدفة بسبب تحملها البيئي القوي وإنتاجيتها العالية وقد أعاق هذا الإنتاج الزراعي في بعض الحالات.

وبالتالي، فإن طرائق زراعة الأشجار ليست التحدي الوحيد في المناطق القاحلة وشبه القاحلة ولكن أيضاً إدارة الغابات بعد الزراعة. لقد أدى تدمير الغابات وتدهورها، إلى زيادة التصحر ونقص المياه، بسبب الضغوط المفرطة من صنع الإنسان من إزالة الغابات منذ فترة طويلة وتنمية الأراضي في مساحة حرجية ضخمة.

في الواقع يُعدّ بناء القدرات والتعاون مع المجتمعات المحلية ضروريان لاستعادة الغابات والحفاظ عليها؛ لذلك من الضروري اقتراح طرائق إعادة **التشجير** والإدارة التي تفيّد حياة السكان المحليين، وتغيير مواقفهم وتعزيز قدراتهم.

أجريت دراسة ميدانية تجريبية حول إعادة **التشجير** وإدارتها في المناطق القاحلة وشبه القاحلة في كينيا حيث صار التصحر ونقص المياه خطيراً بشكل متزايد، بالتعاون مع أفراد المجتمع المحلي. كان الهدف هو تطوير ممارسات إعادة **التشجير** والإدارة المناسبة مع الأخذ بعين الاعتبار الآثار السلبية قصيرة المدى لزراعة أشجار الغابات في التوازن المائي المحلي.





• استخدام الموارد المتاحة للتشجير في المناطق القاحلة

تغطي الأراضي القاحلة ما يقرب من ثلث مساحة اليابسة من سطح كوكب الأرض، حيث يعيش أكثر من ثلث سكان العالم. ووفقاً لمنظمة الأغذية والزراعة، تشمل المناطق القاحلة المناطق شديدة الجفاف والجافة وشبه القاحلة بنسبة 4.2% و 14.6% و 12.2% من إجمالي مساحة الأرض في العالم، على التوالي.

إن أكبر الصحاري شبه الاستوائية هما الصحراء الكبرى (9.1 مليون كيلومتر مربع) في شمال إفريقيا والصحراء العربية (2.3 مليون كيلومتر مربع) في شبه الجزيرة العربية. وتوفر الصحاري شبه الاستوائية الكثير من الأراضي غير المستغلة. تتميز الصحاري شبه الاستوائية بانخفاض هطول الأمطار السنوي، ولكنها توفر إمكانات للأشجار للنمو على مدار السنة وتتلقى أشعة الشمس الكافية، وهو أمر ضروري لنمو الشجرة. إلى حد ما، كلما زاد ضوء الشمس المتاح للشجرة، زادت قابلية التمثيل الضوئي، وبالتالي إنتاج الشجرة.

تشكل المياه العذبة نحو 2.5% فقط من إجمالي المياه على كوكب الأرض و97.5% مياه مالحة. تمثل النسبة الصالحة للاستخدام من مصادر المياه العذبة أقل من 1% من إجمالي المياه العذبة و0.01% فقط من كل المياه على الأرض. يعد عدم كفاية المياه في العديد من المناطق القاحلة عقبة خطيرةً وتحدياً كبيراً لرفاهية الإنسان والتنمية الاقتصادية.

ومع ذلك، أينما يعيش الناس، تتولد المياه العادمة من الأنشطة البلدية والصناعية والزراعية. حيث تمثل مياه الصرف الصحي غير المستغلة مخاطر جسيمة على صحة الإنسان والبيئة، بالإضافة إلى كونها إهداراً لموارد مائية





قيمة. يمكن معالجة المياه العادمة الناتجة عن الأنشطة البلدية أو مياه الصرف الصحي جزئياً ثم استخدامها في توفير المياه اللازمة لري الأشجار.

تحتوي مياه الصرف الصحي على نسبة عالية من المغذيات النباتية الأولية مثل النيتروجين والفوسفور، التي تعتبر ضرورية أيضاً لنمو الأشجار. علاوة على ذلك، يمكن استخدام الحمأة أو النفايات الصلبة المتبقية بعد معالجة مياه الصرف لإنتاج الطاقة المتجددة (مثل الغاز الحيوي) ومكيفات التربة.

باختصار، تُستخدم إمكانات الموارد المتاحة (الأراضي الصحراوية غير المستغلة، وأشعة الشمس، ومياه الصرف الصحي والمغذيات في مياه الصرف الصحي) بكفاءة لإنشاء مزارع الغابات في المناطق القاحلة، وبالتالي إنتاج الموارد المتجددة (على سبيل المثال، الأخشاب، الكتلة الحيوية الخشبية أو الوقود الحيوي). بالإضافة إلى ذلك، تُستخدم إمكانات النفايات الصلبة لمياه الصرف الصحي أيضاً لإنتاج الطاقة المتجددة والأسمدة.

• التشجير واحتجاز الكربون

التشجير هو نهج مهم للتخفيف من ظاهرة الاحتباس الحراري. ومع ذلك، فإن تفاعلاته المعقدة مع النظام المناخي تجعله مثيراً للجدل. من المتوقع أن يكون **التشجير** فعالاً في المناطق المدارية حيث تعمل التأثيرات البيوجيوكيميائية والفيزيائية الحيوية في تناغم؛ ومع ذلك، فإن إمكاناته في المناطق شبه القاحلة الكبيرة لا تزال غير مكتشفة.

وقد استخدم الباحثون نموذج المناخ العالمي لتقديم عرض عملي قائم على تنفيذ الخصائص المقاسة لنظام تشجير شبه قاحل ناجح (2000 هكتار، ~





300 ملم يعني هطول الأمطار السنوي) على مساحات شاسعة (200 مليون هكتار تقريباً) من الأمطار المماثلة للمستويات التي في الساحل وشمال أستراليا التي تؤدي إلى إضعاف وتحول النفايات الإقليمية منخفضة المستوى، مما يعزز اختراق الرطوبة وهطول الأمطار ($0.1 \pm +0.8$ مم $d - 1$ فوق منطقة الساحل و $0.1 \pm +0.4$ مم $d 1$ فوق شمال أستراليا)، والتأثير في مناطق أكبر من التشجير الأصلي.

ترتبط هذه التأثيرات بزيادة عمق الجذر وخشونة السطح وتناقص البياض. يؤدي هذا إلى تحسين التبخر وتبريد السطح وتعديل تدرج درجة الحرارة في خطوط العرض.

تشير التقديرات إلى أن إمكانية حجز الكربون لمثل هذا التشجير شبه القاحل الواسع النطاق يمكن أن يكون في حدود $\sim 10\%$ من بالوعة الكربون العالمية للغلاف الحيوي الأرضي وستنفي على أي تأثيرات الاحترار الفيزيائي البيولوجي في غضون 6 سنوات تقريباً.

• التشجير وتخضير الصحراء

يعتبر التشجير استراتيجية لتخفيف آثار تغير المناخ، ولكنه يرتبط أيضاً بالتغذية المرتدة المناخية المحتملة ونادراً ما يأخذ في الاعتبار أهمية المناطق شبه القاحلة.

أظهرت محاولات شرح السجلات التي تشير إلى «تخضير الصحراء» منذ 6 إلى 9 آلاف سنة، أن التأثيرات «التنازلية» للتغيرات في نظام الأرض، التي تؤدي في النهاية إلى تغييرات في الغطاء الأرضي، مثل التغيرات في درجة حرارة





سطح البحر (SSTs) لأحواض المحيط الأطلسي والهندي والمحيط الهادئ، يمكن أن ترتبط بالتغيرات في دوران الأرض والمحيطات والريبط عن بُعد التي يمكن أن تؤثر في نقل الرطوبة والتهطال المحلي فوق مناطق الرياح الموسمية شبه القاحلة مثل منطقة الساحل.

يمكن أن تؤدي التغييرات الناتجة في الغطاء الأرضي بالتالي إلى تغييرات في درجات درجة حرارة السطح، وبالتالي إلى تغييرات في خصائص دوران الغلاف الجوي المحلي، مثل النفاثة الإفريقية الشرقية (AEJ) وشدة الرياح الموسمية الغربية (MW) في مناطق مثل الساحل.

على النقيض من التأثيرات التي تكون «من أعلى إلى أسفل» المذكورة أعلاه، فإن التأثيرات المناخية «من أسفل إلى أعلى» المدفوعة محلياً، التي نتجت عن تغيير الغطاء الأرضي أولاً في المناطق شبه القاحلة، مثل التصحر في منطقة الساحل. كما تعمل التغذية المرتدة العكسية على إعادة التشجير في مثل هذه المناطق.

في حين تناولت الدراسات الرائدة بعض جوانب الغطاء الأرضي والمناخ في منطقة الساحل والمناطق المماثلة، فقد بذل الباحثون جهداً في معالجة بعض قيودها وتقديم منظور شامل وقائم على العمليات كمسألة المساهمة المحتملة للتشجير للتخفيف من آثار تغير المناخ يصير أكثر إلحاحاً.

على سبيل المثال، اعتمدت بعض الدراسات المبكرة على نماذج منخفضة الدقة (من نحو 2.5 درجة إلى 4 درجات من خط العرض و3 إلى 5 درجات من خط الطول وأقل من 20 درجة من المستويات الرأسية)، بغض النظر عن التأثيرات العالمية للمحيطات، ونوع الغطاء النباتي غير المناسب لمناخ شبه جاف.





استندت بعض الدراسات إلى منظور محلي مدفوع بالتبخّر المحلي، أو الزيادات في الطاقة الحركية المضطربة.

في المقابل، تميل بعض الدراسات إلى التأكيد بشكل أساسي على تأثيرات الاتصال عن بُعد بالمحيطات على نظام هطول الأمطار في غرب إفريقيا. وقد جرى الإبلاغ أيضاً عن وجهات نظر إضافية، مثل المرتبطة بإزالة الغابات خارج مناطق الرياح الموسمية، أو **التشجير** في خطوط العرض الوسطى الشمالية.

في الوقت الحاضر، من المسلم به أن آثار **التشجير** والتغيرات الأخرى في استخدام الأراضي على المناخ غالباً ما تقيّم من خلال تأثيرها البيوجيوكيميائي (BGC)، مثل حجز الكربون الذي يؤثر في تراكيز ثاني أكسيد الكربون في الغلاف الجوي، والتأثيرات المباشرة في ميزانية الطاقة السطحية المرتبطة بالتأثيرات البيوجيوفيزيائية (BGP)، مثل تقليل العاكسية وزيادة خشونة السطح وتعزيز التبخر.

تعتمد فعالية **التشجير** كاستراتيجية للتخفيف من آثار تغير المناخ في توازن التأثيرات البيوجيوكيميائية والبيوجيوفيزيائية وقد ثبت أنها أكثر فاعلية في المناطق المدارية، حيث يعزز توافر المياه امتصاص الكربون والغيوم، مع الموازنة اللاحقة للعاكسية المنخفضة للغابة من خلال سطح المظهر الخارجي. وقد قال الباحثون إنه أقل فعالية أو حتى يأتي بنتائج عكسية في مناطق أخرى حيث يكون امتصاص الكربون أكثر محدودية، وتغلب آثاره المناخية في الانخفاض الناتج في العاكسية، مما يؤدي إلى ارتفاع درجة الحرارة. لوحظ أيضاً أن التأثيرات الأخرى، مثل انبعاث المواد المتطايرة التي تؤثر في تكوين السحب، يمكن أن تؤثر أيضاً في الفعالية الإجمالية للتشجير.





• آثار التشجير في هطول الأمطار ودرجة الحرارة في المناطق المشجرة

لقد أشارت نتائج نماذج محاكاة **التشجير** بوضوح إلى زيادة التهطلات وتبريد درجة حرارة الهواء السطحي (SAT) فوق منطقة الساحل وشمال أستراليا. كما تُظهر النتائج نمطاً مكانياً للشذوذ يمتد بشكل منطقي عبر المنطقة المشجرة وبصمة (منطقة التأثير) التأثيرات تمتد حتى 20 درجة شمالاً خارج المنطقة المشجرة.

أظهر المتوسط الشهري لهطول الأمطار على منطقة الساحل تطور هطول الأمطار في مدة نحوها من أبريل إلى نوفمبر تقريباً، مع أقصى تأثير في الصيف، يوليو - أغسطس - سبتمبر، بمتوسط تحيز إيجابي قدره $0.1 \pm +0.8$ ملم في اليوم.

أشارت تأثيرات **التشجير** في درجة حرارة السطح الإقليمية إلى برودة درجة حرارة الهواء السطحي في العام تقريباً، مع أقصى تغيير في الصيف، ومتوسط تغيير قدره 0.1 ± -1.3 درجة مئوية. رُصدت تأثيرات **التشجير** في تبريد درجة حرارة الهواء السطحي بالزيادة في الغطاء السحابي والرياح الباردة القادمة من المحيط والغابات، والتي امتدت إلى الأجزاء الجنوبية من الصحراء الكبرى.

كما أظهرت عمليات المحاكاة على كل من هطول الأمطار وتبريد درجة حرارة الهواء السطحي، لمدة 15 عاماً نتائج قوية لهطول الأمطار المرتفع باستمرار وانخفاض تبريد درجة حرارة الهواء السطحي طوال فترة المحاكاة بكاملها وعبر التغيرات المناخية بين السنوات، بما في ذلك ثلاثية النينو المهمة (أي 8/1997، 3 / 2002، 10/2009) وأربع سنوات لا نينا.





تشير مقارنة عمليات المحاكاة الأطول والأقل دقة (15 عاماً، 200 كم) إلى عمليات المحاكاة عالية الدقة قصيرة المدى (3 سنوات، 50 كم) إلى نتائج متسقة لزيادة هطول الأمطار وسطح أكثر برودة (مع قيم شذوذ متوسط أعلى إلى حد ما في محاكاة عالية الدقة).

ولوحظت نتائج مماثلة في عمليات محاكاة **التشجير** في شمال أستراليا، حيث زاد هطول الأمطار في الصيف بمعدل $0.1 \pm +0.4$ ملم في اليوم، وانخفض تبريد درجة حرارة الهواء السطحي بمقدار 0.1 ± 0.9 درجة مئوية في المتوسط فوق منطقة الغابات.

ومع ذلك، تظهر النتائج على المناطق شبه القاحلة في ظل نظام الرياح الموسمية في كل من منطقة الساحل وشمال أستراليا مرتبطة بالآليات نفسها؛ حيث يقوم تبريد السطح بتعديل تدرج درجة الحرارة في خطوط العرض، ويضعف ويغير النفاثات الإقليمية منخفضة المستوى، مما يؤدي إلى تعزيز اختراق الرطوبة وهطول الأمطار.

• التغيرات في دوران الغلاف الجوي الإقليمي

لقد أثر تبريد السطح فوق المنطقة المشجرة على تدرج درجة الحرارة الزوالي عن طريق تقليله فوق منطقة الغابات وزيادته على السطح البيئي الأكثر جفافاً في نطاق **التشجير**.

كما هو متوقع، أدت مثل هذه التغيرات في تدرجات درجة حرارة السطح إلى إضعاف التيار المحلي منخفض المستوى (وهو ما يسمى بالتيار الإفريقي الشرقي، AEJ)، مع تغيير 2 متر/ ثانية في قلبه وحدوث إزاحة مكانية نحو الحافة الأكثر جفافاً من مجموعة الغابات.





من المحتمل أن يكون هذا تغييراً حاسماً سمح باختراق أعماق لرطوبة المحيط الأطلسي، وزيادة في تقارب تدفق الرطوبة (MFC) بعد تقارب الرياح الغربية الداخلية، وفي النهاية إزاحة أقصى هطول صيفي إلى منطقة الغابات وحافتها الجافة.

يبدو أن شكل منطقة تقارب تدفق الرطوبة محدد من خلال موضع وشدة التيار الإفريقي الشرقي، مما يشير إلى أنه في كل من محاكاة التحكم (CON) والتشجير (AFFO)، يتبع الحد الأقصى لتقارب تدفق الرطوبة الهامش الجنوبي من التيار الإفريقي الشرقي. وهذا هو المكان الذي يعمل فيه التيار الإفريقي الشرقي كحاجز أمام تغلغل الرياح الموسمية الغربية، المصدر المحلي للرطوبة في الساحل، ويخضع لتطور التقارب.

مع أنه لوحظ أن تبريد درجة حرارة الهواء السطحي الأكثر برودة يمكن أن يعزز الهبوط، فإن إضعاف شدة التيار الإفريقي الشرقي يزيد التقارب عند 10 درجات شمالاً (بينما هناك ضعف في التقارب شمال الغابة). ترتبط الزيادة في تقارب تدفق الرطوبة عند 20 درجة شمالاً أيضاً بزيادة انتشار الرطوبة شمالاً.

كما لوحظت عملية مماثلة من التغييرات في ميزانية الطاقة السطحية التي تؤدي إلى تغييرات في دوران الغلاف الجوي الإقليمي في محاكاة تشجير شمال أستراليا. أدى تكثيف أنماط الرياح في البيئة النشطة للرياح الموسمية إلى اختراق أعماق لتقارب تدفق الرطوبة فوق المنطقة المشجرة في تلك المنطقة.





• عناصر الغطاء النباتي الرئيسية التي تؤثر في التغذية المرتدة للغلاف الحيوي والغلاف الجوي

كما ذكر أعلاه، فقد استندت تجارب **التشجير** إلى تنفيذ نوع وظيفي جديد للنبات يعتمد فقط على الخصائص الفيزيائية لنظام تشجير شبه جاف ناجح على نطاق صغير.

لقد حاول الباحثون تقييم التسلسل الهرمي في أهمية الخصائص الفيزيائية المختلفة، مثل العاكسية، والخشونة (ارتفاع الغطاء النباتي)، وعمق الجذر، في إطلاق التغييرات المحاكاة في التيار الإفريقي الشرقي وتبريد درجة حرارة الهواء السطحي وهطول الأمطار.

أشارت النتائج إلى أن المعامل السائد في تجربة **التشجير** كان على الأرجح الزيادة في عمق الجذر، مما سمح بزيادة استخراج رطوبة التربة والتحول الأولي لصافي الإشعاع المتزايد إلى تدفق محسن للتبخر النتحي وتبريد السطح.

الخشونة (ارتفاع الغطاء النباتي، كثافة الحامل) عززت تبريد السطح عن طريق زيادة التوصيل الديناميكي الهوائي بين السطح والجو. تم تلخيص سلسلة الأحداث المقترحة من عمق الجذر المتزايد إلى التغييرات المناخية المرصودة في تجربة **التشجير** الكبيرة.





• احتمال تأثير المحيطات في منطقة الساحل وآثار تشجير شمال أستراليا

مع أنّ عمليات الأرض والغلاف الجوي المحلية قد تم اقتراحها أعلاه كآلية أساسية معقولة لتأثيرات **التشجير**، يمكن أيضاً إشراك المحيطات على نطاق واسع وتأثيرات الاتصال عن بُعد في تعزيز أو تخفيف أو حتى دفع التأثيرات المحلية.

للتحقق من هذه التأثيرات، استخدمنا إجراء تحليل التباين الأقصى (MCA) لاشتقاق «بيئة إحصائية» تتعلق بهطول الأمطار فوق منطقة الساحل وشمال أستراليا بدرجات حرارة سطح البحر.

أظهرت النتائج فوق منطقة الساحل وضعا رائداً (أوضح أنّ 33.6% من التغيرات) يمثل زيادة هطول الأمطار فوق منطقة أثر **التشجير** بالتزامن مع فصل الصيف في نصف الكرة الشمالي، عندما يزداد الشمس الشمسي فوق هذا المجال (ارتباط إيجابي) وينخفض في نصف الكرة الجنوبي (ارتباط سلبي).

يؤدي هذا إلى إنشاء وضع «التدرج اللوني بين نصف الكرة الأرضية» الذي يلاحظ. يظهر الوضعان الرائدان الثاني والثالث (موضحان 16% و 8% من التغيرات) انخفاضاً في هطول الأمطار في منطقة الساحل، أما عندما يعاني المحيط الهادئ الاستوائي من التذبذب الجنوبي النينو (ENSO)، الذي يتميز بمراحلها القصوى: النينو ولا نينا) الأحداث، بين أمور أخرى، واحترار المحيط الأطلسي أو فيما يتعلق بتباين درجة حرارة الأرض والمحيط.

فوق شمال أستراليا، تمثل جميع أوضاع القيادة الثلاثة الأولى (31.3% و 12.9% و 12.5% من التباين) زيادة هطول الأمطار شمال منطقة الغابات





داخل منطقة البصرة، مع الوضعين الأول والثاني المرتبطين بشكل أساسي بـ ENSO وثنائي القطب الهندي (IOD)، حيث يزيد معدل هطول الأمطار أعلى من المتوسط في المحيط الهندي بالقرب من أستراليا.

يُظهر الوضع الثاني انخفاضاً في هطول الأمطار في وسط منطقة البصرة وزيادة هطول الأمطار في الجوانب الشرقية الغربية على طول المناطق الساحلية. النمط الثالث المرتبط بزيادة درجة حرارة سطح البحر فوق غرب وجنوب أستراليا. أظهرت إحصائيات أوضاع تحليل التباين الأقصى الرائدة ارتباطاً جيداً بين المكونات الرئيسية في جميع الأنماط الرئيسية (الأوضاع الرائدة).

تشير النتائج في منطقة الساحل (شمال أستراليا) إلى ارتباط عالٍ 0.5 (0.6) وتباين صغير 7.5% (8.9%) من هطول الأمطار في الوضع الأول، مما يعزز بقوة استمرار زيادة هطول الأمطار في نتائج المحاكاة لمجالات الساحل وشمال أستراليا خلال موسم الرياح الموسمية. وبالتالي، فإن الاستنتاج العام لتحليل MCA هو أن حرارة سطح البحر تعمل بالتنسيق مع التأثيرات المحاكاة للتشجير على نطاق واسع.

إمكانية حجز الكربون

لتقييم كفاءة التشجير الناجح على نطاق واسع للمناطق شبه القاحلة للتخفيف من آثار تغير المناخ، يجب تقدير التأثيرات البيوجيوكيميائية (BGC) بسبب إمكانية حجز الكربون جنباً إلى جنب مع التأثيرات البيوجيوفيزيائية المباشرة (BGP) التي نوقشت أعلاه.





للحصول على تقدير تقريبي أول، تشير عمليات المحاكاة التي أجراها الباحثون على مدار 15 عاماً إلى أنه مع وجود التبريد الإقليمي، فإن تشجير منطقة الساحل أدى إلى زيادة صافي الإشعاع العالمي في الجزء العلوي من الغلاف الجوي بمقدار 0.12 ± 0.9 واط لكل متر مربع على المقياس السنوي مقارنةً بالمجموعة الضابطة، وهو صافي تأثير الاحترار.

ثم قارنوا هذا مع نتائج نظام **التشجير** شبه القاحل الصغير في منطقة يتير كمؤشر عام لإمكانية حجز الكربون تحت مستويات مماثلة من الترسيب والإشعاع (2.2 طن سنوياً هكتار) وامتصاص الكربون السنوي الحالي من أجل غابات السافانا الجافة بمقدار 0.12 طن هكتار و0.75 طن هكتار في الساحل وشمال أستراليا، على التوالي.

يؤدي هذا إلى التأثير الإشعاعي الهامشي (ΔR_{FCO2}) من أجل تشجير الساحل بمقدار 0.02 واط متر مربع؛ إنه تأثير تبريد صغير، لكنه تأثير تراكمي في مدى عمر الغابة. لذلك، بالنسبة للتقريب الأول، من المتوقع أن تتوازن تأثيرات الاحترار الصغيرة لتشجير منطقة الساحل في فترة قصيرة تصل إلى 6 سنوات تقريباً من تراكم الكربون ($0.12 \pm 0.9 / 0.02$)، وهو أمر غير مهم في عمر الغابات (الأكبر من 100 سنة).

بمجرد تحقيق هذا التوازن (على سبيل المثال، ينتج عن مجموع تأثيرات $BGP + BGC$ التبريد)، وردود الفعل الإيجابية، بما في ذلك السطح الأكثر برودة، وزيادة هطول الأمطار (التي يمكن أن تحافظ على غابة جديدة على منطقة البصمة الممتدة)، والتوسع المحتمل للغابة الأولية بسبب البصمة





الرطوبة الأكبر، يمكن أن تدعم إمكانية كبيرة لحجز الكربون (وبالتالي إنتاج الخشب والأغذية).

مع أن المنطقة شبه القاحلة العالمية تبلغ نحو $10^6 \times 2000$ هكتار، باستخدام $10^6 \times 200$ هكتار فقط من منطقة الساحل يقدر صافي امتصاص الكربون السنوي بأكثر من 2 طن من الكربون هكتار، وبالتالي فإن هذا يترجم إلى كربون سنوي احتمال حجز (~ Pg C 0.2).

بافتراض أول تقدير تقريبي (مع مراعاة ندرة البيانات المتاحة) أن نتائج مماثلة تنطبق على شمال أستراليا، فإن حوض الكربون المشترك في كاليفورنيا يمكن أن يكون 5/1 من المناطق شبه القاحلة (~ Pg C 0.4) سنوياً. وهذا مهم، مع الأخذ في الاعتبار أن بالوعة الكربون السنوية المقدرة لكامل الغلاف الحيوي الأرضي نحو (Pg 2.5)، ويمكن أن توفر وتداً مفيداً في الجهود العالمية لإبطاء الزيادة في تراكيزات ثاني أكسيد الكربون في الغلاف الجوي.

لقد أبلغت الدراسات السابقة أيضاً عن نماذج محاكاة أشارت بشكل عام إلى زيادة هطول الأمطار المرتبطة بزيادة الغطاء النباتي. ومع ذلك، فإن الدراسات الحالية تمتد إلى حد كبير من العمل السابق مع عمليات محاكاة أكثر شمولاً وأعلى دقة، مع نوع نباتي أكثر واقعية، وتقتصر تطوراً جديداً للتأثيرات وتضخيمها، مع مراعاة الاتصالات عن بُعد في المحيط.





التشجير: التحديات والحلول



تشير الدراسات إلى الفوائد المحتملة للتشجير في المناطق شبه القاحلة الكبيرة، التي يمكن أن تكون أكثر كفاءة من حيث التخفيف من حدة المناخ من التشجير في مناطق خطوط العرض العليا، مثل المنطقة الشمالية.





استراتيجيات تقاسم المياه في مناطق التشجير

في النظام البيئي للأراضي الجافة والقاحلة، يمكن أن تتعايش العديد من الأنواع النباتية باستخدام حكمة مشاركة موارد المياه في ظل الإجهاد المائي الشديد في البيئة القاسية. في المناطق القاحلة، يكون التنافس بين الأنواع المختلفة على المياه حاداً ومكثفاً بسبب نقص المياه.

مع أنّ حكمة تقاسم الموارد المائية من أجل التعايش في ظل الإجهاد المائي يجب أن تؤدي دوراً في مثل هذه البيئة، فإن مبدأ الاستبعاد التنافسي يعني أن نوعين يستخدمان المكان نفسه لا يمكن أن يتعايشا، وهذا مبدأ أساسي في علم البيئة.

لذلك، فإن النباتات التي يبدو أنها قادرة على مشاركة المياه تستخدم بشكل أساسي موارد مائية مختلفة. هناك أنواع مختلفة من الموارد المائية وهناك حاجة إلى استراتيجية محددة لاستخدام كل نوع من أنواع الموارد المائية؛ لا يمكن استخدام أنواع عديدة من مصادر المياه باستراتيجية واحدة فقط.

في الوقت نفسه، لا تسمح البيئة المائية في المناطق القاحلة لنوع واحد بالتطور مع العديد من الاستراتيجيات. من الناحية العلمية، الحكمة في علم البيئة هي استراتيجية لتاريخ الحياة. يمكن لكل نوع نباتي أن يستخدم استراتيجية خاصة بالأنواع لتأمين مصدر مائي، ولكن يمكنه استخدام جزء فقط من موارد المياه، ونتيجة لذلك، يمكن أن يتعايشوا كعضو في النظام البيئي للأراضي القاحلة بحجم مناسب لكمية المياه المتاحة.





بشكل عام يوجد ثلاث استراتيجيات ممكنة للنباتات للنجاة من نقص المياه، وهي: تحمل الجفاف؛ واستخدام مصدر مياه فريد؛ والاستفادة من المياه المتبقية من النباتات الأخرى.

1. تحمل الجفاف

في حالات نقص المياه، يعد التعديل المورفولوجي لأجزاء النبات الموجودة فوق سطح الأرض والتكيف الوظيفي الطريقة الأكثر فعالية لتحمل الجفاف. المقياس المورفولوجي الأكثر شيوعاً لتحمل الجفاف هو الأوراق السميكة والصغيرة بطبقة سميكة لمنع فقدان الماء بالنتح.

لتحسين كفاءة استخدام المياه، تعتمد النباتات التحكم في فتح المسام وتعزيز معدل التمثيل الضوئي كتكيف وظيفي. من المحتمل أن يتسبب تقليل قدرة الأوراق المائية على امتصاص كمية محدودة من الماء بشكل أسرع من النباتات الأخرى في حدوث تجويف في نسيج الخشب (تصير فقاعات الهواء المتكونة في الوعاء تجويفاً يثبّط الوظيفة الهيدروليكية).

يعد تعديل قطر الوعاء، الذي يؤثر في كفاءة تدفق المياه، أحد الإجراءات المضادة الفعالة ضد التجويف في نسيج الخشب. علاوة على ذلك، يعد تخزين كمية جيدة من الماء في أنسجة النبات إجراءً فعّالاً للتعامل مع إجهاد الجفاف.

2. استخدام مصدر مياه فريد

المفتاح لتأمين مورد مائي فريد لا تستخدمه النباتات الأخرى هو قدرة التكيف المورفولوجي والوظيفي لنظام الجذر. يتم استخدام التنظيم العضلي





لزيادة قوة امتصاص الماء عن طريق تقليل الإمكانيات التناضحية لخلايا البشرة الجذرية في جميع النباتات تقريباً كطريقة فعّالة للاستجابة للإجهاد المائي الحاد.

بالإضافة إلى ذلك، يمكن للنباتات ذات الجذور الجانبية والجذور الوتدية نقل مياه التربة عبر الجذور عبر التربة ذات المحتويات المائية المختلفة، التي يشار إليها باسم «إعادة التوزيع الهيدروليكي» **(HR) Hydraulic Redistribution**.

تتيح الموارد البشرية الاستخدام الحصري للمياه الجوفية و / أو المياه السطحية. قد تستغل الجذور الجانبية في سطح الأرض مياه تكثيف الندى، وبعض النباتات قادرة على تجميع كمية من الماء أكبر من الحد الأقصى لكمية المياه التي يمكن الاحتفاظ بها في التربة المحيطة عن طريق تكوين نظام جذري مكثف مثل حصيرة بالقرب من سطح الأرض. يعد محاصرة الضباب باستخدام الجزء الموجود فوق الأرض أيضاً استراتيجية فعّالة لتأمين مصدر فريد للمياه.

3. الاستفادة من المياه المتبقية من النباتات الأخرى

هناك عدد محدود من الظروف البيئية التي يمكن للنباتات في ظلها مشاركة الماء مع النباتات الأخرى أو أن تكون طفيلية على النباتات الأخرى. عندما تنقل المياه الجوفية العميقة إلى الطبقة السطحية، قد تستغل النباتات الأخرى هذه المياه المرفوعة هيدروليكيّاً بشكل أسرع. عندما يحيط الضباب بأغصان شجرة ثم يسقط على الأرض، قد تستغل النباتات الأخرى الموجودة على سطح الأرض الماء أولاً. مع أنّ معظم حالات تقاسم المياه هذه محدودة، فإن استخدام بقايا المياه أمرٌ شائعٌ إلى حدٍ ما.





• استراتيجيات استخدام مصادر المياه المختلفة

أصل الماء الذي تستخدمه النباتات هو مياه الأمطار. في العملية التي تتدفق فيها مياه الأمطار إلى أسفل المنحدر، تتحول إلى مصادر مياه مختلفة مثل مياه الأنهار والمياه الجوفية. تكافح جميع النباتات من أجل مصادر المياه الخاصة بها من خلال خصائصها ولديها استراتيجيات كإجراءات مضادة.

1. مياه الأمطار

متوسط هطول الأمطار السنوي على سطح الأرض في العالم هو 880 ملم. وهذا كافٍ لتنمو الأراضي العشبية فوق 5 درجات مئوية من المتوسط السنوي لدرجة الحرارة ويمكن إنشاء غابة صنوبرية أقل من 5 درجات مئوية. ومع ذلك، فإن التوزيع المكاني لهطول الأمطار ليس متجانساً؛ أعلى رقم قياسي في العالم هو أكثر من 10000 ملم / سنة بينما لم تشهد بعض المناطق أي هطول للأمطار لسنوات.

في بيئة غنية بالمياه الكافية ودرجة الحرارة، يمكن تكوين غابات ذات تنوع بيولوجي عالٍ. ومع ذلك، عندما تكون إمدادات المياه شحيحة، تصير المنافسة شديدة ويبدأ هيكل الغابات في التدهور.

يمكن إغلاق المظلة فقط عندما يكون هطول الأمطار فوق منطقة إسقاط التاج أعلى من التبخر من التاج. كلما زادت كمية هطول الأمطار عن الكمية المطلوبة، صارت المظلة أكثر تعقيداً رأسياً. الحالة المثلى لمثل هذه الحالة هي الغابات الاستوائية المطيرة حيث يتجاوز ارتفاع الشجرة 50 متراً وتتشكل مظلة متعددة الطبقات.





في المقابل، عندما يصير هطول الأمطار على الأرض المغطاة بالنباتات أقل من التبخر، ويتعين على النباتات امتصاص الماء من منطقة أوسع من المنطقة التي تغطيها، وتبدأ المنافسة على المياه بين الجيران. نتيجة لذلك، تنمو النباتات بعيداً عن بعضها بعضاً وتصير الغابة غابة مفتوحة حيث يمكن لأشعة الشمس أن تصل إلى سطح الأرض من خلال المساحات الموجودة داخل المظلة. ومن شأن هذا أن يزيد من التبخر ويسرع نقص المياه ويصير الهواء والترية جافين. تخضع معظم الغابات في المناطق القاحلة وشبه القاحلة لمثل هذه الظروف.

عندما تتبلل الأشجار بمياه الأمطار فقط، لا يمكن للنباتات استخدامها للنمو. وحتى تستخدم المياه في الأنشطة الحيوية للنبات، يجب أن تتسلل إلى أسفل في التربة ثم يمتصها نظام الجذر. فقط جزء من مياه الأمطار التي تصل إلى سطح الأرض تتسرب إلى التربة بينما يتدفق معظمها لأسفل فوق سطح الأرض (الجريان السطحي). كلما زادت فعالية أرضية الغابة في التسلل إلى هذا الجريان السطحي، زادت كفاءة استخدام مياه الأمطار.





غابة بلوط مفتوحة بها أرض عشبية عولجت بالنيران في ولاية ميسوري الأمريكية.

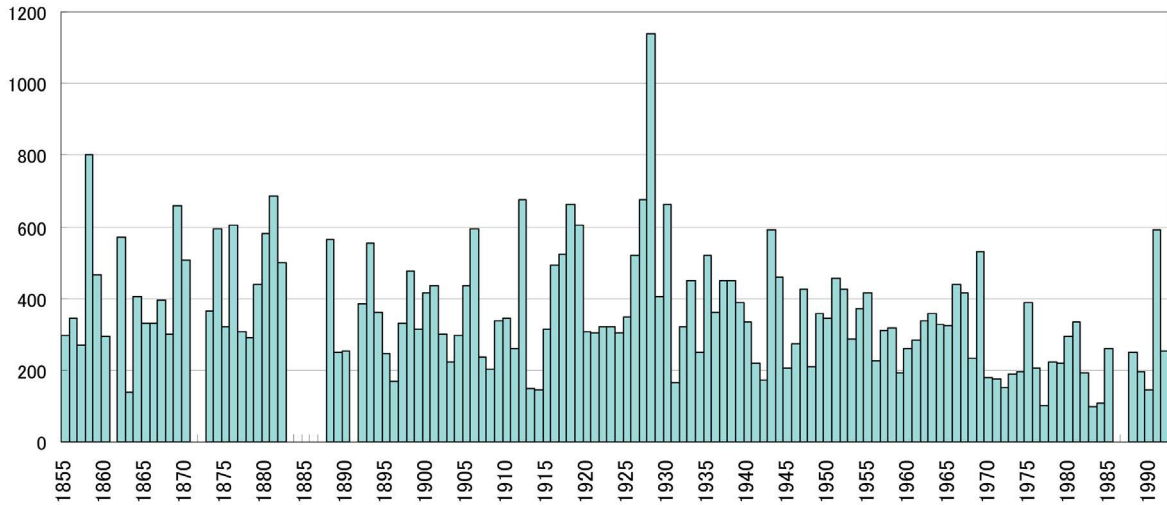
بشكل عام، يمكن للغابات تحسين قدرة تسلل التربة عن طريق تساقط القمامة (المواد العضوية). ومع ذلك، فإن هذه القدرة على تكوين التربة ضعيفة في الغابات المفتوحة، وبالتالي فإن نسبة المياه الجارية من الأمطار مرتفعة، مما يؤدي إلى جفاف التربة. تمتلك معظم النباتات التي تنمو في المناطق القاحلة القدرة على مد جذورها بعمق من أجل استخدام مصادر المياه المستقرة في طبقة التربة العميقة.





ومع ذلك، يجب ألا تُصمم زراعة الأشجار وإدارة الغابات بناءً على كمية المياه في طبقة التربة العميقة حيث لا يمكن إعادة شحن مياه التربة بالمطر، وإنما بناءً على كمية مياه الأمطار المتاحة باستخدام تدابير لتعزيز تسرب الجريان السطحي إلى الأرض، على سبيل المثال مجمّع المياه الدقيقة.

يجري توزيع هطول الأمطار مؤقتاً بشكل غير متجانس، ومن ثم فهو ليس هو نفسه في كل عام. في المناطق الرطبة، لا يتضرر الغطاء النباتي بشدة حتى لو كان هناك القليل من الأمطار، وبالتالي فإن تقلب هطول الأمطار لا يمثل مشكلة خطيرة. ومع ذلك، فإن المنطقة القاحلة هي المنطقة الهامشية للنباتات، بسبب ارتفاع وتيرة الجفاف الشديد الذي قد يدمر الغطاء النباتي تماماً.



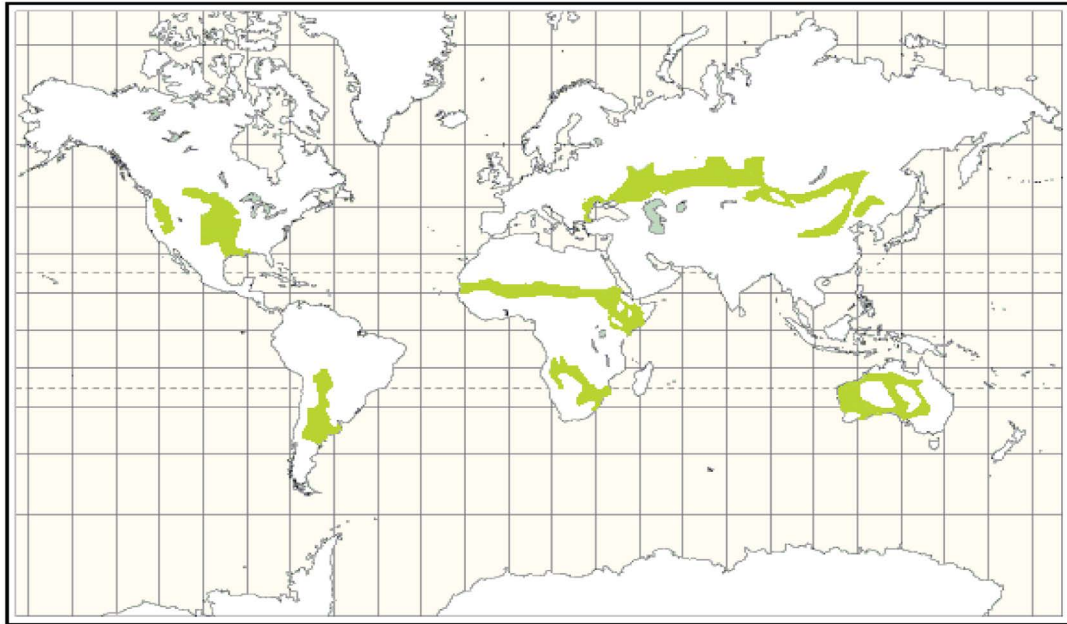
التباين السنوي لهطول الأمطار في المناطق الجافة.

يمكن للنباتات السنوية البقاء على قيد الحياة حتى في مثل هذا الجفاف الشديد وإنشاء المستوى نفسه تقريباً من الغطاء النباتي بعد الجفاف؛ لأنها





يمكن أن تبدأ من البذور في كل ربيع وتتمو وفقاً لهطول الأمطار في العام. تعاني آسيا الوسطى وقطاع الساحل من الجفاف الشديد كل بضع سنوات والبيئات القاسية للأشجار المعمرة، وبالتالي يمكن أن تهيمن النباتات العشبية. وبعبارة أخرى، فإن النظام البيئي للأراضي العشبية ناتج عن عدم التجانس الزمني لهطول الأمطار.



توزيع مناطق المراعي في كافة أرجاء العالم.

ومع ذلك، إذا ماتت الأعشاب الدائمة بسبب الجفاف، فإن كمية كبيرة من الكتلة الحيوية النباتية المتراكمة لسنوات تضيع ويضطّر النظام البيئي إلى إحداث تغيير كبير. حتى في مثل هذه البيئة، يمكن للأشجار المعمرة البقاء على قيد الحياة خلال الجفاف على الكثبان الرملية حيث لا يمكن دعم سوى الغطاء النباتي المتناثر بشكل طبيعي، ولكن يتم الاحتفاظ بكمية كافية من الماء.





يحدد مستوى التباین في المحتوى المائي للتربة أثناء الجفاف بنية الغطاء النباتي. يجب أن يؤخذ في الاعتبار تثبيت المحتوى المائي في التربة أو منع التربة من أن تصبح أكثر جفافاً من عتبة نمو الأشجار للحفاظ على الغابات في المناطق القاحلة وشبه القاحلة.



غابة شجرية موجودة على قمة الكثبان الرملية حديقة هوستاي الوطنية في منغوليا.

2. مياه النهر

عندما تتدفق مياه الأمطار على سطح الأرض، تصير نهراً يمكن أن يصل إلى أماكن بعيدة بسرعة. مع مياه الأنهار هذه، يمكن إنشاء الغطاء النباتي حتى في الصحراء بدون مطر. في آسيا الوسطى، هناك العديد من الأنهار المستمدة ليس فقط من مياه الأمطار، ولكن أيضاً من المياه التي تغذيها الأنهار الجليدية وقد زادت كمية تدفقها بسبب الاحتباس الحراري.





التشجير: التحديات والحلول

تعتبر مياه النهر التي يمكن الوصول إليها مصدراً مهماً في المناطق القاحلة. إحدى الغابات الكبيرة في المنطقة القاحلة هي غابة حور الفرات *Populus euphratica* على طول نهر تاريم **Tarim** الذي يعبر صحراء تاكلاماكان **Taklamakan**. على طول نهر هوراسيب **Hoarusib** في صحراء ناميب مع هطول الأمطار السنوي 50 ملم، تنشأ غابات الأكاسيا والعديد من أنواع الحياة البرية، مثل: الفيلة والأسود والزرافات تسكن هذه الغابة.

مع أن مياه النهر مصدر مستقر نسبياً، إلا أنه لا يمكن للعديد من النباتات استغلال هذا المورد المائي بشكل فعال. لذلك، فإن معظم غابات حور الفرات عبارة عن غابات نقية. يختلف مقدار تدفق النهر أيضاً من سنة إلى أخرى ومن موسم إلى آخر؛ يتدفق نهر تيفا **Tiva** بجانب غابة تيفا بيلوت **Tiva Pilot** في كينيا بكمية كبيرة من التدفق في موسم الأمطار ولكنه يجف تقريباً خلال موسم الجفاف.



حالة نهر تيفا خلال موسم الأمطار وموسم الجفاف.





مع أنّ الغابات الواقعة على ضفاف النهر تخضع لإجهاد مائي قوي، إلا أن معظمها يمكن أن يبقى على قيد الحياة ويحافظ على هيكل غاباته لفترة طويلة. بشكل عام، من الصعب أن تموت النباتات التي تتكون منها غابة في منطقة قاحلة. يعتبر حور الفرات أيضاً نباتاً شديداً المراس.

أثناء الجفاف، تموت الأوراق الموجودة على طرف تيجان الأشجار (الموت الرجعي) لتقليل الكمية الإجمالية للأوراق إلى المستوى الذي يمكن الحفاظ عليه بواسطة المياه المتاحة. عندما يتوقف الجفاف، تمتد الأشجار فروعها مرة أخرى بمزيد من الأوراق ولكن لا يمكن إلا أن تستعيد الحجم الأصلي؛ لذلك يكون ارتفاع الشجرة دائماً في نطاق معين فقط.



شجر حور الفرات المدعوم بقالب بسبب ظروف الجفاف.



3. المياه الجوفية

أصل المياه الجوفية هو المطر الذي تسالل وُخزن في التربة، أو يتقدم ببطء في طبقة التربة المشبعة بالمياه (حيث تمتلئ مسام التربة بالكامل بالمياه من الروافد العليا). كونها لا تخضع للتبخر، فإن كمية المياه الجوفية مستقرة إلى حد كبير. ومع ذلك، فكلما زاد الوقت الذي تبقى فيه المياه تحت الأرض، زادت الملوحة، وبالتالي انخفاض جودة المياه.

النباتات التي تعتمد على المياه الجوفية تسمى الفريتوفيت (*Phreatophyte*). مثل نخيل التمر (*Phoenix dactylifera*). يحافظ على تاج كبير على أرض جافة معقمة ويقف بشجاعة، مما يعطي انطباعاً بأن الشجرة تنجو بنجاح من بيئة الصحراء القاسية. وهناك المسكيت (*Prosopis spp*) المزروع على نطاق واسع لمكافحة التصحر هو أيضاً نبات نموذجي.

سجل أعمق جذر نبات فريتوفيت هو 68 متراً تحت سطح الأرض، وهو ما جرى تأكيده أثناء حفرة بئر في صحراء كالاهاري. من أجل أن تمتد الجذور إلى عمق التربة الجافة إلى حيث لا تصل مياه الأمطار، من الضروري اتباع استراتيجية خاصة (إعادة التوزيع الهيدروليكي) كما سنرى لاحقاً. على وجه الخصوص، تعد السرعة التي يمكن أن تصل بها الشتلات الصغيرة إلى المياه الجوفية بعد الإنبات عاملاً محددًا لبقاء النبات الفطري. بعبارة أخرى، فإن القضية الرئيسية في إنشاء شتلات الأشجار هي ما إذا كانت الجذور يمكن أن تمتد إلى المياه الجوفية بسرعة قبل أن تجف مياه الأمطار التي مكنتها من الإنبات.





انتشار أشجار نخيل في إحدى حدائق مدينة الإسكندرية في مصر.

من خلال تحليل نسبة النظائر المستقرة لمياه التربة والمياه الجوفية والمياه في حزم شجر الأبهل (*Sabina vulgaris* (Savina Juniper) السنوبرية دائمة الخضرة،





والشبح (*Artemisia ordosica* (Ordos Wormwood)) وهي شجيرة متساقطة الأوراق، والصفصاف الصيني *Salix matsudana*، وهي شجرة متساقطة، التي تقطن في صحراء مو سو في شمال وسط الصين، جرى تأكيد الاختلاف الملحوظ في مصدر المياه بين هذه الأشجار المتعاطفة التي تعيش في المنطقة نفسها.

تمتص شجر الأبهل كلاً من مياه التربة والمياه الجوفية من جميع طبقات التربة، وبالتالي فهي قادرة على تأمين المياه في جميع الفصول. ويمكن لأشجار الشبح استخدام مياه التربة فقط في 50 سم تحت الأرض؛ لأنها يمكن أن تنتظر هطول الأمطار خلال موسم الأمطار القصير. أما أشجار الصفصاف الصيني فهي لا تستخدم مياه التربة الضحلة حتى عمق 1.5 متر، ولكن يمكنها استخدام مياه التربة والمياه الجوفية في الطبقات العميقة.

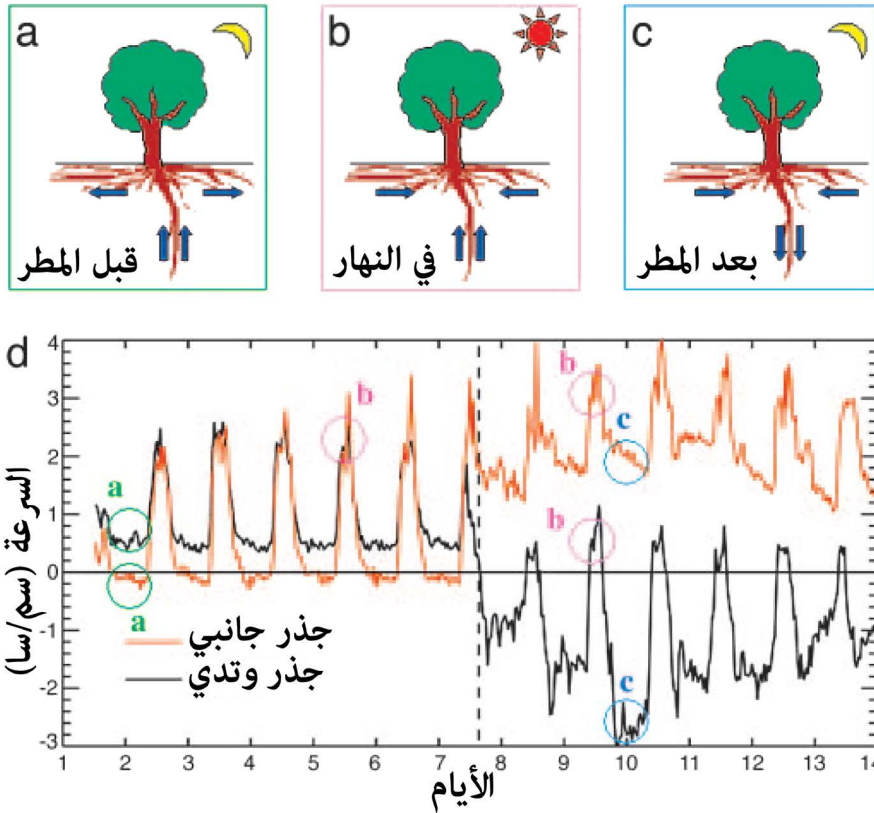
لقد جرى التعرف على إعادة التوزيع الهيدروليكي (HR) -وهو نقل مياه التربة عبر الجذور لأنواع مختلفة من المجموعات التصنيفية- وأشكال الحياة في ظل أنواع كثيرة من البيئة. بعد توقف النتح، تتحرك مياه التربة بشكل سلبي عبر الجذور بين طبقات التربة على طول التدرج المحتمل لمياه التربة. على سبيل المثال، عندما تصير التربة السطحية رطبة بعد هطول القليل من المطر وتبقى التربة العميقة جافة، تمتص النباتات التي لها جذور جانبية وجذور وتدية مياه الأمطار من التربة السطحية عن طريق الجذر الجانبي وتنقلها عبر الجذر الوتدي وتطلقها في التربة الجافة العميقة أثناء الليل.

مع أن النباتات لا يمكن أن تمتد جذورها إلى مستوى المياه الجوفية عشرات الأمتار تحت سطح الأرض بعد هطول الأمطار دفعة واحدة، إلا أنها قد تنقل كمية صغيرة من مياه الأمطار من السطح إلى طبقة التربة الأعمق بواسطة





الموارد البشرية وتستخدم المياه حصرياً لتمديد جذورها الوتدية لتصل إلى المياه الجوفية. ثم لا يمكن أن توجد الفريثوفيت بدون الموارد البشرية. بالإضافة إلى ذلك، فإن نقل مياه الأمطار على سطح الأرض إلى طبقات عميقة بواسطة الموارد البشرية يقلل من كمية المياه المفقودة بسبب التبخر في النهار، وهذا يزيد من كفاءة استخدام مياه الأمطار.



سرعة النسغ في الجذر الرئيسي والجذر الجانبي للكراث السحلي القوي (*Robust Leek-orchid*) أثناء الانتقال من موسم الجفاف إلى موسم الأمطار في غابة تاباجوس الوطنية في البرازيل. مخططات لحركة المياه في الليل قبل المطر (a)، في النهار قبل وبعد المطر (b)، والليل بعد المطر (c). أظهرت الأسهم اتجاه التدفق السائد المحدد بواسطة تدفق النسغ. رسم بياني يوضح سرعة النسغ. القيم الإيجابية تعني أن الماء يتدفق إلى النبات، والقيم السالبة تعني الابتعاد من النبات إلى التربة المحيطة. يمثل الخط المتقطع حدث مطر (36 ملم).





ومع ذلك، فإن الموارد البشرية ليست فعّالة دائماً لجميع المصانع التي لديها قدرة موارد بشرية. عندما تصير طبقة التربة السطحية جافة بسبب نقص هطول الأمطار، ترفع النباتات الفطرية مياه التربة عن طريق الجذر الوتدي وتستخرج المياه من الجذور الجانبية إلى طبقة التربة السطحية الجافة أثناء الليل. في حالة عدم وجود نباتات ضحلة الجذور في المنطقة المجاورة، يمكن استخدام هذه المياه المرفوعة هيدروليكيًا للنتح في النهار بواسطة نباتات الموارد البشرية، ولكن النباتات العشبية الضحلة الجذور في المنطقة المجاورة يمكن أن تحصل أيضاً على بقايا من مياه التربة. مع أن قدرة الموارد البشرية هي عامل مهمٌ لاختيار النباتات المناسبة للزراعة الحراجية، إلا أن التقييم الكمي لقدرة الموارد البشرية لا يكفي، وبالتالي لم يبدأ بعد تطوير طرق زراعة الغابات التي تستفيد من قدرات الموارد البشرية. أكثر من ذلك، يجب الكشف عن آثار زراعة الأشجار على نمو المحاصيل من حيث نقل رطوبة التربة.

4. الضباب والندى

نظراً لأن معظم توليد الضباب يُحدد من خلال الظروف الهيدرولوجية والجغرافيا، فإن الضباب يحدث كثيراً فقط في مواقع محدودة. ومع ذلك، فإن تواتر الضباب أكثر استقراراً من تواتر المطر. أنشأت غابات تعتمد على الضباب في الصحراء الساحلية مثل صحراء ناميب وشبه جزيرة باجا كاليفورنيا حيث المناخ جاف، ولكن الضباب يحدث بشكل متكرر.

على جانب البحر الأحمر من شبه الجزيرة العربية، تجري المحافظة على غابات كثيفة من شجر العرعر الطويل (*Juniperus Procera*) على قمة جبل يزيد ارتفاعها عن 2000 متر بسبب ضباب كثيف متكرر من البحر الأحمر. في بعض





الحالات، يتشكل الحزاز ذو اللحية (*Usneaceae*) على الأغصان الميتة لاحتجاز الضباب.

يجري امتصاص الماء المحاصر على سطح أوراق الشجرة مباشرة من خلال طبقة البشرة. بعد سقوط المياه على الأرض مع تساقط المياه، تستخدم الأشجار والأعشاب التي تنمو على أرض الغابة رطوبة ضبابية محبوسة مع منافسة شديدة. مياه تكاثف الندى هي أيضاً مصدر ثابت وفعال للمياه. يؤخذ الندى على الأوراق إلى حد كبير في النبات مباشرة ولكنه قد يسقط على الأرض مع تساقط الماء أو يتشكل مباشرة على سطح الأرض.



تولد الضباب في غابة العرعر الطويل في المملكة العربية السعودية.





نبات حزاز اللحية على غصن شجرة العرعر.



المياه التي تكثفت على أوراق شجرة الأبهل (منغوليا الداخلية، الصين)





تُفقد هذه المياه بسرعة بسبب التبخر بعد شروق الشمس، ولكنها أيضاً مصدر مياه صالح إذا جرى امتصاصها قبل الفجر. إذا لم يستعاد عجز تشبع الماء (نقص الماء **Shortage of water**) داخل النبات الناجم عن النتح في اليوم السابق بحلول صباح اليوم التالي، يمكن امتصاص ماء تكثيف الندى على الأرض بواسطة الجذور الجانبية قبل ضوء الشمس الأول للفجر؛ لذلك فإن معظم النباتات التي تنمو على الكثبان الرملية لها جذور جانبية طويلة تنتشر على سطح الأرض.



امتداد الجذور الزحافة على الأرض (منغوليا الداخلية، الصين)

نظراً لأنه ليس من السهل تحديد كمية المياه التي يتم توفيرها من الضباب والندى، لم يجرِ بعد تقييم أهمية مصادر المياه هذه بشكل كامل. في المستقبل، من المرغوب فيه تطوير طرائق إعادة التشجير التي يمكن أن تعزز استخدام الضباب والندى كأحد مصادر المياه المهمة في المنطقة القاحلة.





5. كفاءة استخدام المياه

أحد المؤشرات الرئيسية لاستخدام النباتات للمياه هو معيار **WUE** (كفاءة استخدام المياه **Water-Use Efficiency**). يشير معيار كفاءة استخدام المياه إلى الإنتاج الأولي لكل وحدة استهلاك مياه. كلما زادت كفاءة استخدام المياه للنبات، زادت كفاءة النبات في إجراء التمثيل الضوئي بكمية أقل من الماء.

يؤثر الانتقاء الطبيعي بشكل عام على النباتات ذات كفاءة استخدام المياه الأعلى في البيئة القاحلة؛ لذلك فإن كفاءة استخدام المياه في شجر الأَبْهَل أعلى من تلك الخاصة بالشيخ والصفصاف الصيني في صحراء مو سو، مما يشير إلى القدرة العالية لتكيف شجر الأَبْهَل في المناطق القاحلة. أما في المناطق التي يُتوقع فيها هطول قدر معين من الأمطار كما هو الحال في صحراء مو سو، تعطي أشجار الشجيرات المتساقطة مثل الشيخ الأولوية لتسريع عملية التمثيل الضوئي بدلاً من زيادة كفاءة استخدام المياه من أجل تركيز إنتاج التمثيل الضوئي على المدى القصير باستخدام مياه الأمطار. وبمجرد انتهاء موسم الأمطار، تقوم شجرة الشيخ بإلقاء أوراقها بسرعة لتقليل الفاقد من المياه.

وللصفصاف الصيني أيضاً خاصية مميزة؛ فهو لا يضغط على استهلاك الماء، ولكن فترة نمو أوراقه أطول من الشيخ. تعتمد الموارد المائية اللازمة لهذا النوع من النمو إلى حد كبير على نظام الجذر الموسع، الذي يمكنه امتصاص الماء من نطاق واسع. يمكن أن تضمن قدرة نمو الجذور التي تمتد إلى عمق أعمق في التربة أكثر من النمو المرتفع للجزء العلوي من الأرض التكيف مع البيئة غير الموثوق بها في المناطق القاحلة.





تقنيات تشجير المناطق الاستوائية شبه القاحلة

يعد اختيار أنواع الأشجار المناسبة لبيئة طبيعية معينة أمراً ضرورياً من أجل إنجاح إنشاء الغابات. مفتاح نجاح **التشجير** في المناطق الاستوائية شبه القاحلة هو اختيار أنواع الأشجار شديدة التحمل للجفاف. لذلك يجب إعطاء الأولوية لاختيار أنواع الأشجار الأصلية للإدارة المستدامة للغابات لضمان الاستخدام الفعال للموارد المائية والحفاظ عليها.

في حالة إدخال أنواع لأشجار غريبة مفيدة، يجب إدارة الأشجار بناءً على خصائص استخدام المياه لكل نوع. باستثناء الحالات التي يجري فيها توفير ميزانية خاصة كجزء من سياسة حكومية أو دعم خارجي، يتحمل المزارعون الأفراد المسؤولية الأساسية عن إعادة **التشجير**. لذلك يجب أن يعتمد اختيار الأنواع أيضاً على احتياجات المزارعين. في كثير من الأحيان، يفضل الأشجار متعددة الأغراض لإعادة **التشجير** لأنها تلبى الاحتياجات المتعددة للمزارعين.

نظراً لأن الأشجار غالباً ما تُزرع كجزء من **التشجير** الزراعي، فمن الضروري فهم خصائص الأشجار المعنية والنظر في طرائق الزراعة والإدارة لتقليل المنافسة بين الأشجار والمحاصيل على المياه. في اختيار الأشجار، من المهم التركيز على أنواع الأشجار التي هي على وشك النضوب من خلال استغلالها كخشب وقود، وأيضاً أنواع الأشجار التي يحتفظ بها المزارعون عن قصد للاستخدام التقليدي.





أنواع الأشجار التي جرى زرعها في المناطق شبه القاحلة في كينيا إلى اليسار: الأوكالبتوس، وفي الوسط: بلوط حريري، وإلى اليمين: أزدخت فولكنسي.

• اختيار موقع إعادة التشجير

1. مناطق الغرس المناسبة

يعتمد تحديد مواقع الغرس المناسبة لأنواع الأشجار المختارة إلى حد كبير على الخبرات المتراكمة للمزارعين ومعرفة العلماء. ومع ذلك، ومن أجل تعزيز أنشطة إعادة التشجير بشكل استراتيجي وفعال في مناطق واسعة، يلزم تطوير أدوات لتحديد وتقديم «الموائل المحتملة».

على سبيل المثال أجرى الباحثون تحليلاً لتحديد «الموئل المحتمل» بناءً على معلومات عوامل الطقس الموجودة وبيانات التوزيع الفعلي المسجلة لكل نوع من أنواع الأشجار. وحُدّد «الموطن المحتمل» في كينيا لـ 19 نوعاً على أساس تجريبي، ثم استهدف ما





مجموعه ثمانية عشر نوعاً من الأشجار التي جرى زرعها بشكل تفضيلي في المناطق القاحلة وشبه القاحلة، والتي تتوفر عنها معلومات سابقة لتحليل «الموئل المحتمل». تشمل الأنواع كلاً من **أنواع الأشجار الأصلية والغريبة وهي**: أكاسيا السنغال، أكاسيا تورتيليس، أكاسيا زانثوفرويا، أزاديراشتا إنديكا، بلانيت إيجيبتوسيا، كومبريتوم أكلييتوم، كومبريتوم كولينوم، كومبريتوم مول، كومبريتوم شوماني، أوكالبتوس كامالدولينوس ميليا فولكينسي، سينا سيامي، سينا سينجونيانا، سينا سبيكتايليس وتاماريندوس إنديكا. ج.

2. العوامل البيئية الطبيعية

حتى في نطاق محدود، تختلف قدرة التربة على الاحتفاظ بالمياه اعتماداً على التضاريس الدقيقة وأنواع التربة والغطاء النباتي. بشكل عام، تعتبر الأراضي المناسبة لنمو الأشجار مناسبة أيضاً لنمو المحاصيل، وفي هذه الأراضي يجري إعطاء الأولوية لأنشطة الإنتاج الزراعي بشكل عام. إذا توفرت أراضٍ إضافية تحت ظروف الطقس والتربة مماثلة لأراضي المحاصيل المنتجة، فيمكن استخدامها كمواقع **زراعة** مثالية.

بالإضافة إلى ذلك، من المتوقع أن الأراضي غير الصالحة للزراعة بسبب ظروف أخرى مثل زاوية انحدار الأرض مع أن ظروف الطقس والتربة نفسها مع أراضي المحاصيل، يجري استخدامها بشكل استباقي لإنشاء الغابات. بالنسبة للأراضي ذات الإنتاجية **الزراعية** المنخفضة بسبب نقص المياه، يمكن ممارسة زراعة الأشجار باستخدام تدابير مثل المجمع الصغيرة. من المهم أيضاً النظر في إمكانية تحسين التربة ذات القدرة الضعيفة على الاحتفاظ بالمياه عن طريق مزجها بالمواد العضوية.





هناك حاجة للنظر فيما إذا كانت الأرباح المكتسبة تتناسب مع تكاليف الاستثمار. مع إمكانية زراعة أشجار الفاكهة في المناطق القاحلة وشبه القاحلة، إلا أنه من المفيد زراعتها في الأراضي التي توجد بها مصادر مائية مثل الأنهار الصغيرة، مع الأخذ في الاعتبار التقلبات السنوية في كمية الأمطار والحاجة إلى تثبيت الغلات. بالنسبة لبعض أنواع الأشجار، من الضروري تحديد المناطق ذات المخاطر الأقل على أضرار النمل الأبيض والتي تكون أكثر انتشاراً في البيئة الأكثر جفافاً.

3. العوامل الاجتماعية

في المناطق التي يسهل الوصول إليها ويسهل زراعة الأشجار والمحافظة عليها بجهد أقل تكون مطلوبة كمواقع لزراعة الأشجار من قبل المزارعين. ويعد خفض مخاطر القطع غير القانوني أيضاً مطلباً مهماً. إذا كان الري ضرورياً لنمو النبات، فمن الضروري الحصول على حقوق استخدام المياه من خلال الحصول على فهم شامل للمجتمع المحلي. يمكن أن يكون غرس الأشجار لترسيم حدود أراضيهم، وكذلك لمنع رعي الماشية، وهي حوافز قوية للسكان المحليين لزراعة الأشجار. يمكن لأعضاء المجتمع المحلي أيضاً أن يكونوا فاعلين مهمين في تعزيز أنشطة إعادة التشجير.

إن غرس الأشجار على التلال الجبلية لمنع تآكل التربة في الأراضي الزراعية، وحماية ضفة النهر، وكذلك لتوليد أموال لإدارة وصيانة المرافق العامة والمدارس هو نشاط مهم يمكن للمجتمع المحلي المشاركة فيه. في مثل هذه الحالات، من الضروري أنه إذا كانت الأرض مشتركة، بأن يجري تقاسم المفاهيم المشتركة بين أفراد المجتمع. هناك حاجة إلى إنشاء أنظمة لتوفير العمالة والتوزيع العادل للأرباح لتشجيع زراعة الأشجار من قبل المجتمعات المحلية.





إدارة المياه في مواقع التشجير

تسمى القيمة التي يجري الحصول عليها بطرح كمية التبخر من كمية الأمطار «موارد المياه العذبة المتجددة المتاحة» وتعتبر الحد الأعلى النظري لموارد المياه المتاحة. ومع ذلك، فإن رطوبة التربة أكثر أهمية من حيث البيئة المائية في موقع **التشجير**. تتنوع مياه التربة المتاحة مع هطول الأمطار والتبخر، ولها تأثير كبير على نمو النبات.

من المعروف أن نسبة التبخر مرتفعة نسبياً في الغابات عنها في الأراضي الجرداء والأراضي العشبية، ويختلف عمق المياه التي يمتصها نظام الجذر باختلاف أنواع الأشجار، كما تؤثر ظروف الغطاء النباتي أيضاً في رطوبة التربة.

وفيما يتعلق بإدارة المياه في تشجير الأراضي شبه القاحلة، فإن الهدف هو استخدام كمية محدودة من مياه الأمطار بكفاءة لنمو الأشجار. ونظراً لأن رطوبة التربة تختلف أيضاً اعتماداً على التضاريس الدقيقة وخصائص التربة، لا يمكن تطبيق النتائج المذكورة أعلاه على نطاق واسع دون تقدير. ومع ذلك، تشير البيانات إلى أن رطوبة التربة قد تختلف اعتماداً على أنواع الأشجار المزروعة بالكثافة نفسها. وقد أظهرت نتائج الأبحاث أيضاً أن أنواعاً مثل شجر ميليا بالكاد تجفف التربة مقارنة بأشجار أوكالبتوس التي قد تجفف التربة إذا زرعت على مسافات قريبة.





• مجمعات المياه في موقع التشجير

يعتبر الحفاظ على المياه أمراً مهماً خاصة في المناطق القاحلة وشبه القاحلة حيث لا يتأثر نمو النباتات فحسب، بل يتأثر أيضاً حياة الإنسان بنقص المياه. لذلك يجب القيام بنشاط إعادة التشجير في المناطق القاحلة بعناية. بشكل أساسي، يجب تحديد حجم المزرعة وعدد الأشجار على أساس استهلاك المياه للغابة في وقت نضج الغابة.



شجرة ميليا دوبيا.





غابة أشجار أوكالبتوس.

يعد الاستخدام الفعال لمياه الأمطار إجراءً مهمًا أيضاً لزيادة الكتلة الحيوية في وقت نضوج الغابة. لضمان معدل بقاء مرتفع للأشجار المزروعة، من المهم الحفاظ على حالة رطوبة التربة مناسبة لنمو النبات خلال الفترة التي لا يتطور فيها نظام الجذر بشكل جيد. لهذا الغرض، هناك مقياسان محتملان على وجه الخصوص: «حصاد المياه» و «توفير المياه».

1. تقنيات حصاد المياه

تُستخدم تقنيات حصاد المياه لتجميع المياه السطحية والمياه الفائضة، والسماح لها بالتسلل إلى التربة وزيادة كمية المياه المتاحة للنباتات. إلى جانب حصاد المياه، يمنع المجمع الصغير أيضاً تآكل التربة.





تُطبَّق طريقة حافة الكفاف والمصاطب في مناطق كبيرة بما في ذلك الإنتاج الزراعي، بينما يجري تطبيق التقنيات الأخرى بشكل أساسي على الأشجار المزروعة بشكل فردي. يجب أن يؤخذ اختيار وتطبيق تقنيات حصاد المياه؛ والجغرافيا، والتساقط، وخصائص التربة، وحجم المزرعة، والقوى العاملة المتاحة، وتوافر المواد، بعين الاعتبار من بين العوامل الأخرى.

أ. مجمّعات مياه نصف القمر الصغيرة

وهو مجمع مياه صغير على شكل نصف قمر، وهو أكثر قابلية للتكيف مع الظروف القاحلة. ويُنشأ هذا المجمع عن طريق إعداد كومة تراب على شكل نصف دائرة لتجميع مياه الجريان السطحي بداخلها. يجب أن يواجه الجزء المفتوح من نصف القمر قمة المنحدر. تُجرّف التربة داخل الكومة وتكدّس على جزء الكومة. يُحدد حجم وتصميم الكومة من خلال الانحدار والتساقط والنباتات المستهدفة، ولكن بشكل عام يستخدم كومة قطرها 3 أمتار لزراعة الأشجار. والارتفاع النموذجي للكومة هو 15 - 20 سم، ولكن يجب أيضاً تعديله وفقاً لمنحدر الأرض.





يمكن تطبيق تقنية نصف القمر لتجميع المياه في المناطق التي يتراوح معدل هطول الأمطار فيها بين 200 و 750 ملم. مع انحدار مثالي بنسبة 2% لتحقيق الكفاءة المثلى لحصاد المياه، إلا أنه من الممكن أيضاً تطبيقه في مناطق ذات منحدر 5% عن طريق زيادة ارتفاع التل. يمكن أن تكون هذه التكنولوجيا قابلة للتطبيق مع عمالة أقل نسبياً.

مع تصنيفها على أنها «نصف قمر»، إلا أنه تُستخدم أشكال مختلفة بما في ذلك شكل U وشكل V وشكل W اعتماداً على كمية هطول الأمطار وحالة الانحدار. نظراً لأن شكل U يعزز تسرب المياه إلى مساحة واسعة من الأرض، فمن المتوقع أن يفيد النباتات إضافةً للأشجار المزروعة. أما شكل V فهو فعال في تركيز الماء على نقطة واحدة، وهو مناسب لغرس الأشجار في المناطق ذات الظروف الجافة الشديدة. ويتكون شكل W من أكوام متصلة على شكل حرف V متتالية على طول خط الكنتور لحصاد كل الجريان السطحي ويستخدم في المناطق شديدة الجفاف.





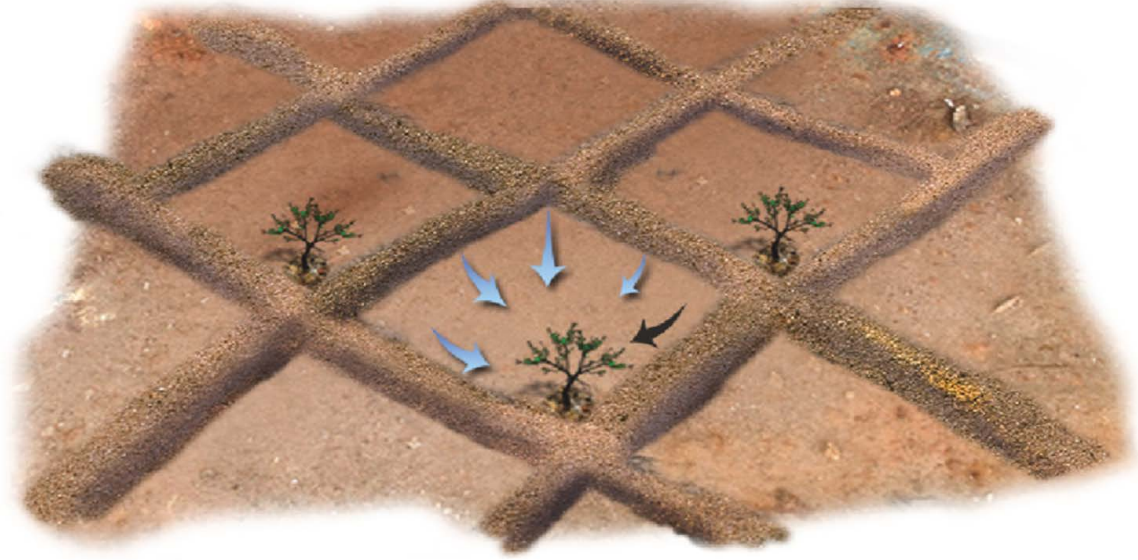
يمكن جعل أكوام التراب أكثر ثباتاً باستخدام مواد مثل الحصى. يجب الحفاظ على الهيكل لمدة 2 أو 3 سنوات على الأقل حتى تتمكن الأشجار المزروعة من استخدام المياه عند مستوى المياه الجوفية. يجب تحديد موضع غرس الأشجار وفقاً لخصائص أنواع الأشجار المراد غرسها وخصائص التربة. بشكل عام، تزرع الأشجار داخل الكومة حيث تتركز المياه. ومع ذلك، يجب أن تزرع أنواع الأشجار مثل ميليا فولكينسي المعرضة لتعفن الجذور خارج الكومة.

ب. مجمعات مياه نيغارمس

للقيام بهذه التقنية، أنشأت حجرات مربعة أو بشكل معين مفصولة بتلال. تُحفر حفرة في أدنى جزء من كل شقة لتخزين المياه. يجري تحديد حجم كل مقصورة من خلال عدد الأشجار التي ستزرع لكل وحدة مساحة وحسب تأثير كمية الأمطار.

الحجم النموذجي لكل حجرة هو من 10 إلى 100 متر مربع، مع زيادة الحجم عند انخفاض هطول الأمطار. بالنسبة لقسم تخزين المياه، يُحفر مساحة 1 متر مربع حتى عمق 40 سم وتستخدم التربة التي جرى إزالتها لبناء الكومة. جانب واحد من قسم تخزين المياه يكون فيه جزء منحدر حيث تزرع الأشجار. هذه التقنية قابلة للتطبيق في المناطق التي يبلغ معدل هطول الأمطار فيها سنوياً ≥ 150 ملم، ويمكن تطبيقها على الأراضي المنحدرة حتى 5%. ومع ذلك، نظراً لأن مياه الجريان السطحي في كل حجرة تتركز في نقطة واحدة، فإن هذا النظام غير مناسب للاستخدام الزراعي.

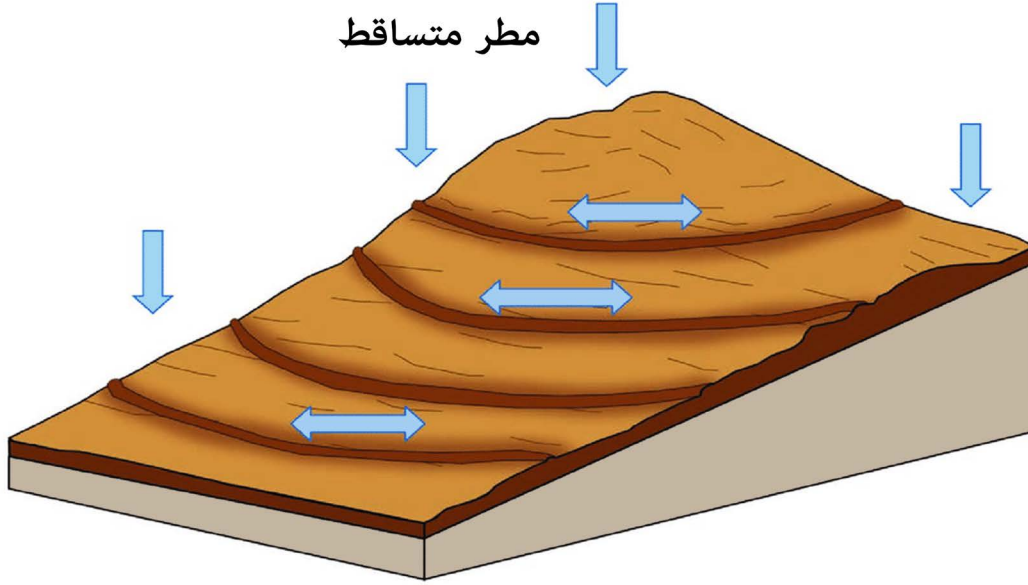




مجمعات نيغارمس مع حفر زراعة لإنتاج الأشجار بشكل مثالي.

ج . مجمع حافة الكفاف

وهو مجمع كبير ومثالي يستخدم بشكل أساسي في **التشجير** الزراعي بحدود 350-700 ملم. في هذه التقنية، تُحفر الخنادق على طول الخط الكنتوري للمنحدر لتخزين المياه. تتكدس التربة التي جرت إزالتها على الجزء السفلي من المنحدر أسفل الخنادق حيث يمكن زراعة الأشجار. العمق النموذجي للخندق من 30 إلى 45 سم، والفاصل بين الخنادق من 10 إلى 15 متر. يستخدم هذا في المقام الأول لزراعة الأشجار داخل الأراضي الزراعية لغرض ضمان إمدادات المياه للمحاصيل.



تضمن حواف الكفاف بقاء الماء داخل الأخاديد والقيعان العميقة.

هذه التقنية فعّالة في المناطق التي يبلغ معدل هطول الأمطار فيها سنويًا 350 إلى 700 ملم ويمكن تطبيقها في المناطق التي يبلغ معدل هطول الأمطار السنوي فيها نحو 200 ملم إذا كان غرس الأشجار هو الغرض الأساسي. تُحدّد المسافة الفاصلة بين الخنادق من خلال الانحدار وكمية هطول الأمطار. إذا كان معدل هطول الأمطار في المنطقة منخفضاً جداً وكان الغرض الأساسي هو زراعة الأشجار، فيجب زراعة الأشجار في الجانب العلوي من الخنادق. إذا كان الماء يتدفق جانبياً، فيقسّم الخندق إلى عدة أقسام بواسطة السدود.

د- المصاطب

تُستخدم هذه التقنية لتعزيز تسلل الجريان السطحي عن طريق إعادة تشكيل الأرض إلى شرفات في تضاريس شديدة الانحدار. يجري استخدامها في المناطق





التي يتراوح معدل هطول الأمطار فيها سنوياً بين 100 و 600 ملم، ومنحدرات تتراوح بين 20 % و 50 %.

الهدف الأساسي لتطبيق هذه التقنية هو الزراعة وتغرس الأشجار لحماية حافة المصطبة. مع أنّ حجم الأعمال الترابية كبير ويتطلب الكثير من العمالة والأموال، تم إنشاء المصطبة بهيكل دائم. لذلك يجب إدخال هذه التكنولوجيا إذا أمكن تحقيق الفوائد المناسبة على مدى فترة طويلة.



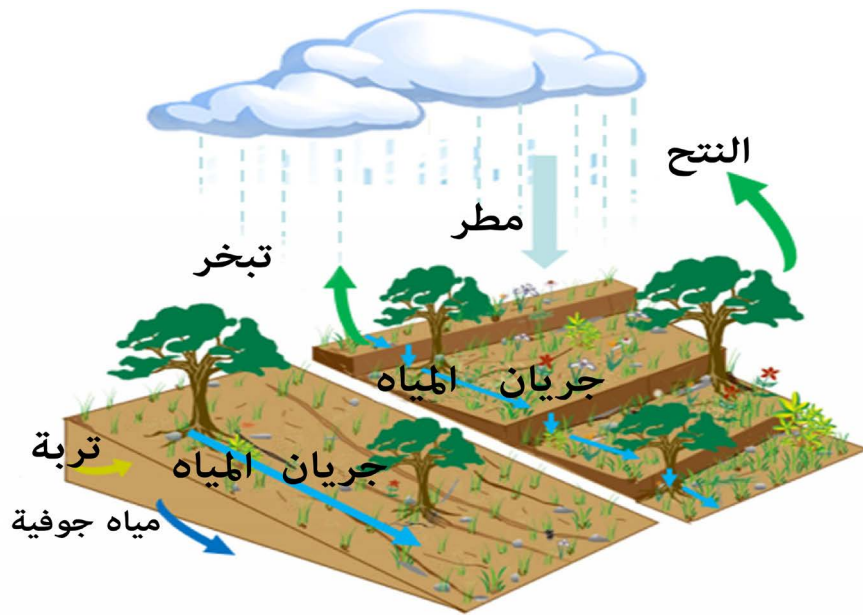
تتشكل المصاطب من مناطق القطع والتعبئة. عن طريق الردم، يمكن توسيع الأراضي الصالحة للزراعة، مما يجعل من الممكن زراعة المحاصيل على نطاق واسع في المناطق الجبلية. تؤدي التلال أو السدود دوراً مهماً في اعتراض الجريان السطحي ومياه الحقول. لكن المصاطب معرضة أيضاً لخطر الانهيار، إذ كلما ارتفع جدار المدرجات، زاد خطر الانهيار.





تُحفر الخنادق على طول خط الكفاف، وتتراكم التربة التي جرى إزالتها على الجانب العلوي من المنحدر. يبلغ عرض الخنادق من 50 إلى 60 سم، وعمقها من 60 إلى 100 سم على الجانب العلوي من المنحدر، وعمقها من 50 إلى 60 سم في الجانب السفلي. يجب أن تكون الكومة بحجم 1 متر مكعب وعرضها نحو 50 سم.

تُنشأ الجسور على طول خط الكفاف لقسم المصطبة من أجل تعزيز تسرب الجريان السطحي وتخزين المياه في الخندق للحفاظ على رطوبة التربة للاستخدام على المدى الطويل. يمكن استخدام هذه التقنية في المناطق التي يبلغ معدل هطول الأمطار فيها 700 ملم أو أكثر، ويكون المنحدر من 5% إلى 20%.



مقارنة بين شكل الأرض التي تُصنع فيها مصاطب وتلك التي لا تصنع فيها مصاطب على جريان مياه الأمطار.





هـ - مجمّع المياه الصغيرة الدائرية

باستخدام هذه التقنية، تُحاط الأشجار المزروعة بكومة دائرية ويجري تجميع المياه داخل الكومة. تُطبّق هذه التقنية بشكل أساسي لإنتاج الفاكهة داخل الأراضي المسطحة حيث يكون الري ممكناً. يحدد قطر الدائرة بشكل عام من خلال انتشار مظلة الشجرة. يمكن أن يؤدي الجمع بين هذا المجمّع الصغيرة مع التغطية إلى تحسين احتباس الماء.



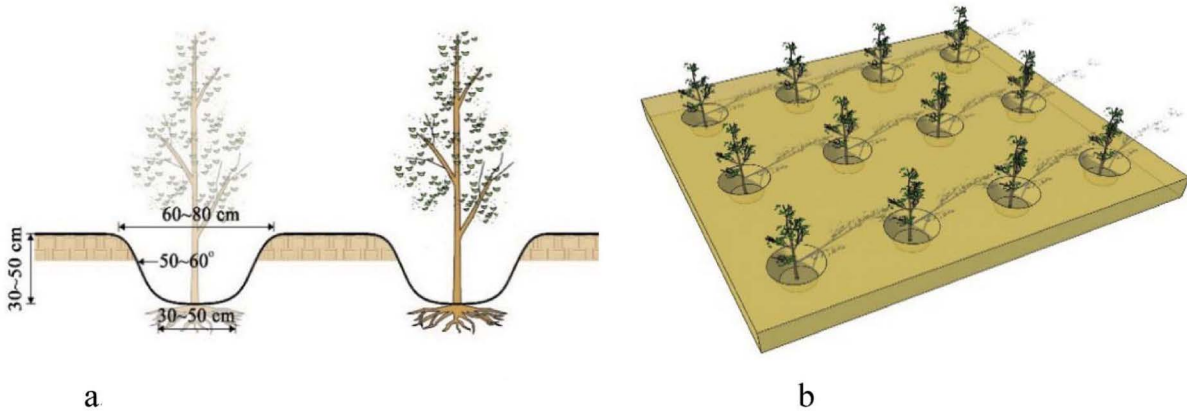
تُحاط كل شجرة بدائرة من التراب لتحتجز الماء بداخلها.





و- حفرة زراعة واسعة النطاق

من خلال جعل حفرة الزراعة أكبر، يمكن زيادة كمية المياه المحفوظة في التربة. مثلاً في حالة المنطقة شبه القاحلة في ميانمار، كانت تُصنع حفر الزراعة عن طريق حفر 2 متر \times 50 سم بعمق 50 سم، ثم حفر 30×30 سم في المركز إلى عمق إضافي 80 سم. هذه الطريقة فعّالة ليس فقط للصيانة طويلة المدى لمياه التربة التي يجري الحصول عليها خلال مواسم الأمطار، ولكن أيضاً لتعزيز التطوير المبكر لنظام الجذر إلى مستوى المياه الجوفية. لكن يجب أن تُزرع شتلة كبيرة الحجم بارتفاع نحو 1 متر في كل حفرة.



مقطع عرضي لحفر المزارع واسعة النطاق: (a) عرض القسم وأبعاد الحفرة؛ (b) التباعد بين كل حفرة وأخرى.





• تقنيات توفير المياه في موقع التشجير

أ. حراثة التربة

جرت العادة بممارسة الحراثة في مناطق مختلفة لتحسين الخصائص الفيزيائية للتربة، والقضاء على الأعشاب الضارة، ومنع فقدان المياه الشعرية. نظراً لأنها تعزز تسرب الجريان السطحي، تعتبر الحراثة أيضاً إحدى تقنيات حصاد وتوفير المياه.

ومع ذلك، فإن الحراثة تنطوي على مخاطر تقليل المواد العضوية في التربة وزيادة تآكل التربة، التي يمكن التخفيف منها بإضافة المواد العضوية والنظر في قابليتها للتطبيق اعتماداً على المنحدر. بالنسبة للأشجار، يجب حراثة التربة الموجودة في النطاق المحروث حتى عمق 30 سم.

ب. التغطية بغطاء

هي تقنية للتحكم في تبخر رطوبة التربة من سطح التربة عن طريق تغطية سطح التربة إما بأغصان الأشجار أو الأعشاب أو الحجارة أو الحصى.

تساعد التغطية أيضاً على ضبط اختلاف درجات الحرارة داخل التربة وتوفير بيئة مناسبة لنمو النبات. عند استخدام المواد العضوية، فإن التغطية تضيف أيضاً مغذيات عضوية. تعتبر التغطية بشكل عام تقنية فعّالة خلال المراحل التي لا يزال فيها تطوير مظلات الأشجار قيد التقدم. ومع ذلك، هناك خطر من نشارة النبات التي تحمي النمل الأبيض. ومن ثم، يفضل تجنب هذه





التقنية لأنواع الأشجار المعرضة لغزو النمل الأبيض وفي المناطق التي تحدث فيها أضرار النمل الأبيض بشكل متكرر.

من المتوقع أن تقلل النباتات التي تغطي سطح التربة من التبخر من سطح التربة. ومع ذلك، فإن هذا يشكل أيضاً خطراً التسبب في منافسة مائية بين الأشجار؛ لذلك فإن النباتات التي تنشر الأوراق العريضة أفقياً عبر سطح التربة مثل «الفاصولياء الزاحفة» **Creeping beans** فهي مناسبة للاستخدام.

ج. إزالة الأعشاب الضارة بالكامل

هذه تقنية جرى تطويرها خلال مشروع التدريب على **التشجير** الاجتماعي والتحقق منها خلال مشروع تطوير نموذج الإرشاد الحراجي الاجتماعي، ومشاريع التعاون الفني التي نفذتها **JICA** و **KEFRI** في كينيا. حيث يجري اقتلاع الحشائش للحد من تنافسها على المياه مع الأشجار وأيضاً لتقليل فقدان المياه من شعيرات التربة. وقد تبين أن النمو في العام الأول في النيم الهندي **Azadirachta Indica** كان أعلى بأربع مرات في قطع الأراضي المزال منها الأعشاب كاملةً عنها في قطع الأراضي المزروعة بالأعشاب. جرى الحفاظ على فارق النمو بشكل مستمر في بعض قطع الأرض الاختبارية. توفر نباتات الأرضية تأثير التغطية في سطح التربة، بينما تشكل إزالة الأعشاب الضارة بالكامل خطر تآكل التربة وفقدان العناصر الغذائية كما هو الحال مع الحراثة. لا ينبغي أن يتم إزالة الأعشاب الضارة بالكامل في الأراضي المنحدرة. كما يجب ألا تُزال الأعشاب الضارة على الفور حول الأشجار في هذا الموقع.





• البذر المباشر والاستخدام المباشر للعقالات

تستهلك مشاتل الأشجار كمية كبيرة من المياه خاصة خلال المواسم الجافة. لذلك، من المهم النظر في البذر المباشر للبذور واستخدام العقالات للزراعة المباشرة لأنواع الأشجار القابلة للتكيف مع هذه التقنيات. هذا فعال لتوفير العمالة وتكاليف إنتاج الشتلات (التربة، الأواني البلاستيكية،... إلخ). تم الإبلاغ عن أن البذر المباشر ينطبق على الأنواع مثل شجرة الصمغ العربي *A. nilotica*، وأكاسيا السنغال *A. Senegal*، وسنا سياميا *S. Siamea*، والنيم الهندي *A. Indica*، والهجليج المصري *Balanites Aegyptiaca*، والبان الزيتي *Moringa Oreifera*، والسدر الهندي *Ziziphus Mauritaniana*. المعالجة المسبقة لتعزيز الإنبات مطلوبة لبعض الأنواع، ويجب أن يتم البذر في الموسم المناسب.

يجب اتخاذ إجراءات مضادة ضد منافسة الماء والضوء مع الأعشاب الضارة والأضرار الناجمة عن رعي الماشية. الزراعة المباشرة للشتلات هي تقنية تم تبنيتها بالفعل لتحوطات أنواع مثل: صبار أم اللين *Euphorbia Tirucalli*، وغليريسيدا *Gliricidia Sepium*، والبلسان *Commiphora* مثل البلسان الإفريقي *Commiphora Africana*.

هناك العديد من الحالات التي تستخدم فيها الأغصان السميكة والطويلة للسماح للأشجار بالعمل كتحوطات في المراحل المبكرة. ومع ذلك، فإن الأشجار التي يجري تكاثرها باستخدام عقالات الساق لا يمكن أن تتطور إلى جذور جذرية ولكنها تطور جذوراً جانبية ضحلة بدلاً من ذلك. من أجل تجنب





المنافسة المائية مع المحاصيل، يفضل استخدام عقل الجذر على الطريقة العامة مثل الشتلات المحفوظة بوعاء.

2. الري والسقاية

في طريقة السقاية تُركب مجمّعات صغيرة دائرية لسقاية أشجار الفاكهة. ينطبق هذا على الأشجار التي يمكن أن تحقق أرباحاً عالية في وقت قصير مع الأخذ في الاعتبار الاستثمار الأولي وتكاليف التشغيل. نظراً لاستهلاك كمية معينة من المياه عن طريق السقاية، يلزم بناء توافق في الآراء بين أفراد المجتمع قبل تطبيق هذه الطريقة.

وهنا تستخدم الأنابيب البلاستيكية والزجاجات البلاستيكية كمرافق صغيرة للسقاية. يمكن أن تكون قابلة للتطبيق فقط على المناطق التي يسهل الوصول إليها لأن الإدارة المنتظمة مطلوبة.

في طريقة الري فإن بناء الإجماع المحلي بين أفراد المجتمع الذين يعيشون في مناطق المصب أمر ضروري اعتماداً على أنظمة استخدام الأراضي الخاصة بهم. هذا ليس أسلوباً عملياً إلا في حالة تنفيذه من قبل الدائرة / الوزارة الحكومية. على المدى الطويل، حيث تكون المياه محدودة، وهناك خطر ملوحة التربة.





التشجير وإدارة الغابات في الأراضي الجافة

سنتعرف هنا على تقنيات **التشجير** وإدارة الغابات في المناطق المدارية القاحلة وشبه القاحلة.

1. تربية شتلات عالية الجودة في المناطق شبه القاحلة

غالبًا ما تُزرع شتلات الأشجار كشتلات محفوظة بوعاء في ظل ظروف مواتية مثل الري الكافي والتظليل في المشتل. يلزم تأقلم الشتلات مع الضوء القوي والجفاف قبل الزراعة لجعلها تتحمل الجفاف.

لتحسين تحملها للجفاف، يجري تصلب الشتلات قبل أسبوعين على الأقل من الزراعة من خلال تقنين المياه (إلى 2/1 وإلى 3/1 من الكمية العادية) وزيادة الإشعاع الشمسي (إذا كانت الشتلات مغطاة). من خلال هذه العمليات، يجري تعزيز تطوير نظام الجذر داخل الأواني وسيحسن التوازن بين الأجزاء الموجودة فوق سطح الأرض والأجزاء الموجودة تحت الأرض (نسبة T-R) إلى النسبة المثالية.

يجري تعزيز وتقوية الساق والأوراق، وتطوير طبقة البشرة وهذا يجعل الشتلات أكثر تحملاً للجفاف ومقاومة عالية للآفات والأمراض. مع أن الأسرة الفارقة تُستخدم غالبًا في المناطق القاحلة وشبه القاحلة للحفاظ على رطوبة التربة في الأواني، إلا أن الجذور السميكة تتطور أحياناً إلى التربة. يجب تجنب الموقف الذي يجعل من الضروري قطع الجذور السميكة قدر الإمكان لضمان ارتفاع معدل البقاء على قيد الحياة.

يجب تغيير أوضاع الأواني بشكل دوري ويجب أن تقلم الجذور عن طريق قطع الجذور الممتدة خارج الأواني قبل أن تنمو سميكة.





2. طرائق الزراعة:

أ. كثافة الزراعة

تتنافس الأشجار المزروعة مع النباتات الأخرى مثل الأعشاب على المياه، ولكنها تبدأ أيضاً في التنافس مع بعضها بعضاً بعد عدة سنوات من الزراعة. في المناطق القاحلة وشبه القاحلة، من الصعب أن يكون لديك غابات مظلمة مغلقة، وبالتالي يجب تصميم خطة إعادة **التشجير** بمسافات أوسع من المرحلة المبكرة. هناك اختلافات في استهلاك المياه حسب أنواع الأشجار، والتساقط السنوي في موقع الزراعة، وقدرة التربة على الاحتفاظ بالمياه.

لذلك من الصعب عملياً تحديد فترات الزراعة دون فهم جيد لهذه العوامل. أفاد الباحثون أن الفاصل للزراعة 5م × 5م متر مناسب لميليا فولكينسي وهذا التباعد الذي يعطي 400 شجرة لكل هكتار أظهر نمو القطر الأبرز بين تجارب التباعد في تيفا في كينيا. بالنسبة إلى البلوط الحريري **Grevillea Robusta** وسنا سياميا **Senna Siamea** المعترف بهما على أنهما نوعان من الأشجار منخفضة التحمل للجفاف، يجب زراعة عدد مماثل تقريباً أو أقل من الأشجار بالمقارنة مع شجر ميليا.

يمكن أن تعيش أنواع الأكاسيا ذات القدرة العالية على تحمل الجفاف في ظل كثافة أعلى نسبياً. تعرضت أشجار الأكاسيا بكثافة زرع 1 × 1 متر في تيفا للجفاف الشديد في عام 1992. في اختبار نمو أنواع نباتات الزهرة في نظم **التشجير** الزراعية في الهند، أُبلغ عن أنه من الأمثل التحكم في كثافة الحامل إلى 833 شجرة لكل هكتار من 2 إلى 3 سنوات، و208 أشجار لكل هكتار لعمر 12 سنة، دون انخفاض معنوي في غلة المحاصيل.





يمكن أن يصل طول شجرة البلوط الحريري إلى 50 متراً





ب. حفرة الزراعة

الحجم النموذجي لحفرة الزراعة هو من 30 سم قطر و30 سم عمق إلى 45 سم × 45 سم، وعلى سبيل المثال تستخدم الحفر ضمن نطاق هذا الحجم في منطقة الأراضي الجافة في كينيا. ووفقاً لنتائج المسح بين المزارعين ذوي الخبرة في الزراعة، لم يعتبر حجم حفرة الزراعة عاملاً حاسماً يؤثر على معدل البقاء على قيد الحياة للأشجار. وفي دراسة حالة في المنطقة القاحلة الوسطى في ميانمار (حيث كمية الأمطار السنوية: 800 ملم، موسم الجفاف: 7 أشهر)، أُبلغ عن حفر كبيرة لتحسين معدل البقاء على قيد الحياة للأشجار إلى ما يقرب من 100%. إذا كانت التربة في موقع الزراعة من الطين الثقيل وتميل إلى التصلب في المواسم الجافة وكانت فتحة الزراعة صغيرة، فلا يمكن أن يمتد نظام جذر النبات إلى التربة المحيطة ولا يمكن توقع نمو كافٍ.

في مثل هذه الحالات، يجب أن تكون فتحة الزرع أكبر. يجب حفر ثقوب الزراعة قبل نهاية موسم الجفاف. وذلك لضمان تسرب كافٍ للمياه إلى قاع الفتحات المزروعة في بداية موسم الأمطار. سبب آخر هو أن هناك مخاوف من أن حفر الآبار قد يستغرق وقتاً طويلاً إذا كان عدد الأشجار المراد غرسها كبيراً.

ج. غرس الأشجار

يجب عموماً إجراء غرس الأشجار في أسرع وقت ممكن عندما تتراكم الرطوبة الكافية في التربة لضمان فترة نمو طويلة للشتلات المزروعة ولتعزيز نمو الجذور الكافية وتحقيق معدل بقائها حية يكون مرتفعاً.





يُعتقد أن الرطوبة الكافية تتحقق بعد هطول الأمطار التراكمي بمقدار 100 ملم. ومع ذلك، فإن المدة الطويلة بين أحداث هطول الأمطار في المناطق القاحلة وشبه القاحلة تعقد القرار بشأن وقت تحقيق الرطوبة الكافية. التربة في المناطق القاحلة وشبه القاحلة جيدة بشكل عام وفقيرة في احتباس الماء، وبالتالي يجب وضع المواد العضوية في قاع حُفر الزراعة لتحسين قدرتها على الاحتفاظ بالمياه. يجب أن تجري أعمال الزراعة بعناية. تتعرض الجذور الدقيقة للضرر عند الزراعة وسيكون هذا عاملاً مُهمّاً يقلل من معدل البقاء على قيد الحياة في المناطق القاحلة. لتحسين معدل البقاء على قيد الحياة، يجب قطع الفروع مع ترك الفرعين العلويين أو ثلاثة الفروع لضمان حدوث توازن جيد بين التبخر وامتصاص الماء في الأشجار عريضة الأوراق.

د. س. قاية الأشجار المزروعة

تتمتع المناطق القاحلة وشبه القاحلة بموارد مائية محدودة، لذا فإن تأمين المياه للاستخدام المنزلي والزراعي يمثل أولوية. لذلك يصعب تأمين المزيد من المياه للأشجار المزروعة خاصة في موسم الجفاف. تقع مواقع **التشجير** بشكل عام بعيداً عن مصادر المياه ومن الصعب عملياً تطوير نظام للري أو نقل المياه إلى كل موقع. وبالتالي، فإن نجاح إعادة **التشجير** سيعتمد على مجموعة مختارة من أنواع الأشجار التي تتحمل الجفاف، وزراعة الشتلات صحية، وزرع الشتلات في بداية موسم الأمطار، وتأمين فترة نمو كافية خلال موسم الأمطار. يحدث الري عندما لا تتأمين فترة نمو كافية بسبب التأخير في الزراعة وعندما تكون الأمطار منخفضة جداً بحيث لا تصل إلى الكمية التراكمية القياسية البالغة 100 ملم.





بالنسبة للأشجار المزروعة حول المساكن البشرية، يمكن استخدام مياه الصرف المنزلية لسقايتها. في مثل هذه الحالات، يُفضل الري على فترات منتظمة لتعزيز نمو الجذور بدلاً من الري يوميًا بكميات قليلة من الماء.

3. إدارة وصيانة الأشجار المزروعة

تواجه برامج **التشجير** في المناطق القاحلة وشبه القاحلة دائماً مخاطر حرائق الغابات والأضرار الناجمة عن الماشية. الأسباب الرئيسية لحرائق الغابات هي: الحرائق المستخدمة لتطهير الأراضي للزراعة والرعي، والحرائق المستخدمة للصيد؛ وغيرها من الحرائق العرضية. يمكن أن تنتشر الحرائق بسهولة إلى الأعشاب المجففة وفروع الشجيرات في موسم الجفاف.

تشمل الإجراءات المضادة الفعالة لحرائق الغابات: إزالة المواد القابلة للاشتعال مثل الشجيرات الجافة، وتركيب حواجز للحريق (إزالة الأعشاب الضارة أو غرس الأشجار المخططة التي يصعب حرقها) على طول خط التلال لمنع الحرائق. نظراً لأن معظم أسباب حرائق الغابات من صنع الإنسان، فمن المهم خلق وعي لدى السكان المحليين والحصول على تعاون المجتمعات المحلية فيما يتعلق بالوقاية من حرائق الغابات. من المهم أيضاً إنشاء أنظمة لرصد ومكافحة الحرائق.

يعتبر رعي الأبقار والماعز ممارسة تقليدية من قبل المجتمع المحلي، وبالتالي من الصعب حظرها بموجب القانون. الرعي مشكلة خطيرة تؤثر في إدارة وصيانة المواقع المزروعة. الإجراء الأكثر موثوقية هو إحاطة كل موقع زراعة بسياج ولكن لهذا فإن التكلفة مرتفعة وغير عملية. كما هو الحال مع حرائق الغابات، من





الضروري الحصول على التفاهم والتعاون بين السكان المحليين ووضع قواعد للرعى واتخاذ تدابير لتأمين علف الماشية مثل زراعة أشجار العلف.

من المهم وضع القواعد بين السكان المحليين من خلال المناقشة من أجل تعزيز إدارة وصيانة مواقع الغرس. يجب أن يقوم المزارعون المحليون بزراعة الأشجار في المناطق القاحلة وشبه القاحلة على النحو المطلوب في سياسات الحكومات، والإجراءات المضادة الفورية هي تشجيع زراعة الأشجار باستخدام أنظمة **التشجير** الزراعية في الأراضي الزراعية وعلى حدود الأراضي حيث تكون الإدارة والصيانة سهلة نسبياً.

4. دورة القطع والتوقيت

تكون دورة القطع من أجل الحصول على الفائدة بكفاءة، لذلك من المهم وضع خطة إدارة جيدة تستند إلى المعرفة الصحيحة بالطلبات ومعايير السلع في كل منطقة. في دراسة أجريت في كيتوي، كينيا، تنشأ القيمة السوقية للأوكالبتوس المقوس عندما يبلغ قطر البرعم 8 سم، ويمكن قطع البرعم في دورة مدتها 3 سنوات.

كذلك فإن وقت القطع مع القيمة السوقية والوقت وتقلب الطلب هي عوامل مهمة لتحديد وقت القطع، فمن المستحسن تركيز الانتباه على منافسة المياه مع المحاصيل إذا كانت الأشجار مزروعة داخل الأراضي الزراعية. من المعروف أن التلويث والتقليم يقللان من الحجم الكلي للجذر ويحدان أيضاً من نطاق التمدد. من المتوقع أن يؤدي التقليم قبل بدء موسم الجفاف إلى التخفيف من المنافسة المائية مع المحاصيل في موسم الجفاف.





يجري تطبيق التخفيف بشكل عام لزيادة الكتلة الحيوية ولكن في حالة الأراضي الجافة، يمكن اعتبار ترقق **التشجير** الزراعية بمثابة تقنية للتخفيف من المنافسة المائية مع المحاصيل. يمكن أيضاً اعتبار قطع الأشجار قبل بدء موسم الجفاف أسلوباً فعالاً لتقليل المنافسة المائية مع المحاصيل في موسم الجفاف. خاصة بالنسبة لزراعة الأشجار شبه المتساقطة والأشجار دائمة الخضرة، يمكن افتراض أن هذا التطبيق فعال. عند تطبيق هذه التقنية، من المهم تحديد عدد الأشجار المراد قطعها مع مراعاة التأثير السلبي لزيادة تبخر رطوبة التربة الناجم عن أشعة الشمس المباشرة.

5. غرس الأشجار بطريقة التشجير الزراعية

أ. التشجير الزراعي وإدارة المياه

يعد تأمين موقع جيد لزراعة الأشجار تحدياً كبيراً للمزارعين ليس فقط في المناطق القاحلة وشبه القاحلة ولكن أيضاً في مناطق أخرى لأن الظروف الطبيعية المفضلة تُخصص بشكل عام للزراعة حسب الأولوية. في المناطق التي توجد فيها مخاطر عالية لتعرض الأشجار للتلف بسبب رعي الماشية وقطع الأشجار غير القانوني من بين أنشطة إزالة الغابات الأخرى، يرغب المزارعون في زراعة الأشجار وإدارتها في الموقع التي تقع تحت أنظارهم.

نتيجة لذلك، غالباً ما يجري اختيار الأراضي الزراعية والمناطق المحيطة بها كمواقع لزراعة الأشجار. ويشار إلى التقنيات التي تعمل على تحسين إنتاج المحاصيل الشجرية المطلوبة باسم «التشجير الزراعي».





إنّ الزراعة الحراجية و**التشجير** الزراعي ليسا مجرد مزيج من أنشطة الإنتاج المختلفة، وإنما ما يجب اعتماده من أجل تحقيق نوع من الفوائد بشكل شامل لا يحققه أي نظام أحادي الزراعة. لا يوجد شكل ثابت للزراعة الحراجية، بل يجري اعتماد أشكال مختلفة وفقاً للأغراض والظروف الطبيعية والاجتماعية والاقتصادية.

الآثار الإيجابية والسلبية لزراعة الأشجار في الأراضي الزراعية مع أنّ اعتماد الزراعة الحراجية لتوليد نوع من الفوائد، فإن مجموعات الأنشطة الإنتاجية لأهداف مختلفة تنطوي على مخاطر آثار سلبية في بعض الحالات. تشمل الآثار الإيجابية المتوقعة للزراعة الحراجية ما يأتي: الاستخدام الفعال للضوء وتحسين الغلاف الجوي الدقيق والمناخ الجزئي؛ ومنع تآكل التربة، وتحسين التربة وزيادة الكتلة الحيوية لكل وحدة مساحة؛ والاستخدام الفعال للفضاء وتثبيط فرط نمو الحشائش، وتوفير ظلال من الأشجار؛ وتوفير السماد من روث الماشية.

أما الآثار السلبية للتشجير الزراعي فهي تشمل: التنافس على الماء والضوء والمغذيات؛ وخطر اعتلال التضاد البيوكيميائي **Allelopathy**، واحتواء السموم النباتية، والرعي والدوس بواسطة الماشية؛ وخطر تشكل مجموعة من الأمراض والآفات. ويعتبر التنافس على المياه بين الأشجار والمحاصيل قضية مهمّة للزراعة الحراجية خاصة في المناطق القاحلة وشبه القاحلة وتدابير لتجنبها أو التخفيف من حدتها.





ب. منافذ التشجير الزراعية

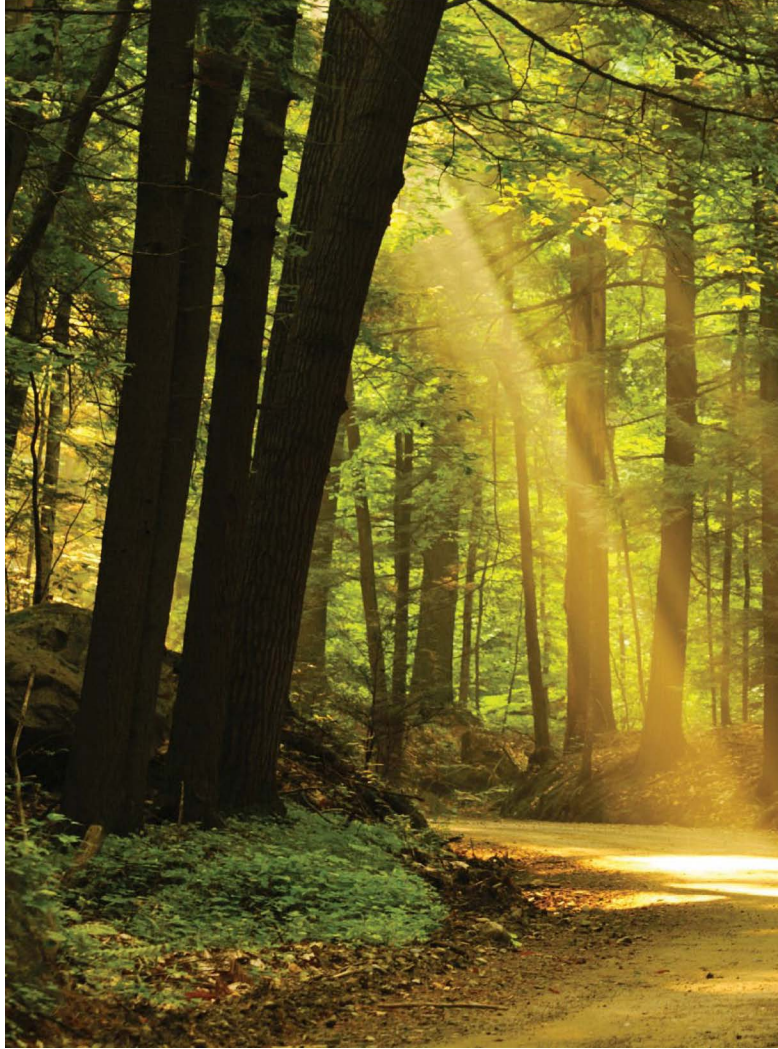
وفقاً لاستبيان أجري في كينيا، لا توجد مواقع كثيرة مخصصة لزراعة الأشجار باستثناء مواقع قطع الأخشاب أو غابات المزارع أو المزارع الخاصة. نظراً لأن معظم المزارعين يمتلكون أراضي محدودة، تُزرع الأشجار داخل المساكن أو المجمع، في أراضي المحاصيل وأراضي الرعي كحدود للأرض.

ج. غرس الأشجار في الأراضي الزراعية

يجري تبني غرس الأشجار في الأراضي الزراعية لتحقيق أكبر قدر ممكن من الأرباح في مناطق محدودة من الأراضي، ويعتبر هذا أسلوباً نموذجياً للزراعة الحراجية. توجد أشكال مختلفة في مواضع الأشجار والمحاصيل. ومع ذلك، يمكن تصنيف أنماط الزراعة إلى أربعة: الزراعة على طول الخط الكنتوري لمنع تآكل التربة؛ الزراعة على فترات زمنية معينة لتحسين البيئة الدقيقة بظلال الأوراق؛ زراعة الأشجار والمحاصيل في صفوف كزراعة في الأزقة؛ وزراعة اشجار مركزة على أقسام ثابتة.

يجب تصميم نظام **التشجير** الزراعي مع مراعاة عناصر مثل: التخطيط المناسب لزراعة الأشجار لتحقيق التأثيرات المرجوة بالكامل (منع تآكل التربة، وما إلى ذلك)؛ فترات الزراعة واختيار أنواع الأشجار؛ والاستخدام الفعال للمساحة ورطوبة التربة عن طريق الزراعة المختلطة؛ والتحكم في الكثافة (ترقق الأشجار وما إلى ذلك) وتقليم الفروع وتقليم الجذور.





أكبر مشكلة في زراعة الأشجار في الأراضي الزراعية هي انخفاض غلة المحاصيل بسبب نقص المياه الناجم عن المنافسة بين الأشجار والمحاصيل. ومع ذلك، هناك أيضاً تأثيرات إيجابية على نمو المحاصيل، مثل: منع تآكل التربة، وتحسين ترشيح مياه الجريان السطحي في التربة، وتحسين البيئة الدقيقة عن طريق الظل المورق. لذلك فإن تقنيات الإدارة ضرورية للنجاح في أي شكل من أشكال نظام الزراعة الحراجية.





الخصائص المهمة المطلوبة للأشجار لتنمو جيداً في ظل نظام **التشجير** الزراعي هي امتصاص الماء في المقام الأول من عمق التربة الذي يختلف عن عمق المحاصيل؛ الآثار المتوقعة لتحسين التربة من خلال التعايش مع بكتيريا تثبيت النيتروجين؛ وقدرة عالية على توفير المغذيات العضوية. بالنسبة للنباتات المستخدمة كصفوف تسوير من العوامل المهمة لاختيار الأنواع التي تشمل: تعزيز تسرب الجريان السطحي إلى التربة ومنع تآكل التربة؛ وسهولة الغرس والإدارة؛ وتسريع النمو وفوائده كأشجار علف.

التباعد بين الأشجار وعدد الأشجار التي يمكن زراعتها محدود بكمية هطول الأمطار. مثلاً في حالة زراعة أشجار ميليا *Melia volkensii* في كينيا، لوحظ وجود فاصل 5 أمتار في منطقة كيتوي مع هطول الأمطار السنوي أقل من 900 ملم (متوسط درجة الحرارة السنوية: 21 إلى 23 درجة مئوية)، بينما لوحظ فاصل قدره من 15 إلى 20 متراً في منطقة موتومو، مع هطول أمطار سنوي يبلغ نحو 450 ملم (متوسط درجة الحرارة السنوية: 23 إلى 29 درجة مئوية). بالنسبة للحالة الأولى، أوضح مالك الأرض أن الفاصل الأصلي كان 3 أمتار ولكن جرى تغييرها لاحقاً لتأمين غلة المحاصيل.

يختلف عدد الأشجار التي يمكن زراعتها على مساحة أرض معينة اعتماداً على الاختلافات في الجغرافيا والطقس وظروف التربة والتجارب المتراكمة للمزارعين.

كما أُدخلت تقنيات حصاد المياه مثل مجمّع المياه الدقيق لتعزيز حصاد المياه وتسرب مياه الجريان السطحي إلى التربة، وتعد زراعة الأشجار بنظام الجذر في أعماق تنمية مختلفة (**عمق استخدام المياه**) من العوامل المهمة أيضاً للاستخدام الفعال لرطوبة التربة. إن تركيب مجمّع المياه الدقيق فعال أيضاً في منع فقدان التربة السطحية.





6. المنافسة على المياه بين المحاصيل والأشجار

إن تأثيرات المنافسة المائية على غلات المحاصيل أكبر بكثير من تأثيرات التظليل في المناطق القاحلة وشبه القاحلة. مثلاً، من خلال مراقبة غلة المحاصيل عند دمج المحاصيل مع أشجار البلوط الحريري *Grevillea Robusta* في كينيا، لم تكن هناك آثار للأشجار المزروعة على غلات المحاصيل في أول عامين، ولكن بعد ذلك لوحظ انخفاض كبير في غلات المحاصيل. انخفض محصول الذرة إلى النصف حتى في سنوات هطول الأمطار الغزيرة بشكل غير عادي.

وكشفت دراسة مماثلة مع أشجار ميليا *Melia Volkensii* عن انخفاض في الغلة بأكثر من 50%، وتأكيد الآثار السلبية على الغلة في النطاق في حدود 13 متراً من جذع شجرة ميليا. ففي مشروع التعاون الفني *JICA* في كينيا، جرى زراعة الذرة والذرة والذرة بعرض 1 متر (نسبة الغطاء النباتي حسب المحاصيل: 25%)، 2 متر (50%) و3 أمتار (75%) بين أشجار سينا سيميا. على فواصل 4 أمتار (زرعت الذرة في نمط شبكي على فواصل 33 سم، وزرعت الفاصوليا على فواصل 16 سم بينهما). ونتيجةً لذلك، ومع تضاعف غلة المحاصيل في 50% من مساحة المحصول مقارنة بـ 25%، لم تظهر الغلة في 75% من مساحات المحصول فرقاً أكثر عن 50% ولوحظت آثار سلبية على النمو في ارتفاع سينا سيميا. في هذه الحالة، جرى تقدير أن إمكانية الزراعة البينية مع فواصل زراعة الأشجار البالغة 4 أمتار محدودة في غضون عامين.





ب. تقنيات التخفيف من المنافسة المائية أولاً: تقليل الكتلة الحيوية للنبات

يمكن للتقنيات الآتية: التخفيف **Thinning** والتتسيغ **Coppicing** والتقليم **Pruning** والتسليب **Pollarding** التحكم في المنافسة على المياه، وبالتالي تقليل الكتلة الحيوية للنبات. وتنفذ هذه التقنيات بشكل شائع لإنتاج خشب الوقود والأعمدة والأعلاف. لكن يجب إجراء هذه العمليات قبل بداية موسم الجفاف للحد من تنافس المياه مع المحاصيل خلال موسم الجفاف.

ممارسات الإدارة هذه قابلة للتطبيق على أنواع الأشجار دائمة الخضرة وشبه المتساقطة. تختلف قدرة الإنبات في طريقة التتسيغ بشكل كبير مع أنواع الأشجار. مع أنه يقال عموماً إن أنواع الأكاسيا فقيرة في التكتل، إلا أن بعض التقارير تقول إنه من الممكن ذلك في بعض أنواع الأكاسيا. نظراً لأن العديد من أكاسيا مهمة لخشب الوقود، فمن المهم البحث عن الظروف التي قد تعزز تقطيعها. حتى الأنواع التي يمكن تقطيعها، قد تتخفف قدرة الإنبات في الجزء السميكة.

بشكل عام، الجزء الذي يبلغ قطره 10 سم يحافظ على قدرة إنبات عالية. في القطع الأول، ستقطع الساق على ارتفاع 20 إلى 30 سم فوق ارتفاع الأرض). ففي حالة نبات شجرة أوكالبتوس كمالدولي **Eucalyptus Camaldulensis** في منطقة شبه قاحلة، تم قطف البراعم التي يصل قطرها إلى $8 \leq$ سم في دورة مدتها 3 سنوات لإنتاج العمود.





وتطبَّق طريقة التقليل من أجل زيادة قيمة الخشب بشكل عام. إذا كان إنتاج الأخشاب ذات القيمة المضافة العالية هو الغرض الرئيسي، فيجب تقليل الفروع وهي لا تزال رقيقة. بشكل عام، يوصى بقطع الفروع حتى ثلثي ارتفاع الشجرة. أما بالنسبة لطريقة التسليم، فيستخدم الجذع كخشب في المستقبل، لذلك تُقطع الفروع العلوية على ارتفاع 1.5 إلى 2 متر لتجنب أضرار تناول الماشية للبراعم. تستخدم البراعم المزروعة كأعمدة وخشب وقود. ويمكن استخدام البراعم الصغيرة والأوراق كعلف للماشية اعتماداً على أنواع الأشجار.



عملية التخفيف في الغابة الوطنية.





التشجير: التحديات والحلول



هكذا الحال بعد فترة وجيزة من عملية التنسيغ على شجرة.



تقليم الأشجار في مدينة شانديغار في الهند.





(لليمين) تسليب مجموع من الأشجار، (ليسار) مجموعة الأشجار نفسها بعد سنتين.

ثانياً: التخفيف بتقليم الجذور

يمكن تقليم الجذور في الغالب على بُعد 30 إلى 50 سم من الجذع وعلى أعماق من 30 إلى 50 سم. وتجري عملية تقليم الجذور عن طريق حفر الخندق الذي يمكن ردمه أو استخدامه كحفرة لتخزين المياه. يمنع تقليم الجذور نمو الأشجار المزروعة، لذلك يجب اتباع هذه التقنية مع الأخذ بعين الاعتبار التأثير الاقتصادي الناجم عن الحد من نمو الأشجار. ومع ذلك، في بعض الحالات، كشفت الأشجار التي جرى تقليمها عن معدل نمو أفضل من الأشجار غير المقطوعة. من المحتمل أن يكون هذا نتيجة لتجديد الجذور الأكثر كفاءة بعد التقليم مباشرة.

ثالثاً: تقنيات التحكم الزراعي لتجنب المنافسة المائية

لتصميم التخطيط المكاني للنباتات (الجزء تحت الأرض) كما ذكرنا سابقاً، يجري تجزئة النباتات باستخدام المياه على أعماق مختلفة في ظل الظروف





الطبيعية. من خلال استيعاب خصائص توزيع الجذور للنباتات المستهدفة ووضعها بشكل مناسب، قد يكون من الممكن ضمان الاستخدام الفعال لرطوبة التربة المحدودة، وبالتالي زيادة الريح لكل وحدة مساحة.

تمتد جذور المحاصيل مثل البازلاء والذرة الرفيعة والدخن اللؤلؤي بقوة على عمق 2 متر و90 سم وبالقرب من سطح الأرض، على التوالي. تنمو جذور الذرة حتى عمق 75 سم من سطح الأرض بينما ينمي الجرام الأخضر واللوبياء جذورهما عميقة وواسعة. الأشجار مثل شجرة الصمغ العربي *A. Nilotica* عميقة الجذور وأنواع الأوكالبتوس معروفة عموماً بتطوير نظام الجذر في اتجاهات أفقية جنباً إلى جنب مع جذورها.

تعتبر أنواع الأشجار التي يمكن أن تعيش في المناطق القاحلة عميقة الجذور؛ ومع ذلك، لم تكن هناك دراسة متعمقة لهذه الأنواع باستثناء عدد قليل من الأنواع. فيما يتعلق بالمنافسة المائية مع المحاصيل، يجب تجنب أنواع الأشجار التي تمتد جذورها أفقياً بطريقة قوية مثل شجرة الكينا، أو منحها اهتماماً خاصاً من الإدارة.

طبعاً تختلف فترة النمو المطلوبة حسب المحاصيل. يمكن أن ينضج الجرام الأخضر في غضون 3 أشهر، بينما تنضج البازلاء في نحو 10 أشهر. يمكن الاستخدام الفعال لرطوبة التربة وفقاً للتغيرات الموسمية من خلال تحديد المحاصيل التي تتطلب فترة نمو طويلة بافتراض حالة نقص المياه القياسية في موسم الجفاف، وزراعة المحاصيل المبكرة النضج في موسم الأمطار.





7. أنواع الأشجار المناسبة للزراعة الحراجية

من المتوقع أن يوفّر **التشجير** الزراعي منتجات حراجية متنوعة لتلبية الاحتياجات الأساسية للسكان المحليين في منطقة الأرض المحدودة، ومن ثم يجري اختيار «الأشجار متعددة الأغراض» بشكل إيجابي. هذه الأشجار ليست فقط مصادر للأخشاب ولكن أيضاً للوقود والغذاء والأدوية والأعلاف بالإضافة إلى وظائف تحسين البيئة (الظل المورق والحفاظ على التربة) التي تحظى بتقدير كبير. يفضل زراعة العديد من أنواع الأشجار بدلاً من زراعة نوع واحد لتقليل المخاطر المرتبطة بالاستزراع الأحادي.

أثناء إعداد الأرض، غالباً ما يجري الاحتفاظ بأنواع الأشجار الأصلية وليس هناك شك في أن هذه الأنواع قابلة بالفعل للتكيف مع البيئة المحلية. يجب أيضاً أن يجري توجيه اختيار الأنواع التي يجب توفيرها من خلال استخدام الأشجار من قبل المجتمعات المحلية. هذه الحقيقة تشير إلى أن تلك الأشجار تستحق أن تُترك دون تقطيع مع أن التأثير السلبي على تنافس المياه مع المحاصيل واقعٌ فعلاً.

ابتكر المزارعون الذين يزرعون بشكل رئيسي ميليا فولكينسي (لإنتاج الأخشاب) في المناطق شبه القاحلة في كينيا (حيث هطول الأمطار السنوي: نحو 450 ملم، متوسط درجة الحرارة السنوية: 23 إلى 29 درجة مئوية) طريقة لزيادة التنوع عن طريق زراعة أنواع أخرى مثل: النيم الهندي **Azadirachta Indica** (للأخشاب والأدوية)، والتمر هندي **Tamarindus Indica** (للأخشاب والفاكهة)، والمانجو الهندية **Mangifera Indica** (للفاكهة)، والتفاح قشدي **Annona Senegalensis** (للفاكهة).





8. الزراعة في غير الأراضي الزراعية

يمكن زراعة النباتات الشائكة والأشجار السامة بشكل كثيف كسورٍ يحيط بالأراضي الزراعية لمنع الماشية وتدخل الإنسان. نظراً لسهولة التأسيس، جرى زرع نبات صبار أم اللبن **Tirucalli** لهذا الغرض في إفريقيا في الماضي. ومع ذلك، نظراً لخطر الابتلاع العرضي للنسغ السام من قبل الأطفال والاستخدام المحدود، فقد انخفض استخدام هذه الأنواع. نباتات الشوك المستخدمة بشكل شائع في إفريقيا هي أنواع الرامحة جنوب إفريقية **Dovyalis Caffra** والسَّنَط **Acacia**.

الخصائص المطلوبة بشكل أساسي لزرع هذه الأشجار هي: إمكانية التكاثر عن طريق العقلات، وإمكانية التقليم، والقدرة العالية على التكيف مع الزراعة الكثيفة وسهولة الإدارة. يعد الاختيار التفضيلي لأنواع الأشجار التي يمكن استخدامها لأغراض أخرى مثل حطب الوقود والأعلاف ضرورياً لتحسين سبل العيش. تزرع أنواع السياج الحية بكثافة، وبالتالي يكون لها تأثير سلبي في مياه التربة.

ومع ذلك، يمكن تقليل عدد الأشجار المراد غرسها باستخدام أنواع الأشجار التي يمكن تشقق فروعها مع تلك الموجودة في الأشجار المجاورة. يجب اختيار أنواع الأشجار التي يمكن تقليمها وتسليبها. إذا كان الجزء الداخلي من السور عبارة عن أرض زراعية، فإن الإدارة الإضافية مثل تقليم الجذور مطلوبة لمنع تقليل غلات المحاصيل.

ويمكن غرس الأشجار على حدود الأرض في المناطق التي يكون فيها نظام تسجيل الأراضي وإدارتها غير مكتمل، يعد توضيح الحدود لطرف ثالث هو





الشاغل الأكثر أهمية لمالكي الأراضي. ونظراً لأن الأشجار معمرة، يمكن زراعتها لترسيم الحدود. في مثل هذه الحالات، لا يلزم الزراعة الكثيفة كخط تسوير. لذلك، يمكن تعديل فواصل الزراعة وفقاً لكمية هطول الأمطار والوضع المالي. يمكن أيضاً استخدام الأشجار المفيدة الموجودة لهذا الغرض. بالنسبة للزراعة الجديدة، يجري اختيار أنواع الأشجار مع مراعاة إمكانية استخدامها للأخشاب وخشب الوقود. كما هو الحال مع حالة التسوير، إذا كانت المنطقة الداخلية عبارة عن أرض زراعية، للتخفيف من المنافسة المائية مع المحاصيل، يلزم تقليم الجذور وتقليم الفروع.

إن غرس الأشجار داخل المجمع أو (المنزل) والإدارة الروتينية للأشجار في المنزل سهلة، لذلك غالباً ما يجري تحديد أنواع الأشجار التي تتناسب قيمتها مع المدخلات المستخدمة لهذا الموقع. تحسين البيئة المعيشية (الظل المورق) والمساهمة في تنسيق الحدائق هي أيضاً من معايير الاختيار. تُزرع الأشجار ذات القيمة العالية مثل أشجار الأخشاب وأشجار الفاكهة وأشجار الزينة بشكل تفضيلي داخل المجمع / المنزل. يجب تطبيق حصاد المياه عن طريق مجمّع المياه الدقيقة والري باستخدام أنبوب PVC اعتماداً على كمية الأمطار.

ولغرس الأشجار في أراضي الرعي، فإن الاهتمام الخاص بالمنافسة المائية مع النباتات الأخرى ليس عاملاً مهماً. بدلاً من ذلك، يجب النظر في ما إذا كانت المنطقة فيها كمية كافية من الأمطار للنمو السليم للأشجار المزروعة. لا يمكن الحفاظ على تركيب مجمّع المياه الصغيرة على مدى فترة طويلة لأنها كثيراً ما تداس من قبل الماشية.





التشجير: التحديات والحلول



نظراً لأن أراضي الرعي تقع بعيداً عن المناطق السكنية، يجب اختيار أنواع الأشجار التي يمكن أن تتحمل إدارة واسعة النطاق. يلزم غرس الأشجار المفيدة كمصدر للأعلاف وتشمل معايير الاختيار ما يأتي: قيمة غذائية عالية؛ وحاوية لتفضيل منع الرعي؛ عدم وجود سموم وقدرة عالية على التكتل. الحماية بالأسوار ضرورية بعد الزراعة حتى تتطور جذور الأشجار وتنمو بشكل كافٍ كأشجار علف للماشية.





التشجير المتعلق بالميزان المائي المحلي

من المقابلات المنزلية التي أجريت في عام 2010 بين 90 مزارعاً (في المقاطعة الشرقية في كينيا) حول تصور المزارعين عن الغابات والعلاقة المائية، لاحظ غالبية السكان الآثار الإيجابية لزراعة الأشجار على مجمّع المياه. ومع ذلك يعتقد معظمهم أن بعض المعلومات الخاطئة مثل **التشجير** يمكن أن تزيد من هطول الأمطار وترفع مستوى المياه الجوفية.

من نتائج الدراسات السابقة، اعتبر نحو 70% من المزارعين أن أشجار ميليا **Melia Volkensii** المزروعة للزراعة الحراجية في أراضيهم الزراعية يمكن أن تنمو دون منافسة أو القضاء على المنافسة مع المحاصيل الأخرى إذا جرى التقليم بشكل مناسب.

لوحظ أن هناك نقصاً في المعرفة الدقيقة حول العلاقة بين الماء والأشجار (باستثناء شجرة الكينا) وبالتالي فإن نشر المعلومات الدقيقة والمعرفة أمر ضروري. ومع ذلك، فإن جودة الإرشادات التي يقدمها متخصصو الإرشاد الحراجي لا تزال غير كافية.

بناء قدرات السكان ضروري لإعطاء معلومات دقيقة حول وظيفة إعادة **التشجير** على موارد المياه المحلية، مثل زيادة معدل تسرب المياه من تربة الغابات، وقمع التبخر من أرضية الغابة وتحسين كفاءة استخدام مياه الأمطار بالنسبة للأراضي الجرداء. يطرح نقص المعلومات تحديات في تصميم أنظمة الزراعة الحراجية المناسبة.





لذلك من المهم إنشاء نظام (شبكات أو منصات) حيث يقوم أولئك الذين يشاركون بالفعل في أنشطة غرس الأشجار في الموقع بجمع المعلومات العملية ومشاركة هذه المعلومات مع المجتمعات المحلية. يجب أن تنتشر معاهد البحث العامة نتائج أبحاثها حول زراعة الأشجار وإدارتها بحيث تكون في متناول أفراد المجتمع المحلي قدر الإمكان.

• تقليل التشجير لكمية المياه المتاحة

يمكن للغابة أن تحافظ على المياه كسد أخضر، التي يمكن أن تكون فعالة لتخزين المياه، ولكن لا يمكنها زيادة هطول الأمطار. إلى جانب ذلك، يجب تقليل المياه المتاحة في اتجاه مجرى النهر عن طريق **التشجير** في المناطق العليا بسبب استهلاك كمية كبيرة من المياه من أجل التبخر. عندما يجري **التشجير** في الأراضي العارية من هضبة يزداد التبخر والنتح بنسبة 10%، من المتوقع أن تنخفض كمية تدفق النهر بنسبة 9%.

من الضروري أن يكون معروفاً بوضوح بين أفراد المجتمع المحلي المعنيين بإعادة **التشجير** في المناطق القاحلة وشبه القاحلة لاستعادة الغطاء النباتي أنه يجب أن تستغل كمية كبيرة من المياه للحفاظ على الغابات لفترة طويلة. لذلك يمكن أن يقلل **التشجير** من المياه المتاحة للاستخدامات الأخرى.





• الحفاظ على الموارد المائية

نظراً لاستخدام المياه لأغراض مختلفة وهي ضرورية لحياة الإنسان، يجب تطوير تقنيات **التشجير** التي يمكن أن تحافظ على موارد المياه وتقليل فقدان المياه من مناطق المزارع.

تستخدم الشتلات المزروعة كمية صغيرة فقط من الماء، لكن استهلاك المياه يزداد باستمرار مع نمو الأشجار. مع نمو الأشجار على مدى سنوات عديدة، دون أي سيطرة على نمو الأشجار أو الكتلة الحيوية للأوراق، فإن المياه التي تتدفق من الغابة ستتنخفض باستمرار لفترة طويلة وتكون كمية كبيرة من المياه ضرورية لنتجها حتى الحصاد. لذلك، يجب تصميم إعادة **التشجير** وفقاً للمياه المتاحة ويجب أن تهدف الإدارة إلى التحكم في استهلاك المياه لفترة طويلة حتى يمكن الحفاظ على التوازن المائي المحلي.

• بنية الغابات المناسبة لإنتاج الأخشاب

لقد اضطر المزارعون إلى الانتقال من المناطق الجبلية في كينيا إلى الأراضي المنخفضة القاحلة بسبب الزيادة في عدد السكان، وقام المهاجرون بزراعة الأشجار حول مستوطناتهم كما فعلوا في مناطقهم الأصلية. وقد استهلكت هذه الأشجار كمية كبيرة من المياه مما زاد الضغط على الموارد المائية وفشل في حصاد إنتاجها الزراعي. يجب إجراء **التشجير** بعد توضيح الهدف من إنتاج الغابات مثل الحجم المناسب وشكل الأخشاب وكمية المنتجات الخشبية. بعبارة أخرى، يجب اقتراح هيكل الغابة المرغوب فيه وطرق إدارة **التشجير** بشكل شامل مع مراعاة متطلبات السكان، وكمية الموارد المائية المحلية، والخصائص الفسيولوجية والبيئية للأشجار المزروعة.





• الأسباب المناسبة

للحفاظ على كثافة المنصات في مستوى منخفض حيث إن الغابات في المناطق القاحلة وشبه القاحلة تؤدي أدواراً مهمة في تعزيز سبل عيش المجتمع من خلال توفير حطب الوقود والأخشاب والمساهمة في الحفاظ على البيئة على سبيل المثال حماية التربة، والتحكم المناسب في الكثافة هو الأكثر ملاءمة لهدف إنتاج الغابات.

في بعض الأحيان يكون من المهم أيضاً تثبيط إنتاج الأخشاب من خلال التحكم في كثافة الأشجار في الوقت المناسب، لأن كثافة الحامل المنخفضة ليست دائماً مفضلة للحفاظ على بيئة الغابات. في المنصات منخفضة الكثافة، يجري تعزيز التبخر من أرضية الغابة عن طريق الإشعاع الشمسي القوي. يمكن أن تحافظ غابات الشجيرات على حالة التربة من خلال الغطاء النباتي الكثيف وإنتاج حطب النار.

من ناحية أخرى، يمكن للغابات المفتوحة إنتاج مواد خشبية عالية الجودة. إذ يُعد تطوير التقنيات المناسبة للتحكم في كثافة الحامل عند مستوى منخفض في المناطق القاحلة وشبه الجافة أمراً ضرورياً للحفاظ على الموارد المائية من خلال مجموعة متنوعة من الأبحاث. ومع ذلك، لم تكن هناك نتائج بحث عامة حول التحكم في الكثافة المنخفضة التي يمكن تطبيقها على نطاق واسع على أنواع الأشجار المختلفة.





• مراعاة الفروق الجزئية

في حالة الموقع حتى في المناطق الرطبة مثل اليابان التي يوجد بها ما يكفي من الأمطار لنمو الأشجار، تختلف ظروف موقع **التشجير** إلى حد كبير باختلاف المواقع (الجزء العلوي أو السفلي من المنحدر وجوانب بحر اليابان أو المحيط الهادئ) ونتيجة لذلك، تختلف أنواع الأشجار المزروعة وطرائق إدارتها أيضاً على نطاق واسع. وبالمثل، نظراً لأن الظروف في المنطقة القاحلة وشبه القاحلة تختلف أيضاً إلى حد كبير مع اختلافات طفيفة في اتجاه التموج والمنحدر، يجب أخذ أنواع الأشجار والإدارة في الاعتبار نظراً للاختلاف في ظروف الموقع الدقيق.

يتراوح معدل هطول الأمطار السنوي في المناطق القاحلة وشبه القاحلة إلى حد كبير من 10 ملم إلى 800 ملم. وبالتالي يؤثر التباين في هطول الأمطار على التغيرات في محتوى رطوبة التربة بعد إنشاء المزرعة. على سبيل المثال، إذا جرى زرع شجر الجراد الأسود **Robinia Pseudoacacia** في أراض ذات كمية كافية من الأمطار تزيد على 600 ملم في المتوسط السنوي، فإن قدرة التربة على الاحتفاظ بالمياه تتحسن مع نمو الأشجار المزروعة. من ناحية أخرى، فإن زراعة هذه الأنواع من الأشجار في منطقة قاحلة - حيث يحدث الجفاف بشكل متكرر - سيؤدي إلى جفاف التربة.

• الشجرة المناسبة في المكان المناسب

مع أن الكمية الإجمالية للمياه ليست كافية في المناطق القاحلة وشبه القاحلة، إلا أن هناك أشكالاً مختلفة من مصادر المياه المتاحة وأنواعاً كثيرة من النباتات يمكن أن تعيش مع استراتيجيات مختلفة لتاريخ الحياة لتمكينها من استخدام مصادر مياه مختلفة.





لتأمين مجموعة واسعة من الاختيار البديل لأنواع الأشجار المناسبة للزراعة في ظل ظروف الموقع المختلفة، يجب الكشف عن خصائص النمو لأكثر عدد ممكن من الأنواع النباتية. تعد فترة الإدارة الطويلة جداً ضرورية لتحقيق أهداف الزراعة بسبب معدل نمو الأشجار البطيء.

علاوة على ذلك، يجري إنشاء أنواع مختلفة من شكل الأشجار وهيكل الغابات اعتماداً على إجراءات مختلفة خلال فترة الإدارة الطويلة. لذلك فإن التوقع طويل الأمد ضروري لاختيار أنواع الأشجار المزروعة.

• المزارع الرتيبة والواسعة النطاق

تعد هذه المزارع أمراً غير عملي من أجل تخفيف الضغط البشري على الغابات الطبيعية المتبقية، ينبغي تشجيع زراعة الأشجار بشكل استباقي. ومع ذلك، ينبغي تجنب المزارع الكبيرة والرتيبة في المناطق القاحلة وشبه القاحلة للحفاظ على الموارد المائية، بسبب صعوبة مراعاة الاختلاف الجزئي في ظروف الموقع.

ومع ذلك، يجب القيام بالمزارع الكبيرة في المناطق القاحلة وشبه القاحلة مع الكثير من الاحتياطات مع مراعاة الحفاظ على الموارد المائية. لقد تسببت معظم عمليات **التشجير** الرتيبة والواسعة النطاق في شمال الصين في جفاف النهر الأصفر بسبب عدم مراعاة التوازن المائي المحلي.

علاوة على ذلك، جرى معظمها في أراضي المحاصيل المتدهورة والأراضي الجبلية القاحلة التي لم تكن صالحة للتشجير. لذلك، فإن أي محاولة للتشجير على نطاق واسع تهدف ببساطة إلى زيادة الكتلة الحيوية للغابات من أجل





تثبيت الكربون تشكل خطراً كبيراً من استنفاد مصدر المياه وليست مناسبة في المنطقة القاحلة.

ومما زاد الطين بلة، أن بعض مشاريع إعادة **التشجير** الكبيرة نجحت في إنشاء نباتات حراجية جميلة ولكنها مؤقتة وصغيرة، مما يعطي انطباعاً بأن **التشجير** ممكن حتى في الأراضي القاحلة المتدهورة إذا نُفذت الإدارة السليمة. ومع ذلك، لا ينبغي أن تدعم هذه النتائج قصيرة المدى سياسات **التشجير** واسعة النطاق وطويلة الأجل في المناطق القاحلة وشبه القاحلة دون الكثير من الاحتياطات.

• التحمل في ظل البيئة القاسية والجافة

نظراً لتفاوت هطول الأمطار إلى حد كبير عبر السنوات في المناطق القاحلة وشبه القاحلة، يجب أن يكون لبنية الغابات وخصائص الأشجار بعض التحمل من أجل استدامتها.

لذلك يجب أن تركز تقنيات **التشجير** على تأمين متانة الغطاء النباتي للغابات في ظل بيئة قاسية من خلال تنسيق استهلاك مياه الغابات مع التحكم في الكتلة الحيوية للأوراق (فقدان المياه من الغابة) بناءً على اختيار أنواع الأشجار التي يمكنها تعديل أوراقها الكتلة الحيوية في حد ذاتها (الموت الرجعي) عندما يكون هناك انخفاض في هطول الأمطار أو أثناء الجفاف.





• الفرق بين التشجير الزراعي وإعادة التشجير

ينبغي البدء في زراعة الأشجار في ضوء العلاقة بين الغابات وحياة الإنسان. لذلك، هناك حاجة إلى وجهة نظر مختلفة تماماً لإدارة الغابات بين زراعة الأشجار الحراجية داخل المجمع ومزرعة الأشجار التي جرى إنشاؤها في المزارع الريفية بعيداً عن منطقة الاستيطان. يمكن حماية الأشجار المزروعة داخل المجمع من الحصاد غير القانوني ورعي الماشية، وبالتالي الحفاظ على بيئة غابات مستقرة لنمو الأشجار.

من ناحية أخرى، فإن إعادة التشجير في المزارع الريفية بعيداً عن موطنها متطلبات مسبقة مثل انخفاض مخاطر القطع غير القانوني. هناك أيضاً متطلبات أساسية أخرى مثل اختيار أنواع الأشجار المناسبة للإدارة المكثفة، والنظر في التدابير المضادة مثل الأسوار لمنع رعي الماشية. وأهم ما يشغل إعادة التشجير في مثل هذه المواقع هو أرباح الأشجار والأخشاب المزروعة.

أيضاً يجب أن يكون لأشجار التشجير الزراعية آثار إيجابية في المحاصيل والحفاظ على ظروف الأراضي الزراعية وتحسينها. هناك اختلافات واضحة بين التشجير الزراعي في أراضي المحاصيل وإعادة التشجير فيما يتعلق بأساليب الإدارة بما في ذلك أنواع الأشجار وكثافة الزراعة وممارسات الإدارة مثل التقليم. تتطلب إعادة التشجير في المناطق الريفية مراعاة البيئة المائية في نطاق مساحة المزرعة لإزالة الآثار الضارة لنمو الأشجار على حساب توازن المياه المحلي.





• قضايا الزراعة الحراجية

التشجير الزراعي هو نتيجة التنازل بين الغابات وإنتاج المحاصيل عن طريق الفصل والتنافس على المياه. بصرف النظر عن إنتاج الأخشاب، غالباً ما تُزرع أنواع الأشجار المستخدمة في الحياة اليومية. تقنيات الإدارة المناسبة لأنواع الأشجار التي تعتبر مهمة لمعيشة السكان ولكنها ثانوية بالمعنى التجاري وأقل تطوراً.

على سبيل المثال، فإن الخصائص البيئية والفسولوجية لأنواع الأشجار الصغيرة هي أيضاً أقل فهماً؛ لم يُكشف عن توزيع وقدرة امتصاص الماء لنظام الجذر التي تؤثر بشكل كبير في المنافسة بين الأنواع للمياه مع المحاصيل.

ومع ذلك، فإن عنق الزجاجة للتشجير الزراعي للأراضي الجافة يتمثل في الافتقار إلى المعلومات الحاسمة حول خصائص نمو أنواع الأشجار ذات الصلة وتقنيات الإدارة المناسبة لإنتاج الأشجار التي تضمن الاستخدام الفعال للفضاء وموارد المياه. من الضروري لإدارة **التشجير** الزراعية أن تأخذ في الاعتبار تأثير نمو الأشجار في مياه التربة في منطقة إعادة **التشجير** التي يجب أن تنخفض مع نمو الأشجار.





دور التشجير في التنمية والطاقة المستدامة

حتى ظهور الوقود الأحفوري، كان الحطب، لآلاف السنين، هو المصدر الأساسي للطاقة للسكان. وحالياً لا يزال أكثر من بليون شخص في جميع أنحاء العالم، في المناطق الريفية والحضرية، يعتمدون على الخشب في احتياجاتهم الأولية من الطاقة. يشكل الخشب المصدر الأساسي للطاقة لأغراض الطهي والتدفئة في العديد من البلدان النامية، حيث يستهلك ما يقرب من 90% من حطب الوقود والفحم النباتي.

كما أن المناطق التي تشهد أعلى معدلات انتشار للفقر، وعلى الأخص منطقة إفريقيا جنوب الصحراء الكبرى والأسر ذات الدخل المنخفض في آسيا، هي أيضاً الأكثر اعتماداً على حطب الوقود. في الوقت نفسه، لا يزال استخدام حطب الوقود المقطوع بشكل غير مستدام، الذي يحدث غالباً في هذه المناطق، يمثل تحدياً له آثار اقتصادية وبيئية سلبية.

إن البلدان النامية ليست وحدها التي تعتمد على الغابات للحصول على الطاقة. تمثل الطاقة الحيوية من الكتلة الحيوية للغابات (بأشكال مختلفة، بما في ذلك الكريات والعصي ونشارة الخشب) نحو نصف استهلاك الطاقة المتجددة في أوروبا. تقوم البلدان في جميع أنحاء أوروبا بتحويل محطات الطاقة الخاصة بها من استخدام الفحم فقط إلى مزيج من منتجات الفحم والخشب لتلبية أهداف الطاقة المتجددة «المحايدة للكربون» **Carbon Neutral**.

التطورات التكنولوجية في إنتاج طاقة الكتلة الحيوية، إلى جانب المخاوف المتزايدة بشأن زيادة انبعاثات غازات الاحتباس الحراري، تجعل من المرجح





بشكل متزايد أن تستمر طاقة الكتلة الحيوية من منتجات الغابات في العمل كمصدر مهم للطاقة المتجددة في جميع البلدان في المستقبل.

تقديرًا لهذه الروابط المتداخلة المهمة بين الغابات والطاقة، فقد كان الموضوع الرئيسي لليوم الدولي للغابات لعام 2017 هو «الغابات والطاقة». كما جرى الاعتراف بالحاجة إلى الإدارة المستدامة للغابات وموارد الطاقة المستدامة في هديتي التنمية المستدامة 7 و15 من خطة التنمية المستدامة لعام 2030.



إعداد الفحم للبيع ووقود الحطب للاستخدام المنزلي، حيث يعتبر خشب الوقود مصدراً مهماً للطاقة في المنطقة التي لا يطور فيها مصادر الطاقة البديلة. حرق الفحم في المقاطر الحديدية الحديثة في أوتريت، بولندا.





لقد أنشأت الجمعية العامة للأمم المتحدة اليوم العالمي للغابات في عام 2012. وتتنوع الأنشطة التي يتم تنظيمها من المؤتمرات العلمية وورش العمل إلى المعارض الفنية وغرس الأشجار والفعاليات على مستوى المجتمع المحلي. يعكس موضوع اليوم الدولي الجوانب المتعددة الأوجه للغابات، ويسلط الضوء على الطرق العديدة التي تسهم بها الغابات في حياتنا اليومية والاستدامة العالمية.

نورد فيما يأتي أهم الدعامات التي يقدمها التشجير للتنمية المستدامة

أمثلة	دعامة التنمية المستدامة
<ul style="list-style-type: none">• المنتجات والخدمات زيادة توافر المنتجات الخشبية وغير الخشبية (الأخشاب، وخشب الوقود، والألياف، والأعلاف، والفواكه، والزهور، والصمغ، والراتنج، والعسل، والشمع)؛ الدخل والمشاركة الاقتصادية (العمالة والأجور، وإمكانية خدمات السياحة البيئية، والمشاركة في عائدات الكربون، وزيادة إمكانات الحرف المحلية والصناعات المنزلية).• إنتاجية الموارد خدمات مجمّع المياه (مكافحة تآكل التربة، وتحسين خصوبة التربة، والسيطرة على الفيضانات، وإعادة تغذية المياه الجوفية، ونوعية المياه)؛ إنتاجية موارد الغابات، إنتاجية موارد الأرض (مكافحة التصحر، السيطرة على الملوحة)• الحفاظ على الموارد الحفاظ على الطاقة (انخفاض استهلاك الطاقة لمكيفات الهواء في المناطق الحضرية)، والحفاظ على موارد الغابات، وحماية البنية التحتية (تقليل طمي الخزانات؛ وحماية الطرق والقنوات والسكك الحديدية والموائل من زحف الرمال)	الاقتصاد





أمثلة	دعامة التنمية المستدامة
<ul style="list-style-type: none"> • الموائل البشرية: المناطق الحضرية - التخفيف من تلوث الهواء والضوضاء؛ مساحات خضراء توفر الظل والراحة. • الموائل البشرية: الظل الريفي للبشر والماشية، واعتدال الرياح والعاصفة الترابية، وتحسين المناخ المحلي. • حماية النظام الإيكولوجي: استعادة الموائل الطبيعية، والحفاظ على التنوع البيولوجي. 	البيئة
<ul style="list-style-type: none"> • الحكم المحلي والتماسك المجتمعي تعزيز العمل والتعلم المجتمعيين، والحوكمة التشاركية، والوعي المدني والتعليمي، والمشاركة التتموية؛ تعزيز الحوارات المتبادلة، وتعزيز الأخلاق والمساءلة، وتعزيز المعرفة المحلية والتمكين. • العدالة الاجتماعية والمرونة السياسية تعزيز المساواة في الوصول إلى الموارد (زيادة الموارد المحلية، والمساواة بين الريف والحضر في تدفق الاستثمار)؛ المساواة بين الجنسين (وصول المرأة إلى العمل، وحطب الوقود، والمياه)؛ العدالة بين الأجيال (الحفاظ على الموارد، والحفاظ على إنتاجيتها)؛ زيادة المرونة السياسية (تقليل النزاعات على الموارد، استعادة الموارد المحلية المتدهورة لأسباب بعيدة). 	سياسية - اجتماعية
<ul style="list-style-type: none"> • نقل التكنولوجيا والمعرفة الفنية. تعزيز المعرفة والمهارات الفنية للمجتمعات المحلية (إدارة الموارد الطبيعية، وطرق التشجير وإعادة التشجير). 	
<ul style="list-style-type: none"> • مساحة ترفيهية وجماليات للمناسبات الاجتماعية، والتأمل في الطبيعة، والتقدير الجمالي، والإبداع والتعلم. • الهوية والمشاركة الحفاظ على القيم الثقافية والدينية والأصلية وتعزيزها؛ الحفاظ على الهوية الثقافية والتراث؛ تسهيل مشاركة الفرد والمجتمع والتعلم والمعتقدات والمعنى. • الصحة والرفاهية التنوع الغذائي والتغذية والطب العرقي؛ المساحات الخضراء تعزز الرفاهية وتخفيف التوتر وتماسك المجتمع. 	ثقافية





دور التشجير في التقليل من انبعاثات الكربون

امتصاص الأشجار والنباتات ثاني أكسيد الكربون هو حقيقة ثابتة. يتزايد ثاني أكسيد الكربون، أحد غازات الدفيئة، في عالم اليوم لأسباب مختلفة مثل إزالة الغابات وحرق الوقود الأحفوري والتصنيع والتعدين وما إلى ذلك.

لذلك، فإن الحاجة إلى زراعة المزيد من الأشجار والنباتات لامتصاص أعلى لثاني أكسيد الكربون من الغلاف الجوي أمر حتمي. عندما يجري تحويل المناطق غير الحراجية إلى غابات، فإن نمو الأشجار الإضافية يعزز الغابات وقدرتها على تخزين الكربون. كما اقترح أن **التشجير** على نطاق واسع يمكن أن يمتص بنجاح ثاني أكسيد الكربون الناتج عن حرق الوقود الأحفوري والفحم.

لقد أدت إزالة الغابات المستمرة على مدى القرون الماضية إلى اضطراب وإلحاق الضرر بالنظام البيئي للأرض بمعدل متزايد. بالإضافة إلى ذلك، فإن تأثير الاحتباس الحراري، والتغيرات المناخية، وتآكل التربة هي بعض الأخطار الأخرى على التوازن البيئي التي نواجهها حالياً. لذلك، يعتبر **التشجير** أداة بيئية مهمة.

إن ممارسة زراعة المزيد من الأشجار على الأراضي المتاحة جديدة بالثناء. وفقاً لتقرير نشرته الجامعة الوطنية الأسترالية، فقد زادت المساحة المزروعة بغابات المزارع على مستوى العالم إلى 135 مليون هكتار بحلول عام 1997، مع معدلات تشجير وإعادة تشجير سنوية تقترب من 10% من إجمالي المساحة.

لطالما حظيت مخططات غرس الأشجار بشعبية، ولكن ليس أكثر من اليوم، حيث يجري الترويج لها بشكل متكرر كحل مقترح لأزمة المناخ. هناك تاريخ





طويل ومؤلم لمشاريع زراعة الأشجار السيئة، ليس في جنوب العالم فقط وإنما أيضاً في الشمال، حيث تسببت تلك المشاريع في إزالة الغابات والبيّوس الاجتماعي، فضلاً عن زيادة تغير المناخ.

طبعاً لا يمكن لزراعة أشجار جديدة بمفردها أن تحل مشكلة تغير المناخ، ولكن عندما تقترن بترميم مدروس جيداً للغابات الحالية وتقليل الانبعاثات، يمكن أن تؤدي زراعة الأشجار دوراً مهماً.

تمتص الأشجار ثاني أكسيد الكربون (CO2) أثناء عملية التمثيل الضوئي، حيث تستخدم أشعة الشمس لتحويل ثاني أكسيد الكربون إلى سكريات وطاقة تحتاجها للنمو. يُخزّن الكربون في الكتلة الحيوية - الجذع والجذور والأوراق - وكذلك في التربة. لذلك يمكن أن يساعد غرس الأشجار في التخفيف من الانهيار المناخي، لأنها تمتص ثاني أكسيد الكربون أثناء نموها، ويبقى الكربون مخزناً حتى يتحلل الخشب أو يحترق.

ومع ذلك، فإن غرس الأشجار لن يساعد المناخ إذا جرى قطع الأشجار وحرقتها للحصول على الطاقة؛ تُزرع الأشجار بطريقة لا تراعي احتياجات التنوع البيولوجي المحلي؛ كما تُزرع الأشجار بدلاً من تقليل انبعاثات ثاني أكسيد الكربون (التعويض)؛ وغرس الأشجار يصرف الانتباه عن الحاجة إلى حماية الغابات الحالية الناضجة.

يمكن أن تسهم زراعة الأشجار ذات التنوع البيولوجي في معالجة حالة الطوارئ المناخية، ولكن فقط إذا قمنا أيضاً بتقليل الانبعاثات وحماية الغابات الموجودة واستعادتها.





من ناحية أخرى، فإن استعادة النظام البيئي للغابات تعيده إلى حالته الصحية السابقة. في الغابة الطبيعية المتنوعة بيولوجياً، توجد مجموعة من الأشجار من مختلف الأعمار. وتستمر الغابة في التكاثر بشكل طبيعي وتدعم شبكة معقدة من النباتات والحيوانات. إذا تدهورت الغابة - على سبيل المثال من خلال القطع - فقد يكون من الممكن إعادتها إلى حالة صحية. يمكن أن تكون زراعة أشجار جديدة جزءاً من هذا، طالما أن الأشجار الأصلية لها الأولوية، وهناك مجموعة من الأنواع لضمان الحفاظ على التنوع البيولوجي.



يمكن استعادة الغابات بطرائق مختلفة بما في ذلك الانتقال من قطع الأشجار وزراعتها الأحادية إلى التشجير المجتمعي، أو الغابات القريبة من الطبيعة، أو «تنحية» الأرض، بدعم من المجتمع، للسماح للغابات بالتجدد من تلقاء نفسها دون أي تدخل.





وقد نتساءل هل الأشجار الصغيرة أو القديمة أكثر أهمية لامتصاص ثاني أكسيد الكربون؟

توجد اختلافات في معدل ومستويات امتصاص الأشجار لثاني أكسيد الكربون، اعتماداً على الظروف المحلية والأنواع الدقيقة المعنية.

على عكس بعض مزاعم الصناعة، يمكن للأشجار أن تستمر في امتصاص الكربون بعد 600 عام من العمر! ولا تستمر الغابات القديمة في إزالة ثاني أكسيد الكربون فحسب، بل تخزن أيضاً كميات هائلة من الكربون في جذوعها وجذورها وكذلك في التربة غير المضطربة أسفل الغابة. وتحوي أكبر نسبة 1% من الأشجار على نصف كل الكربون، لذلك نحتاج إلى التخلي عن فكرة إعطاء الأولوية للأشجار الصغيرة على كبيرة السن.

حماية الغابات الحالية هي أفضل آماننا في معالجة انهيار المناخ والتنوع البيولوجي.

ستكون أي أشجار فتية نزرعها حالياً مُهمّة للمستقبل، ولكن الأمر سيستغرق وقتاً طويلاً لمواكبة قدرة الغابات القديمة على تخزين الكربون. لذلك نحن بحاجة إلى إعطاء الأولوية لحماية واستعادة الغابات التي لدينا بالفعل.





الدروس المستفادة من التجارب الدولية في مجال التشجير

قامت العديد من الدول التي فيها أراضٍ قاحلة أو شبه قاحلة بعددٍ من التجارب المهمة لتشجير أو إعادة تشجير تلك الأراضي.

وستتعرف فيما يأتي على أبرز هذه التجارب والنتائج التي حصلت عليها.

• التجربة المصرية

تقدم مصر فرصة كبيرة للتشجير على نطاق واسع بسبب توافر مياه الصرف الصحي الكافية والأراضي الصحراوية. بعد المعالجة الأساسية، يمكن استخدام مياه الصرف الصحي بكفاءة كمورد لإنتاج الأخشاب والكتلة الحيوية الخشبية ومحاصيل الوقود الحيوي وتجارة الكربون.

إن سبب عدم وجود الغابات في مصر ليس فقط بسبب الظروف المناخية وندرة هطول الأمطار، ولكن أيضاً نتيجة التحضر والتركيز على إنتاج الغذاء من أجل الزيادة السكانية السريعة. مع أن المساحة الجغرافية لمصر كبيرة، حيث تتجاوز المليون كيلومتر مربع، إلا أن الأراضي الصحراوية تهيمن على أكثر من 96% من إجمالي مساحة الدولة مع القليل من نباتات الشجيرات المتناثرة. تنمو معظم النباتات في البلاد في دلتا ووادي النيل «الواحات الأكثر شمولاً في جميع أنحاء العالم». يوجد في دلتا ووادي النيل مجموعة متنوعة غنية من أنواع الأشجار، بعضها محلي وبعضها غريب.

قبل أكثر من ألف عام، كانت مصر أول دولة في العالم أسست منظمة وطنية للغابات. في ذلك الوقت، كان استخدام الأخشاب يُدار بشكل جيد، ولا





سَيِّماً في بناء السفن. فقد جرى بناء آلاف السفن التي يبلغ طولها 85م وطولها 35م. حالياً أقل من 0.07% من مساحة البلاد مغطاة بالأشجار.

قدرت منظمة الفاو عام 2009 مساحة إجمالية قدرها 691 كيلومتراً مربعاً مزروعة بما يقرب من 74 مليون شجرة واقفة في مصر. لا يوجد في البلاد غابات طبيعية تقريباً؛ وإنما يمكن العثور فقط على بقايا أراضي الغابات الطبيعية على منحدرات جبل علبة (جبل إلبا) في جنوب البلاد وأشجار المانغروف المتناثرة على طول ساحل البحر الأحمر. يعتمد **التشجير** في مصر بشكل أساسي على الغابات الاصطناعية، ومعظم الأنواع المشتركة هي أشجار الكزوارينة كنباتية الأوراق والأوكالبتوس، التي تستخدم كمصدات للرياح.

وفقاً لمنظمة الأغذية والزراعة، فقد حققت مصر معدل تغير سنوي قدره 3.3% في الغطاء الحرجي بين عامي 1990 و2000، وهي أعلى زيادة سنوية بين البلدان الإفريقية. خلال الفترة نفسها كان متوسط معدل التغير السنوي للقارة الإفريقية بأكملها - 0.8%.

وتعزى هذه الزيادة في مساحة الغابات إلى إنشاء «البرنامج الوطني للاستخدام الآمن لمياه الصرف الصحي المعالجة للتشجير» في أوائل / منتصف التسعينيات. في إطار هذا البرنامج، جرى تنفيذ مشروع تجريبي على مساحة تزيد على 4000 هكتار منتشرة في جميع أنحاء البلاد لتحديد نجاح / فشل **التشجير** باستخدام مياه الصرف الصحي المعالجة الأساسية.

يشمل **التشجير** أنواعاً مختلفة، مثل الأكاسيا (أكاسيا نيلوتيكا وأكاسيا سالينيا)، الكاسوارينا (كاسوارينا إكوستيفوليا)، الكوبريسوس (كبريسوس



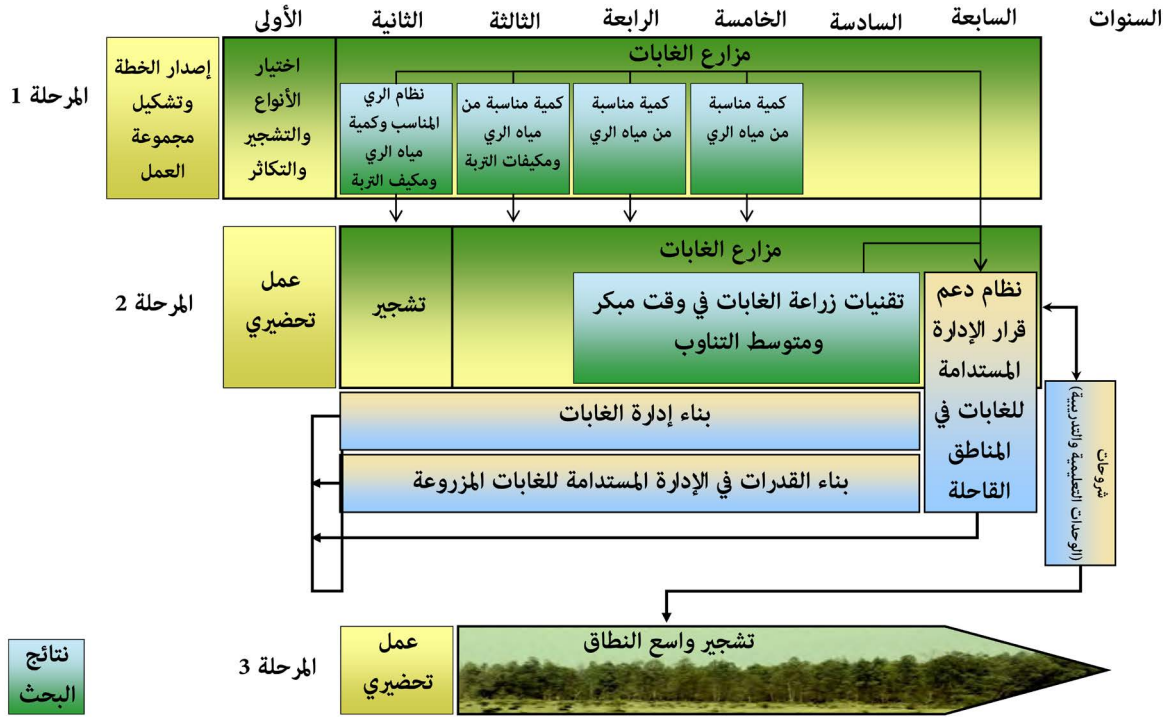


سيمبيرفيرينز)، الأوكالبتوس (أوكالبتوس كامالدولينسيس)، الماهو غاني الإفريقي (خايا سيني جاننسيس)، النيم (أزارينا إكوستيفوليا) بالإضافة إلى الجاتروفا والجوجوبا كمحاصيل وقود حيوي.

كشفت نتائج المشروع التجريبي بوضوح أنه يمكن استخدام مياه الصرف الصحي لإنشاء مزارع جديدة في الأراضي الصحراوية، وأظهرت إمكانات عالية لتشجير الأنواع متعددة الأغراض ذات الأهمية الاجتماعية والاقتصادية.

وبناءً على نتائج المشروع التجريبي وبناءً على مذكرة تفاهم بين وزارة الدولة المصرية لشؤون البيئة ومعهد زراعة الغابات في جامعة ميونيخ التقنية (TUM) في عام 2007، اقترح معهد زراعة الغابات مفهوماً للمؤسسة يستند إلى زراعة وتتمية الغابات المستدامة في الأراضي الصحراوية في مصر باستخدام مياه الصرف الصحي.





مخطط إنشاء مزارع الغابات في مصر.

يركز المفهوم على تحسين الإنتاجية والجودة والتكنولوجيا وفعالية التكلفة والعوائد الاقتصادية لغابات المزارع. لذلك، اقترح بحث تطبيقي مصاحب بهدف رئيسي لتطوير نظام دعم القرار للإدارة المستدامة للغابات المزروعة في المناطق القاحلة بما في ذلك إدارة مياه الصرف الصحي.

جرى تنفيذ العمل العلمي الداعم من قبل علماء ألمان ومصريين مؤهلين تأهيلاً عالياً بما في ذلك: معهد زراعة الغابات، جامعة ميونيخ التقنية (TUM)؛ وقسم الهندسة الزراعية جامعة عين شمس، وقسم الغابات وتكنولوجيا الأخشاب، وجامعة الإسكندرية؛ ومعهد الهندسة الهيدروليكية والموارد المائية،





ومعهد مراقبة جودة المياه؛ ومركز البحوث الزراعية بوزارة الزراعة واستصلاح الأراضي.

أعربت حكومة ولاية بافاريا في ألمانيا عن دعمها لمحاولات **التشجير** في مصر من خلال تقديم المساعدة الفنية في شكل نقل التكنولوجيا والدعم في بناء القدرات. جرى تقديم استشارة الخبراء من قبل وزارة الزراعة والغابات في ولاية بافاريا ومعهد زراعة الغابات في الجامعة التقنية في ميونيخ (TUM).

في عام 2012، قدمت خدمة التبادل الأكاديمي الألمانية (DAAD) الأموال لدعم تنفيذ جزء من الأنشطة البحثية، وتجميع المعرفة بإدارة الغابات في الجامعات المصرية، وتحسين برنامج **التشجير**، بالإضافة إلى تعزيز البحث التعاون في إدارة موارد الغابات والمياه والتبادل العلمي من خلال المزيد من الشراكات بين ألمانيا ومصر.

1. تحقيق الإنجازات

يمكن للفريق العلمي بالتعاون مع الأمانة الفرعية للتشجير والبيئة بوزارة الزراعة واستصلاح الأراضي الحصول على معلومات علمية مهمة وتحقيق إنجازات نحو التحقيق الناجح للتشجير في مصر.

وقد تبين أن إمكانات زراعة أشجار الغابات في مصر عالية: عُثر على 134 نوعاً من الأشجار ذات الصلة بالغابات والتي تنمو في حديقتين فقط في القاهرة. وقد حدد الباحثون محصول بعض أنواع الأشجار من مزارع الغابات في مصر، الذي كان مرتفعاً، وقدر أن العائد الذي جرى تحقيقه في مصر قد تحقق تقريباً 4.5 مرة مقارنة بألمانيا، وهي الدولة الرائدة في مجال الغابات في أوروبا.





قام الباحثون بالتحقيق في جدوى **التشجير** في مصر باستخدام مياه الصرف الصحي واستنتجوا جدواها البيئية والاجتماعية والاقتصادية. وقد قدر الكاتب وإيجر ووالترسباخر أن معدل عائد داخلي يتجاوز 12 % من خلال تشجير 1000 هكتار من الأراضي الصحراوية باستخدام 14 نوعاً من الأشجار جرى اختيارها على أساس علمي من قبل الفريق العلمي الألماني والمصري. الأنواع هي:

1. **أنواع الأخشاب الصلبة الثمينة:** خشب الساج أو خشب الساج الأبيض (*Gmelina Arborea*)، الماهوغانى الإفريقي (*Khaya Senegalensis*)، أوتينيكاً يلو وود (*Podocarpus Falcatus*)، خشب الساج (*Tectona grandis*).

2. **أنواع الأخشاب الصلبة:** مانجيوم أو بلاك واتل (*Acacia Mangium*)، نيم أو ليلك هندي (*Azadirachta indica*)، صمغ الليمون المعطر (*Corymbia Citriodora*)، نهر الصمغ الأحمر (*Eucalyptus Camaldulensis*).

3. **أنواع الأخشاب اللينة:** الصنوبر الكاريبي (*Pinus Caribaea Var. Honduren-* *sis*)، وصنوبر جزيرة الكناري (*Pinus Canariensis C. Smith*).

4. **محاصيل الوقود الحيوي:** الجاتروفا (*Jatropha Curcas*)، الجوجوبا (*Simmondsia Chinensis*).

5. **أنواع مصدات الرياح:** أورانج واتل (*Acacia Saligna*)، وكازوارينا (*Casuarina Equisetifolia*).

في إطار التعاون المصري الألماني، جرى عقد العديد من ورش العمل للتعامل مع المعالجة السليمة لمياه الصرف الصحي. كما جرى التركيز على تخصيص





مياه الصرف الصحي المتاحة، والاستخدام السليم لإمكانات المياه العادمة وتحسين معالجتها لضمان سلامة وجودة مياه الصرف الصحي المعالجة قبل إعادة استخدامها.

ستدمج كليات الزراعة في الجامعات المصرية في مناهجها الدراسية وحدات دراسية جديدة للتعليم الزراعي العالي في إدارة الغابات المزروعة وإدارة الموارد المائية. يقدم معهد TUM الدعم من خلال إجراء دورات دراسية وتدريب عملي وورش عمل في مصر وألمانيا. وسيُنشأ قسم للغابات في كلية الزراعة جامعة القاهرة.

أثارت الإنجازات اهتمام المنظمات الدولية. مثل مجموعة فورست فاينانس، بون / ألمانيا، ومنظمة رائدة في ألمانيا في مجال الاستثمار في الغابات وفي تطوير وتشغيل منتجات الغابات المستدامة، تدعم بشكل كبير تطوير **التشجير** في مصر في التطبيقات التجارية وتجارة الكربون في الغابات.

2. تشجير واسع النطاق في مصر

إن **التشجير** على نطاق واسع في المناطق القاحلة يدعم الحلول المبتكرة للتحديات الوطنية (المصرية) والعالمية، مثل تغير المناخ والطاقة المتجددة والأمن الغذائي وإدارة الموارد. **التشجير** هو أحد أكثر الأدوات فعالية في تثبيت ثاني أكسيد الكربون. وتعتبر المنتجات الحراجية مثل الخشب والكتلة الحيوية مصادر مُهمّة للطاقة المتجددة.

تنتج مصر كميات هائلة من مياه الصرف الصحي سنويًا تعادل 5.5 بليون متر مكعب من مياه الصرف الصحي هذه، التي تعادل 10% من حصة مصر





الثابتة من مياه النيل، كافية لتشجير أكثر من 650 ألف هكتار من الأراضي الصحراوية وتخزين أكثر من 25 مليون طن من ثاني أكسيد الكربون سنوياً في غابات المزارع الجديدة.

قد يحفز **التشجير** على نطاق واسع تكوين السحب وقد يؤدي إلى هطول الأمطار التي تحتاجها الدولة بشكل عاجل لتوسيع مناطق الإنتاج الزراعي. وقد جرى دعم استنتاجهم من خلال بيان صحفي صادر عن جامعة هوهنهايم ودراسة حديثة تشير إلى مزارع واسعة النطاق من أشجار جاتروفا كركاسين المناطق الساحلية الساخنة والجافة لالتقاط ثاني أكسيد الكربون من الغلاف الجوي.

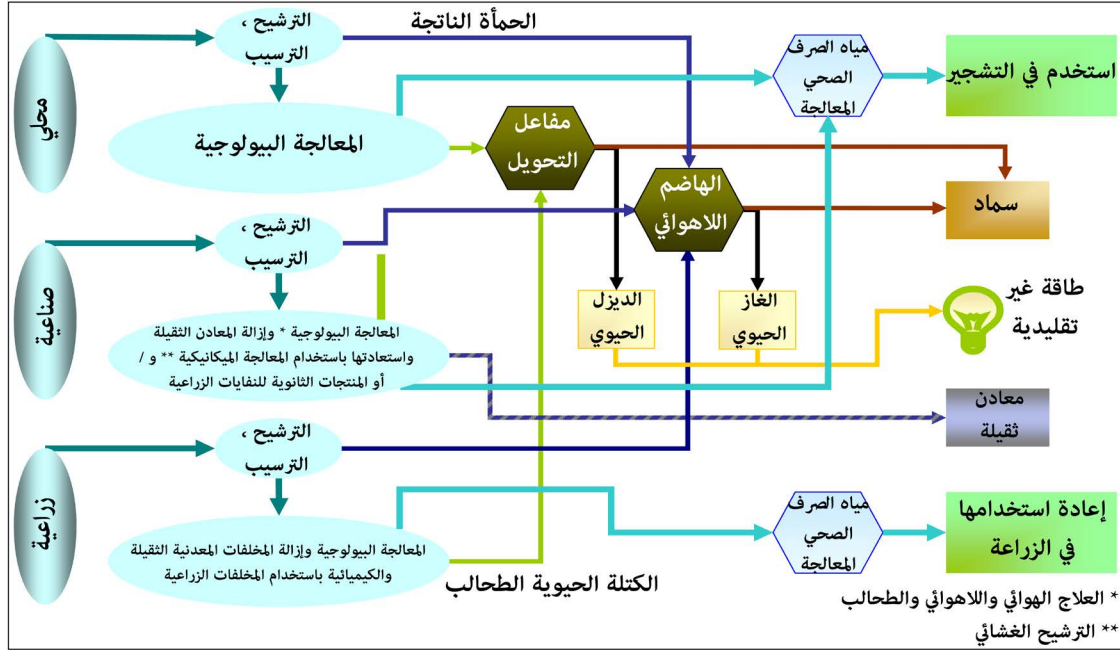
أجرى المؤلفون عمليات محاكاة عالية الدقة باستخدام نموذج أرض - سطح - جو متقدم وخلصوا إلى أن مزارع جاتروفا كركاس واسعة النطاق (10000 كيلومتر مربع) يمكن أن تؤدي إلى انخفاض في متوسط درجة حرارة السطح وظهور أو زيادة في هطول الأمطار وسقوط الندى على المستوى الإقليمي.

لضمان الاستدامة والنجاح البيئي والاقتصادي للتشجير على نطاق واسع، يتم التركيز على التعاون السياسي - العلمي - الاقتصادي. يتحقق ذلك من خلال إطار قابل للتطبيق والتخطيط الأمثل من خلال البيئة السياسية والاقتصادية والعلمية، على التوالي، ومن خلال جمع الكفاءات والخبرات والإمكانات والآفاق لجميع المجالات الثلاثة.





التشجير: التحديات والحلول



معالجة واستخدام المياه العادمة المحتملة في سقاية الغابة.

• التجربة التركيبية

يتطلب **التشجير** في المناطق القاحلة وشبه القاحلة تخطيطاً جيداً وتنفيذاً دقيقاً. يمكن أن يكون الجفاف فعّالاً في مناطق صغيرة أو كبيرة. في هذه المناطق، قد تتطلب الظروف البيئية المختلفة استخدام تقنيات وأنواع مختلفة لأغراض **التشجير** المختلفة.

يتطلب تحديد الحدود الدنيا (حدود السهوب) للتشجير في المناطق القاحلة عناية كبيرة. وفي جهود **التشجير**، يفرض النظر في إعداد الموقع واختيار الأنواع ومصدر البذور وطرق الزراعة عدداً من التحديات البيئية والاقتصادية. تمتلك تركيا واحدة من أغنى نباتات العالم، وقد عانت تدهوراً شديداً خلال آلاف السنين الماضية.





وقد اقترحت بعض الدراسات أن الغابات والسهوب كانت تغطي 60 % - 70 % و 10 % - 15 % من المناظر الطبيعية في الأناضول، على التوالي. لكن أدى النمو السكاني، والرعي الجائر، والتطهير من أجل الزراعة، والحرائق، والحصار المفرط للأخشاب، وسوء استخدام الأراضي إلى انخفاض بنسبة 26 % في مساحة الغابات.

1. تصنيف المناطق حسب درجة الجفاف

في المناطق القاحلة وشبه القاحلة والجافة شبه الرطبة من تركيا (لا سيَّما في مناطق وسط وجنوب شرق وشرق الأناضول) يسود الجفاف بشكل أكثر فعالية.

عند تصنيف المناطق وفقاً لدرجة الجفاف، يمكن اعتبار صيغ دي مارتون **De Martonne** وكوبين **Köppen** وايرينك **Erinç** من بين المنهجيات التي تستخدم قيم هطول الأمطار ودرجة الحرارة معاً. كما تم تطوير بعض مؤشرات كفاءة الجفاف والتهطال الجديدة لأغراض تصنيف الجفاف والتصحر.

بالنسبة لتركيا، فإن الصيغة الأكثر استخداماً لتحديد المناطق الجافة هي صيغة إيرينك. الصيغة وأنواع الجفاف والغطاء النباتي المحددة وفقاً للمؤشرات موضحة في الجدول أدناه.





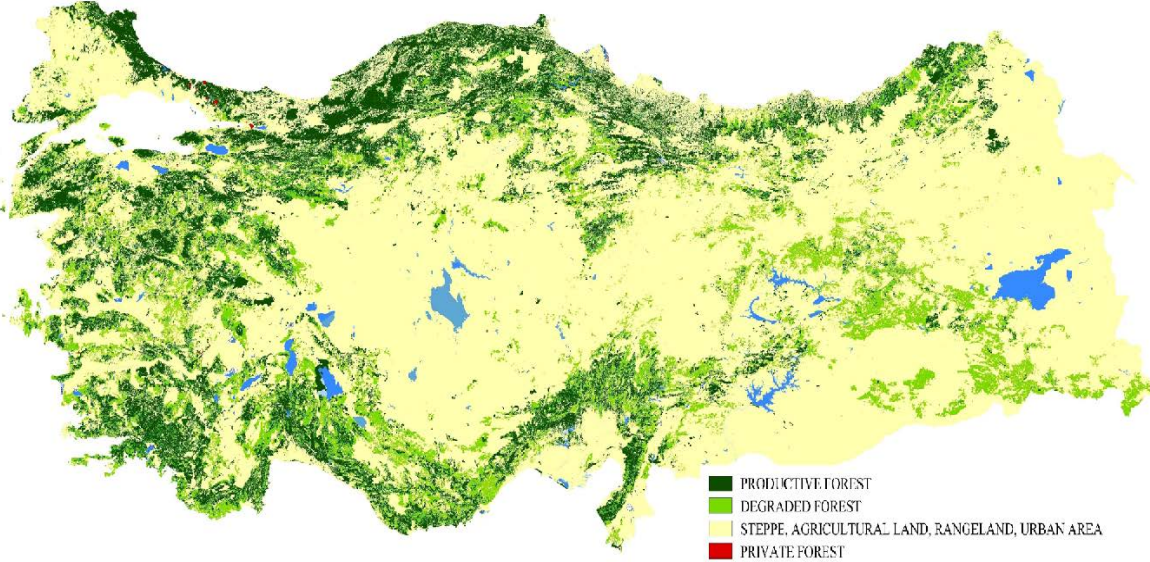
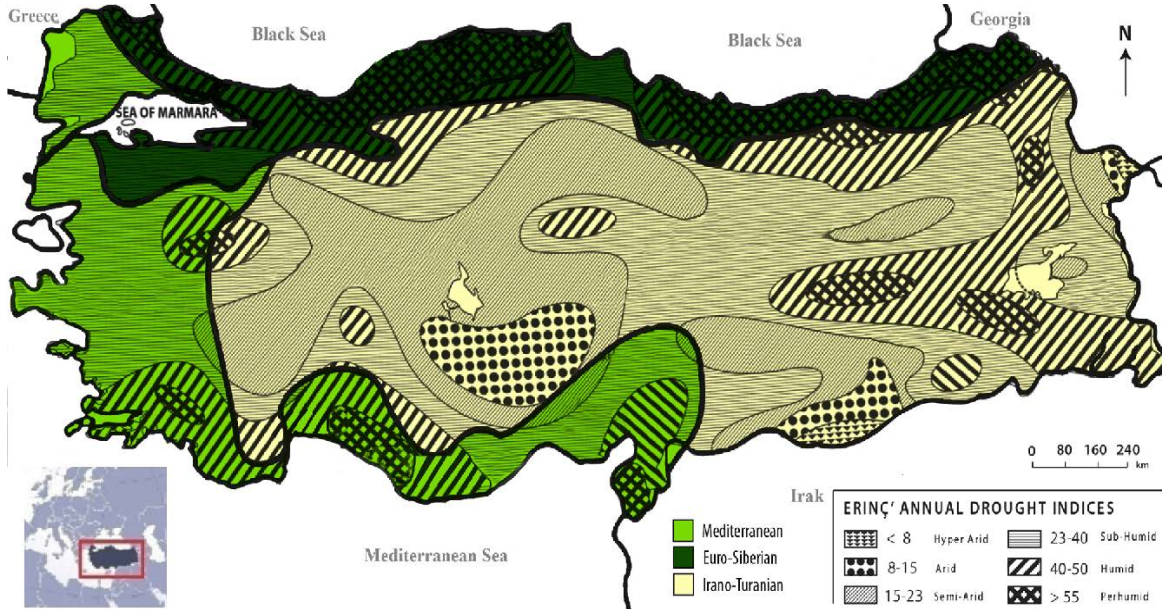
قيم المؤشر وأنواع المناخ	غطاء نباتي
أقل من 8 يمثل صحراء قاحلة	شديدة
8 - 15 سهوب صحراوية	قاحلة
15 - 23 شبه القاحلة	السهوب
23 - 40 شبه رطبة	حديقة توجد في الغابة الجافة
40 - 55 رطبة	غابة رطبة
أكبر من 55 تمثل رطوبة تامة	غابة برطوبة تامة

جدول بأنواع المناخ وفقاً لصيغة ايرينك لكفاءة هطول الأمطار.

عند حساب المتوسط السنوي لدرجة الحرارة القصوى (Tom)، لا تؤخذ الأشهر التي تقل قيمها المتوسطة عن 0 درجة مئوية في الاعتبار، نظراً لأن فاقد المياه خلال هذه الأشهر ضئيل. يمكن استخدام الصيغة لفترات مختلفة، على سبيل المثال للشهر أو المواسم.

وفقاً لمعادلة ايرينك، يُظهر توزيع المناطق ذات الست فئات، المحددة بين الفئتين القاحلة الشديدة والفئة ذات الرطوبة العالية، اختلافات كبيرة في تركيا من سنة إلى أخرى. وفقاً لهذه الصيغة، جرى إنشاء خريطة متوسط المساحة للمناطق الجافة عن طريق تراكم الخرائط لسنوات في الفترة 1956-1987.





أكملت دائرة الغابات التركية 2.3 مليون هكتار من أعمال التشجير و1.2 هكتار من أعمال مكافحة التعرية، معظمها في المناظر الطبيعية شبه القاحلة. تقدم هذه التجربة تقييماً لأنشطة التشجير في المناطق القاحلة وشبه القاحلة في تركيا ومراجعة للجهود المبذولة خلال الفترة من 1945 إلى 2014.



يتبع تدمير الغابات في المناطق القاحلة وشبه القاحلة أولاً حدوث «تشكيلات حراجية بشرية المنشأ» و «تكوينات السهوب بشرية المنشأ». وإذا استمرت الآثار المدمرة، يجري تحويل «تكوينات السهوب بشرية المنشأ» إلى «الصحارى بشرية المنشأ». من الناحية الجيومورفولوجية، يمكن أن تكون الأراضي الصحراوية بشرية المنشأ عبارة عن سهول أو هضاب أو تضاريس وعرة للجبال والتلال. في الوقت الحالي، تستمر ظاهرة إزالة الغابات على الأرض بمعدل سريع. يُظهر تقييم البيانات التي تم جمعها أنه تم فقد 7.3 بليون هكتار من الغابات في المتوسط سنوياً خلال فترات 2000-2005.

بصرف النظر عن الممارسات الزراعية غير الملائمة (مثل زراعة التربة الهشة، وحرث التربة بشكل عمودي على الخطوط العكسية، وتعرض التربة للتعرية المائية والرياح، وممارسات الري غير الملائمة التي تسرع من تملح التربة، وما إلى ذلك)، فإن معظم العوامل الأخرى التي تسهم في التصحر تتعلق بإزالة الغابات، كما هو موضح فيما يأتي:

1. توسيع الأراضي الزراعية إلى مناطق هامشية مغطاة بالغابات أو المراعي، والممارسات الزراعية على المنحدرات الشديدة الانجراف.
2. عمليات قطع غير مناسبة وغير قانونية في الغابات ومناطق الغطاء النباتي الأخرى.
3. الرعي المفرط وغير المخطط له.
4. حرائق الغابات الناجمة عن حرق الأحراج الصغيرة العشوائية.





5. سياسات الغابات غير الملائمة تقلل من الترتيبات القانونية والمؤسسية، والمواقف الشعبية للسياسيين.

6. زيادة عدد السكان، والتعليم غير المناسب، وعدم كفاية الدعم الاجتماعي والاقتصادي.

7. عدم كفاية مشاركة الجمهور في صنع القرار المتعلق باستخدام الموارد الطبيعية، والافتقار إلى مشاريع التنمية الريفية الشاملة والفعالة.

2. استخدام الأراضي في المناطق القاحلة وشبه القاحلة في تركيا

تسبب تضاريس تركيا الخشنة جداً اختلافات في أنواع النباتات على مسافات قصيرة وفي حالات التعرض المختلفة. يسود الغطاء النباتي السهوب عموماً في المناطق شبه القاحلة والجافة الواقعة في مناطق الارتفاع الأدنى في مناطق وسط وشرق وجنوب شرق الأناضول في تركيا.

ومع ذلك، لا سيَّما في المناطق التي يقل ارتفاعها عن 1100-1200 متر، من الصعب جداً التمييز بين السهوب الطبيعية والسهول البشرية، التي جرى إنشاؤها بواسطة التدخلات البشرية. توفر الغابات ومجموعات الأشجار والمجموعات والأفراد المتواجدين في تلك المناطق معلومات قيمة حول الوضع السابق للغابات.

وفقاً لخرائط الغطاء النباتي القديم، التي جرى إعدادها بناءً على فحص مخططات حبوب اللقاح التي تم تطويرها نتيجة للبحث المتناظر لعينات الرواسب التي جُمعت من مناطق مختلفة من البلاد، أظهرت الغابات والأغلفة الشجرية في الأناضول توسعاً مستمراً في الفترة ما بين 12000 و4000 سنة.





في حين لم تُحدد التأثيرات البشرية المهمة على الغطاء النباتي في الفترة ما بين 4000 إلى 2000 سنة مضت، فقد جرى تحديد التدهور الخطير والانحدار في الغابات والأغلفة الشجرية خلال فترة 2000 سنة الماضية.

كان هذا التراجع مهماً جداً خاصةً في السنوات الخمسمائة الماضية. ومع ذلك، بناءً على المعلومات الواردة في بعض المنشورات، يمكننا أن نلاحظ أن تدهور الغابات في منطقة البحر الأبيض المتوسط في تركيا قد استمر خلال بضعة آلاف من السنين الماضية.

سمحت الدراسات التي أُجريت في سهول وسط الأناضول بتحديد 42 غابة قديمة، من بينها أنواع الأشجار والشجيرات الرئيسية الآتية: الصنوبر الأسود (*Pinus Nigra Var. Pallasiana*)، أنواع البلوط (*Q. infectoria* ، *Quercus pubescens*)، أنواع العرعر (*J. Foetidissima* ، *Juniperus Oxycedrus*)، *Q. Robur Subsp. Pedunculata*)، محلب (*Prunus Mahaleb*)، نبتة شرقية (*Celtis Tournefortii*)، ياسمين بري (*Jasminum Fruticans*)، كمثرى أوراق الزيتون (*Pyrus Elaeagnifolia*)، السماق (*Rhus Coriaria*)، الزعرور (*Crataegus Monogyna*)، شعاع أبيض شائع (*Sorbus Aria*)، شعاع أبيض شائع (*Malus Domestica*) (*Sorbus Aria*). تشير هذه النتائج إلى أن 50% من سهول وسط الأناضول نشأت نتيجة لتدخلات بشرية مدمرة.

الدراسات التي أُجريت على عينات الأشجار التي تم الحصول عليها من المواقع الأثرية في وسط الأناضول تدعم أيضاً الرأي القائل بأن المنطقة كانت مغطاة بالغابات في الماضي وأن معظم الخطوات الحالية في المنطقة هي «سهول بشرية المنشأ»، تم إنشاؤها نتيجة الدمار البشري.





على سبيل المثال، كشفت نتائج تحليل حبوب اللقاح التي أجريت على عينات التربة (من طبقات التربة المختلفة حتى عمق 4 أمتار) المأخوذة أثناء الحفريات الأثرية التي أجريت بالقرب من منطقة كونيا سوبيردى، عن وجود غابة في هذا الموقع خلال عصور ما قبل التاريخ. فترة الأرز (*Cedrus Sp.*)، التوب (*Abies Sp.*)، أنواع الصنوبر (*Pinus Sp.*)، جنباً إلى جنب مع الكستناء (*Castanea Sp.*)، البتولا (*Betula Sp.*)، الحور (*Populus Sp.*) على ارتفاعات مختلفة، أنواع الصفصاف (*Salix Sp.*) والجير (*Tilia Sp.*) على طول البحيرة ووضفاف الأنهار، وكذلك بعض عناصر المكسرات (*Erica Sp.*، *Malvaceae Sp.*، *Scabiosa Sp.*، *Plantago Sp.*) وأنواع السرخس (*Ephedra Sp.*، *Sp.*) تم تحديدها على أنها الأنواع الرئيسية التي تشكل الغابة المذكورة.

حسب تعريف الخشب لبقايا الخشب المكتشفة في «مقبرة الملك ميداس في غورديون»؛ الطقسوس (تاكسوس باكاتا)، أرز لبنان (*Cedrus Libani*)، الصنوبر الأستكتندي (*Pinus Silvestris*)، العرعر النتن (*Juniperus Foetidissima*) هي أنواع الأشجار المستخدمة في بناء القبر المذكور.

علاوة على ذلك، أظهرت الدراسات البحثية التي أجريت على عينات الخشب المكتشفة في (التومولوس العظيم) في أنقرة-فريجيان أكربوليس أن جميع المواد الخشبية المكتشفة تنتمي إلى أنواع صنوبر سيلفستريس. كل هذه النتائج، جنباً إلى جنب مع بقايا الغابات والأدلة الأخرى، تثبت حقيقة أن أجزاء كبيرة من وسط الأناضول مغطاة بـ «سهول بشرية المنشأ» ناتجة عن التدخلات البشرية.

كما ذكرنا سابقاً، فإن نحو 50% من السهوب في وسط الأناضول هي «سهول بشرية المنشأ». مع أن بعض الآراء المثيرة للجدل، في ضوء النتائج والآراء





المذكورة أعلاه يمكننا أن نتفق مع الرأي القائل بأن أكثر من نصف السهوب في منطقة وسط الأناضول تحمل خصائص «السهوب البشرية».

يمكننا أن نلاحظ أن شدة تدهور الغابات المستمر في الأناضول منذ بضعة آلاف من السنين قد ازداد بشكل ملحوظ بخاصة في القرنين الماضيين. خلال هذه العملية، جرى تدمير أجزاء كبيرة من غابات الصنوبر الأسود (*Pinus Nigra*) والعرعر (*Juniperu Ssp.*) وصنوبر السيلفيستريس وأرز لبنان (*Cedrus Libani*) والبلوط (*Quercus Sp.*) وغابات الأنواع الأخرى من الأشجار عريضة الأوراق.

وبالمثل، جرى تدمير مساحات شاسعة من الغابات في مناطق البحر الأبيض المتوسط وجنوب شرق وشرق الأناضول. توضح الظروف الموضحة أعلاه أهمية تحديد مناطق السهوب الطبيعية وبشرية المنشأ. سيسمح هذا بفصل أكثر موثوقية للأراضي الزراعية والغابات والمراعي في أعمال التخطيط وإعداد المشروع.

كما لفتت المناقشات السابقة الانتباه إلى الحاجة إلى الاختيار الدقيق لمواقع **التشجير** وإعادة **التشجير** للحفاظ على التربة والمياه (مكافحة التعرية) أو إنتاج الأخشاب أو الأغراض الجمالية. وبالمثل، يجب تحديد وتخصيص مواقع **التشجير** الزراعية ومزارع الحزام الواقي ومزارع الحالات الخاصة في سياق سلامة منطقة مجتمعات المياه.

علاوة على ذلك، ينبغي اتخاذ القرارات المتعلقة بالأنواع واختيار المصدر، وإعداد الموقع، والتباعد والتقنيات والتفاصيل الأخرى من خلال الاهتمام بالظروف المحددة للمناطق شبه القاحلة.





الصورة أعلاه: شجرة صنوبر تركية قديمة جداً (*Pinus Brutia*) ذات تاج مزدوج الشكل. إنها شجرة الصنوبر الوحيدة «المسماة بالصنوبر الوحيد» المتبقية في الموقع بعد تدمير الغابة واختفاءها. الصورة أدناه: الشجرة نفسها مع رؤية أقرب.





ينبغي تناول قضايا استخدام موارد المياه والتربة في سياق «الإدارة المتكاملة لمجمّع المياه». لذلك، ينبغي اتخاذ قرارات استخدام الأراضي بناءً على فحص قضايا مجمّع المياه، مثل: خصائص التربة، والمناخ، والهيكل الجيولوجية والجيومورفولوجية، والغطاء النباتي، ومشكلات استخدام الأراضي الفعلية، والسكان، والظروف الاجتماعية والاقتصادية والهيكل الإدارية.



إعادة تشجير الأراضي الجرداء بالصنوبر البروتي *Pinus Brutia* والصنوبر الثمري *P. Pinea* بعد تدمير غابة الصنوبر التركي الأحمر في المنطقة نفسها.





غابة من خشب البلوط جرى إنقاذها جزئياً من الدمار في منطقة جنوب شرق الأناضول (هكاري شمديني).

ينبغي اتخاذ قرارات استخدام الأراضي بمشاركة الناس والمنظمات غير الحكومية. بشكل عام، تتدهور الأراضي في المناطق شبه القاحلة والجافة وتتعرض النظم الإيكولوجية لظروف هشة. لذلك، في مثل هذه المناطق، ينبغي اتخاذ قرارات استخدام الأراضي بمزيد من الاهتمام والرعاية. بصرف النظر عن الاستخدامات الأخرى، يجب أن يستند تحديد الأراضي إلى أغراض الزراعة والغابات والمراعي إلى المعايير العلمية، وكذلك على المبدأ العام فيما يتعلق بالتأمين على التحسين والاستخدام الإنتاجي لهذه الأراضي.





منطقة رعي أعيد تأهيلها في سياق مشاريع تحسين مجمّع المياه (كهрман مرعش - أهرداغ - كوتوزو).

عملت منظمة الغابات مع 3610 مشروعاً على 3.7 مليون هكتار من الأراضي حتى عام 2007. يمكن تقديم مشروع إعادة تأهيل مجمّع المياه في شرق الأناضول كمثال في تركيا لمشاريع الإدارة المتكاملة الشاملة لمجمّع المياه، والتي تتناول الزراعة والغابات وتربية الحيوانات والقضايا الأخرى ذات الصلة معاً. بتسيق من المديرية العامة لإعادة التشجير ومكافحة التآكل (AGM) وبالتعاون مع الوكالات الحكومية ذات الصلة والمشاركة الفعّالة للمجتمعات المحلية، تم تنفيذ التنفيذ الميداني للمشروع المذكور في 88 مجمّعاً صغيراً يضم 350 قرية في 11 مقاطعة. في تركيا، نفذت العديد من المشاريع المماثلة الأخرى لإعادة





تأهيل مجمّع المياه (على سبيل المثال، مشروع مجمّع المياه تشاك Çakt) من قبل المديرية العامة لإعادة التشجير ومكافحة التآكل.



مواشي ترعى في منطقة مراعي أعيد تأهيلها.

ومن الأمثلة على المشاريع المماثلة في البلدان الأخرى (البرنامج الوطني لمكافحة التصحر)، الذي يتألف من 8 برامج فرعية و48 مشروعاً رئيسياً، جرى تنفيذها في مالي في إفريقيا. بدأ تنفيذ هذا البرنامج بعد موافقة حكومة مالي عليه عام 1985. بناءً على نتائج تقييم تنفيذ البرنامج في عام 1991،





أبلغت وحدة رصد البرنامج عن 236 مشروعاً جرى تنفيذها في سياق مكافحة التصحر وإدارة الموارد الطبيعية، والتي تغطي العديد من القضايا المختلفة، بما في ذلك الزراعة والغابات وتربية الحيوانات ومكافحة الانجراف، و**التشجير** الزراعية، وأنظمة **التشجير** الرعوية، ومصايد الأسماك، والطاقة الشمسية، وتدريب القرويين،... إلخ.

• معوقات التشجير في المناطق القاحلة وشبه القاحلة

1. القيود البيئية

النظم البيئية في المناطق القاحلة وشبه القاحلة هشة. الظروف البيئية قاسية بشكل عام (مثل الترسبات المنخفضة، ودرجات الحرارة المرتفعة ومعدلات التبخر، والتربة الضحلة والصخرية، والمواد العضوية غير الكافية، ووجود مخاطر التعرية، وانضغاط التربة الناجم عن الرعي المفرط، وما إلى ذلك).

بشكل عام، تكون الأراضي مرتفعة (على سبيل المثال 56% من أراضي تركيا تقع فوق 1000 متر) والمنحدرات شديدة الانحدار. على المنحدرات الشديدة، يتبع تدهور الغطاء النباتي تسارع الجريان السطحي. تواجه استعادة الطبيعة قيوداً أكثر خطورة مقارنة بالأراضي المسطحة، وبالتالي، فإن آثار الجفاف تكون أكثر وضوحاً على المنحدرات الشديدة.

في هذه المناطق، قد يؤدي حدوث هطول الأمطار دون المتوسطات الطويلة الأجل في بعض السنوات إلى تقليل نجاح **التشجير**. على سبيل المثال، في حين





أن متوسط قيم هطول الأمطار السنوية في مناطق أنقرة وقونيا وشانلورفا هي 367 ملم و323 ملم و383 ملم على التوالي، كانت هناك سنوات جافة سجلت فيها الأمطار السنوية انخفاضاً يصل إلى 218 ملم في أنقرة، 143 ملم في قونية و158 ملم في شانلورفا.

علاوة على ذلك، تتخفف الرطوبة النسبية إلى أقل من 50% في هذه المناطق. إلى جانب ذلك، قد تتخفف الرطوبة النسبية في منطقة جنوب شرق الأناضول إلى 20-25% أو قد تتخفف في بعض السنوات إلى قيم أقل. يسلط هذا الوضع الضوء مرة أخرى على الحاجة إلى أعمال متأنية وواعية في تلك المناطق.

يتمثل الاختلاف الرئيسي بين أعمال **التشجير** في المنطقة القاحلة (أقل من 300 ملم) والمنطقة شبه القاحلة (بين 300-600 ملم)، بينما في مواقع **التشجير** في المنطقة القاحلة، قد تكون هناك حاجة للري خلال المرحلة الأولى سنة أو سنتين، بشكل عام، لا تكون هناك حاجة لمثل هذه الري في مواقع **التشجير** التي جرى إنشاؤها في المناطق شبه القاحلة، طالما يجري اتخاذ تدابير بيولوجية فنية أساسية.

2. المعوقات البيولوجية والتقنية

توجد صعوبات في توفير الجودة والكمية الكافية من البذور من المعاهد المناسبة لأعمال **التشجير** في المناطق القاحلة وشبه القاحلة. يواجه اختيار الأنواع والأصل قيوداً خاصة في مناطق السهوب بشرية المنشأ.

يجب اعتبار استخدام الأنواع الطبيعية والمثبتات المحلية ضرورة، طالما كانت موجودة. ومع ذلك، إذا لم يكن هناك أي غابة متبقية لجمع البذور في المناطق المجاورة





لمواقع تشجير السهوب بشرية المنشأ، فإن تحديد الأدلة المناسبة للأنواع ذات الصلة في المناطق الأخرى، ذات الظروف المناخية المماثلة، يتطلب دراسات متأنية.

على وجه الخصوص، فإن جمع بذور الأنواع الطبيعية من المواقع المناسبة (على سبيل المثال، المواقع الواقعة على الحدود من السهوب البشرية والطبيعية، ذات التعرضات المماثلة والارتفاعات (في حدود ± 50 متراً) ظروف مواقع **التشجير**) يسهم بشكل كبير لنجاح **التشجير**.

قد تسبب الظروف البيئية (على سبيل المثال عمق التربة، والحجر، وما إلى ذلك) صعوبات أو قيوداً في تحضير مناطق الزراعة بواسطة الآلة. بالإضافة إلى ذلك، هناك صعوبات أيضاً فيما يتعلق بتوفير المعدات المناسبة والعاملين ذوي الخبرة.

في مواقع **التشجير** في المناطق القاحلة وشبه القاحلة، سيكون استخدام الشتلات التي تحوي على نسبة وزن جذر / شتلة جافة 2/1 (حصة الجذر يمكن أن تكون أعلى) سيكون مناسباً. إن زراعة الشتلات المعبأة في حاويات (أنبوبية) تزيد بشكل خاص من معدلات بقاء الشتلات. يجب تحديد أنواع الشتلات عالية الجودة المناسبة لمواقع **التشجير** وضمان إنتاجها في المشاتل.

3. القيود الناشئة عن الظروف الاجتماعية والاقتصادية والسياسات الحراجية

الآثار البشرية التي تسبب إزالة الغابات في المناطق القاحلة وشبه القاحلة في العالم وتركيا لها علاقة وثيقة بالدخل المنخفض ومستويات التعليم غير الملائمة. يبقى مستوى دخل الأشخاص الذين يعيشون في قرى الغابات في تركيا ضمن فئة الدخل الأقل. لذلك، يُنظر إلى أعمال **التشجير** التي تجري بدون مشاركة سكان الريف على أنها مشكلة وليست حلاً من قبل السكان المحليين. في واقع





الأمر، يمكن أن تكون تأثيرات القيود الاجتماعية والاقتصادية والسياسية على الغابات أكثر حدة من القيود البيئية.

في المناطق القاحلة وشبه القاحلة، تعد مشاركة الناس في قرارات إدارة مجمّع المياه أمراً ضرورياً للنجاح، نظراً لأن المستخدمين الحاليين لمناطق مجمّع المياه هم المزارعون المحليون ومربو الماشية وغيرهم من الأشخاص الذين يعيشون في أراضي مجمّع المياه. من ناحية أخرى، فإن إشراك السكان المحليين في المشاريع المنفذة في مثل هذه المناطق منخفضة الإنتاجية ليس بالأمر السهل.

بشكل عام، فإن الحاجة إلى النظر في العوامل أو (المعايير) الاجتماعية والاقتصادية والثقافية وإدراجها وتعزيز الممارسات التقليدية في صياغة المشاريع مقبولة بشكل عام في جميع البلدان تقريباً. يعتمد الأشخاص الذين يعيشون في المناطق القاحلة بشكل أكبر على مواردهم الحراجية والأشجار مقارنة بالأشخاص الذين يعيشون في المناطق الرطبة، وفي بعض الأحيان يطورون معرفة خاصة تتعلق بأساليب إدارة الغابات داخل النظم البيئية التي يعيشون فيها.

في المناطق القاحلة وشبه القاحلة، تؤدي القيود البيئية الناتجة عن ارتفاع درجة الحرارة وانخفاض هطول الأمطار وعدم انتظامه، وانخفاض الرطوبة النسبية، ومعدلات التبخر العالية، والتعرية الشديدة، وعمق التربة الضحل، وانخفاض محتوى المادة العضوية، وظروف التربة المادية المعاكسة الأخرى إلى زيادة تكاليف التشجير.

في مثل هذه الأراضي الهامشية، تكون تقنيات التشجير أكثر تعقيداً ويكون تحقيق النجاح أكثر صعوبة. يجب أخذ هذه الحقائق في الاعتبار لتلافي





الأثار السلبية لهذه العوامل على استثمارات **التشجير**، ومن المعروف أن قيم عوائد مشاريع **التشجير** الناجحة يمكن أن تكون أعلى بعدة مرات من النفقات المخصصة لها.

تعتبر أعمال **التشجير** في المناطق القاحلة وشبه القاحلة استثمارات مكلفة تتطلب قدراً كبيراً من المعرفة والصبر والاستمرارية. في الوقت نفسه تستحق الاحترام لما لها من عوائد وفوائد عالية على الطبيعة والمجتمع.

يجب متابعة تحركات السكان التي تحدث في القرى ومناطق الاستيطان الأخرى بعناية في المناطق القاحلة وشبه القاحلة. في تركيا، يستمر معدل الهجرة المرتفع من المناطق الريفية إلى المناطق الحضرية لعدة سنوات. وبالفعل، فقد انخفض عدد سكان الريف حالياً إلى مستوى يقارب **25%**، ولا تزال عملية تناقص عدد السكان مستمرة.

جرى تحويل بعض الحقول المهجورة إلى غابات عن طريق البذر الطبيعي. يجب تحليل ظاهرة الهجرة وإمكانات التنمية لهذه المناطق بعناية، كما يجب تحديد أولويات التخطيط التتموي الريفي.

لا يدرك الناس والمخططون الإقليميون بشكل كافٍ الأدوار المهمة للغابات في حل المشكلات الريفية. وبالتالي، فإن الغابات ليست مدرجة في المستويات المطلوبة في نماذج ومشاريع التنمية.

تتطلب الحقائق المذكورة أعلاه تنفيذ سياسات حراجية سليمة، مع مراعاة القيود البيئية والبيولوجية والتقنية والاجتماعية-الاقتصادية بشكل مناسب. في المناطق شبه القاحلة، يعتبر الافتقار إلى السياسات الملائمة أهم عائق يتعلق





بتمية **التشجير** ولا سيَّما في قضايا مثل التخطيط لأعمال **التشجير** وإعادة **التشجير**، وإصلاح الأراضي المتدهورة وتعزيز مكافحة التصحر. وينظر السكان المحليون إلى أعمال **التشجير** التي تتم بدون مشاركة مناسبة منهم على أنها مشكلة وليست حلاً.

• مبادئ زراعة الغابات للتشجير في المناطق القاحلة وشبه القاحلة

توجد العديد من المنشورات القيمة المتعلقة بتطبيقات زراعة الغابات في المناطق القاحلة وشبه القاحلة. تحوي هذه المنشورات على معظم المعارف الأساسية التي لا تزال صالحة للقيام بأعمال **التشجير** في المناطق القاحلة وشبه القاحلة. سنفحص قضايا ومبادئ زراعة الغابات المتعلقة **بالتشجير** في المناطق القاحلة وشبه القاحلة فيما يأتي:

1. التشجير بالزراعة في المناطق القاحلة وشبه القاحلة

يتطلب تشجير المناطق شبه القاحلة والجافة تقنيات ورعاية خاصة. نفقات **التشجير** في المناطق القاحلة وشبه القاحلة أعلى مقارنة بالمناطق الأخرى. كما سبق ذكره أعلاه، ينبغي تقييم هذه المناطق في المقام الأول في سياق نهج الإدارة المتكاملة لمجمّع المياه.

في هذه المجالات، هناك حاجة، على وجه الخصوص، لتحديد الحدود بين السهوب البشرية والطبيعية، من خلال الدراسات البحثية والاستقصائية. يجري تنفيذ أعمال **التشجير**، بشكل عام، في أراضي السهوب بشرية المنشأ وفي مناطق الغابات ذات الظروف المماثلة.





من ناحية أخرى، على أراضي السهوب الطبيعية أنشطة تشجير محددة، مثل **التشجير** الزراعية ومزارع الحزام الآمن لدعم الإنتاج الزراعي، وكذلك مزارع الحزام الأخضر للأغراض الترفيهية والجمالية. لمنع التعرية على الأراضي شديدة الانحدار في مناطق السهوب الطبيعية، يجب إعطاء الأولوية، إلى جانب إنشاء المدرجات، لاستخدام الشجيرات والشجيرات الطبيعية مع نباتات المراعي.

من الممكن إعادة تشجير الأراضي المتدهورة نتيجة التأثيرات البشرية في المناطق القاحلة وشبه القاحلة، وفقاً للأهداف التي تفرضها الظروف البيئية والاجتماعية والاقتصادية. تجري معظم أعمال **التشجير** وإعادة **التشجير** في هذه المناطق وكذلك في المناطق القاحلة وشبه القاحلة الأخرى في المقام الأول لأغراض الحفاظ على التربة والمياه وتحمل خصائص «**التشجير** للتحكم في التعرية».

في المناطق القاحلة وشبه القاحلة، بالإضافة إلى مواقع **التشجير** للتحكم في الانجراف، توجد أيضاً مناطق كبيرة ذات ظروف بيئية مواتية، وهي مناسبة لإنشاء مزارع كلاسيكية لأغراض إنتاج الأخشاب بشكل أساسي. علاوة على ذلك، فإن إنشاء مزارع حالات خاصة، مثل: المزارع الجمالية، وتثبيت الكثبان الرملية، وأغراض صد الرياح، واستصلاح الأراضي المالحة والمستنقعات هي أيضاً قيد الدراسة. تعد الأراضي الواقعة على طول الجداول مناسبة أيضاً لإنشاء مزارع منتظمة أو معروضات بها أنواع سريعة النمو من أشجار الحور





والصفصاف واستساخها .

نتائج الدراسات البحثية المقارنة التي أجريت على 33 موقعاً تجريبياً اختيرت في في تركيا غابات الصنوبر الأسود (*Pinus nigra*) التي يبلغ عمرها 20-30 عاماً وغابات زراعة الأرز، أظهرت مناطق 24 موقعاً تجريبياً كانت في منطقة **Black-Pinean** و9 في مواقع زراعة شجر أرز لبنان أن معدلات النمو كانت في المستوى نفسه مع معدلات نمو غابات الصنوبر الأسود الطبيعية.

ومع ذلك، فقد جرى تحقيق معدلات النمو الإيجابية هذه فقط في المواقع ذات النوعية الجيدة ذات التربة العميقة. في حين أن التطور في مزارع الأرز كان أقل قليلاً من معدلات نمو مزارع الصنوبر الأسود، إلا أنها كانت أقل قليلاً فقط مقارنة بمعدلات النمو في غابات الأرز الطبيعية. كشفت الدراسة أيضاً أنه في المواقع التي يتعرض فيها الأفق للتربة أو تكون جودة الموقع منخفضة، كانت معدلات البقاء أعلى في مزارع الأرز مقارنة بمزارع الصنوبر الأسود.





غابة من أشجار الصنوبر الأسود.

من ناحية أخرى، تباينت معدلات النمو أيضاً اعتماداً على الظروف البيئية. كما تدعم نتائج هذه الدراسة، فإن فكرة النظر في جميع عمليات **التشجير** في المناطق شبه القاحلة لأغراض مكافحة التعرية ليست مناسبة. قد تتبع المناطق ذات التربة العميقة والضحلة بعضها البعض بمسافات قصيرة في نفس موقع مشروع **التشجير**. أثناء تصميم مشاريع **التشجير**، يجب تحديد وتطبيق الأنواع المختلفة لظروف الموقع المختلفة بشكل مختلف.





في المناطق القاحلة وشبه القاحلة، ونتيجة لعملية الانتقاء الطبيعي التي استمرت لآلاف السنين، فإن الغطاء النباتي الطبيعي يتكيف جيداً مع الظروف البيئية المحلية. إن حماية الغطاء النباتي الطبيعي وجمع البذور والمواد النباتية لمواقع **التشجير** من تلك الأشجار أو الشجيرات لها أهمية كبيرة لتحقيق النجاح المستدام.

للتشجير في المناطق شبه القاحلة والجافة؛ يجب اختيار الأنواع الأصلية والصحيحة والمنتجة، باستخدام بذور عالية الجودة، وشتلات عالية الجودة مع نسبة جذر وساق متطورة، وزراعة شتلات محصنة في حاويات مخصبة من الفطريات الفطرية، وإعداد الموقع المناسب لضمان الزراعة العميقة للتربة بالآلة أو عند الضرورة عن طريق العمل، ومسافات زراعة أوسع، وإجراء عمليات الزراعة في الوقت المناسب، وتطبيق زراعة التربة الضحلة لمدة 3 سنوات بعد الزراعة، كلما كان ذلك ضرورياً لتنفيذ الاستبدال والعلاجات الحراجية الأخرى التي هي العوامل الرئيسية للنجاح.

لا ينبغي للنجاح المنخفض الذي يمكن تحقيقه في بعض السنوات شديدة الجفاف أن يثبط عزيمة غابات المناطق شبه القاحلة والقاحلة وينبغي أن يستمر العمل.

يجب أن تؤخذ القضايا والتدابير التي نوقشت أعلاه في الاعتبار وتنفيذها في المزارع الكلاسيكية وكذلك مزارع التحكم في التعرية التي سيجري إنشاؤها في مواقع الظروف البيئية المناسبة في المناطق شبه القاحلة. ستناقش القضايا المتعلقة بإنشاء مزارع الحالات الخاصة، وكذلك مزارع الحور والصفصاف على طول ضفاف النهر والمناطق لاحقاً. ومع ذلك، فإن معظم المبادئ الأساسية الموصوفة أعلاه تنطبق أيضاً على أنواع **التشجير** الخاصة.





1. الهدف واختيار الأنواع

تخضع الغابات التي جرى إنشاؤها من خلال التجديد الطبيعي أو عن طريق الزراعة والبذر لتأثيرات بعض عوامل الإجهاد الفيزيائية والكيميائية. تشمل هذه العوامل ما يأتي:

1. نقص الماء أو الماء الزائد.
2. درجات حرارة منخفضة جداً وعالية جداً.
3. مستويات عالية من الإشعاع.
4. بيئة متنامية عاصفة.
5. نقص المغذيات (على سبيل المثال نقص النيتروجين).
6. الملوحة المفرطة والغازات السامة (الإجهاد الكيميائي).

تطور النباتات آليات تكيف مورفولوجية وفسولوجية مختلفة ضد الجفاف. يمكنها منع فقدان الماء من أجسامها في الغالب عن طريق خصائصها التشريحية والمورفولوجية. وهذا ما يسمى (تجنب الجفاف). وتسمى مقاومة النباتات لفقدان المياه لفترات أطول (تحمل الجفاف).

فيما يتعلق بهذه الميزات، يمكن إعطاء الأمثلة التالية. الأنواع الأصلية للمناطق القاحلة وشبه القاحلة تتطور بشكل عام إلى جذر وتدي. بالإضافة إلى ذلك، يتخذون تدابير احترازية ضد فقد المياه عن طريق الإغلاق المبكر لفغرها. غالباً ما تكون أوراقها صغيرة وجلدية وسميكة و / أو مغطاة بالشعر لتقليل النتح.





يمكن أن يستفيد تحديد الأنواع الأكثر مقاومة للجفاف والظروف الباردة أيضاً من تحليل النتح والضغط الأسموزي وطرق قياس الجلوكوز.

يجب تحديد الغرض من **التشجير** في المناطق القاحلة وشبه القاحلة بوضوح. الغرض يحدد اختيار الأنواع. ومع ذلك، بغض النظر عن الهدف، يجب أن تحمل الأنواع المختارة الميزات الآتية:

ك مبدأ عام، يجب زراعة أنواع الأشجار والشجيرات الطبيعية في موقع **التشجير** من أجل نجاح عملية **التشجير**. بالإضافة إلى ذلك، يمكن أيضاً استخدام الأنواع الغريبة المقاومة للجفاف، بشرط إثبات مدى ملاءمتها عن طريق إجراء تجارب التكيف المناسبة.

في اختيار الأنواع، يجب أن تؤخذ في الاعتبار أنواع الأشجار والشجيرات المقاومة للظروف القاحلة وشبه القاحلة والقادرة على تثبيت النيتروجين الحر في الهواء، لأنها قد تسهم بشكل كبير في محتوى المادة العضوية وخصوبة التربة.

من بين الأنواع التي سيتم زراعتها من الأنواع متعددة الأغراض التي توفر إلى جانب الأخشاب أيضاً منتجات غير خشبية، وتحسين ظروف التربة، والسماح باستخدام أوراقها ودعم الحياة البرية، يجب أن يسهم بشكل كبير في اقتصاد المجتمعات الريفية المحلية.

ينبغي النظر في غرس أو بذر مزيج من الأدغال الطبيعية، والشجيرة، وأنواع الأشجار ونباتات المراعي المعمرة أثناء أعمال **التشجير**.





يجب أن تكون أنواع الأشجار والشجيرات التي ستغرس في المناطق القاحلة وشبه القاحلة قادرة على تطوير جذور وتدية بسرعة.

لقد استخدمت العديد من الأنواع المختلفة بنجاح في تشجير المناطق القاحلة في تركيا ودول الشرق الأوسط (على سبيل المثال إيران وفلسطين). قبل المناقشة والتوصية بشأن الأنواع لتركيا، سيكون من المفيد فحص بعض التطبيقات في مزارع المناطق القاحلة في إيران وفلسطين.

أفادت التقارير أنه في إطار (مشروع الحزام الأخضر الصحراوي)، الذي بدأ في عام 1986، جرى تشجير مليون هكتار وتحققت نتائج ناجحة في إيران. بناءً على الخبرات المكتسبة، تصنف الأشجار وأنواع النباتات الأخرى لثلاث ظروف بيئية مختلفة، كما هو موضح فيما يأتي:

1. **الأنواع المقاومة لظروف الجفاف (النباتات الجافة):** ، Prosopis Stephaniana

Acacia nubica ، Zygophyllum Atriplicoides ، Populus Euphratica ، Alhagica
.Milerum ، Haloxylon Persicum ، Sedlitziaro Semariana

2. **الأنواع المقاومة للملوحة التربة:** - T. Dary ، T. Spinoza ، Tamarix articulata

Ousiana ، Salsola Abuscula ، Salicornia Fruticosa ، Haloxylon Aphyllum ،
.Calotropis Procera

3. **الأنواع المناسبة للتربة الرملية:** H. Amodendron H. ، Haloxylon Persicum

Salicornicum ، Acacia Arabica ، A. Seyal ، Prosopis Specigera ، Calligonum
.Persicum





وسجلت أشجار الرمث الفارسي *Haloxyton Persicum* و *Tamarix Stricta* نتائج ناجحة جداً في تشجير المناطق القاحلة والمالحة في إيران.

في فلسطين، في المناطق القاحلة استخدم شجر الخرنوب *Ceratonia Sp.*، على تربة ذات نسيج خشن، جرى استخدام أشجار *Tamarix Articulata* بنجاح. كما استخدم الصنوبر الحلبي *Pinus Halepensis* والصنوبر الأحمر التركي (*P. brutia*) بنجاح في المناطق القاحلة في فلسطين. ومع ذلك، نظراً للأضرار الحشرية التي تحدث على أشجار الصنوبر الحلبي فقد صار الصنوبر الأحمر التركي أكثر أنواع **التشجير** المفضلة في المناطق القاحلة.

أعطت بعض هذه الأنواع أيضاً نتائج جيدة في مواقع **التشجير** في المناطق شبه القاحلة والجافة في تركيا. بناءً على الملاحظات التي أجريت، جرى إدراج بعضها في قائمة الأنواع الموصى بها لعمليات **التشجير** في المناطق القاحلة وشبه القاحلة في تركيا. ومع ذلك، بالنسبة للأنواع الغربية التي لم يجر اختبارها بعد، يجب اتخاذ القرار بشأن ما إذا كان ينبغي زراعتها في مواقع **التشجير** في المناطق شبه القاحلة والجافة، بعد إجراء تجارب التكيف الأساسية لها.





غابة أشجار من الصنوبر الحلبي.

2. تجهيز مواقع التشجير

كما لاحظنا أعلاه، فإن المساحات الإنتاجية في المناطق القاحلة وشبه القاحلة موزعة على قطاعات الزراعة والغابات والمراعي. على الأراضي المخصصة للغابات، يمكننا العثور على المجتمعات النباتية وأنواع النباتات في السهوب الطبيعية والبشرية، ومناطق الغابات الطبيعية والمتدهورة ومناطق الأنهار.

بصرف النظر عن هذا، فإن المزارع الخاصة (مثل تشجير الأراضي المالحة، ومزارع الحزام الأخضر والجمالية، ومزارع تثبت الكثبان الرملية، ومزارع





الحزام، ومزارع استصلاح الأراضي الرطبة والمستنقعات، وما إلى ذلك)، التي تتطلب تقنيات تخطيط وتنفيذ محددة، قد تحدث أيضاً في تلك المناطق.

يجري تنفيذ جزء كبير من أعمال **التشجير** في مواقع نظام الغابات على أراضي السهوب بشرية المنشأ، في المقام الأول للحفاظ على التربة والمياه (مكافحة التعرية) وأغراض إعادة تأهيل الغابات المتدهورة. لكن أعمال **التشجير** هذه ليست للإنتاج بل للأغراض الاجتماعية.

يتطلب النجاح في جميع مزارع المناطق القاحلة وشبه القاحلة تطبيق مبادئ وتقنيات تشجير مماثلة.

من حيث المبدأ، في مواقع **التشجير** القاحلة وشبه القاحلة، ينبغي الحفاظ على النباتات الحية القائمة والاستفادة منها. من الصعب جداً إنشاء غابات المزروعات التي يمكن أن تتكيف مع المواقع القاحلة وشبه القاحلة، وكذلك التكيف مع النباتات الطبيعية على مدى قرنٍ من الزمان.

يجب تنفيذ أعمال **التشجير** على مساحة كبيرة أو جماعية أو عنقودية أو مزارع شجرية فردية على فتحات المناطق المغطاة بالنباتات. وسيزيد نجاح **التشجير** من خلال غرس الشتلات المنتجة من بذور النباتات الطبيعية المحلية. إذا كانت هناك أراضٍ جرداء نتجت عن تدهور الغابة، فيجب إجراء تجارب على المصدر أو النظر في مواقع حصاد البذور لجمع البذور.

أثناء عمليات نقل البذور من مناطق أخرى، مع مراعاة المسافة، يجب جمع البذور من مواقع الغابات ذات الارتفاعات المماثلة في منطقة المزرعة، إلى أقصى حد ممكن.





بشكل عام، فإنّ النباتات الأرضية الموجودة في مواقع السهوب البشرية في المناطق القاحلة وشبه القاحلة ليست قوية بما يكفي لتقييد عمليات **التشجير** في هذه المناطق. لكن مناطق السهوب الكبيرة في تركيا مغطاة بنباتات تحمل خصائص مماثلة.

يجري التعامل مع الغطاء النباتي الضعيف الموجود في هذه المناطق من خلال تطبيقات إعداد التربة. يدعم التخطيط الجيد الحفاظ على النباتات الخشبية الموجودة في هذه المناطق. وتطبّق إزالة الغطاء النباتي الحي فقط في المواقع ذات الظروف البيئية المناسبة، حيث تُنشأ المزارع لأغراض إنتاج الأخشاب.

وبالمثل، يمكن أيضاً إجراء إزالة جزئية أو مكثفة للنباتات لمواقع **التشجير** الجمالية (مثل مزارع الحزام الأخضر، والمزارع الترفيهية، وما إلى ذلك)، وفقاً لأهدافها.

من بين أنواع الأشجار المزروعة في المواقع التجريبية: الصنوبر الحلبي والصنوبر الأحمر التركي، والصنوبر الثمري والصنوبر الأسود وسرو المتوسط، وقد كانت معدلات البقاء أعلى وكان نمو الارتفاع 3-4 مرات أكثر في المواقع التجريبية.

يجري تحديد العمليات التي ستنفذ للتجديد الطبيعي أو الاصطناعي لغابة منتجة وفقاً لظروف موقع الغابة.

في المواقع التي تعاني عجزاً مائياً خلال موسم النمو، يزيد الغطاء النباتي الأرضي الحي من فاقد المياه من خلال النتح، وبالتالي يقلل النجاح في المناطق الجافة وشبه القاحلة. من ناحية أخرى، وفي بعض الظروف، قد يسهم الحفاظ على الغطاء النباتي الأرضي، بدعم من التخطيط الجيد، في نجاح **التشجير**.





لهذا الغرض، ينبغي تعزيز تسرب هطول الأمطار إلى التربة عن طريق زراعة التربة العميقة على كامل المنطقة. في نهاية موسم الأمطار، بعد الزراعة، يجب تقليل فاقد المياه من خلال التبخر والنتح، أي من خلال التبخر من التربة، مع زراعة التربة الضحلة. من شأن هذا أن يدعم النباتات للاستفادة من رطوبة التربة لفترات أطول خلال موسم الجفاف.



غابة من شجر الصنوبر الثمري





باستثناء بعض مزارع الحالات الخاصة، تُجرى أعمال التشجير في المناطق القاحلة وشبه القاحلة عموماً لأغراض مكافحة التعرية، التي تهدف أساساً إلى الحفاظ على التربة والمياه أو المزارع التقليدية.

كما ذكرنا سابقاً، في مناطق التحكم في الانجراف، يجب الحفاظ على الغطاء النباتي الطبيعي الموجود، الذي يعمل على التحكم في التعرية، كما يجب إجراء عمليات التحضير والغرس يدوياً أو ميكانيكياً في الأجزاء المفتوحة من الموقع.

يجب ممارسة الزراعة العميقة للتربة فوق المنطقة بكاملها قبل الزراعة، وزراعة التربة الضحلة في بداية موسم الجفاف بعد الزراعة، كما هو موضح أعلاه. وعلى الأراضي المنحدرة، يجب بناء مصاطب امتصاص، حسب الضرورة.

في مواقع التشجير في المناطق القاحلة وشبه القاحلة في تركيا، يجب أن تبقى نسبة أنواع الأشجار مثل البلوط، التي تعيش لفترات طويلة لمدة قرن وتحمل التربة بجذورها بقوة، مرتفعة بنسبة 60%. في هذا الصدد، تكشف الملاحظات أن غابات الصنوبر البروتي البالغة من العمر 20 عاماً، التي أنشئت على الصخور الأم السربنتينية في منطقة أديمان، كشفت عن بعض الأشجار التي تجف.

ويعتقد أن هذا الموقف قد يكون بسبب سوء الاختيار. من ناحية أخرى، نظراً لارتفاع مخاطر حريق الصنوبر الأحمر التركي، فقد جرى التوصل إلى أن تخصيص أكثر من 60% من الموقع لأنواع البلوط كان قراراً جيداً.

لاحظ الباحثون خلال زيارتهم العلمية لمواقع **التشجير** في منطقة رأس العين **Urfa-Eylanpinari** في عام 1985، أنه على عكس غرس الصنوبر البروتي





الذي يبلغ عمره 10-15 عاماً، الذي فقد بعض الأشجار بسبب الجفاف. كانت النباتات الكثيفة، التي تحوي على إبر خضراء أكثر كثافة وأطول وداكنة، وكانت أكثر صحة ولم تتأثر بالجفاف بقدر تأثر الصنوبر الوحشي.

لذلك، فإن إنشاء مزارع مع الشتلات - في المناطق القاحلة وشبه القاحلة - التي ستنتج من البذور التي تم جمعها من الصنوبر البروتي. يمكن أن تزيد من نجاح أشجار **إنجاليا دينسيفوليا**، بشرط أن يؤخذ عامل الأصل في الاعتبار.

وفي هذا الصدد، يمكن تحقيق نتائج أكثر موثوقية من خلال إجراء الدراسات البحثية ذات الصلة.

بناءً على المناقشات السابقة، يمكن وصف المبادئ الأساسية المتعلقة بتقنيات إعداد الموقع في المناطق القاحلة وشبه القاحلة على النحو الآتي:

1. الحفاظ على الغطاء النباتي الحالي الحي وتقليل التحكم في النباتات في المناطق عند الضرورة.
2. الزراعة العميقة للتربة، إلى أقصى حد ممكن، لتعزيز تخزين هطول الأمطار، وتهوية التربة والتممية السريعة والأعمق للجذور.
3. بعد الغرس، تجري إزالة الغطاء النباتي الحي الذي يتنافس مع الشتلات على الرطوبة، وكسر نظام الشعيرات في التربة، من خلال تنفيذ عمليات إزالة الأعشاب الضارة ومكافحة إطلاق النار. بمعنى آخر، تقليل التبخر.
4. تنفيذ قاعدة «الحد الأدنى من زراعة التربة».

بشكل عام، في مواقع **التشجير** المحتملة في المناطق القاحلة وشبه القاحلة، جنباً إلى جنب مع الخصائص الفيزيائية للتربة، تتدهور أيضاً العلاقات بين النبات والمياه.





في المناطق التي أزيلت منها الغابات (أراضي السهوب بشرية المنشأ) تُضغَط التربة وتقل قدرة سحب المياه بسبب ضغوط الرعي الشديدة المستمرة لسنوات عديدة. في مثل هذه الأراضي، يجب التخفيف وتهوية التربة، وكسر الطبقات القاسية تحت الطبقات السفلية من التربة وزيادة قدرة سحب المياه من خلال زراعة التربة العميقة.

توفر نتائج دراستين بحثيتين مشابھتين حول الإعداد الآلي للمواقع للتشجير في المناطق شبه القاحلة في **تركيا** معلومات قيمة للتطبيقات الميدانية. لقد جرى تطبيق طرائق تحضير الموقع نفسها في كلا الموقعين التجريبيين، الواقعين في **إسكيشهر-موساوزو** (940 متر) و**إسكي شهير-كاراساكال** (1100 متر).

كان كلا موقعي التجريبتين مناسبين للمزارع الكلاسيكية. جرى تطبيق عمليات إزالة الأعشاب الضارة (التنظيف) في موقع إسكيشهر-موساوزو، ولكن ليس في موقع إسكي شهير-كاراساكال. تعكس نتائج البحث هذه أيضاً الآثار الإيجابية لعمليات إزالة الأعشاب الضارة.

وفقاً لنتائج 3 سنوات من البحث الذي أجري على أنواع الصنوبر الأسود في موقع إسكيشهر-موساوزو، تحقق أعلى احتفاظ بالمياه على الأجزاء التي أزيل الغطاء النباتي الأرضي منها عن طريق الجرف على المنطقة بكاملها وأعقب ذلك زراعة التربة العميقة باستخدام المحراث عن طريق قرص المسلفة **Disc Harrowing** على الأرض.

نتائج هذه الدراسة لمدة ثلاث سنوات متشابهة مع النتائج التي جرى الحصول عليها من الموقع التجريبي الثاني الذي أنشأ في منطقة إسكي شهير-كاراساكال. وجرى تحقيق أفضل أداء للنمو لكل من الشتلات المعبأة في حاويات مغلقة وعارية





الجدور على الأجزاء حيث أزيل الغطاء النباتي الأرضي عن طريق المجرفة وجرى تطبيق الزراعة العميقة للتربة باستخدام المحراث أو محراث الشق الطولي (على الأجزاء ذات القدرة الأعلى على الاحتفاظ بالمياه في التربة). لم ينتج عن تطبيق أو تجنب قرص المسلفة فرقاً كبيراً.

في كلا الموقعين التجريبيين، عثر على معدلات بقاء على قيد الحياة ومتوسط نمو الطول للشتلات المعبأة في حاويات أعلى بشكل ملحوظ مقارنة بشتلات الجدور العارية. علاوة على ذلك، كان متوسط معدلات البقاء على قيد الحياة لكل من الشتلات المعبأة في الحاويات والشتلات العارية أعلى بشكل ملحوظ في موقع إسكيشهر- موساوزو، حيث تنفذ عمليات إزالة الأعشاب الضارة، على عكس موقع إسكي شهير- كاراسكال، لم تطبق أي عملية لإزالة الأعشاب الضارة.

بناءً على نتائج كلتا التجريبتين؛ يجب تطبيق أداة الرفع المسطح **Sub-soiling** الميكانيكي بواسطة أداة الشق الطولي **Riper** على كامل منطقة المنحدرات حتى 35-40 %، في المناطق القاحلة وشبه القاحلة. يجب أن يتبع هذه العملية تطبيق قرص مسلفة ثقيل على الأراضي بنسبة تصل إلى 20 % وأكثر ويجب إنشاء مصاطب غرادوني الموازية للخطوط الكنتورية بواسطة محراث شق طولي.

كما يجب استخدام الشتلات المعبأة في حاويات في المزروعات. سيكون طول عبوات النبات من 20-25 سم مناسباً. إلى جانب أبعاد الحاوية، يعد الحجم وتكوين الوسائط مهمين أيضاً. عمليات إزالة الأعشاب الضارة بعد الزراعة على الأقل هناك ضرورية لسنوات.

كما تدعم بعض الدراسات البحثية المساهمة الإيجابية لاستخدام الشتلات التي يبلغ ارتفاعها 20-25 سم نجاح عمليات **التشجير** في المناطق القاحلة وشبه القاحلة.





بناءً على تقييم نتائج السنة السابعة، كانت النتائج الرئيسية لهذا المشروع البحثي كما يأتي:

1. في موقع تجربة أوركوتلو Ürkütlü (بمتوسط هطول الأمطار 673 ملم)، لم يعثر على فرق كبير بين معدلات البقاء على قيد الحياة لأنواع الشتلات المختلفة. على العكس من ذلك، في منطقة يلتين Yelten التجريبية، التي تتلقى كميات أقل من الأمطار (382 ملم)، كانت معدلات بقاء الشتلات على قيد الحياة ذات الأنابيب المصنوعة من البولي إيثيلين أعلى إحصائياً من معدلات البقاء على قيد الحياة للشتلات ذات الجذور العارية والشتلات المعبأة في حاويات من نوع إينسو Enso.

2. فيما يتعلق بالنمو المرتفع، كان نمو ارتفاع الشتلات ذات أنابيب البولي إيثيلين أعلى إحصائياً من النمو المرتفع لنوعي الشتلات الآخرين. اتبعت الشتلات العارية الجذور الشتلات الأنبوبية بنجاح، وأدت الشتلات المعبأة في حاويات من نوع إينسو إلى أدنى معدل نمو للارتفاع. تشير هذه النتائج إلى أن شتلات الأرز ذات أنابيب البولي إيثيلين (10×25سم) أكثر ملاءمة، مقارنة بنوعي الشتلات الآخرين، لمواقع التشجير في المناطق شبه الجافة والقاحلة.

قرب نهاية فترة الغطاء النباتي، بشرط وجود مياه محدودة لفترة معينة (على سبيل المثال، عدم إعطاء الماء للشتلات لمدة تتراوح بين 1.5 و 2 شهر) يتحفظ نمو جذور جديدة أسرع، وبالتالي يسهم في تحقيق معدلات بقاء أعلى.

أثناء التخطيط والتنفيذ لأنشطة التشجير اليدوية والآلية في المناطق القاحلة وشبه القاحلة، ينبغي إيلاء الاهتمام الكافي للحفاظ على الغطاء النباتي الموجود في الموقع، إلى أقصى حد ممكن.

كما هو معروف، يجري تنفيذ عمليات إزالة الغطاء النباتي بنسبة تصل إلى 60% وعمليات تحضير التربة حتى 40% من المنحدرات بواسطة الآلة. وتُنفذ





أعمال **التشجير** فوق هذه الحدود (على سبيل المثال، إزالة الغطاء النباتي بنسبة تزيد على 60% وزراعة التربة عن طريق المصاطب فوق 40%) يجري تنفيذها عن طريق العمالة.

في الوقت الحالي، تُستخدم أيضاً معدات وآلات جديدة (مثل الحفار، والحفار الصغير، والجرار العنكبوتي، والتربة السفلية أحادية السن) التي تسمح بالتنفيذ الآلي على المنحدرات شديدة الانحدار. وفقاً للنتائج التي جرى الحصول عليها من دراسة بحثية أجريت على الأراضي المحيطة ببحيرة إيمير في أنقرة، فإن زراعة التربة على المدرجات التي لا يقل عمقها عن 45 سم كان لها تأثير كبير في معدلات بقاء الشتلات العالية.

تؤدي الزراعة الضحلة للتربة (نحو 25-30 سم) أثناء بناء المدرجات إلى انخفاض نجاح بقاء الشتلات في المناطق شبه القاحلة في تركيا. تعتبر زراعة التربة بالعمالة بعمق 45 سم باهظة الثمن ولكنها أحد الضمانات لمعدلات بقاء أعلى للشتلات.

أحد الخيارات للقضاء على العيب الناجم عن زراعة التربة الضحلة على المدرجات هو فتح ثقوب زراعة عميقة (50-60 سم) بواسطة محرك أوجير. أدوات الزراعة هذه قيد الاستخدام في الولايات المتحدة وفي بعض البلدان الأخرى.

سيكون إطلاق التجارب والتطبيقات مع مثاقب الزراعة هذه على الصخور الأم المختلفة وظروف التربة في المناطق الجافة وشبه القاحلة في تركيا أمراً مناسباً. كما هو موضح أعلاه، هناك خيار آخر وهو استخدام الآلات والمعدات الخاصة التي يمكن أن تعمل على منحدرات أعلى.





التقييم العام

المناطق القاحلة وشبه القاحلة هي أنظمة بيئية هشّة. في هذه النظم البيئية، يمكن إعادة تشجير مناطق السهوب بشرية المنشأ، التي جرى إنشاؤها نتيجة لتدمير الغابات. تواجه مؤسسات **التشجير** وإعادة **التشجير** في المناطق القاحلة وشبه القاحلة مزيداً من التحديات من حيث القيود البيئية والبيولوجية والتقنية والاجتماعية والاقتصادية. لذلك، فهم يحتاجون إلى مزيد من المعرفة والخبرة والرعاية. تكاليف إعادة **التشجير** أعلى أيضاً.

إذا لم يجرِ تشجير أو إعادة تشجير، فإن النظم البيئية القاحلة وشبه القاحلة المتدهورة تتدهور أكثر في اتجاه التصحر، بسبب استمرار الآثار البشرية. هذه العملية تجعل المجتمعات المحلية تصير أكثر فقراً. في المراحل المتقدمة من تدهور الأراضي، قد يضطر الناس إلى الهجرة من المنطقة. تؤدي التعرية المتسارعة في الأراضي شديدة الانحدار إلى آثار سلبية في الأراضي الزراعية ذات المرتفعات المنخفضة.

يجب أن تكون مشاريع التنمية الريفية التي سيجري تنفيذها في المناطق المناسبة من المناطق القاحلة وشبه القاحلة فعّالة اقتصادياً وبيئياً واجتماعياً وثقافياً. يجب تضمين مكونات **التشجير** بشكل مناسب في مثل هذه المشاريع.

لذلك، يجب أن يكون لدى فريق إعداد المشروع موظفون ذو خبرة لهذا الغرض. بالإضافة إلى ذلك، يجب ضمان مشاركة المجتمعات المحلية ومنظمات





المجتمع المدني في مراحل التخطيط للمشاريع. الهجرة إلى الخارج أمر لا مفر منه في المناطق القاحلة وشبه القاحلة التي لا تحمل إمكانات التنمية الكافية. إن عكس هذه العملية أمر صعب وليس ضرورياً. إن تشجير الأراضي المهجورة، نتيجة الهجرة الخارجية، يخلق فرصة للتوسع في مواقع الغابات المزروعة في مناطق أوسع من المناطق شبه القاحلة.

جرى تنفيذ أعمال تشجير ناجحة لمكافحة التعرية من قبل المديرية العامة للتشجير ومكافحة التآكل في المناطق القاحلة وشبه القاحلة في تركيا. يمكن زيادة نجاح **التشجير** في المناطق القاحلة وشبه القاحلة من خلال التنفيذ الدقيق والواعي للمشاريع التي تأخذ في الاعتبار الظروف البيئية والتقنية والاجتماعية والاقتصادية.





المراجع

Armitage, F.B., (1985), **Irrigated forestry in arid and semi-arid lands: a synthesis**, International Development Research Centre, Ottawa.

Aukland, Louise & Pedro Moura Costa, (2002), **Afforestation and Greenhouse Gas Mitigation**, Baltic Forestry, Vol. 8, No. 1 (14).

Boydak, Melih & Servet Çalışkan, (2015), **Afforestation of arid and semi-arid region**, General Directorate of Combating Desertification and Erosion, Ankara.

CDM reforestation project IMAR (2008), **(Inner Mongolia Autonomous Region) Environmental and Social Impact Assessment, 2 # Dongxiaofu, Haidian District**, Beijing, P.R. China, September.

Deng, Chuxiong et al., (2021), **Advantages and disadvantages of terracing: A comprehensive review**, International Soil and Water Conservation Research 9.

El Kateb et al., Hany, (2015), **German-Egyptian Collaboration to Afforestation in Desert Lands of Egypt, Silvicultural Experiment**, ISSN 1862-5339, Verlag Bernhard Felbermeier, Geltendorf, Number 4, 1st Edition, September.

Fernandes, Geraldo Wilson et al., (2016), **Afforestation of savannas: an impending ecological disaster**, *Natureza & Conservação* Brazilian, Journal of Nature Conservation, 14, pp. 146–151.

Forest Service Department of Agriculture, (2016), **Environmental Requirements for Afforestation, Food & the Marine**, Johnstown Castle Estate, Co., Ireland, Wexford December.

Japan International Forestry Promotion and Cooperation Center (JIFPRO), (2014), **Re-afforestation and water conservation in dry lands**, Kenya Forest Research Institute (KEFRI), March





Jo, Hyun-Kil, & Hye-Mi Park, (2017), **Effects of pit plantings on tree growth in semi-arid environments**, Taylor & Francis Group.

Holubik, Ondřej et al., (2014), **Effect of Agricultural Lands Afforestation and Tree Species Composition on the Soil Reaction**, Soil & Water Res., 9, (4): 192–200.

Lee, Jung-Eun et al., (2005), **Root functioning modifies seasonal climate**, PNAS, November 21, 102 (49).

United Nations, (2013), **Afforestation and Reforestation Projects under the Clean Development Mechanism**, Framework Convention on Climate Change, Bonn.

Yosef, Gil et al., (2018), **Large-scale semi-arid afforestation can enhance precipitation and carbon sequestration potential**, nature, Scientific Reports volume 8, Article number: 996.





موسوعة العمري في علوم الأرض







أ.د. عبد الله بن محمد العمري

www.alamrigeo.com E.mail : alamri.geo@gmail.com Cell : +966505481215

المناصب الإدارية والفنية

- ❖ دكتوراه في الجيوفيزياء عام 1990 م من جامعة مينيسوتا - أمريكا.
- ❖ المشرف على مركز الدراسات الزلزالية- جامعة الملك سعود.
- ❖ المشرف على كرسي استكشاف الموارد المائية في الربع الخالي.
- ❖ المشرف على مركز الطاقة الحرارية الأرضية بجامعة الملك سعود.
- ❖ رئيس الجمعية السعودية لعلوم الأرض.
- ❖ رئيس قسم الجيولوجيا والجيوفيزياء - جامعة الملك سعود.
- ❖ مؤسس ورئيس تحرير المجلة العربية للعلوم الجيولوجية AJGS.
- ❖ رئيس فريق برنامج زمالة عالم مع جامعة أوريغون الحكومية ومعهد ماكس بلانك الألماني.

الاستشارات والعضويات

- مستشار مدينة الملك عبدالعزيز للعلوم والتقنية.
- مستشار هيئة المساحة الجيولوجية وهيئة المساحة العسكرية والدفاع المدني.
- مستشار مدينة الملك عبدالله للطاقة الذرية والمتجددة.
- مستشار هيئة الرقابة النووية والإشعاعية.
- باحث رئيس في عدة مشاريع بحثية مدعمة من مدينة الملك عبدالعزيز للعلوم والتقنية وشركة أرامكو.
- باحث رئيس في مشاريع مدعمة من وزارة الطاقة الأمريكية وجامعة كاليفورنيا ومعهد ليفرمور الأمريكي LLNL.
- عضو الجمعية الأمريكية للزلازل.
- عضو الاتحاد الأمريكي للجيوفيزياء.
- عضو الاتحاد الأوروبي للجيولوجيين.
- عضو لجنة كود البناء السعودي وعضو المنتدى الخليجي للزلازل GSF.
- عضو لجنة تخفيف مخاطر الزلازل في دول شرق البحر الأبيض المتوسط RELEMR.
- باحث رئيسي ومشارك في مشاريع بحثية مع جامعات الاباما وبنسلفانيا وأوريغون الأمريكية.
- ضمن قائمة (المنجزون البارزون العرب) من قبل منظمة ريفاسيمنتو الدولية.
- ضمن قائمة Who's Who في قارة آسيا للتميز العلمي.
- ضمن قائمة Who's Who في العالم للإسهامات العلمية.

النشر العلمي والتأليف

- ❖ نشر أكثر من 200 بحثاً علمياً في مجلات محكمة.
- ❖ ألف 35 كتاباً علمياً.
- ❖ أصدر موسوعة رقمية في علوم الأرض من 14 مجلداً و 107 ملفات علمية.

المشاريع البحثية

- ❖ أنجز 40 مشروعاً بحثياً محلياً و 16 مشروعاً بحثياً دولياً و 74 تقريراً فنياً.

المؤتمرات والندوات

- ❖ شارك في أكثر من 125 مؤتمراً محلياً ودولياً و 75 ندوة وورشة عمل متخصصة.

التعاون الدولي

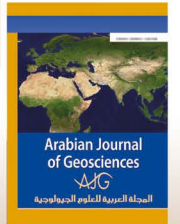
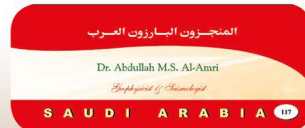
- ❖ باحث رئيسي في 13 مجموعة عمل أمريكية وألمانية.

الجوائز

- ❖ حصل على جائزة المراعي للإبداع العلمي عام 2005 م.
- ❖ حصل على جائزة التميز الذهبي من مدينة الملك عبدالعزيز للعلوم والتقنية عام 2006 م.
- ❖ حصل على جائزة أبها التقديرية للإسهامات العلمية عام 2007 م.
- ❖ حصل على جائزة جامعة الملك سعود للتميز العلمي عام 2013 م.
- ❖ حصل على جائزة الاتحاد الأمريكي للجيوفيزياء للتعاون الدولي والنشاط البحثي عام 2013 م.
- ❖ حصل على جائزة جامعة السلطان قابوس للإسهامات العلمية عام 2013 م.
- ❖ حصل على جائزة الملك سعود لإدراج المجلة العربية للعلوم الجيولوجية في قائمة ISI.
- ❖ حصل على جائزة أفضل رئيس تحرير مجلة علمية عام 2017 من الناشر الألماني SPRINGER.
- ❖ حصل على جائزة ألبرت نيلسون ماركيز للإنجاز مدى الحياة عام 2018 من منظمة Who's Who العالمية.

دروع التكريم

- ❖ حصل على 85 درعاً تكريمياً وشهادات تقدير من المملكة وعمان والكويت والإمارات والأردن ومصر وتونس والجزائر وألمانيا وأمريكا.





موسوعة أمري في علوم الأرض



Al-Amri's Encyclopedia of Earth Sciences



المد
والجزر



المعادن
والتعدين



التركيب
الداخلي للأرض



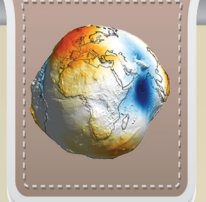
الجاذبية
الأرضية وتطبيقاتها



شكل
الأرض وحركاتها



تقدير
عمر الأرض



الأغلفة
المحيطة بالأرض



جيولوجية
القمر



البراكين
وسبل مجابقتها



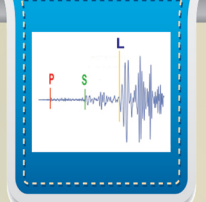
تقييم
مخاطر الزلازل



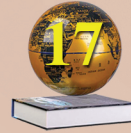
الزلازل
والتفجيرات



موجات
التسونامي



التصحّر
والجفاف



الأمطار
السيول والسدود



الانزلاقات
والانهيارات والفيضانات



التشجير
التحديات والحلول



التغيرات المناخية
والاحتباس الحراري



المشاكل
البيئية وحلولها



دليل كتابة
الرسائل والنشر العلمي



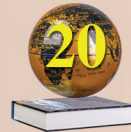
الجيولوجيا
الطبية



الجيوفيزياء
النووية



هل انتهى
عصر النفط؟



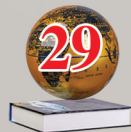
الطاقة
الحرارية الأرضية



مستقبل
الطاقة في عالمنا



300 سؤال وجواب
في الجيوفيزياء
التطبيقية



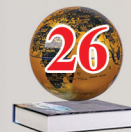
303 سؤال وجواب
في علم الزلازل
والزلزالية الهندسية



380 سؤال وجواب
في المخاطر
الجيولوجية



358 سؤال وجواب
في الثروات
الطبيعية



325 سؤال وجواب
في علم الصخور
والجيوكيمياء



321 سؤال وجواب
في تطور
الأرض



www.alamrigeo.com

