3. تقنيات تثبيت الكثبان الرملية

التثبيت الأولي

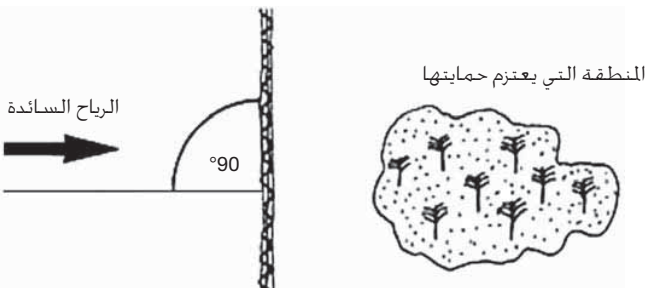
التثبيت الميكانيكي للكثبان

تتألف المرحلة الأولى من مكافحة زحف الرمال من إيقاف حركة الرمال أو إبطاء وتيرتها بإقامة سياجات بارتفاع متر إلى 1.5 متر تؤدي إلى تجميع الرمال بحيث تؤدى إلى تكوين كثبان اصطناعية. والتفسير الميكانيكي لهذه العملية هو أن السياج يعمل على إبطاء انسياب الهواء مما يؤدي بالهواء إلى التحرر من حمله. ويمكن التمييز بين نوعين من الكثبان الاصطناعية رهناً بموضع السياج وعلاقته بالرياح السائدة.

والأسوار العائقة أو الحاجزة، وهي الطريقة الأكثر شيوعاً للحيلولة دون تقدم الرمال، تتشكل من طريق إقامة سياجات مباشرة في طريق مسار الرياح السائدة (شكل 10). وفي حالة هبوب رياح من جهات غير جهة الرياح السائدة، فإن التجهيزات تتضمن ترابيع أو شبكة من خطوط الإعاقة في شكل مربعات أو معين بين سياجين متتالين. ويماثل طابع هذه الخطوط وتقنية تركيبها طابع وتقنية السياجات، حيث يؤدي كل عنصر في الشبكة مهمة سياج تترسب خلفه الرمال. وتمتلئ الفراغات داخل الشبكة تدريجياً كلما أحتبست مزيداً من الرمال.

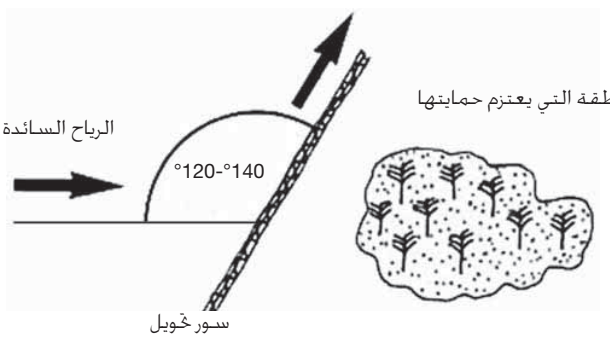
وأسوار الانحراف أو التحويل، والتي تؤدي إلى انحراف الرمال الزاحفة في اتجاه بخلاف وجهة الرياح السائدة، تتشكل عن طريق إقامة السياجات بزاوية 120 إلى 140 درجة عن الاتجاه المعتاد للرياح السائدة (شكل 11). بيد أن هذا التنظيم لا يستخدم على نطاق واسع، نظراً لأن الرمال التي جرى

شكل 10
الأسوار العائقة أو الحاجزة



المصدر: منظمة الأغذية والزراعة، 1988

شكل 11
أسوار الانحراف أو التحويل



المصدر: منظمة الأغذية والزراعة، 1988

تحويلها قد تغزو مناطق أخرى – مستوطنات، محاصيل وشتى أنماط البنية الأساسية – حتى على مبعدة مسافة طويلة من المنطقة موضع أعمال التثبيت.

تكون هذه السياجات منسوجة (باهظة التكاليف) أو غير منسوجة، ومكونة عادة من أفرع وعساليج من مجموعات شجرية بالغة من أنواع مناسبة، مثل المجموعات الطبيعة للينبوت *Prosopis juliflora*، والزقوم *Balanites aegyptiaca*، ومختلف أنواع السنط، وكذلك من سعف النخيل أو المرخ *Leptadenia pyrotecbnicca* أو سيقان الفربيون. ويجب اقتلاع هذه المادة بصورة رشيدة حرصاً على عدم تعريض استدامة المجموعة الشجرية القائمة للخطر. كما يمكن استخدام قش الدخن والذرة الرفيعة والأرز وغيرها من أنواع النباتات الورقية الطبيعية مثل التمام *Panicum turgidum*.

وبعد تعيين الموقع بغرز أوتاد، توضع المادة النباتية في خندق لتكوين الحواف. فإذا تعذر إيجاد المادة النباتية، يوصى باستخدام ألواح مثقبة من الأسمنت الليفي أو شبكية اصطناعية.

وإذا أريد ضمان كفاءة عمل السياج، فلا بد من أن تتسم بقابلية نفاذ الرياح بنسبة تتراوح بين 30 إلى 40 في المائة لكبح سرعة الرياح والعمل على تجميع الرمال بدون إحداث اضطراب للرياح في الجانب المحمي من الرياح، وألا يزيد ارتفاعها عن 1.2 متر، نظراً لأن 90 في المائة من الرمال التي تحملها الرياح توجد في 30 سنتيمتراً الأولى فوق سطح الأرض (شكل 12).

ويجب صيانة السياجات والشبكة الداخلية بصورة منتظمة ورفعها عندما تصل الرمال إلى ارتفاع 10 أو 15 سنتيمتراً من الحافة العليا، لكي تواصل عملها بفعالية. ومن شأن أي ثغرة في هذه الهياكل أن تؤدي بسرعة إلى تحريك كميات كبيرة من الرمال، مما تنتفي معه فعاليتها. ويجري رفع هذه السياجات تكراراً حتى يبلغ الكثيب الاصطناعي شكلاً متوازناً ويصبح، بالتالي، مستقراً وثابتاً.

ويتحدد حجم خيوط الشبكة بشدة الرياح ومنحدرات الكثبان وأشكالها. وكلما زاد تعقيد نموذج الكثيب، تزايد تكثيف الشبكة (السياجات وضفيرة القضبان الداخلية) والتي تتراوح بين 600 إلى 1 200 متراً طولياً لكل هكتار.

ومن شأن تعيين حراس مستديمين أن يعظم من عمل الصيانة وأن يحول دون دخول الحيوانات (الجمال، الأغنام، المعز والحمير) التي تخصص لها ممرات. كما أن بوسع الحراس أن يعينوا الذين يعيشون على حدود المناطق المحمية على الوعي بالحاجة إلى احترام التجهيزات وصونها، مما يكفل سريعاً حماية بنياتهم الأساسية (المساكن، الجوامع، المحاصيل، حدائق السوق، الطرق، وغيرها)، في وجه تغطيتها بالرمال ومساعدتهم على حماية بيئتهم.

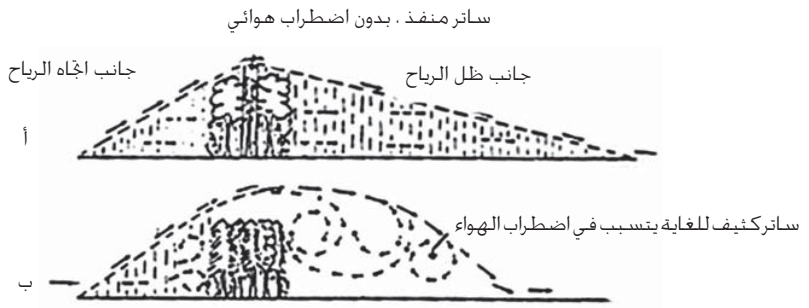
فرش الوقاية أو الساتر الحمائي

تتألف تقنية فرش الوقاية من تغطية الكثيب بصورة مستوية بساتر حمائي طبيعي أو اصطناعي لتلافي قفز الحبيبات. ويتم تبنيه بوجه خاص في الأسطح المنبسطة أو المستوية بقدر ما. ويمكن توليف فرش الوقاية من مواد مختلفة كالقش، الأفرع، السيقان، الأغشية البلاستيكية أو الألياف والشباك الأكريلية.

م. ولد محمد

شبكة مكونة من البوليسترين الناتيء

شكل 12
انسياب الهواء فوق ساتر منفذ (أ) وساتر غير منفذ (ب)



المصدر: المركز التقني للغابات الاستوائية، 1989

بغية الاكتمال تجدر الإشارة إلى أن بالإمكان أيضاً استخدام الزيوت المعدنية (الأسفلت، النفط الثقيل والنفط الخام) لتثبيت الرمال المتحركة. وفي حين أن هذه العملية باهظة التكاليف وتنقصها الفعالية على المدى الطويل، فإنها متبعة على وجهٍ خاص في البلدان المنتجة للنفط. فقد أجزت جمهورية إيران الإسلامية، على سبيل المثال، أعمالاً كبرى لتثبيت الكثبان باستخدام هذا الإجراء، مرتبطة بالمزارع الكبرى لأشجار الأثل.

الطريقة الإيروديناميةِ (التحريك الهوائي)

تهدف هذه الطريقة إلى الاستفادة من سرعة الرياح وطاقاتها على الحمل، سواء (1) بجعلها تزيح تجميعات الرمال غير المرغوب فيها من خلال أسلوب يزيد من سرعتها عند احتكاكها بها (مثل توجيه الشوارع في بعض المدن الساحلية بصورة موازية للرياح السائدة، أو وضع أحجار على مسافات معينة من بعضها البعض على قمة الكثيب الذي يعتزم إزالته)، وضمان ألا تواجه أية عوائق وبالتالي تحقق حمل تجميعات الرمال إلى مسافات بعيدة؛ أو (2) بتشكيل عوائق في طريق مسار الرياح المحملة بالرمال لكي يكون لها تأثير إيروديناميكي على انسياب الهواء مسببة انضغاط يزيد من سرعتها بدلاً من خفضها، ولكن بدون خلق أي اضطراب، وهي عملية تساعد على حمل تجميعات الرمال بعيداً. وهذا المبدأ الأخير المتمثل في تسريع الرياح أو الحفاظ على سرعتها يعمل على ثبات أو زيادة طاقتها على الحمل ومن ثم قدرتها على السحب. وهي بالتالي تكنس بالفعل الرمال التي يعتزم إزالتها. وهذه الطريقة هي نقيض طريقة إبطاء الرياح من خلال استخدام السياجات. وأبلغ نموذج لاستخدامها هو الأنسياب العرضي لطريق وشريط أرضي على الجانبين. وينبغي أن يطبق الأنسياب على جميع العوائق في وجه مسار الرياح – أكوام من الرمال، الحجارة، الغطاء الخضري وغيرها – وينجز على جانبي الطريق مكوناً متوسط عرض كلي يبلغ 25 متراً. وقد طبقت هذه الطريقة بنجاح في بعض أجزاء طريق الأمل، في موريتانيا، وإن توجب رصد هذه الأجزاء وصيانة الانسياب إذا ما أريد دوام تأثيره.

التثبيت الحيوي

عقب استقرار الكثبان ميكانيكياً يمكن حينئذ تثبيتها بصورة نهائية بغرس الأشجار والغطاء الخضري المعمر.

وتشكل الكثبان بيئة صعبة لإستيطان جميع أنواع النبات ونموها، وبالتالي لا بد من غرس أنواع يمكن أن تتكيف مع البيئة ومع عمق الرطوبة المتبقية في الطبقات السفلية. وتتسم الكثبان الرملية الجرداء بميزة حفظ جزء من المياه التي تسربت لفترات طويلة بقدر ما، نظراً لما تتسم به من معامل عال لانعكاس الضوء (الانعكاسية) ومعدل منخفض للغاية لتوصيل الحرارة، بحيث قلما تتأثر بالتقلبات الكبرى في درجات الحرارة ولا يتجاوز عمق احترارها الشديد أكثر من متر واحد. كما أن الرمال، علاوة على ذلك، لا تسمح سوى بصعود شعري ضعيف للرطوبة. وتؤدي 20 إلى 30 سم العليا من الكثيب مهمة الساتر الواقي، مما يقلل من فقدان الرطوبة في المستويات الدنيا الضرورية لإستيطان الأنواع المزروعة ونموها.

انتقاء الأنواع الغابية والعشبية

يتوقف انتقاء الأنواع على الظروف المناخية والبيئية. وينبغي أن تلبي الأنواع المنتقاة للغرس المعايير التالية:

- قدرة على النمو في بيئة فقيرة في المغذيات وعرضة لتقلبات كبرى في درجات الحرارة فيما بين ساعات النهار والليل؛
- وجود مجموع جذري وتدي يصل بسرعة إلى رطوبة التربة المتبقية مما يعوض عن تأثيرات الجفاف؛
- مقاومة الرياح الشديدة، الحارة والجافة وأثرها في حت الأوراق والسيقان؛
- النمو السريع والقدرة على التجدد بسهولة؛
- القدرة على تحسين تربة الكثيب – كما هو المقصود من إدخال الأنواع المثبتة للآزوت (البقوليات).

وبعض هذه الأنواع يتكيف مع مختلف أجزاء الكثيب، بينما يتكيف البعض الآخر في المناطق الواقعة بين الكثبان. وبعد تجارب عديدة، استقر الاختيار، في موريتانيا، على غرس الأنواع الرئيسية التالية:

- ***على الكثبان الداخلية***: البنبوت وهو النوع الشجرى الوحيد الذي أثبت حتى الآن نتائج طيبة مستدامة في هذا النوع من التربة، والزاروند *Aristida pungens* ويغرسان في الكثبان المكشوفة سريعة التنقل. ويغرس نوع المرخ *Leptadenia pyrotechnica*، والزاروند والتمام *Panicum turgidum* في المناطق المنخفضة السطح (مناطق ارخال الرمال والتالي عرضة للاجراف). ومن الأنواع الغابية الأخرى، أنواع السنط بصورة رئيسية (خاصة التقتاد السنط اللامع *Acacia raddiana* وسنط السنغال *A. senegal*). ويغرس نوع الزقوم *Balanites aegyptiaca* والفربيون *Euphorbia balsamifera* والدراقن *Persica salvadora* في المناطق الأكثر استقراراً.
- ***على الكثبان الساحلية***: الأنواع الغابية والعشبية الملحية (تلك التي تقاوم ملوحة الأرض ورذاذ الملح) هي وحدها القادرة على النمو في الكثبان الساحلية. وتشمل هذه الأنواع العرقد *Nitraria retusa*، الطرفاء اللاورقية *Tamarix aphylla*، طرفاء السنغال *T. senegalensis*، الكازوارينا *Casuarina equisetifolia*، القطف *Atriplex halimus* و*A. nummularia*، والقلاب *Zygophyllum spp*.

ويرد في الملحق (1) وصف بعض الأنواع التي تستخدم في موريتانيا.

تقنيات الغرس

فترة الغرس: يبدأ الغرس وإعادة تزويد المناطق العالية الموت في موريتانيا مع حلول موسم التحريج السنوي، وهي فترة تعادل عادة موسم الأمطار من يوليو/تموز أو أغسطس/آب حتى نهاية أكتوبر/تشرين الأول. وعندما تكون الأمطار غير كافية، كما هو الحال في أغلب الأحيان، تتلقى الشتلات كميات إضافية من المياه قبل الغرس وبعده كيما يتسنى للجذر الوتدي أن يصل إلى الطبقة الحاملة للرطوبة المتبقية في التربة بصورة أسرع ويتحقق ترسيخ النبات.

كثافة الغرس: تتوقف الكثافة، في المناطق القاحلة وشبه القاحلة، على خصوبة التربة وعمق الرطوبة المتبقية، إلا أنها تعتمد على الأمطار على نحو خاص. وكلما كانت الأمطار شحيحة تباعدت المسافة على طول خطوط الغرس وفيما بينها، سعياً إلى تلافي التنافس بين الشتلات واستنفاد احتياطي المياه في التربة. بيدأن الكثافة التي يقع عليها الاختيار يجب أن تتيح إبطاء وكبت التعرية بفعل الرياح.

ووفقاً لهذه المعايير، فإن المسافة بين النباتات، في موريتانيا، تتراوح من 5×5 أمتار في المربعات (400 شتلة في الهكتار) أو متداخلة (462 شتلة في الهكتار)، إلى 7×7 أمتار في المربعات (200 شتلة في الهكتار) أو متداخلة (235 شتلة في الهكتار)، إلى 10×10 أمتار في المربعات (100 شتلة في الهكتار) أو متداخلة (115 شتلة في الهكتار) – وإن زيدت هذه الكثافة الأخيرة، في الأرجح، في الكثبان عالية التنقل. كما أن المباعدة بين الخطوط تعزز النمو الطبيعي للغطاء العشبي. وتوصي القاعدة المطبقة بغرس شتلة غابية واحدة بالهكتار لكل ملليمتر من الأمطار الفعلية. وعليه، فإنه يشار، في منطقة بمعدل أمطار 200 ملم سنوياً، بغرس 200 شتلة غابية للهكتار مترافقة مع أنواع عشبية معمرة.

إعداد الأرض: تجهز خطوط الغرس باستخدام حبل بطول 100 إلى 150 مترا، تحديد مواقع حفر الغرس وفقاً للكثافة المختارة، سواء بين الكثبان المتقابلة المتعامدة على الرياح السائدة، أو داخل الشبكة الداخلية إذا كانت الرياح تهب من جهات مختلفة. كما يمكن وضع الشتلات متوازية مع السياجات لتشكل سياجاً حياً يمكن أن تحل في الأجل القصير محل المادة النباتية الجافة التي استخدمت في التثبيت الميكانيكي. وتعد الحفر على طول خطوط الغرس بفترة قصيرة قبل الغرس أو الغرس لتلافي انهيار جوانبها. ويوصي، في الأماكن التي تقل، أو تنعدم فيها، الرطوبة السطحية، القيام بسقي مبدئي قبل الغرس الفعلي سعياً إلى ترطيب الطبقة الجافة فوق الرطوبة المتبقية.

الغرس: يتم انتقاء الشتلات و/أو العقل الموجودة في أوعية بعناية وسقيها جيدا قبل تحريكها من المشتل. ويقتصر إرسال النباتات إلى موقع الغرس على العينات القوية وحدها التي تتمتع بمنظومة علوية وجذرية جيدة النمو. ويتوخى الحرص على عدم تعريضها للشمس أو الريح أثناء نقلها. والنسبة المثلى بين الأجزاء العلوية والجذرية هي 2.5 أو 3 إلى 1.

وبالنظر إلى ضآلة الأمطار في المناطق الجافة أو شبه القاحلة، يجب إنجاز الغرس في فترة قصيرة للغاية ويحبذ أن تبدأ بعد نزول أمطار طيبة حرصاً على ضمان ترسخ جيد للشتلات. وينجز الغرس دائماً أثناء الساعة الأكثر برودة، وإن أمكن إنجازه أثناء اليوم إذا ما كان الجو غائماً أو ممطراً.

ونجاح الغرس رهن بسرعة الإنجاز وحسن التنظيم والتوزيع الجيد للفرق الميدانية وكمية الأمطار.

ويجب، وقت الغرس، إزالة أكياس البوليثيلين (بشقها على طول قاعدتها وجانبها بأداة حادة جدا) وجمعها وإتلافها.

ويمكن أن يتم الغرس في السطح حيث يكون عنق الشتلة في مستوى الأرض، أو في العمق بحيث يكون العنق في مستوى الرمل الرطب مما يتيح للشتلة الاستفادة من البداية من الرطوبة العميقة في تربة الكثيب.

وبغية حماية الشتلات من تأثير الحك بفعل الرياح وإعطائها فرصة لتأصلها، ينبغي أن يكون الجزء العلوي على ارتفاع 30 أو 45 سم، على الأقل،فوق سطح التربة. ولا ينبغي أن توضع منظومة الجذر في تلامس مباشر مع الرمل الجاف. وينبغي بعد السقي ملء الحفر برمل مبلل. وتغطي بعدها قاعدة الشتلة برمل جاف لتلافي تبخر مياه السقي.

ولا يجري أي سقي آخر أثناء الموسم الجاف.

ويوصي، في حالة الكثبان الحية والمتحركة، بأن تسقى الشتلات باسطوانة معدنية مجوفة، قطرها 40 سم وارتفاعها 40 سم، تسمح بأن يتقطر الماء لينزل مباشرة إلى الطبقة الرطبة من التربة. وعلماً بأن استعمال 10 لترات من الماء يرطب 25 سم من الرمل، فإن كمية المياه التي تستخدم تتوقف على مدى عمق الرطوبة المتبقية.

م. ولد محمد

السقي والغرس باستخدام اسطوانة

م. ولد محمد

البذر الجوي

البذر المباشر أو بذر المرج: إن تقنية نثر البذور في حفر البذر هي تقنية زهيدة التكاليف وتستخدم قدراً أقل من العمالة مقارنة بالغرس. بيد أنه ينبغي اختيار فترة البذر بعناية، وتكون عادة عقب نزول أمطار تزيد عن 50 مللم. وتتوقف النتائج فيما يتعلق بالإنبات والنمو على كمية الأمطار وتكرارها أثناء الموسم الجاري. ويتسم البذر المباشر بمعدلات نجاح متدنية، في المناطق القاحلة وشبه القاحلة، مع معدلات عالية لموت الشتلات بعد الإنبات.

وحدها الأنواع ذات البذرة الكبيرة، مثل السنط والزقوم، التي يمكن بذرها مباشرة إذ أنها تحتوي احتياطيات كافية من المغذيات لتغذية الشتلة إلى حين ترسخ جذورها وتصبح قادرةعلى امتصاص الرطوبة والمغذيات من التربة.

وقد تتلقى البذور بعض المعاملات قبل البذر في شكل نقعها في ماء حار أو بارد، أو تغطيسها في حمض الكبريتيك لتسريع الإنبات. كما أن من الأفضل تكسية البذور بمبيد للقوارض ومبيد حشري.

ومن الممكن في موريتانيا، إتباع النثر المباشر للبذور باستعمال الأنواع العشبية الحولية والمعمرة المحلية أو القرعيات (*Colocynthus vulgaris*) وإن يكن معدل النجاح هو رهن بالأمطار وحدها.

وقد طبق، لبعض السنوات، نثر البذور جواً في عدة ولايات من البلاد عقب نزول أمطار طيبة. بيد أن هذه الطريقة مكلفة إلى حد ما وتتطلب كميات كبيرة من البذور وإلمام جيد بالظروف الجوية، خاصة اتجاه الرياح وسرعتها.

غير أنه يلزم توخي الحصافة فيما يتصل بأي توسع في هذا النمط من البذر، وتتوجب الدراسة المتأنية لمعدلات الإنبات والنمو لمختلف الأنواع في هذه المناطق الصعبة.

إقامة السياجات وتعيين الحراس: إن تجهيزات تثبيت الكثبان هي عناصر هشة وتستدعي حماية مستمرة شاملة لسنوات عديدة، خاصة في وجه الحيوانات الهائمة. ويحبذ تعيين الحراس من القرى أو المدن القريبة من المناطق التي تتطلب الحماية. كما أن بوسع المجتمعات المحلية الريفية أن تضطلع بدور رئيسي في ضمان استدامة هذه المزارع الشجرية الغابية والعشبية، التي تمثل مصدر دخل في المستقبل (حطب الوقود، الأوتاد، البذور، العلف وغيرها).