

الفصل السابع

الرى بمياه البحر

مياه البحار والمحيطات:

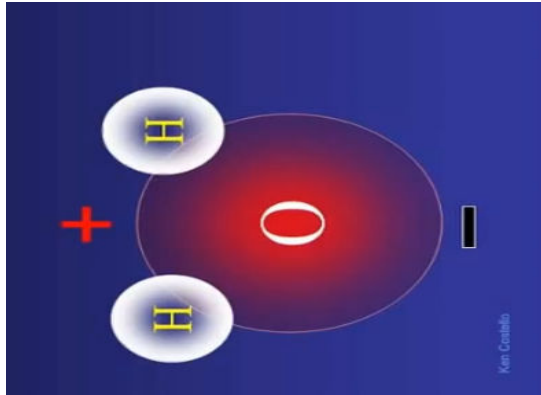
يشغل الماء حجماً أكبر من حجم أى مركب كيميائى آخر على سطح الأرض؛ لذا تسمى الأرض بكوكب الماء، أو الكوكب الأزرق؛ حيث يشغل الماء 70,8 ٪ من سطح الأرض، فى حين يشغل اليابس 29,2 ٪، وتشكل مياه البحار 97 ٪ من إجمالى المياه على الأرض، كما يشكل الماء 85 ٪ من كتلة المخلوقات البحرية.

وخواص مياه البحار هى خواص المياه العذبة نفسها، بالإضافة إلى ما يطرأ عليها من تغيير؛ نتيجة للعوامل الآتية:

1- تفاعل المياه مع صخور القشرة الأرضية، المكونة لأحواض البحار والمحيطات.

2- تفاعل المياه مع الأحياء البحرية.

أوضحت الأشعة السينية أن الارتباط بين ذرتى الهيدروجين وذرة الأكسجين فى جزيء الماء، يكون بزاوية 104,5، وهو ارتباط تساهمى .. ونتيجة للطبيعة القطبية للروابط فى جزيء الماء، تتوزع الشحنات الكهربائية توزيعاً غير متوازن؛ إذ تحمل ذرة الأكسجين شحنة سالبة، وتحمل ذرتا الهيدروجين شحنتين موجبتين، كما هو موضح بالشكل التالى:



ونتيجة للطبيعة القطبية لجزء الماء، يحدث ترابط هيدروجيني بين جزيئات الماء بعضها البعض، بالإضافة إلى قوى أخرى، تربط بين جزيئات الماء، تعرف بقوى فان ديروالس، والتي يعزى إليها ارتفاع درجة حرارة نقطة الغليان ونقطة الذوبان (أي أن الروابط التساهمية تكون داخل جزء الماء، بينما الروابط الهيدروجينية وقوى فان ديروالس تكون بين الجزيئات).

لذا يمكن الاستعانة بشكل جزء الماء، والتوزيع القطبي للشحنات فيه، والروابط الهيدروجينية بين جزيئاته؛ لتفسير بعض خواصه الفيزيائية، مثل: قدرته على الإذابة - الخواص الحرارية للماء - التغير في كثافته ولزوجته مع التغير في درجات الحرارة والشد السطحي للماء.

والشد السطحي للماء يرجع إلى وجود الروابط الهيدروجينية بين جزيئاته، والتي تربطها معًا، ويرجع إليها طفو الطيور فوق سطح الماء، بالإضافة إلى الكثير من الحشرات، تستخدم سطح الماء، كما لو كان سطحًا صلبًا.

الأملاح في مياه البحار:

مياه البحار عبارة عن محلول من الأملاح ثابتة التركيب، وعلى الرغم من كثرة عدد العناصر الذائبة (أكثر من 70 عنصرًا) فيه، فإن ستة فقط من هذه العناصر تشكل أكثر من 99% من أملاح البحر، وهي (الكالسيوم - الماغنسيوم - البوتاسيوم - الكبريت، الذي يوجد على شكل سلفات) بجانب أيونات أخرى، مثل الذهب - الفضة - النحاس - الفوسفور - اليود، ولكنها لا تشكل إلا نسبة ضئيلة من مجموع الأيونات الذائبة، لا تتجاوز 0,1%.

هناك اختلاف واضح بين نوعية الأملاح السائدة في مياه الأنهار، وتلك السائدة في مياه البحار والمحيطات؛ فبينما تسود كربونات الكالسيوم بمياه الأنهار، تسود كلوريدات الصوديوم مياه البحار، وبينما تفوق نسب السلفات في مياه الأنهار كلوريدات الصوديوم، فإن الأمر ينعكس في مياه البحار والمحيطات، وتتفاوت مياه الأنهار فيما بينها - تفاوتًا كبيرًا - في نوعية الأملاح التي تحملها؛ وذلك تبعًا لنوع الصخور التي مرت عليها.

ويرجع نقص كربونات الكالسيوم في مياه البحار والمحيطات إلى المخلوقات البحرية، التي تستهلك كميات كبيرة منها؛ لبناء هياكلها ومستعمراتها، فضلًا عن انخفاض نسبة ثنائي أكسيد الكربون، الذي يؤدي إلى ارتفاع نسبة بعض الأملاح، وخاصة كلوريد الصوديوم .. ورغم استمرار تبخر الماء من البحار، إلا أن نسبة الملوحة بها لا تستمر في الازدياد، ويرجع ذلك إلى أن

بعض الأملاح البحرية - وخصوصاً أملاح الكربونات والسيليكات - يستهلك كمية كبيرة منها من قبل المخلوقات الحية البحرية.

توزيع الأملاح في مياه البحار والمحيطات:

يمكن أن ينظر إلى توزيع الأملاح في مياه البحار والمحيطات من منظورين؛ الأول: التوزيع الأفقي، والثاني: التوزيع الرأسى مع العمق.

الأول: التوزيع الأفقي للأملاح البحار والمحيطات:

يتأثر تركيز الأملاح في الطبقة السطحية من مياه البحار بعدة عوامل، أهمها:

1- معدلات البخر، والتي ترتبط بدرجات الحرارة، والإشعاع الشمسى، وهذه تختلف باختلاف الموقع من دوائر العرض واختلاف الفصول.

2- معدل التساقط؛ فكمية المياه العذبة المتساقطة على مياه البحار، ستؤثر على ملوحة الطبقة السطحية منها، ومعدلات التساقط هذه تختلف؛ تبعاً لدوائر العرض والقرب، أو البعد من السواحل القارية.

3- التدفق النهري؛ فكميات المياه التي تلقى بها الأنهار في مياه البحار أو المحيطات، تؤثر في ملوحته تأثيراً واضحاً.

4- التيارات البحرية في المياه السطحية، وما ينجم عنها من نقل وخلط للمياه البحرية السطحية؛ حيث إن نسبة 35 جم / لتر من ملوحة مياه البحار، ليست إلا متوسط عام تبعاً للمتغيرات المذكورة آنفاً؛ ففي القرب من خط الاستواء - حيث يزداد معدل التساقط - تنخفض ملوحة الطبقة السطحية لمياه البحار إلى 34 جم / لتر، بينما شمال خط الاستواء - حيث ترتفع نسبة الإشعاع الشمسى، وترتفع الحرارة، وينخفض معدل التساقط - يؤدي إلى زيادة تركيز الأملاح في الطبقة السطحية، ويصل إلى 37 جم / لتر، ويظهر أثر تدفق مياه الأنهار على انخفاض الملوحة في مياه البحار قرب مصباتها؛ فالملوحة في شمال خليج البنغال تنخفض إلى 32 جم / لتر؛ نتيجة لتدفق مياه نهري الكنج وبراهمايترا، كما تنخفض الملوحة في المحيط الأطلسى أمام مصبى نهر الكونغو ونهر الأمازون؛ حيث تصل مستويات الملوحة إلى 15 جم / لتر.

الثاني: التوزيع الرأسى لملوحة مياه البحار والمحيطات مع العمق:

إن ما يحكم التوزيع الرأسى للملوحة مياه البحار والمحيطات، هو الكثافة؛ حيث تزداد كثافة الماء بارتفاع الملوحة أو الضغط، أو بانخفاض درجة حرارته .. لكن التغير الرأسى فى ملوحة مياه البحار والمحيطات يختلف فى توزيعه المكانى عن التغير فى كثافة مياه البحار مع العمق؛ حيث تزداد الكثافة بزيادة العمق، فبينما نجد أن متوسط ملوحة المياه السطحية يتراوح بين 33 - 34 جم / لتر، ترتفع الملوحة فى القاع إلى 35 جم / لتر؛ حيث يسهم ذوبان الثلوج فى الطبقة السطحية فى تخفيف حدة ملوحة مياه البحر.

مدة بقاء العناصر فى البحار والمحيطات :

متوسط مدة بقاء العناصر فى البحار والمحيطات ليس واحدًا، ويمكن حساب مدة بقاء كل منها بالمعادلة التالية:

مدة البقاء فى البحار والمحيطات = كمية العنصر فى مياه البحار أو المحيط / معدل تغذية مياه البحر أو المحيط بالعنصر.

وتعد البحار أو المحيطات فى حالة توازن بالنسبة إلى عنصر معين إذا كانت مخرجاتها منه متساوية، وتعتمد مدة بقاء أى عنصر على تفاعله فى البيئة البحرية؛ فعنصر الألومنيوم مثلاً مدة بقاءه 100 سنة فقط، والحديد 140 سنة، بينما تبلغ مدة بقاء الصوديوم 260 مليون سنة .. أما بالنسبة للماء، فإن مدة بقاءه تقدر بنحو 4000 سنة؛ إذ يتبخر منه سنوياً ما يعادل طبقة سمكها 1 متر.

استخدام مياه البحر فى الزراعة، وإنتاج النباتات المحبة للملوحة :

إن من أكثر العضلات إلحاحاً على الإنسان، هى كيفية توفير احتياجات العالم من غذاء وكساء، وما يستتبع ذلك من توفير إمدادات كافية من الموارد الطبيعية، خاصة الأرض والماء، وبالتالي توفير تغذية ملائمة للأعداد المتزايدة لسكان المناطق الاستوائية وشبه الاستوائية، فى غضون الثلاثين سنة القادمة.

تقدر منظمة الأغذية والزراعة (الفاو) الحاجة إلى موارد أرضية، تقدر بحوالى 200 مليون هكتار، كأراضٍ زراعية جديدة لإنتاج المحاصيل المختلفة، ولا يتوفر من هذه المساحة سوى 93 مليون هكتار فقط، والتى يمكن استخدامها فى التوسع الزراعى .. وللأسف، فإن الجزء الأكبر من هذه المساحة مشغول حالياً بالغابات، التى يجب علينا الحفاظ عليها؛ للمحافظة على التوازن البيئى والمناخ العالمى للكرة الأرضية كلها.

وإذا أضفنا لهذه المشكلة العويصة حقيقة حزينة أخرى، وهي تدهور الأراضي الزراعية الخصبة؛ سواء نتيجة للنحر أو التملح أو التلوث في معظم أراضي بلاد المناطق الجافة وشبه الجافة - فإن ذلك مما يحفز الإنسان لضرورة إيجاد مصادر بديلة من المياه والأراضي لزراعة المحاصيل، وزيادة الغطاء النباتي، أي يجب استمرارية التوسع الأفقي والرأسي، واستخدام الموارد غير التقليدية للمياه، والحفاظ على ما هو متاح منها فعلاً.

ومن ضمن الأفكار المطروحة في النصف الأخير من القرن العشرين، هو الزراعة باستعمال مياه البحر، وكان أول ظهور جدى للفكرة بعد الحرب العالمية الثانية؛ ففي عام 1949، وقتها أشار بويكو 1967، بأن الزراعة باستخدام مياه البحر ممكنة جداً في الأراضي الرملية والبيئات الصحراوية، وتعرف الزراعة بمياه البحر، أنها تنمية المحاصيل المتحملة للملوحة في أراضٍ تروى بمياه البحر.. وهذه الفكرة تعتبر حلاً مثاليًا؛ حيث إن 97% من مياه الكرة الأرضية مياه مالحة (بحار ومحيطات)، وكذلك فإن الأراضي الصحراوية واسعة الانتشار، وتشكل 43% من مساحة اليابسة.

وقد قدر جلين وآخرون 1978، أن 15% من الأراضي المستغلة في صحارى العالم الساحلية والداخلية المالحة، يمكن ريها من البحار، وهذه تشكل مساحة 130 مليون هكتار من الأراضي الجديدة، والتي يمكن استخدامها في إنتاج الغذاء، دون المساس بأراضي الغابات، أو استنزاف الموارد المائية العذبة الشحيحة. ولكي تكون الزراعة بمياه البحر مجدية - من حيث التكلفة الاقتصادية - يتعين أن نراعى شرطين:

1- إنتاج محاصيل مفيدة، ذات مردود اقتصادي، يزيد عن تكاليف إنشاء المشروع والبنية الأساسية.

2- عدم الإضرار بالبيئة، وأن تكون التنمية الزراعية متواصلة ومستدامة للموارد المائية.

وقد حاول الباحثون استنباط أصناف لبعض المحاصيل التقليدية - مثل القمح والشعير - مقاومة للملوحة، باستخدام أساليب الاستنباط الانتقائي محليًا، وباستخدام الهندسة الوراثية، التي عن طريقها تضاف جينات تحمل صفة تحمل الملوحة، ولكن يمكن القول إنه حتى الآن لم تسفر هذه الجهود عن إنتاج سلالات مرشحة للرى بمياه البحر؛ حيث لا يزال الحد الأعلى لملوحة مياه الرى في المدى الطويل - حتى لأكثر المحاصيل تحملاً للملوحة مثل نخيل البلح - أقل من 5 ملليموز. وجليد بالذكر أن ملوحة ماء البحر تتراوح بين 35 - 40 ملليموز. وكما نعلم فإن مياه البحر غنية بكلوريد الصوديوم، وهو من أكثر المواد ضرراً على النباتات النامية.

وحديثاً أظهرت بعض البحوث إمكانية استخدام نباتات برية متحملة للملوحة، أو ما يسمى بالـ Halophytes (نباتات تنمو في الأراضي الملحية طبيعياً)؛ بقصد استعمالها كمحاصيل علف، أو إنتاج زيوت أو مواد طبية وعطرية، أو حتى غذاء للإنسان مباشرة. ونجد على سبيل المثال، أن بذور نبات Distichlis paleri (أو عشب النخيل Planer's grass)، كان يقاتها ويتغذى عليها الشعوب البدائية، مثل شعب الكوكوبا، الذي عاش حول مصب نهر كولوردو بالولايات المتحدة الأمريكية.

وقد قام فريق بحثي - على مدى عشرات السنين - بجمع بضع مئات من أنواع النباتات الملحية عبر العالم، ثم تصفيتها حسب درجة تحملها للملوحة، وكذلك محتواها الغذائي، وظهر أن هناك ما بين 2000 - 3000 نوع من النباتات الملحية على شكل أعشاب أو شجيرات أو أشجار، مثل نباتات القرم Mangrove، والذي ينمو على شواطئ البحار.

أشار "جلين" وآخرون 1998، إلى أنه يوجد أكثر من اثني عشر نباتاً ملحيًا، أظهرت إمكانات واعدة للإنتاج الاقتصادي الزراعي في تجارب حقلية، وأوضحوا أن أكثر النباتات الملحية تحملاً للملوحة وأكثرها إنتاجاً للمادة الجافة الحيوية للمتر المربع، كانت من الأنواع الشجرية المسماة السالكورنيا Salicornia (أو ما يسمى الأشنان Glasswort)، ونبات الأتربكس Atriplex (الشجيرة الملحية Salt bush)، من العائلة السرخسية Chenopodiaceae، التي تشتمل على نحو 20% من أنواع النباتات الملحية كافة.

ضرورة استخدام مياه البحر في الري:

يوجد حوالي 295 مليون هكتار من أراضي الصحراء الساحلية في العالم، وتقدر مساحة 17% منها (حوالي 50 مليون هكتار) أراضي منبسطة، تصلح للزراعة المروية (من حيث نوع التربة، ودرجة الانحدار، وأنها أراضي هامشية، ليس عليها تنافس لاستخدامات أخرى)، باستخدام مياه البحر كمصدر للري.. هذه المساحة من الأرض سوف تزيد المساحات المروية في الأقاليم الصحراوية بحوالي 80%.. الأقاليم ذات الأفضلية لمثل هذا الاستخدام دلتا الأنهار المختلفة؛ حيث تشكل الرواسب الساحلية أراضي صحراوية رسوبية، مثل نهر النيل والفرات وكولورادو؛ حيث نجد أن الدلتا الساحلية الرسوبية غالباً ما تعاني من مشاكل التملح الثانوي؛ نتيجة العديد من العوامل، وتعاني من التصحر.

ويمكن إدخال مثل هذه المساحات في الإنتاج الزراعي ذي القيمة الاقتصادية، عن طريق زراعة النباتات المحبة للملوحة (الهالوفيت)، وريها باستخدام مياه البحر. كذلك الصحراء

الساحلية الرملية على امتداد ساحل البحر الأحمر والخليج العربي، وكذلك المحيط الهندي، وخليج كاليفورنيا - تصلح لمثل هذا النوع من الاستخدام؛ مما يضيف مساحات إضافية تصلح للرى بمياه البحر.. ومن هذه الأراضي التي تصلح لمثل هذا الاستخدام أيضًا أراضي السبخة، الموجودة في العديد من السهول الساحلية للبحار والبحيرات، كما في شمال الدلتا - سيناء - شبه الجزيرة العربية، وكذلك في السهول الجنوبية الساحلية في أستراليا، وبعض مناطق قريبة من التجمعات السكانية، أو مدن كبيرة، مثل القاهرة - بغداد - بومباي - كراتشي ... إلخ؛ مما يشكل فرصة عظيمة للاستثمار لإنتاج أعلاف حيوانية من الهالوفيت؛ مما يخفف الضغط على استخدام المياه العذبة والأراضي الزراعية المتاحة، كما يقلل من الرعى الجائر على المراعى المتاحة القليلة نسبيًا.

وكان هناك أمل أن توفر تقنية تحلية مياه البحر، باستخدام الطاقة النووية؛ حيث يمكن أن توفر مصدرًا رخيصًا للطاقة اللازمة لتحلية مياه البحر؛ حيث يمكن استخدامها في النشاط الزراعي واستصلاح الأراضي.. ولكن إلى حد ما زالت هذه التقنيات مكلفة، وتحتاج إلى استثمارات عالية؛ ولهذا فإن استخدام مياه البحر في الزراعة مباشرة، يشكل أملًا متفائلًا وعظيمًا للتنمية الزراعية بطول الصحارى الساحلية، بزراعة محاصيل محبة للملوحة (الهالوفيت)، وذات العائد الاقتصادي.

وسنحاول - في هذا المقال - أن نستعرض إمكانيات هذه التقنية الحديثة، وكيفية تقييم الجدوى الاقتصادية للطرق المختلفة لاستخدام مياه البحر في إنتاج العلف الحيواني. وقد حاول بعض الباحثين زراعة المحاصيل التقليدية على ماء البحر، مثل الشعير، والذي يمكن - على أقل تقدير - إكمال دورة حياته على ماء البحر في المناخ المعتدل.

وقد تم افتراض أنه يمكن عمل برامج تربية لمثل هذه المحاصيل؛ لتحسين قدرتها على تحمل الملوحة، وإيجاد طفرات مقاومة أو محبة للملوحة. ولكنه - حتى الآن - لم يتم التوصل إلى أى نوع من المحاصيل التقليدية، الذى يمكن أن ينتج كمية محصول اقتصادى مقبول، تحت ظروف الرى بماء البحر، فى مناخ الصحراء الساحلية.

وحديثًا، تم اقتراح مدخل جديد، وهو محاولة توطين أو تأهيل وزراعة النباتات المحبة للملوحة، والتي تنمو طبيعيًا فى مثل هذه الظروف للإنتاج الزراعى، وبالتالي يمكن الاستفادة بقدرتها الطبيعية على مقاومة الملوحة. وقد بدأت بعض البلاد - كما فى شمال إفريقيا - استخدام هذا الأسلوب لإنتاج بذور ومحاصيل الهالوفيت، باستخدام مياه البحر، ومنذ حوالى

15 سنة، بدأت جامعة أريزونا تجارب حقلية لزراعة الهالوفيت في العديد من مناطق العالم الصحراوية، مثل المكسيك - خليج كاليفورنيا - الإمارات العربية وخليج عمان - الغردقة في مصر، وفي أربعة أماكن على الخليج العربي (أبو ظبي - جليل - كويت - رأس الزور).

ومع زيادة الخبرة والمعلومات، تم زيادة القطع التجريبية 0.5 - 1 هكتار، إلى 20 - 40 هكتاراً كمزارع تجريبية، واستخدام طرق رى مختلفة، ابتداء من الرى السطحي المعتاد، إلى الرى المحورى، والذي يروى حوالى 250 هكتاراً.

وقد تم اختيار نبات هالوفيت لإنتاج بذور، يستخرج منها الزيت، والمعروف باسم سالكورنيا *Salicornia bigelovii* torr، ثم تم اختبار أصناف أخرى، مثل أصناف Atriplex، وشجيرات معمرة، وأعشاب ملحية، وأنواع أخرى من النباتات العصيرية (لحمية النسيج)، أوضحت تجارب الصوب أن ملوحة مياه البحر أكبر من حد الملوحة الكافية لنمو أكثر نباتات الهالوفيت مقاومة للملوحة، وأنه قد انخفض معدل نمو هذه النباتات بمعدل 50%؛ نتيجة الرى بمياه البحر.

ولكن في التجارب الحقلية، أوضحت النتائج أن المحصول الحيوى السنوى ومحصول البذور، قد يساوى - أو يزيد - عن محصول أى محاصيل تقليدية تروى بماء عذب. وأنه يمكن إنتاج محصول كتلته الحيوية Biomass في حدود من 17 - 34 طنًا / هكتار، والذي يحتوى على 11 - 23 طنًا / هكتار مادة عضوية من نباتات الهالوفيت، وباستخدام مياه البحر في تجارب حقلية على مياه البحر لمدة 6 سنوات، تم زراعة نبات السالكورنيا، وتم الحصول على محصول زيتى سنوى، يقدر بـ 2 طن / هكتار من محصول البذور الزيتية (مكافئ لفول الصويا أو المحاصيل الزيتية الأخرى).

وسبب قدرة الهالوفيت على إعطاء محصول وفير، بالرغم من التأثير المثبط للملوحة لمياه البحر، يرجع إلى العديد من العوامل التعويضية التى يستفيد منها النبات، مثل الشتاء معتدل الحرارة، والانعزال التام للنباتات في مثل هذه البقع الساحلية؛ حيث لا تنافسها حشائش أو آفات أخرى، وأن أصناف الهالوفيت تتمتع بموهبة بيولوجية، وقدرة عالية على التمثيل الضوئى Photosynthesis والنمو.

اختيار موقع تجهيز التربة:

تجهيز وتسوية الأرض من العوامل المهمة في الزراعة المروية، خاصة عند استخدام مياه البحر في الري؛ فكما هو معروف في الزراعة المروية، تميل الأملاح للتراكم، وإعادة التوزيع في قطاع التربة؛ حيث يحدث تدرج في الملوحة خلال الحقل.. فمثلاً المناطق المرتفعة يزداد تراكم الملح فيها؛ ولهذا يجب تقسيم الأرض إلى قطع، قد تكون مختلفة في المنسوب، ولكن يجب الاهتمام بتسوية سطح التربة في القطعة الواحدة.

وتم استخدام العديد من أنواع التربة بنجاح في أرض سلتية طينية إلى الكثبان الرملية، والمهم أن تكون التربة جيدة الصرف الطبيعي؛ ولهذا فإنه يجب حرث الأرض ولعمق 1 متر؛ لتحسين الصرف، خاصة في الأراضي الثقيلة، وحين يحدث للتربة الرملية انضغاط تحت الطبقة السطحية، وبالتالي لا بد أن يتم إعدادها من حيث الحرث العميق، ثم الحرث السطحي، والتسوية، والزراعة، ثم الري.

وبالرغم من أن العديد من أصناف الهالوفيت تتحمل ارتفاع الماء الأرضي، إلا أن الاهتمام بالصرف يعد عاملاً مهماً لمقاومة التملح. وفي حالة الأراضي الثقيلة يجب عمل مصارف سطحية على شكل حرف V، وبعمق نصف متر، وعلى أبعاد من 10 - 20 متراً، على أن يتم صرف مائها إلى مصارف عميقة، ويمكن سحب ماء الصرف بالمضخات إلى البحر مرة أخرى.

وغالبا، فإن سطح البحر الصحراوي به خزان ضحل من المياه الملحية الجوفية، والتي تمتد إلى عدة كيلو مترات من حد البحر، وليس هناك أى تأثير سلبي على هذا الخزان الجوفي نتيجة استخدام مياه البحر في الري، كما أوضحت التجارب لمدة 10 سنوات. ولكن من الواضح أن الري بمياه البحر سوف يتسبب في إحداث أضرار بأى خزان جوفي للمياه العذبة؛ ولهذا لا بد من عمل دراسات هيدرولوجية للخرانات الجوفية للمنطقة المراد استخدام تقنية الري بمياه البحر بها (عمق - نوعية - كمية)، ويجب دراسة الخواص الهيدروفيزيكية للتربة. وإذا كان الموقع بجوار سلسلة جبال موازية للساحل - كما في حالة البحر الأحمر - فيجب المحافظة على المياه العذبة التي تتجمع تحت وادي الجبل، أو على حافل الساحل الرمل.

احتياجات الري بمياه البحر:

من أهم القيود على استخدام مياه البحر لإنتاج الهالوفيت، هو كيفية إدارة المياه Water management؛ فمن الضروري منع زيادة تراكم الأملاح في منطقة الجذور (الريزوسفير)، وهذا

الشرط بخلاف الري بالمياه العذبة؛ حيث يكون الري بناءً على مستوى الرطوبة الأرضية، وليس على أساس ملوحة التربة في الريزوسفير. فعادة في ظروف الري التقليدية، يتم الري عندما تقل رطوبة التربة إلى 50٪، ولكن في حالة الري بمياه البحر، وعند نقص الرطوبة الأرضية إلى 50٪، يكون مستوى الملوحة في منطقة الجذر ضعيف ملوحة ماء البحر؛ مما يكون له تأثير قاسٍ على النبات، وينخفض المحصول بدرجة كبيرة لمعظم نباتات الهالوفيت؛ ولهذا فقد اتضح أنه يجب ألا يزيد نقص الرطوبة عن 25٪؛ لتقليل فرصة زيادة تركيز الأملاح بين الريات في قطاع التربة .. كذلك فمن الضروري إضافة احتياجات غسيلية حوالى 25٪ أو أكثر في كل رية؛ وذلك لغسل الأملاح، وطردها أسفل منطقة الجذور.

ولهذا، فإن قصر فترات الري والغسيل الوافر للأملاح، هو المفتاح الرئيس لتحقيق النجاح، والحصول على محصول عالٍ من الهالوفيت، باستخدام مياه البحر. كما يجب جدولة الري من 1 - 10 أيام، حسب نوع التربة وظروف الموسم والمناخ، فمثلاً في حالتى الكثبان الرملية أو الساحل الرملى، يجب أن يتم الري بصفة منتظمة يوميًا في موسم الصيف، بينما في الأراضي السلتية والرملية اللومية - التى يمكن أن تحتفظ بماء كافٍ - يمكن الري كل 10 أيام في موسم الشتاء.

التخطيط لإنشاء مزرعة تروى بماء البحر:

أهم عامل مطلوب لإقامة مزرعة تروى بماء البحر، هو أن يكون هناك مصدر متاح وقريب، وبتكلفة منخفضة لماء البحر، وتعتبر تكلفة الإمداد بماء البحر، هو الاستثمار الأكبر في مثل هذا النوع من المشاريع، وهو يتجاوز باقى العوامل، مثل طريقة الري، وكمية المياه المطلوبة، والممارسات الزراعية المطلوبة.

وعادة، في حالة الإمداد المباشر من ماء البحر، يكون على هيئة رصيف بحرى، يمتد في البحر؛ حيث تمتد مواسير لجلب المياه بواسطة مضخات، ويجب إنشاء قنوات رى في حقول المشروع، وكل هذه الإنشاءات تؤثر على الساحل من حيث المظهر، والاستخدامات الأخرى للساحل. كما تشكل حركة الماء والكائنات البحرية المختلفة وخواص وتأثير مياه البحر على صدأ المعادن المستخدمة في هذه المنشآت البيئية البحرية، وحركة الأمواج والرياح والأعاصير - مشاكل صعبة عديدة، يجب دراستها، وأخذها في الحسبان عند وضع التصميمات .. ومما يجدر ذكره أن الحلول عادة ما تكون مكلفة.

أما المدخل البديل عن ذلك، فهو الإمداد غير المباشر، عن طريق آبار لتجميع مياه البحر؛ مما يجنبنا العديد من المشاكل السابق ذكرها. ولهذا، ففي حالة توافر خزان جوفى، فإن آبار مياه البحر

تمثل الحل الأمثل، ولكن قد تكون القدرة الإمدادية لهذا البئر محدودة (ظهرت هذه المحدودية في العديد من هذه الآبار رغم وجودها على شاطئ البحر في العديد من الدراسات)، ويستلزم عمل بعض الدراسات الجيولوجية الهيدروولوجية؛ لتحديد أفضل الأماكن لهذه الآبار. وبعد أن يتم إيجاد مصدر للإمداد بمياه البحر، فإن المهمة التالية تكون هي توصيل المياه إلى منطقة الجذور، والتي يمكن أن تأخذ العديد من الأشكال، طبقاً لطريقة الري المتبعة. ففي حالة المساحات الصغيرة، يمكن استخدام أسلوب الري بالغمر البسيط؛ حيث يمكن عمل نظام يتميز بالانسياب السريع للماء في قنوات مفتوحة، أو أنابيب PVC خفيفة، أو أنابيب بلاستيك قابلة للطي. أما في حالة المساحات الأكبر، فيمكن استخدام ماكينات الري بالرش المحورى أو الجانبي؛ حيث يتم توزيع المياه بتجانس على الأرض، حتى ولو لم تكن الأرض مستوية بدقة.

طريقة الأحواض الصغيرة المغمورة:

في هذه الطريقة، يتم عمل أحواض في حدود 200م²، ويتم غمرها لعمق 2 - 5 سم (يتوقف على مدى تسوية سطح الأرض)، مع استخدام أسلوب الغمر السريع بمعدل السريان 100 لتر / دقيقة، في حالة الأحواض الرملية؛ لتفادى الفقد بالمرشح لعمق التربة. ويتم توزيع المياه على الأحواض، باستخدام شبكة أنابيب PVC مدفونة، ويتم التحكم في معدل السريان داخل الحوض، بواسطة Standpipe، أو أنابيب قائمة يمكن إزالتها.

وكما هو معروف، فإن الري بالغمر - خاصة في الأراضي الرملية - يحتاج إلى كميات كبيرة من مياه الري؛ نتيجة للفقد بالرشح، ولهذا فإن الحوض الواحد الذى يغمر يومياً إلى عمق 5 سم، يحتاج إلى 20 م³ / سنة، وهو معدل خمسة أضعاف استخدام الماء للمحاصيل التقليدية، حتى النامية على أرض رملية. ويمكن خفض كميات المياه حسب الظروف المناخية، ففي الموسم البارد من السنة، يمكن الري كل 3 أيام أو أكثر؛ حيث يكون البخر أقل، ودورة نمو النبات بطيئة.

ويمكن بالإدارة الجيدة، الري في أحواض مغمورة، عندما ينخفض الماء المستخدم إلى 10 م³ / سنة، ولكن 80% من هذه الكمية سوف تفقد بالرشح للأعماق. وتشكل تكلفة ضخ المياه بهذه الكميات العائق الأكبر في هذه الطريقة، بالإضافة إلى تكلفة إنشاء أنابيب، وتعارضها مع طرق الميكنة، سواء في الزراعة أو الخدمة أو الحصاد، وبالتالي تحتاج إلى عمالة مكثفة.

طريقة أحواض السبخة المغمورة:

تم تجربة العديد من تصميمات الأحواض المغمورة بنجاح على أرض السبخة الملحية في (أبو ظبي)، وتم تعديل التصميم؛ بحيث تستفيد من حركة المد والجذر بدلاً من استخدام المضخات في غمر الأحواض بالحقل، وتم تجربته بمنطقة الجبيل بالسعودية. وأراضى السبخة عادة أراضي سلتية، وذات معدل رشح منخفض (نفاذية أقل)، لدرجة أنه يمكن غمر مساحة 1 هكتار أو أكثر من مأخذ رى واحد؛ حيث إن حقل السبخة لا يكون مقسماً إلى أحواض منفصلة، ولكن المساحة كلها أرض سبخة، يمكن غمره إلى عمق 2 - 5 سم مرة واحدة.

وفي هذه الطريقة، يتم إحاطة الحقل بحاجز ضيق من التربة، ويوزع داخل الحاجز وعلى عمق 1م أنبوبة رى، يمر منها مياه البحر أثناء المد؛ لتغمر قنوات الرى بعمق نصف متر؛ لتوزع مياه هذه القنوات على أبعاد 10 أمتار؛ حيث تحمل المياه إلى مهد النباتات. كما يتم عمل بوابة للتحكم في مستوى الماء في الحقل، ولغمر الحقل تقفل البوابة، ويسمح لمياه البحر - سواء نتيجة لحركة المد أو باستخدام مضخة - بالمرور في أنبوب الرى الرئيسة، ومنها إلى قنوات الرى وخطوط النباتات، ولصرف المياه من الحقل، تفتح البوابة، ونظراً لعدم انتظام المد والجذر، فإن الأمر يحتاج إلى مضخة غالباً.

وتم تجربة هذه الطريقة بنجاح في زراعة المانجروف Mangrove، والسالكورنيا في (أبو ظبي)؛ حيث نمت على أرض سبخة، وباستخدام مياه البحر 50 جم ملح / لتر في الرى. وتم تخفيض ملوحة التربة قبل الزراعة من 80 - 120 جم / لتر في طبقة 10سم، بالغسيل بمياه البحر خلال أسبوع واحد، باستخدام 3 دورات غمر وصراف متتالية؛ حيث انخفضت الملوحة إلى 50 جم / لتر.. وكان يتم الرى كل 2 - 3 أيام صيفاً، وكل 4 - 5 أيام شتاء.

ويجدر الذكر أن معظم الماء المستخدم يفقد في الصرف السطحي؛ ولذلك فإن كفاءة استخدام الماء منخفضة؛ ولهذا التصميم يصلح فقط في حالة الأرض السبخة، التي يمكن فيها الاعتماد على مياه المد والجذر في الرى، دون الحاجة إلى استخدام مضخات.

أحواض الغمر الكبيرة:

هى أكثر الطرق المستخدمة في الرى السطحي، وتم إقامة هذه التجربة على أرض رملية لومية في خليج Kimo بالمكسيك؛ حيث تم زراعة السالكورنيا كمحصول بذور زيتى على مساحة 20 هكتاراً كمزرعة تجارية منذ عام 1986.

وتم استخدام بئر ماء البحر في الري من 5 - 10 أيام بعد الإنبات، وكمية الماء المستخدمة كانت 3 - 4 أمتار / 200 يوم للمحصول. وهذا المعدل يقع في حدود معدلات المحاصيل التقليدية، ولكن تعتبر كفاءة الري قليلة نسبياً؛ لأن حوالى نصف الماء المضاف يفقد بالصرف تحت منطقة الجذر.

الري بالرش المحورى:

الري بالأذرع المتحركة تم تعديله لاستخدام ماء البحر، وتم اختباره في مزرعة بالجليل بالسعودية، وتم تجربته على مدى أوسع، حوالى 300 هكتار في مزرعة مخصصة للري بمياه البحر في رأس الزور بالسعودية.

وقد تم زراعة السالكورنيا، حيث يمكن استخدام الري بالرش بماء البحر في أول 100 يوم (حتى مرحلة تكوين الأزهار)، ثم تستخدم أنابيب تنقيط، توضع على رأس كل نقاط؛ لتوصيل المياه إلى مستوى الأرض بجوار النباتات النامية، وكمية الماء المستخدم في الري والغسيل كانت حوالى 2 - 3م طول فترة نمو المحصول 250 يوماً (حوالى 1.25-1.5 مدة قدر معدل البخر). والآلات والأنابيب المستخدمة في هذا النظام، يجب أن تكون مقاومة لتأثير ماء البحر، وفي حالة إذا ما احتاج محصول الهالوفيت للري يومياً، يجب ألا يزيد حجم المزرعة عن 50 هكتاراً.

الري بالتنقيط:

يتم استخدام طريقة الري بالتنقيط، باستخدام مياه البحر؛ لري شجيرات القطف Atriplex shrubs، وتم الحصول على محصول حيوى عالٍ، ولم تظهر مشاكل تجمع الأملاح وانسداد النقاطات؛ حيث يتم الري باستمرار يومياً، وكذلك يقل تراكم الملح أكثر عند دفن النقاطات في التربة، بدلاً من وضعها على سطح التربة.

ومن الخبرات المتراكمة، تبين أن الري بمياه البحر يتوقف نجاحه على كفاءة نظام الري المستخدم، وكنتيجة لانخفاض كفاءة الري، تستخدم كميات كبيرة من مياه البحر، على ألا يسمح باستنزاف المياه حتى تصل إلى نقطة الذبول بين الريات؛ لأنه في هذه الحالة، سوف يكون تركيز الملح عالياً جداً في منطقة الجذور؛ مما يؤثر على المحصول، بل يجب أن تحفظ رطوبة التربة قريبة من السعة الحقلية عند أى وقت، وهذا يعنى أن كفاءة كل رية يجب أن تكون مرتفعة قدر الإمكان.

استخدام النباتات المحبة للملوحة كعلف للحيوان:

نباتات الهالوفيت معروفة بأنها مصدر تقليدي لتغذية الحيوان، بالرغم من بعض المشاكل التي تصاحبها، مثل احتوائها على تركيزات عالية من الأملاح، ومحتواها القليل من الطاقة، وانخفاض مدى الاستساغة من قبل الحيوان، مقارنة بالأعلاف التقليدية. وحتى تكون زراعة الهالوفيت مجدية اقتصادياً، يجب أن يكون أداؤها كأعلاف أكبر، أو على الأقل مساوياً للأعلاف التقليدية، وقد أثبتت العديد من الدراسات أنه في ظل عدم توفر الأعلاف الكافية للحيوان، خاصة في ظروف المناطق الصحراوية، فإن أصنافاً معينة تم زراعتها بنجاح، ويمكن استخدامها كبديل للأعلاف.

ويجب أن نراعى أنه في حالة استخدام الهالوفيت كأعلاف، فقد تحتاج الحيوانات زيادة استهلاك مياه الشرب، وقد يصاحب ارتفاع نسبة استهلاك العلف لكل وحدة زيادة في وزن الحيوان؛ وذلك نتيجة لزيادة المحتوى المعدني في الهالوفيت، وعندما نستخدم الهالوفيت بكفاءة مع خليط مكونات العليقة، فإن الزيادة في الوزن وخصائص الذبيحة المغذاة على مكونات عليقة تتضمن الهالوفيت، يكون مساوياً لتلك المغذاة على الأعلاف التقليدية. ومن أكثر نباتات الهالوفيت التي درست واستخدمت كعليقة، هو صنف السالكورينا والقطف، كما يتضح من الجدول المرفق. وأظهرت النتائج بجامعة أريزونا على الأغنام، أنه يمكن استخدام السالكورنيا (بذور - ساق)، وكذلك القطف، كبديل للعلائق المصنعة من حشائش البرمودا، أو علف بذرة القطن. ويتم زراعة السالكورنيا (نبات عصاري) لإنتاج بذور الزيت والقش، ويمكن استخلاص الزيت بعصر البذور، ويتبقى مواد عضوية خالية من الأملاح، ويمكن استخدامها في علائق الحيوان، كما يمكن استخدام الزيت كمصدر عال للطاقة في تغذية الحيوان، خاصة الدواجن. ومن الجدير بالذكر، أن المواد المتبقية بعد استخراج الزيت تحتوى على 33 - 43% بروتين خام (حيث تتوقف هذه النسبة على مقدار الزيت بعد العصر).

وقد تحتوى الحبة على كمية من مادة الصابونين، التي تتعارض مع تغذية الدواجن، ولكنها مصدر مقبول للبروتين، وتصلح تغذية للحيوانات المجترة. ويحتوى قش السالكورنيا على 30 - 40% رماد معدني، وكمية قليلة من البروتين 4 - 6%. ومكونات الألياف يمكن هضمها بسهولة، ولوحظ أن معدل نمو الحيوانات المغذاة عليها يكون مساوياً للمجموعة نفسها التي تم تغذيتها على عليقة حشائش الروادس والبرمودا الساحلية، وقش القمح، أو خليط بين قش القمح مع البرسيم، طالما أن عليقة الحيوان متزنة في محتواها من البروتين والطاقة.

ويمكن إزالة الملح من القش، بنقعه في ماء البحر لمدة ساعة؛ لإذابة الأملاح من عصارة الخلايا، ثم يتم صرف الماء وضغط القش؛ لإنقاص الرطوبة إلى 50٪ أو أقل، ويكون الناتج عادةً محتويًا على 10٪ كلوريد الصوديوم.

ويوضح أداء الأغنام المغذاة على مكونات أعلاف الهالوفيت (جامعة أريزونا). ومعاملات المقارنة المكونة من:

1- 30 ٪ حشائش البرمودا الساحلية + 10٪ كسب بذرة القطن.

2- 30٪ عليقة القطف و 10٪ بذور السالكورنيا، وكانت جميع العلائق تحتوى على 10٪ مولاس + 50٪ بذور السورجم (عدد حيوانات التجربة 6 غنم / معاملة)، بالمقارنة بقش السالكورنيا، يحتوى قش القطف على 20 - 30٪ أقل من محتوى الرماد، وعلى 10 - 25٪ أكثر من البروتين، وتختلف القيمة الغذائية طبقًا لصنف الهالوفيت ووقت الحصاد، والجزء من النبات الذى تم حصاده، وقد خلصت إلى بعض التوصيات اللازمة للحصول على الاستفادة القصوى من أعلاف الهالوفيت، والتي تنمى على مياه البحر، بأنه يجب تجفيفها، ثم قطعها إلى أحجام صغيرة، وخلطها في مكونات عليقة، مع الأخذ في الاعتبار أن محتوى العليقة يحتوى على مصدر كافٍ من الطاقة والبروتين، وألا يزيد محتوى الملح عن 10٪ في العليقة الكلية.

ونخلص من هذه النتائج إلى أنه يمكن استخدام تقنية رى واستزراع أصناف الهالوفيت، باستخدام مياه البحر؛ لتنمية المناطق الصحراوية الساحلية، وإنتاج أعلاف حيوانية، وتغذية الحيوان عليها، والحصول على منفعة اقتصادية واجتماعية في هذه المناطق.

رى المحاصيل بمياه البحر:

تعتبر مشكلة المياه من أهم المشاكل والتحديات التي يمكن أن تواجه البشرية في المستقبل القريب، ومن الواضح أن هذه الأزمة آخذة في الاستفحال، ولعل ذلك ما تدعّمه النشرات الدولية والعالمية، وهناك مؤشرات على أن ثلثى سكان العالم سيعانون من نقص موارد المياه بحلول عام 2025م.

وتستهلك الزراعة فقط نحو 70٪ من موارد المياه العذبة في العالم، وذلك رغم التقنيات العديدة المطبقة هنا وهناك. ونتيجة لكل المعطيات السابقة، بدأ الإنسان البحث عن مصدر بديل لا ينضب من المياه لرى النبات، واتجه صوب مياه البحر؛ لعله يجد ضالته المنشودة.

لا شك أن معظم الكائنات الحية التي تعيش على كوكبنا، تعتمد في غذائها على النباتات المسقية بمياه الأمطار، أو المياه العذبة من الأنهار، أو المصادر الأرضية الأخرى، ولا تستطيع أى من النباتات الخمسة الرئيسة التي يقتات عليها الإنسان (القمح والذرة والأرز والبطاطا وفول الصويا)، أن تتحمل الملوحة؛ فبتعريضها لمياه البحر، تنكمش وتذبل، ثم تموت خلال أيام.

وتواجه البشرية مشكلة أساسية، تتمثل في توفير الكفاية من الأراضي والمياه؛ لتلبية متطلبات العالم من الغذاء، فمن أجل الأعداد المتنامية لسكان المناطق الاستوائية وشبه الاستوائية خلال العقود القادمة، تقدر منظمة الفاو FAO الحاجة إلى نحو 2 مليون كم² كأراضٍ جديدة للزراعة، وحتى الآن لا يتوافر لتلك الشعوب للامتداد الزراعي إلا نحو 0.93 مليون كم²، الجزء الأكبر منها تغطيه الغابات التي يجب حمايتها؛ مما يعنى حاجتنا إلى مصادر بديلة من المياه والأراضي للزراعة.

ومن هنا، تم الاتجاه لجدوى الزراعة بمياه البحر، وقد تبين أنها تصلح جيداً في الترب الرملية من البيئات الصحراوية، وتعرف هذه الزراعة «بأنها تنمية المحاصيل المتحملة للملوحة في أراض تستغل فيها المياه التي تضح من المحيطات»، ولا شك أن مياه البحر لا تتناقص؛ إذ إن 97% من مياه كوكبنا هي في المحيطات، كما أن الصحارى واسعة الانتشار؛ إذ إن 43% من المساحة الكلية لليابسة هي أراض جرداء أو شبه جرداء، ولكن جزءاً يسيراً منها قريب من البحر؛ بما يهيئ لجعل الزراعة بمياهه مجدية، ويفترض بأن نحو 15% من الأراضي غير المستغلة في الصحارى، يمكنها أن تناسب زراعة المحاصيل بالمياه المالحة، أى نحو 3,1 مليون كم² من الأراضي الجديدة، التي يمكن استغلالها في إنتاج الغذاء الأساسى، من دون اجتثاث الغابات، أو التعدى على المياه العذبة الشحيحة.



(الصورة توضح أنواعًا من الأشنان glasswort، والساليكورنيا بايجيلوفي Salicornia bigelovii، التي تنمو - عادة - في المستنقعات الشاطئية. وبسبب قابليتها للازدهار في مياه البحر تُعدّ نباتات الأشنان من أكثر المحاصيل المبتشرة حتى الآن للنمو باستعمال الرى بمياه البحر، على طول الشواطئ الصحراوية؛ حيث إنها يمكن أن تُؤكل من قبل الماشية، كما يُستخرج من بذورها زيت له مذاق البندق.

تُعدّ الزراعة بمياه البحر فكرة قديمة، وقد حظيت بالاهتمام الجدى لأول مرة بعد الحرب العالمية الثانية. ففي عام 1949 ذهب كل من (H. بويكو) المتخصص في البيئة و(E. بويكو) المتخصص في البستنة، إلى مدينة إيلات على البحر الأحمر؛ لاستحداث بيئة ريفية خضراء، يمكن أن تجذب المستوطنين. ونظرًا لشح المياه العذبة، لجأ هذان الزوجان إلى استعمال مياه الآبار المالحة، أو تلك التي يجرى ضخها مباشرة من البحر، وأوضحا أن العديد من النباتات تستطيع النمو في الترب الرملية، إلى ما يتجاوز حدودها الطبيعية لتحمل الملوحة.

[انظر: "Salt-water Agriculture," by Hugo Boyko; Scentific American, March 1967].

[1967].

وعلى الرغم من أن العديد من أفكار الزوجين "بويكو"، حول كيفية تحمّل النباتات للملوحة، لم يتح لها الوقت الكافي للتجريب، فإنها أثارت اهتمامًا واسع الانتشار - بمن فيهم اهتمامنا نحن - بهدف تخطي عوائق الملوحة التي تواجه الزراعة التي تروى بالطرق التقليدية.

ولكي تكون الزراعة بمياه البحر مجدية من حيث الكلفة، يتعين أن تحقق شرطين:

1- أن تنتج محاصيل مفيدة بمرود عالٍ؛ بما يكفي لتبرير تكاليف ضخ مياه الري من البحر.

2- ضرورة تطوير الباحثين تقنيات زراعية لتنمية محاصيل مروية بمياه البحر بطريقة مستدامة، ومن دون الإضرار بالبيئة. وقد ثبت أن تذليل هاتين العقبتين مهمة جسيمة، ولكننا حققنا في ذلك بعض النجاح.

محاذير استخدام مياه البحار في الري:

لا يجوز استخدام مياه البحار في الري في الحالات التالية:

1- في الأراضي التي تحوى خزانات مياه جوفية عذبة؛ وذلك خشية تسرب الأملاح إلى المياه العذبة.

2- في الأراضي التي لا تعاني من التملح، أو الأراضي التي تتميز بمعدل ملوحة يقل عن ملوحة مياه البحر.

3- في الأراضي التي يمكن أن تسرب الأملاح إلى أراضٍ أخرى تحوى خزانات مياه جوفية.

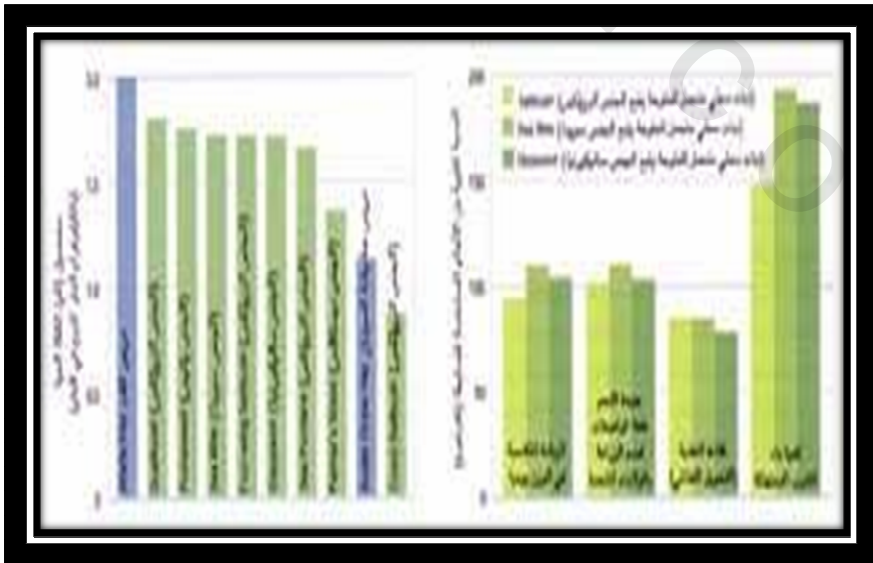
المحاصيل الملحية:

لقد اتخذ تطوير الزراعة بمياه البحر مَنَحَيَيْن؛ إذ حاول بعض الباحثين إدخال صفة تحمّل الملوحة إلى بعض المحاصيل التقليدية كالقمح والشعير. وعلى سبيل المثال، أوضح فريق أبحاث (E. إيبشتاين) في جامعة كاليفورنيا بديفز - منذ وقت بعيد يعود إلى عام 1979 - أن سلالات الشعير التي تكاثرت عدة أجيال بوجود مستويات منخفضة من الملح، استطاعت إنتاج مقادير صغيرة من الحبوب عند ربيها بمياه البحر ذات الملوحة الزائدة نسبيًا. ولسوء الطالع، فإن الجهود اللاحقة التي بُذِلَت لزيادة درجة تحمّل الملوحة لدى بعض المحاصيل التقليدية - من خلال الاستنبات الانتقائي selective والهندسة الجينية (الوراثية) genetic engineering، التي عن

طريقها تضاف جينات تحمل الملوحة إلى النبات مباشرة - لم تنتج سلالات مرشحة بجدارة للرى بمياه البحر.

لقد تمثل منهجنا في استخدام نباتات برية متحملة للملوحة، تدعى النباتات الملحية (halophytes): النباتات التي تنمو في الترب الملحية؛ بقصد استعمالها محاصيل غذائية أو علفية (forage crops): المحاصيل النباتية المروية المستعملة كأعلاف للماشية، والتي يتم جمعها وهي خضراء)، أو زيتية. وقد بدا لنا منطقيًا أن تغيير الأساس الفيزيولوجي لأي محصول تقليدي - من حساس للملوحة إلى متحمل لها - سيكون أمرًا صعبًا؛ وعليه فإنه من الأجدي استعمال نبات برى متحمل للملوحة.

وفي عام 1978، بدأنا تجاربنا على أكثر النباتات تبشيرًا بالنجاح في الصحراء الساحلية لپورتو بيناسكو، عند الساحل الغربي للمكسيك .. فكنا نروى النباتات يوميًا بغمر الحقل بمياه البحر العالية الملوحة (40 ppt)، والمأخوذة من خليج كاليفورنيا. ولما كان معدل هطول الأمطار لا يتجاوز 90 ملمترًا في السنة في پورتو بيناسكو - وبسبب قيامنا بغمر أحواض زراعاتنا التجريبية من الأرض بعمق إجمالي سنوي يقدر بنحو 20 مترًا أو أكثر من مياه البحر - فقد كنا واثقين من أن نمو النباتات اعتمد بصفة شبة كاملة على مياه البحر (قمنا بحساب معدل هطول المطر والرى، تبعًا للعمق بالأمطار للمياه التي تسقط على الحقول، بدلًا من الأمطار المكعبة التي هي مقياس للحجم).



تتطلب الزراعة بمياه البحر تقنيات زراعية، تختلف عن الزراعة بالمياه العذبة. فمن أجل تنمية الشجيرة الملحية (saltbush) الأتريپلكس (Atriplex)، باعتبارها نباتاً متحملاً للملوحة، يمكن استعماله لتغذية الماشية، يجب أن يغمر المزارعون المستخدمون مياه البحر حقولهم مراراً. يضاف إلى ذلك أن روافع الري (في الوسط) يجب أن تكون مبطنة بالأنايب البلاستيكية؛ لحمايتها من الصدأ عندما تلامس المياه المالحة. ولكن بعض التقنيات يمكن أن تبقى كما هي، فمثلاً تُستخدم التجهيزات المعيارية نفسها لجنى بذور الساليكورنيا في اليمين.

وعلى الرغم من التفاوت في كميات المحصول بين الأنواع النباتية، فإن أكثر النباتات الملحية إنتاجاً، أعطت ما بين 1 و2 كجم من الكتلة الجافة الحية (الحوية) (dry biomass): الوزن الكلي الجاف للكائنات الحية في وحدة المساحة) للمتر المربع - وهذا ما يعادل تقريباً نتاج القث (الفصة / البرسيم الحجازي) alfalfa، المروية بالمياه العذبة. ولقد كان من بين أكثر النباتات الملحية تحملاً للملوحة وعطاء في الإنتاج، الأنواع الشجيرية المسماة الساليكورنيا (الأشنان) Salicornia (الشجيرة glasswort) والسويدا Suaeda (البقلة البحرية sea blite) والأتريپلكس Atriplex (الشجيرة الملحية salt bush) من العائلة السرمقية Chenopodiaceae، التي تشتمل على نحو 20 ٪ من أنواع النباتات الملحية كافة. هذا وقد أعطت إنتاجية عالية تلك الأعشاب المتحملة للملوحة، مثل الديستيكلس Distichlis والأعشاب الكرمية المفترشة للأرض ذات الأوراق العصرية، مثل الباتيس Batis. (وهذان النباتان لا يعتبران من العائلة السرمقية Chenopodiaceae، وإن كانا ينتميان إلى عائلتي القبا Poaceae والباتيدياسى Batidaceae على التوالي).

ولتحقيق المتطلب الأول لجدوى كلفة الزراعة بمياه البحر، كان يجب أن نبين إمكان إحلال النباتات الملحية محل المحاصيل التقليدية من أجل استعمال معين، وعليه فقد قمنا باختبار مدى صلاحية النباتات الملحية لتغذية الماشية؛ انطلاقاً من أن توفير الكفاية من العلف لقطعان الماشية والأغنام والماعز، يُعدّ واحدًا من أكثر المشكلات الزراعية تحدياً في الأراضي الجافة من العالم؛ فحسب برنامج الأمم المتحدة للبيئة، فإن 46 ٪ من هذه الأراضي تدهورت بسبب الرعي الجائر. ويتصف العديد من النباتات الملحية باحتوائها على مستويات عالية من البروتين والكربوهيدرات القابلة للهضم. ولسوء الطالع، فإن هذه النباتات تحتوي كذلك على كميات كبيرة من الملح؛ إذ يشكل تراكم الملح فيها أحد أساليبها للتلاؤم مع البيئة المالحة. ونظراً لانعدام السعرات الحرارية (الكالوريات) في الملح، مع احتلاله حيزاً ضمن الخلية - فإن كميته العالية في النباتات الملحية تقلل من قيمتها الغذائية .. كما أن الملوحة العالية لهذه النباتات تحد

من المقادير التي يستطيع الحيوان أكلها .. وتُعدّ النباتات الملحية عادة «نباتات رعوية احتياطية»، لا تلتفت إليها الحيوانات في حالات الرعى الحر، إلا عندما تختفى النباتات الأكثر استساغة منها.

لقد تمثلت خطتنا في إدخال النباتات الملحية جزءًا من عليقة (خلطة غذائية) للماشية، بحيث تحل محل دريس العلف hay forage، مكونة بذلك نسبة تتراوح بين 30 و 50 ٪ من الاستهلاك الغذائي الكلي للأغنام والماعز (وهذه النسب هي المستويات النموذجية للعلف المستعمل في تسمين حيوانات الذبح). لقد وجدنا أن الحيوانات التي اقتاتت العلائق المحتوية على الساليكورنيا والسويدا والأتريلكس قد حققت زيادة في الوزن، تماثل تلك التي حققتها الحيوانات التي اقتاتت علائق تحتوي على الدريس. وعلاوة على ذلك، فإن نوعية لحم حيوانات الاختبار لم تتأثر بتناولها عليقة غنية بالنباتات الملحية. وعلى النقيض من مخاوفنا الأولية، فإن الحيوانات لم تُبدِ صدودًا لتناول العلائق المخلوطة بالنباتات الملحية؛ بل إنها في الواقع بدت منجذبة للمذاق الملحي، ولكن الحيوانات التي تغذت بهذه العلائق الغنية بنباتات ملحية، شربت من الماء أكثر من مثيلاتها التي تغذت بالدريس؛ تعويضًا عما تناولته من ملح زائد .. كما أن نسبة التحويل الغذائي feed conversion ratio لدى حيوانات التجربة (بمعنى كمية اللحم التي أنتجتها في مقابل كل كجم من العلف)، كانت أدنى بنسبة 10 ٪ عن الحيوانات التي تغذت بالعليقة التقليدية.

الزراعة من أجل الزيت:

لقد وجدنا أن نبات الساليكورنيا بايجيلوفيا *Salicornia bigelovii* هو أكثر النباتات الملحية تبشيرًا بالنجاح؛ فهو نبات حولي عديم الأوراق وعصيري (succulent): نبات كثير العصارة وذو أنسجة لحمية غضة، يستوطن المستنقعات المالحة، محتلاً مساحات جديدة في الأراضي الموحلة، من خلال إنتاجيته العالية للبذور. وتحتوي هذه البذور على نسبة عالية من الزيت (30 ٪)، والبروتين (35 ٪)، مماثلة في ذلك - إلى حد بعيد - لفول الصويا ومحاصيل البذور الزيتية الأخرى، كما أن محتواها الملحي أقل من 3 ٪. ويتميز ذلك الزيت بتعدد الروابط غير المشبعة، مشابهًا زيت العصفور safflower في مكوناته من الحموض الدهنية (الدسمة). ويمكن لهذا الزيت أن يُستخلص من البذور، وينقى باستعمال تجهيزات تقليدية؛ وهو زيت غذائي، ذو طعم طيب، يشبه طعم البندق، وذو قوام شبيه بزيت الزيتون. ولكن به هُنة صغيرة،

تتمثل في احتواء البذور على مركبات الصابونين saponin المرّة المذاق، والتي تجعل البذور الخام غير مستساغة. وهذه المركبات لا تلوث الزيت، لكنها قد تبقى في الكُسْبَة بعد استخلاص الزيت. وهكذا، فإن مركبات الصابونين هذه تحد من كمية الكُسْبَة التي يمكن إدخالها في عليقة الدجاج .. إلا أن تجارب تغذية الحيوان أظهرت أن كسبة بذور الساليكورنيا، يمكن أن تحل محل كسبة البذور التقليدية في المستويات التي تُستعمل عادة موادّ بروتينية في عليقة الماشية .. وهكذا فإن كل جزء من أجزاء هذا النبات قابل للاستعمال والاستفادة منه.

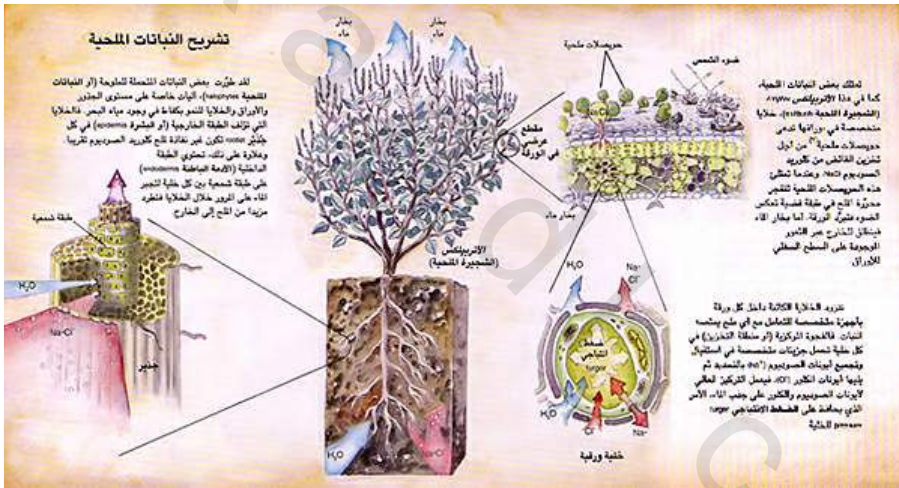
لقد شاركنا في إنشاء عدد من مزارع الساليكورنيا كنماذج تمهيدية، تصل مساحتها إلى 250 هكتاراً في المكسيك، ودولة الإمارات العربية المتحدة، والمملكة العربية السعودية، والهند. وفي غضون ستة أعوام من التجارب الحقلية في المكسيك، بلغ معدل المحصول السنوي للساليكورنيا 1.7 كجم كتلة حية إجمالية، و0.2 كجم من الزيت لكل متر مربع. وهذا الكم من المحصول يساوي - أو يفوق - مردود فول الصويا ونباتات البذور الزيتية الأخرى المنماة باستخدام المياه العذبة. إضافة إلى ذلك، أوضحنا إمكان تعديل أجهزة الري في المزارع العادية تعديلاً يحميها من التخریب الملحي الناجم عن استعمال مياه البحر. وعلى الرغم من اختلاف خطط الري باستخدام مياه البحر عن تلك التي تستعمل لمحاصيل المياه العذبة، فإننا لم نصادف أية صعوبات هندسية لا يمكن التغلب عليها، عند الانتقال من الاختبارات الحقلية إلى المزارع النموذجية الاختبارية.

وفي الحالة العادية، لا تروى المحاصيل إلا عندما تجف التربة حتى نسبة تقارب 50 ٪ من سعتها الحقلية، (field capacity: نسبة الرطوبة المتبقية في التربة بعد طرح الماء الزائد بفعل الجاذبية الأرضية)، وهي مقدار الماء الذي تستطيع التربة الاحتفاظ به. وعلاوة على ذلك، فإن المزارعين الذين يروون بالمياه العذبة يضيفون فقط كمية الماء اللازمة لتعويض ما استهلكته النباتات؛ وعلى النقيض من ذلك، فإن الري بمياه البحر يتطلب ريّاً غزيراً، قد يتكرر يومياً؛ وذلك لمنع تراكم الملح في منطقة الجذور إلى الحد الذي يثبط النمو.

في أولى تجاربنا الحقلية، استعملنا من مياه البحر ما يعادل (20 متراً في السنة)، وهو أكثر بكثير مما يمكن استعماله اقتصادياً؛ ولهذا فقد بدأنا في عام 1992 بإجراء اختبارات لتحديد المقدار الأدنى من مياه البحر اللازمة للري لإنتاج محصول جيد، فقمنا خلال سنتين من التجارب الحقلية بتنمية نباتات الساليكورنيا في صناديق من التربة مطمورة في قطع أرض حرة الري، مزروعة بالنبات نفسه. ونذكر هنا أن الصناديق - التي يطلق عليها الليزومترات

lisometers - كانت ذات مصارف قاعية، يمكن أن تمرر الفائض من الماء إلى نقاط جمع عديدة خارج قطع الأراضي التجريبية؛ الأمر الذي يسمح لنا بقياس حجم ماء الصرف وملوحته. وباستعمال هذه الليزومتات، قمنا - ولأول مرة - بحساب الميزانين المائي والملحي اللازمين لرى محصول مروى بمياه البحر. ولقد وجدنا أن كم الكتلة الحية التي يعطيها الساليكورنيا يمكن أن يزداد عندما تتجاوز ملوحة الماء الذي يغمر جذورها 100 ppt، وهو ما يعادل تقريباً ثلاثة أضعاف ملوحة البحر؛ لذا فإنها تحتاج إلى ما يقرب من 35 % زيادة من مياه الري عند تنميتها باستعمال مياه البحر، وذلك مقارنة بالمحاصيل التقليدية التي تُنمى باستعمال المياه العذبة. وتحتاج الساليكورنيا هذا الماء الإضافي؛ لأنها حينما تمتص الماء انتقائياً من مياه البحر، تجعل درجة ملوحة المتبقى من هذا الماء متجاوزة حدود إمكان استعماله.

تشرح النباتات الملحية:



تمتلك بعض النباتات الملحية - كما في الأتريلكس Atriplex (الشجيرة الملحية saltbush)) - خلايا متخصصة في أوراقها، تدعى حويصلات ملحية (salt bladders): حويصلات موجودة في بعض الأوراق النباتية، تحتوي على محلول ملحي عالي التركيز؛ من أجل تخزين الفائض من كلوريد الصوديوم NaCl. وعندما تمتلئ هذه الحويصلات الملحية تنفجر، محررة الملح في طبقة فضية، تعكس الضوء، فتبرد الورقة .. أما بخار الماء فينتقل للخارج، عبر الثغور الموجودة على السطح السفلي للأوراق.

تنزود الخلايا الكائنة داخل كل ورقة بأجهزة متخصصة؛ للتعامل مع أى ملح يمتصه النبات .. فالفجوة المركزية (أو منطقة التخزين) في كل خلية، تحمل جزيئات متخصصة في استقبال

وتجميع أيونات الصوديوم (Na^+) بالتحديد، ثم يليها أيونات الكلور (Cl^-).. فيعمل التركيز العالي لأيونات الصوديوم والكلور على جذب الماء؛ الأمر الذي يحافظ على الضغط الانتباجي turgor pressure للخلية.

لقد طوّرت بعض النباتات المتحملة للملوحة أو النباتات الملحية (halophytes)، آليات خاصة - على مستوى الجذور والأوراق والخلايا - للنمو بكفاءة في وجود مياه البحر. فالحلايا التي تؤلف الطبقة الخارجية أو البشرة (epidermis) في كل جذير rootlet، تكون غير نفاذة لملاح كلوريد الصوديوم تقريباً. وعلاوة على ذلك، تحتوى الطبقة الداخلية الأدمة الباطنة (endodermis) على طبقة شمعية بين كل خلية؛ لتجبر الماء على المرور خلال الخلايا، فتطرد مزيداً من الملح إلى الخارج.

هل يمكن أن تكون الزراعة بمياه البحر اقتصادية؟

أولاً: إن أكبر تكاليف الزراعة بمياه البحر تكمن في ضخ المياه نفسها: وتتناسب نفقات الضخ هذه مع كميات المياه التي يتم ضخها، والارتفاع اللازم صعودها إليه. ومع أن النباتات الملحية تحتاج إلى كميات من المياه تفوق حاجة المحاصيل التقليدية، فإن المزارع القريبة من مستوى البحر، تتطلب رفعاً للمياه، يقل عما تحتاج إليه مزارع المحاصيل التقليدية، التي غالباً ما ترفع الماء من آبار، يزيد عمقها على 100 متر. ونظراً لأن ضخ مياه البحر عند مستوى البحر أرخص كلفة من ضخ المياه العذبة من الآبار، فلا بد أن تكون الزراعة بمياه البحر مجدية التكاليف في المناطق الصحراوية، حتى ولو كان مردودها أقل منه في الزراعة التقليدية بالمياه العذبة.

عموماً لا يتطلب الري بمياه البحر تجهيزات خاصة؛ فالمزارع الاختبارية الكبرى، استعملت إما الري بغمر أحواض واسعة، أو الري برشاشات على روافع متحركة moving booms، وهذه الطريقة الأخيرة تُستعمل في إنتاج العديد من المحاصيل. وعند استعمال مياه البحر، يتم إدخال أنبوب بلاستيكي في الرافع؛ بحيث يمتنع تماس مياه البحر مع المعدن. هذا وقد تم جنى بذور الساليكورنيا بنجاح باستعمال حصّادات درّاسة عادية، أعدت لاستبقاء أكبر قدر ممكن من البذور الصغيرة جداً، والتي يقارب وزنها مليجراماً واحداً فقط.

ومع ذلك، فإن الساليكورنيا - التي تمثل ذروة نجاحنا حتى الآن - لا تعتبر النبات المثالي؛ فهذه النباتات تنزع نحو الرقاد (تستلقي منبسطة أفقياً في الحقل) عند اقتراب الحصاد، ويمكن للبذور أن تتبعثر (تنثر قبل حصادها).. يضاف إلى ذلك، أن البذور التي يمكن جمعها من

الساليكورنيا تبلغ نحو 75 ٪ فقط، مقارنة بما يزيد على 90 ٪ لمعظم المحاصيل. وعلاوة على ذلك، فإنه لدعم فرص الإنتاجية العالية من محصول البذور، يتعين إنماء الساليكورنيا مدة تقارب 100 يوم في درجات حرارة منخفضة قبل إزهارها. ويقتصر إنتاج هذا المحصول حاليًا على المناطق شبه الاستوائية، ذات الشتاء البارد والصيف الحار، مع أن أوسع مساحات الصحارى الساحلية في العالم تقع في المناطق الاستوائية الأشد حرارة نسبيًا.

ثانيًا: لجعل تكلفة الزراعة بمياه البحر ذات جدوى، يجب الاستدامة sustainability على المدى الطويل: ولكن تلك الاستدامة ليست مشكلة تقتصر على الري باستعمال مياه البحر؛ ففي الواقع، لا تفلح العديد من مشاريع الري التي تُستعمل فيها المياه العذبة في اجتياز اختبار الاستدامة بنجاح؛ فغالبًا ما يطبق في المناطق القاحلة الري بالمياه العذبة في أحواض من الأرض ذات صرف محدود؛ الأمر الذي يقود إلى زيادة تملح المياه في طبقات ما تحت التربة بالحقول. إن ما بين 20 و 24 ٪ من أراضي العالم المروية بالمياه العذبة، تعاني زيادة تركيز الملح في منطقة الجذور .. وعند استفحال المشكلة، يجب أن ينشئ المزارعون نُظُمًا للصرف المغطى باهظة التكاليف، وقد يؤدي التخلص من مياه الصرف المتجمعة فيها إلى خلق المزيد من المشكلات. وكمثال على ذلك، فإن فضلات المياه التي ترشحت (تصرفت) في الأراضي الرطبة بوادي سان جواكان في كاليفورنيا، قد أدت إلى موت الطيور المائية وتشوهها؛ بسبب التأثيرات السامة لعنصر السيلينيوم .. ذلك العنصر الذي يتواجد بصورة تقليدية في تُرب غرب الولايات المتحدة الأمريكية، ولكن استمرار تجمعه قد تسبب في رفع تركيزاته إلى مستويات عالية في مياه الصرف.

إن الزراعة بمياه البحر ليست بالضرورة بمعزل عن مثل هذه المشكلات، لكنها تقدم - بالتأكيد - بعض المزايا؛ ففي المقام الأول تتمتع المزارع الصحراوية الساحلية المقامة على الترب الرملية عمومًا، بصرف مرتد نحو البحر بلا عوائق .. فلقد قمنا خلال مدة تزيد على عشر سنوات - وعلى نحو مستمر - برى الحقول ذاتها بمياه البحر، من دون حدوث تراكم للماء والأملاح في منطقة الجذور. ومن ناحية أخرى، فإن الطبقات المائية في المناطق الصحراوية المالحة (الداخلية والساحلية)، غالبًا ما تكون قد ارتفعت فيها تراكيز الملح بالفعل؛ وبذلك فهي لن تُضارَ بمياه البحر.

ثالثًا: إن التربة المتأثرة بالأملح - والتي نقترح البدء بزراعتها بمياه البحر - غالبًا ما تكون جرداء أو شبه جرداء؛ وعليه فإن إنشاء مزرعة تروى بمياه البحر، يمكن أن يكون تأثيرها في النظم البيئية الحساسة أقل بكثير من تأثير الزراعة المألوفة التقليدية.

ومع ذلك لا يوجد أى نشاط استزراعى كامل السلامة، خال من الأخطار. فعلى سبيل المثال، أدت مزارع الربيان (القريدس) الساحلية الواسعة النطاق، إلى انتشار نباتات طحلبية algal، وسببت مشكلات مَرَضِيَّة في الأنهار والخلجان التي تتلقى فضلات تلك المزارع من مياه غنيّة بالغُدَيَات (المغذيات). وثمة مشكلة مشابهة، يمكن أن نتوقعها من مزارع النباتات الملحية الواسعة النطاق، تنجم عن الكميات الكبيرة من ماء الصرف العالى الملوحة، والمحتوى على الأسمدة غير المستعملة، والذي تجرى إعادته إلى البحر مرة أخرى في نهاية المطاف. إلا أنه يمكن لمزارع مياه البحر أن تكون - من جهة أخرى - جزءًا من حل لهذه المشكلة، إذا ما تم تحويل المياه القادمة من مزارع الربيان إلى مزارع النباتات الملحية، بدلًا من إلقيها مباشرة في البحر؛ ذلك أن محصول النبات الملحي سيستعيد العديد من الغُدَيَات في هذه المياه، مقللاً من كمياتها. ولقد أنشأنا أولى مزارع النباتات الملحية الاختبارية هذه في المكسيك؛ بقصد تكرير (إعادة تدوير) recycle المياه المطروحة من مزارع الربيان؛ وهناك بحث آخر - قيد الإنجاز - يدور حول ربط الزراعة المائية البحرية بمزارع النباتات الملحية.

لقد جرى - بالمثل - اقتراح المزارع الملحية كأسلوب لتكرير مياه الصرف الزراعى الغنية بالسيليونيوم، والمتجمعة في وادى سان جواكوين بكاليفورنيا. ويعد السيليونيوم بمستويات منخفضة أحد المغُدَيَات الأساسية، ولكنه يصبح سامًا في مستوياته المرتفعة. وتأخذ النباتات الملحية النامية على مياه الصرف في هذا الوادى حاجتها من السيليونيوم، بالقدر الذى يجعلها صالحة لتغذية الحيوان، من دون أن يصل إلى مرحلة السمية.

هل يمكن للزراعة بمياه البحر ذات يوم أن تُطبّق على نطاق واسع؟؛

لقد كان الهدف - في أواخر السبعينيات - هو إثبات جدوى ذلك النوع من الزراعة؛ والتوقع أن نشهد له تطبيقًا تجاريًا في خلال عشر سنوات، إلا أنه بعد انقضاء عشرين عامًا، لا تزال الزراعة بمياه البحر في مراحلها الأولية من التنامى التجارى. ولقد أنشأت عدة شركات مزارع اختبارية للنباتات الملحية - مثل الساليكورنيا أو الأتريلكس - في كاليفورنيا والمكسيك والمملكة العربية السعودية ومصر وباكستان والهند؛ ولكن - على حد علمنا - لم يدخل أى منها حيز الإنتاج على نطاق واسع. أما تجربتنا البحثية، فإنها تقنعنا بجدوى الزراعة بمياه البحر.

ويتوقف ما إذا كان العالم سيلتفت إلى هذا البديل في نهاية المطاف على احتياجات المستقبل الغذائية والاقتصادية، وعلى المدى الذى ستبقى فيه النظم البيئية المائية العذبة بمنأى عن التطوير الزراعى.

نباتات مقاومة للتملح والتصحر:

1- المانجروف (Mangrove):

المانجروف هو أحد عجائب مملكة النبات - كما يؤكد عبد الرحمن راوح، خبير الطيور والأراضي الرطبة، وهو ما يفسره بقوله: «أشجار المانجروف أو الشورى تعيش في مياه البحر المالحة، وهذه البيئة معروف عنها ضالة الأكسجين بها، لدرجة لا تكفى لتنفس هذه الأشجار». ولذلك تنمو لهذه الأشجار جذور تنفسية من أسفل إلى أعلى، عكس جذور سائر النباتات والأشجار، وهو الأمر الذى يجعل هذه الجذور تظهر فوق سطح ماء البحر؛ لتتمكن من الحصول على الأكسجين اللازم لحياتها، كذلك تنمو لديها مثل هذه الجذور التنفسية على أفرعها، وتتدلى في الهواء للغرض نفسه، أيضاً بذور بعض هذه الأنواع تبدأ في الإنبات وهى ما زالت ثماراً على أفرع الأشجار، ثم تسقط البذور بعد الإنبات؛ لتسرّب جذورها الصغيرة في التربة تحت سطح الماء.

وتعد منطقة انتشار المانجروف من أهم مناطق السياحة البيئية، ومنطقة مهمة للأسماك التى تتغذى على القشريات الموجودة، والتى تعيش في منطقة النباتات؛ فكلما اتجهنا إلى داخل البحر، سنجد أن الأسماك تتغذى على الكائنات الدقيقة في هذه المنطقة .. فهناك سلسلة غذائية مترابطة من منطقة المانجروف حتى أعلى البحار.

الأخطار التى تواجهها أشجار المانجروف:

يواجه شجر المانجروف خطر الانقراض؛ نتيجة الرعى الجائر من قبل الجمال، وعدم وجود إرشاد سياحى في كيفية التعامل مع أشجار المانجروف، وإرشاد بيئى للمحافظة على هذه الشجرة؛ لأهميتها البيولوجية والبيئية.

الأنواع والأشكال:

يضم المانجروف حوالى 70 نوعاً، تنتمى إلى 20 عائلة نباتية مختلفة في العالم، يتواجد في إقليم البحر الأحمر وخليج عدن أربعة أنواع، أبرزها نوعا: القرم *Avicennia* والجندل *Rhizophora* .. يتراوح حجم أشجار القرم في الإقليم من شجيرات صغيرة، لا يتجاوز طولها المتر، إلى أشجار

كبيرة نسبياً، يصل طولها إلى 4 - 7 أمتار، بينما يتراوح محيط الساق من حوالى 20 سم إلى قرابة المتر. لكن في أماكن مثل الأرج في اليمن وجزيرة مسكلى في جيبوتي وأركيباي في السودان وجازان في السعودية، تبلغ أطوال بعض أشجار القرم حوالى العشرة أمتار، وينمو محيط سيقانها إلى أكثر من مترين .. يعد نوع الجندل (*Rhizophora*) ذا أهمية اقتصادية عالية؛ لتمييز أشجاره بـكبر الحجم وجودة الخشب، مقارنة بأشجار (القرم). تتراوح أطوال أشجار الجندل جيدة النمو، في أماكن مثل جزيرة موشى في جيبوتي، ما بين 9 - 14 متراً، إلا أن انتشار هذا النوع بسواحل البحر الأحمر وخليج عدن محدود للغاية.

استخدامات المانجروف:

هذه الشجرة كل أجزائها تستخدم في الصناعات؛ كإنتاج الأصباغ، والراتنجات «المواد اللدنة»، ومواد الدباغة، وصناعة القوارب، وعلب الكبريت، واللعب الخشبية، وبناء المنازل الشاطئية، أما أوراقها فتعد مصدراً مهماً لعلف الحيوان وللوقود، بل إن بعض أجزاء المانجروف لها استخدامات دوائية؛ الأمر الذى يجعل نشر غابات الشورى عملية اقتصادية مهمة مضمونة العائد؛ لأنه يمكن أن تقوم عليها صناعات صغيرة، تساعد الاقتصاديات العربية.

تقول إحدى النظريات العلمية الجريئة إنه من الممكن أن نحارب الفقر والتصحر وظاهرة الاحترار العالمية *global warming*، وذلك بضخ مياه البحار والمحيطات إلى الصحارى القفيرة الخالية من المياه الجوفية، وزراعة تلك الصحارى بأشجار المانجروف، وبذلك تتحول تلك الصحارى المقفرة إلى غابات حقيقية، تقوم بتثبيت ثانى أكسيد الكربون CO_2 ، فتمنع بذلك الترفع الحرارى، الذى سيؤدى إلى ذوبان الجليد في القطبين وغرق المناطق الساحلية، بالإضافة إلى إنتاج تلك الغابات المستنقعية للخشب الثمين والأعلاف والأسماك.

ويقترح المختصون أن يتم إنشاء سواقي لمياه البحار، يمكن فتحها وإغلاقها على كل قطاع، بحيث يمكن غمر ذلك القطاع أو تجفيفه، وبحيث تبقى الأمور تحت السيطرة.

إن الرقم الهيدروجينى pH المناسب لأشجار المانجروف يتراوح بين 6 و9، أما الرقم الهيدروجينى لمياه البحر فهو في حدود 8، كما أن أشجار المانجروف تعيش على مياه البحر؛ بل إنها تحمل درجة ملوحة أعلى من درجة ملوحة مياه البحر.

وتحتاج أشجار المانجروف والطحالب إلى عنصر الحديد وفوسفات الأمونيوم *ammonium phosphate*؛ حتى تنمو بشكل سريع، وفي الحقيقة إن أشجار المانجروف حساسة لنقص العناصر الغذائية في الماء والتربة، ومن الممكن أن تموت عند نقص تلك العناصر؛ بل إن انتشارها في

مناطق معينة دون غيرها يعود بالدرجة الأولى إلى غنى تلك المواقع بالعناصر الغذائية، ولا يعود لأسباب أخرى؛ كانخفاض الملوحة بسبب هطول الأمطار، كما يتصور البعض. وقد تمكن الباحثون في إحدى التجارب من زراعة أشجار المانجروف على شواطئ لا تنمو فيها عادةً تلك الأشجار، وذلك بدفن كيس بلاستيكي مثقب، يحوى 200 جرام من فوسفات الأمونيوم، و10 جرام من أكسيد الحديد iron oxide قرب جذور كل شجرة من أشجار المانجروف.

ومن الممكن زراعة 1000 شجرة مانجروف في الهكتار، ومن الممكن - من الناحية النظرية - تنفيذ هذا المشروع في الصحراء الكبرى the Sahara وشبه الجزيرة العربية the Arabian peninsula.

2- الأناناس "Ananas comosus" pineapple:

نبات الأناناس هو من نباتات النمط CAM، وهذا النوع من النباتات يحتاج إلى عنصر الصوديوم Na؛ حتى ينمو بشكل طبيعي، وفي بعض الأحيان يمكن لعنصر الصوديوم في ذلك النمط من النباتات أن يقوم بتعويض نقص عنصر البوتاسيوم K.

إن نبات الأناناس هو من النباتات المقاومة للتملح، بل إن الأناناس يمتلك مقاومة عالية للتملح، وأوراق هذا النبات أوراق عصارية، يشكل الماء نحو 85% من محتواها، ويتم تخزين الماء بشكل رئيس في محور الورقة adaxial، حيث يحوى محور الورقة خلايا حسية palisade cells عملاقة، مملوءة بصمغ مائى mucilage.

وبالرغم من أن رى الأناناس بمياه ذات ملوحة عالية كان يؤثر على حجم الأوراق سلبياً، فإن ذلك الأمر لم يكن له أى تأثير يذكر على حجم ونوعية الثمار.

3- ألوفيرا (الصبار) Aloe vera:

الصبار نبات عصارى succulent معمر perennial زنبقى liliaceous، ويعتبر الصبر من الصنف ألوفيرا Aloe vera، من أهم أصناف الصبار؛ نظراً لقصر فترة حياته وأهميته الاقتصادية؛ حيث يستخدم في الصناعات الدوائية وطب الأعشاب والصناعات الغذائية .. والصبار هو من النباتات المقاومة للتملح؛ حيث يعتمد في مقاومته للإجهاد الملحي salt stress على التلاؤم التناضحي Osmotic adjustment، ويتم ذلك التلاؤم التناضحي (الإسموزى) بتجميع تراكيز عالية من الأيونات غير العضوية inorganic ions في الساق والجذور، كما يتمكن نبات الصبار من مقاومة الإجهاد الملحي، بتجميع ذوائب عضوية ذات أوزان جزيئية

منخفضة low molecular weight organic solutes كالسكر. ويمكن رى الصبر بماء يتكون من 60٪ ماء بحر و 40٪ ماء عذب.

4- المروج الخضراء تروى بماء البحر (Halophyte turfgrasses):

بالرغم من القيمة الجمالية والمناخية والبيئية للمروج الخضراء، فإنها تستهلك كميات كبيرة من مياه الري، تعادل المقادير التي تستهلكها المحاصيل الزراعية؛ لذلك يتوجب التوجه نحو زراعة مروج خضراء مقاومة للتملح، مثل:

الباسبالوم الشاطئى seashore paspalum ، وعشبة الملح saltgrass، والعشبة

القلوية alkaligrass:

ويتوجب الحذر - عند استخدام المياه المالحة في الري - من تسرب تلك المياه إلى المياه الجوفية العذبة؛ لذلك يتوجب إمالة المسطحات الخضراء باستخدام الآليات الهندسية نحو مصارف خاصة، بحيث يتم تصريف مياه الري الزائدة إلى تلك المصارف، ومن الواجب إعادة مياه الصرف إلى البحار، وإذا أمكن استخدام طبقات عازلة بين سطح التربة الذي يروى بالمياه المالحة، وبين الأجزاء السفلى من التربة، فإن ذلك سيكون شيئاً جيداً، كما يتوجب مراقبة درجة ملوحة المياه الجوفية في تلك المواقع بشكل دائم.

ويوصى الخبراء باستخدام الرمل الخشن 0.50 mm ذى معدل نفوذية مرتفع 10 إنش في الساعة، في المواقع التي يتم ريها بمياه البحر أو المياه المالحة، كما يوصون بتجنب استخدام مياه الري المالحة في المواقع التي تكون فيها المياه الجوفية قريبةً من السطح، والمواقع التي تتميز ببنية جيولوجية تمكن المياه المالحة من التسرب بشكل سلس إلى المياه الجوفية.

وتجنباً لتحول التربة في تلك المواقع إلى ترب مملحة - صوديوية saline-sodic، يوصى بإضافة الجبس gypsum والجير lime.

5- السيسوفيوم Sesuvium verrucosum نبات مقاوم للتملح:

الجنس: سيسوفيوم Sesuvium.

النوع النباتي: فيروكوزوم verrucosum.

Sesuvium erectum: العائلة النباتية Aizoaceae أيزوآيسى Fig-marigold family

حشيشة الخلع، نبات الجليد iceplant family.

السيسوفيوم عشبة عسارية Succulents ثنائية الفلقة Dicotyledons، معمرة، مقاومة للتملح، من النباتات الوعائية Vascular plants المزهرة Flowering plants الحاملة للبذور Spermatophyta، ويعرف هذا النبات ببقلة البحر الغربي western sea-purslane، ويعرف كذلك ببقلة البحر المثاللة verrucose sea-purslane .. والموطن الأصلي لنبات السيسوفيوم هو الأمريكتين؛ حيث ينمو على شواطئ البحار والمحيطات هناك، كما ينمو كذلك في المناطق الداخلية قرب السباخ (والسباخ جمع سبخة، وهي المستنقع ذو المياه المالحة).

وتظهر أزهار السيسوفيوم في إبط الأوراق axils، وأزهار هذا النبات نجمية الشكل star-like، بلا بتلات (تويجات) petals، لكنها ذات خمسة كئوس sepals وردية أو حمراء اللون، وغالبًا ما تكون أزهاره ثنائية الجنس bisexual لاطئة sessile، وكأس الزهرة ذو خمسة فصوص.

وهذا النبات نبات معمر Perennials، زاحف prostrate، من النباتات التي تزرع كأغطية للترية Groundcovers، وجذور هذا النبات ليفية fibrous roots، ويتكاثر بواسطة البذور، ويمكن إكثاره بوسائل الإكثار الخضري.

وبالإضافة لمقاومة هذا النبات للتملح، فإنه يقاوم الجفاف، ويحتمل الترب القلوية alkaline التي يتراوح رقمها الهيدروجيني pH بين 7.9 و 8.5.

يُدعى هذا النبات ببقلة البحر Sea Purslane؛ لأنه ينمو على شواطئ البحار في الولايات المتحدة، وتنتشر أصناف من هذا النبات في شبه الجزيرة العربية ومنطقة الخليج العربي وسقطرة.

6- خرشوف القدس - هيليانثوس توبيروسوس Jerusalem Artichoke (Helianthus tuberosus L):

نبات خرشوف القدس Jerusalem Artichoke واسمه العلمي Helianthus tuberosus هو من النباتات المقاومة للتملح، ويروى هذا النبات في الصين بمزيج من مياه البحر والمياه العذبة، بل إن إضافة نسبة تتراوح بين 25% و 50% من مياه البحر إلى المياه المعدة لرى هذا المحصول، قد زاد من إنتاجيته، وبذلك يمكن زراعة خرشوف القدس في الأراضي المملحة بنجاح.

7- السبارتنا Spartina:

السبارتنا عشبة ريزومية معمرة ومتساقطة الأوراق، تشبه نبات الأرز، يتراوح ارتفاعها بين نصف متر ومتر ونصف.

من النباتات التي تقوم بعملية تثبيت الكربون خلال عملية التركيب الضوئي وفق النمط C4، فهي نباتات متأقلمة مع ظروف الحرارة المرتفعة، وأشعة الشمس الشديدة، والجفاف، وقلة النيتروجين، وقلة ثنائي أكسيد الكربون CO₂، كما أن أوراق هذه النباتات غالباً ما تتميز ببنية تشريحية مميزة، ومن هذه النباتات نبات السبارتنا والتبغ وقصب السكر والذرة والصباريات.

ومع أن الملوحة المثالية لنبات السبارتنا تتراوح بين ppt10 و ppt20، فإن باستطاعتها العيش في وسط نمو تصل ملوحته إلى ppt60، وكما ذكرت سابقاً فإن درجة ملوحة مياه المحيطات والبحار هي بحدود ppt 35، وهذا يعني أن بإمكان السبارتنا أن تتحمل الإجهاد الملحي العالي؛ حيث تمتلك السبارتنا غددًا تقوم بطرح الأملاح الزائدة عن طريق أوراقها. هذا النبات يتكاثر تكاثراً لا جنسياً، عن طريق الريزومات، كما أنه يتكاثر تكاثراً جنسياً عن طريق البذور؛ حيث من الممكن أن تتحول بادرة واحدة إلى مستعمرة ضخمة من النباتات.

تستطيع السبارتنا العيش في الرمال والحصى والتراب الطينية والطيني، وتحتمل العيش في ترب ذات نفوذية سيئة، كما تستطيع أن تتحمل التعرض للغمر في الماء المالح بشكل تام لمدة تزيد عن تسع ساعات؛ وذلك لأنها تمتلك فجوات هوائية داخلية، تمكنها من القيام بالمبادلات الغازية الحيوية أثناء الغمر في الماء، وكذلك فإن السبارتنا تستطيع القيام بعملية التركيب الضوئي بفاعلية عالية في درجات الحرارة المنخفضة، وهو الأمر الذي تعجز كثير من النباتات عن القيام به.

وكما ذكرت سابقاً، فإن السبارتنا هي نبات معمر متساقط الأوراق؛ حيث تتساقط أوراقه في الخريف، بينما تبقى ريزوماته في التربة طيلة فصل الشتاء في حالة سكون، بانتظار قدوم الربيع؛ حيث تقتات كثير من الكائنات على تلك الريزومات، كالإوز ودجاج الماء، بينما تقتات الأسماك على أوراق هذا النبات.

الأهمية الاقتصادية والبيئية للسبارتنا :

- 1- نبات فريد، يستطيع النمو في مناطق ميتة، ذات ملوحة تصل إلى ضعفي درجة ملوحة مياه البحار، كما يستطيع تحمل الغمر في الماء لساعات طويلة دون أن يختنق.
- 2- ريزومات النبات تعمل على تثبيت الرمال والطيني، وبذلك فإن السبارتنا هي من النباتات التي تقوم عوامل الانجراف والتصحر والتعرية.

- 3- باعتبار أنه نبات معمر، فإننا لا نحتاج إلى إعادة زراعته في كل موسم، وهذه ميزة اقتصادية مهمة.
- 4- ليس من الضروري أن نستزرع جميع الأماكن التي نرغب في أن نغطيها بهذا النبات؛ وذلك يرجع إلى مقدرة النبات العالية على التكاثر والانتشار، حيث يكفي أن نقوم بزراعة بقع متفرقة بهذا النبات.
- 5- نبات قوى وسريع النمو، يصلح لصناعة أعلاف المواشى والدواجن، كما أن بالإمكان زراعته على طول الشريط الساحلي للبحار والمحيطات؛ حيث يروى تلقائيًا بمياه المد، مشكلًا مراعي خصبة للمواشى والدواجن القابلة للرى كالإوز.
- 6- يضيف حيأةً على الشواطئ الجرداء الميتة، ويؤمن الطعام والملجأ للطيور والأسماك؛ مما يؤدي إلى ازدياد الثروة السمكية، ويجعل الشواطئ أكثر جاذبية.
- 7- إمكانية زراعة هذا النبات على ضفاف القنوات البحرية والسبخات (بحيرات المياه المالحة) والصحارى الميتة القاحلة بعد استجرار مياه البحار إليها.
- 8- في الصين نجحت تجربة استخدام السبارتنا كأسمدة خضراء؛ حيث إن كل 50 كيلو غرامًا من هذا النبات تعادل نصف كيلو غرام من سماد اليوريا.
- 9- لا يحتاج استزراع السبارتنا إلى أية آليات زراعية؛ فكل ما نحتاج إليه هو مشتلٌ للأمهات المنتجة للريزومات والبذور، يمكن أن ننشئه في حديقة أو فوق سطح المنزل، ونحتاج كذلك إلى مجموعاتٍ صغيرة من المتطوعين؛ لزراعة البذور والريزومات على شواطئ البحار والمحيطات.
- تحذير: لا تجوز زراعة السبارتنا قرب مصادر المياه العذبة؛ حتى لا تتحول إلى عشبٍ ضار وآفة زراعية.

8- السويدا - شجيرة شديدة المقاومة للملح:

Suaeda monoica Forsk

Suaeda aegyptiaca

Suaeda depressa

شجيرة مقاومة للملح، ذات أوراق عصارية، وتنتشر شجيرة السويدا في المناطق الجافة في بعض المواقع، وتروى بماء البحر. تستخدم شجيرة السويدا في الصومال وكينيا كشجيرة رعوية، تقتات عليها الإبل والماعز، وتستخدم خلاصة جذور هذه الشجيرة في علاج التهاب الحلق.

ترجع مقدرة بعض النباتات على مقاومة التملح إلى عدة آليات فيزيولوجية؛ كمقدرة تلك النباتات على تجميع البوتاسيوم في أنسجتها، بالرغم من وجود نسبة مرتفعة من الصوديوم في أنسجة هذه النباتات، وتعرف بعض النباتات بمقدرتها على تجميع الأملاح في أنسجتها، وتدعى تلك النباتات بالنباتات المجمعة للملح، والسويدا المصرية (سويدا إيجيبتিকা) من تلك النباتات.

شجيرة السويدا لا تقوم بنقل الأملاح من الأوراق إلى الساق .. هذا ما أكدته الدراسات الحديثة، كذلك إن نبات السويدا هو من النباتات المحبة - نوعًا ما - لعنصر الصوديوم، كما أن هذا النبات لا يصل إلى طور الإزهار عند غياب هذا العنصر من التربة ومن مياه الري.

إن شجيرة السويدا هي من نمط نباتات رجل الإوز العصارية المقاومة للتملح، وهي من التباتات رباعية الكربون، الذي يعرف بمقاومته للتملح والحرارة المرتفعة، واقتصاده في استخدام المياه .. وتنمو شجيرة السويدا اليوم على سواحل البحر الميت، وهذا يدل على مدى مقاومة هذه الشجيرة للتملح.

نباتات شاطئية مقاومة للتملح:

اسم النبات	الاسم العربي	العائلة	ملاحظات
Aglaia cucullata	أجلايا كالكيولاتا	Meliaceae	تمتلك هذه النباتات جذورًا هوائية، شبيهة بجذور المانغروف.
Aeluropus lagopoides	إيلوروبوس	Poaceae	
Arthrocnemum indicum	أرثروكنيموم إنديكوم	Chenopodiaceae	
Barringtonia racemosa	بيرينتونيا راسيموسا	Lecythidaceae	مقاومة هذه الشجرة للتملح قد تكون منخفضة نوعًا ما.

اسم النبات	الاسم العربي	العائلة	ملاحظات
Brownlowia tersa	براونلوي تيرسا	Tiliaceae	
Caesalpinia bonduc	كيسالينيا	Fabaceae	
Caesalpinia crista	كيسالينيا كريستا	Fabaceae	
Calophyllum inophyllum	كاليفيلوم اينوفيلوم	Guttiferae	
Cerbera manghas	سيربيرا مانجاس	Apocynaceae	
Cerbera odollum Gaertner	سيربيرا أودولوم	Apocynaceae)	
Clerodendrum inerme Gaertn	كليروديندروم	Verbenaceae	
Cynometra ramiflora	سينوميتراميفلورا	Fabaceae)	
Dalbergia spinosa	دالبرجيا سبينوزا	Fabaceae	
Dendrophthoe falcate	ديندروپثو فالكاتا	Loranthaceae)	
Derris scandens Benth	ديريس سكاندينس	Fabaceae	
Derris trifoliata	ديريس تريفولياتا	Fabaceae	
Dolichandrone spathacea	دوليكاندرون سباتاسيا	Bignoniaceae	
Fimbristylis ferruginea	فيمبريستيليس فيروجينيا	Cyperaceae	عشبة معمرة.
Finlaysonia obovata	فينالسونيا أبوفاتا	Asclepiadaceae	
Flagellaria indica	فلاجيليريا إندিকা	Flagellariaceae	
Heliotropium curassavicum	هيلوتروبيوم كوراسافيكوم	Boraginaceae	

اسم النبات	الاسم العربي	العائلة	ملاحظات
Hibiscus tiliaceus	هيبيسكوس تيلياسوس	Tiliaceae	
Intsia bijuga	نبات الإبريق	Fabaceae	
Ipomoea pes - caprae	إيوميا	Convolvulaceae	نبات زاحف، ينمو على الشواطئ الرمليّة.
Ipomoea tuba	إيوميا توبا	Convolvulaceae	
Myriostachya □ wightiana	ميريوستاشيا وايتيانا	Poaceae)	عشبة معمرة.
Pandanus tectorius	باندانوس تيكتورياس	Pandanaceae	
Phoenix paludosa	فينيكس بالودوسا	Arecaceae	نبات نخيلي صغير.
Pongamia pinnata	بونغميا بيناتا	Fabaceae)	شجرة مقاومة للملح.
Porteresia □ coarctata	بورتوريجا كوركثاتا	Poaceae	نبات عشبي معمّر ريزومي.
Salicornia brachiata	ساليكورنيا بريتشياتا	Chenopodiaceae	
Salvadora persica	سلفادورا بيرسيكا		
Sarcobolus carinatus	ساركالوبوس كيرينيتوس	Asclepiadaceae	
Sarcobolus globosus	ساركولوبوس غلابسوس	Asclepiadaceae	

اسم النبات	الاسم العربي	العائلة	ملاحظات
Scirpus littoralis	سيريس ليتورليس	Cyperaceae	
Sesuvium portulacastrum	سيسوفيوم بروتولاكاستروم	Aizoaceae	
Stictocardia tilliifolia	ستيكتوكارديا تيليافوليا	Convolvulaceae	نبات عشبي معتش.
Suaeda fruticosa	سويدا فروتيكوزا	Chenopodiaceae	شجيرة مقاومة للملح، ذات أزهار مخنثة.
Suaeda maritime	سويدا ماريتيما	Chenopodiaceae	شجيرة مقاومة للملح .. أزهارها ثنائية الجنس.
Suaeda monoica	سويدا مونويكا	Chenopodiaceae	شجيرة مقاومة للملح أزهارها وحيدة الجنس
Suaeda nudiflora	سويدا نوديفلورا	Chenopodiaceae	شجيرة معمرة مقاومة للملح.
Tamarix troupii	تاماريكس	Tamaricaceae	
Thespesia populnea		Malvaceae	
Thespesia populaneoides		Malvaceae	
Urochondra setulosa	يوروكونдра	Poaceae)	نبات عشبي معمر Perennial مقاوم للملح.

نباتات مقاومة للملح، تنمو في منطقة الخليج العربي وشبه الجزيرة العربية:

تنتشر على شواطئ الخليج العربي والبحر الأحمر العديد من العائلات النباتية المقاومة للملح، مثل عائلة رجل الإوز Chenopodiaceae، والعائلة Zygophyllaceae، والعائلة Plumbaginaceae، والعائلة Poaceae، والعائلة Tamaricaceae، ومن النباتات المقاومة للملح التي تنمو على شواطئ الخليج العربي والبحر الأحمر:

الاسم	الاسم العربي	الاسم	الاسم العربي
Tamarix nilotica	تاماريكس نيلوتيكا	Aeluropus lagopoides	إيلوربوس
Suaeda vermiculata	سويدا فيرميكيولاتا	Zygophyllum album	زيجوفيلوم ألبوم
Zygophyllum propinquum	زيجوفيلوم بروينكوم	Atriplex dimorphostegia	أتريليكس ديمورفيستيغيا
Reumuria hirtella	روماريا هيرتلا	Cistanche	
Orobanche	أوروبانش	Alhagi graecorum	
Leptochloa fusca	ليبتوكولا فوسكا	Aeluropus lagopoides	
Aeluropus littoralis		Avicennia marina	آفيسينيا مارينا
Rhizophora mucronata	ريزوفورا موكرانتا	Cressa cretica	كريسا كريتيكا
Limonium spp	ليمونيوم	Zygophyllum	زيجوفيلوم
Coccineum	كوكسينيوم	Suaeda vermiculata	سويدا فيرميكيولاتا
Suaeda maritime	سويدا ماريتايم	Salicornia	ساليكورنيا
Halocnemum strobilaceum	هالوسنيموم سترو بلسيوم	Arthrocnemum macrostachyum	أرثروسنيموم ماكروستاكيوم
Halothamnus botaie	هالوثامنوس	Salsola imbricata	سالسولا إمبريكاتا
Suaeda monoica	سويدا مونويكا	Limonium axillare	ليمونيوم أكسيلار
Halopeplis perfoliata	هالوبيليس بيرفولياتا	Aeluropus spp	إيلوربوس

الاسم	الاسم العربي	الاسم	الاسم العربي
Salicornia europaea	ساليكورنيا يورابيا	Juncus rigidus	جانكوس ريجيدوس
Anabasis setifera	أنابيسيس سيتيفرا	Sporobolus spicatus	سبيربولوس سبيكاتوس
Nitraria retusa	نيترايا ريتوسا	Atriplex farinosa	أتريليكس فارينوسا
Tamarix spp.	تاماريكس	Phragmites australis	فريغمايتز أوستريليس (القصب العملاق)
Typha domingensis	تايفا دومينجينسيس	Cyperus rotundus	سايرس روتاندوس (نبات السعدة)
Cyperus schimperianus	سايرس سكيمبيريانوس	arex divisa	أريكس ديفيسا
Fibristylis bis-umbellata	فبريستيليس بيس أمبيلاتا	Avicennia marina	آفيسينيا مارينا (من أشجار المانغروف التي تنمو في المملكة العربية السعودية).
Rhizophora mucronata	ريزوفورا ماكروناتا (من أشجار المانغروف التي تنمو في المملكة العربية السعودية).	Halodule uninervis	هالودول يونيرفيس
Cymodecea rotundata	سيموديسيا روتانداتا	Thalassia hemprichii	
Halophila stipulacea	هالوفيلاستيبولاسيا	Panicum turgidum	بانيكوم تورجيدوم
Dipterygium glaucum	ديتيريجوم غلوكوم	Haloxylon salicornicum	هالوكسيلون ساليكورنيكوم
Tamarix nilotica	تاماريكس نيلوتিকা	Acacia tortilis	آكاسيا تورتيليس
Leptadenia pyrotechnica	ليبتادينيا بيروتيكينا	Aeluropus agopoides	إيلوريس

الاسم	الاسم العربي	الاسم	الاسم العربي
Agathophora alopecuroides	آغاثوفورا	Halothamnus iraqensis	هالوثامنوس إيراكينسيس
Aeluropus littoralis	إيلوريس	Seidletzia rosmarinus	سيدليتزا روزمارينوس
Zygophyllum coccineum	زاغوفيلوم كوكسينيوم	Zygophyllum simplex	زاغوفيلوم سيمبليكس
Anabasis articulata	أنابيس أرتيكيولاتا	Nitraria retusa	نيتاريا ريتوسا
Atriplex farinose	أتريليكس فارينوسا	Xanthium strumarium	زانثيوم ستروميريوم
Alhagi graecofum		Atriplex leucoclada	أتريليكس ليوكوكلادا
Salsola imbricate		Cyperus leavigatus	سايرس لافيغاتوس
Limonium cylindrifolium	ليمونيوم سيلانديفوليوم	Binertia cycloptera	بينيرشا سايكلوبتيرا
Suaeda aegyptiaca	سويدا	Suaeda vera	سويدا فيرا
Atriplex halimus	أتريليكس هاليموس	Limonium carnosum	ليمونيوم كارنوسوم
Chenopodium ambrosioides	شينوبوديوم (رجل الإوز).		

الأنواع النباتية المتحملة للملوحة:

1 - الشعير: الشعير من المحاصيل المتحملة للملوحة؛ حيث يتحمل حتى (18 dS/m)، وقد أكد العديد من الباحثين (Zhong and Volkmar *et al*, 1998) ; (Dvorak, 1995)، أن محصول الشعير هو الأكثر تحملاً للملوحة من بين محاصيل الحبوب، ووفق (Conway, 2001)، فإن نمو الشعير في الموقع المدروس يمكن أن يستعمل كمؤشر يساعد في التعرف على مشكلة الملوحة وشدتها، فقد أكد (Munns, 2002) ; (Passioura and Munns, 2000)، أن معدل نمو أوراق نبات الشعير ينخفض بشكل سريع عند حصول زيادة مفاجئة في ملوحة التربة. ومن جهة أخرى، فقد أوضح (Renault, 2003) أن محصول الشعير يخفّض من انجراف التربة، وتساعد جذوره في تثبيت التربة، كما يساعد في غسل الأيونات للأسفل؛ نتيجة لتغلغل جذوره في التربة.

2- التريتكالى (*Triticosecale rimpaui Wittm*) (Triticale) :



يعد التريتكالى أول محصول حبوب أوجده الإنسان، نتج عن تصالب بين القمح والشيلم .. بدأت الأبحاث حول التريتكالى فى عام 1978 لدى إيكاردا، حيث أصبح التريتكالى محصولاً واعداً مهماً كبديل لمحصول الشعير فى تغذية الحيوانات؛ فهو لا يتأثر بسرعة بالبرودة والجفاف، وله مقاومة جيدة لبعض أنواع آفات الحبوب، ويعطى غلة أكبر من القمح والشعير تحت ظروف الإجهاد المائى، ويعد من المحاصيل متوسطة التحمل للملوحة؛ حيث يتحمل حتى 7 dS/m ، وهو من المحاصيل ذات القيمة الاقتصادية والعلفية العالية (Goral et al, 1999) .. كما أنه من المحاصيل المتكيفة مع الظروف البيئية القاسية؛ من برد وجفاف وملوحة، ومنافس قوى لنمو الأعشاب الغريبة، وكذلك للحشرات والأمراض الفطرية، وتعد صفة عدم الرقاد من أهم الصفات التى شجعت الفلاحين على تبنيه، وكذلك إنتاجيته العالية، وقد أطلقوا عليه اسم "الحنطة الحمراء". كما أنه مقاوم للانفراط، ولمهاجمة الطيور لانحناء السنابل، وقد بلغت إنتاجيته من الحبوب من 4 - 5,5 طن / هكتار.

3- الذرة البيضاء: لا تقل أهميته عن أهمية الشعير والتريتكالى؛ فهو من محاصيل الحبوب العالمية الأكثر أهمية فى المناطق الجافة والحارة الاستوائية وشبه الاستوائية، ويصنف عالمياً خامس المحاصيل المزروعة من حيث المساحة والإنتاجية (FAO, 2000) .. ينمو محصول الذرة البيضاء فى الأراضي الملحية بشكل أفضل، بالمقارنة مع بقية المحاصيل؛ فهو من المحاصيل متوسطة التحمل للملوحة ($6 - 10 \text{ dS/m}$)؛ حيث تؤثر الملوحة الزائدة سلباً على طول النبات، وعدد الأوراق، والمساحة الورقية. وقد أوضح (Munns 2002) أن الضغط الأسموزى، هو الذى يكون فعالاً فى البداية كنتيجة للملوحة، بينما السمية الأيونية تأتى أهميتها فى التأثير على نمو النبات بعد أمد طويل، وتعد الذرة البيضاء من المحاصيل المتحملة للعطش والجفاف؛ وذلك

لمجموعها الجذري الكبير والمتعمق، وصغر مجموعها الخضري، ووجود الزغب والمادة الشمعية على أوراقها، التي تقلل من عمليات النتح، ويجب الحذر عند تقديمها كعلف للماشية؛ كونها تحتوي على مواد الجلوكتيسيدات، والتي عند تحليلها مائيًا تعطي مادة سامة، هي حمض البروسيك أو الهيدروسيانيك، وتقل نسبة الحمض بتقدم عمر النبات؛ لذا يجب تجنب إعطاء النموات الحديثة، أو تركها تجف قبل تقديمها للحيوان كعلف، ويمكن بعملية صنع السيلاج منها أن يبعد السمية.



4- الدخن: يمكن استعماله بنجاح في برامج الأعلاف، وخاصة عند زراعة الأرض بالبقوليات، وإن ما يميز الدخن عن المحاصيل العلفية الأخرى، هو كونه متحملًا للملوحة التربة والمياه، مع إمكانية زراعته في الأراضي الفقيرة والرملية والجافة، بالإضافة إلى انخفاض احتياجه لمياه الري؛ حيث أكد (Kulkarni et al 2006) أن الدخن محصول علفي ثنائي الغرض؛ إذ يمكن استعماله لإنتاج الحبوب والعلف الجاف، ويمكن أيضًا أن يكون محصول علف بديل مفيد في المناطق المتأثرة بالملوحة في غرب آسيا والهند، وهو سريع التعويض لدى حشه لتقدمه كعلف أخضر، وأقل سمية، مقارنة بالذرة البيضاء، وعدوه الأول الطيور عند زراعته؛ للحصول على الحبوب.



5- حشيشة السودان ("Sorghum sudanense") :Sudan grass

نبات حولي، نسبة C/N متوسطة، سريع النمو، متكيف مع الترب الخفيفة والمتوسطة والثقيلة، على المقاومة للجفاف، متوسط المقاومة للملوحة، على الاستساغة من قبل الماشية، على البروتين، خفيف السمية بمحضر البروسيك، وسريع التعويض بعد الحش .. يمكن استهلاكه من قبل الإنسان.

6- الفصّة المزروعة: من الأعشاب المعمرة .. تمكث في الأرض لمدة 21 سنة إذا ما اعتنى بريها وتسميدها وتنظيفها من الحشائش (لا تترك لأكثر من ست سنوات متعاقبة؛ حيث يضعف نموها بعد ذلك) .. ارتفاع النبات يتراوح بين 800 - 4 سم، وله جذور متعمقة، تصل أحياناً إلى عمق 10م. تتفرع الساق من قاعدتها بغزارة، كما قد تكون لها فروع قاعدية .. الزهرة ذات لون بنفسجي، ولها عنق واضح .. الثمرة قرن ملتف حلزوني الشكل .. البذرة كلبية الشكل لونها أصفر مخضر، من النباتات المستأنسة ذات الموسم الدافئ، وهي من أهم محاصيل العلف الأخضر المروية في العالم؛ حيث تقدم للحيوانات كعلف أخضر أو كدريس عال في قيمته الغذائية؛ لاحتوائه على نسبة عالية من البروتين، ولغناه بفيتامين A وفيتامين B والعناصر المعدنية المختلفة، وهي أعظم محاصيل العلف إنتاجاً للدريس؛ حيث ينتج الهكتار الواحد منها حوالي 6 طن من الدريس، في حين لا يتجاوز إنتاج الدريس من الأعلاف الخضراء الأخرى 3,5 طن للهكتار.

7- الفصّة الشجرية: من الشجيرات المعمرة التي يتراوح طولها من 1 - 3 مو .. الجذع قصير كثير التفرع، الأزهار للثمرة قرن ملتف، يحتوي على 2 - 4 بذرة، تنتشر في المناطق الجبلية

الرطبة ونصف الرطبة، وتعد أزهارها مرعى جيداً لنحل العسل، ولأوراقها قيمة علفية جيدة؛ نظراً لغناها بالبروتين، ويمكن إكثارها بالبذور وبالعقل.

8- السيسبان (*Sesbania aculeata*): وعرف أيضاً بـ *S. bispinosa*، وهو من النباتات البقولية التي كانت مزروعة في الهند وباكستان، أدخل حديثاً إلى سوريا؛ لإعادة تأهيل الترب المتأثرة بالملوحة، ومن أجل التسميد الأخضر، وكمحسن للتربة؛ حيث يتأقلم مع ظروف التربة المتنوعة، والتي تتفاوت من الغدق حتى الملوحة، ومن الترب الرملية حتى الطينية، وينمو في مجال بيئي واسع من حيث النمو؛ حيث ينتشر في المناطق المدارية وتحت المدارية، والمناطق الشمالية الشرقية من إفريقيا، والمناطق شبه الجافة وشبه الرطبة في جنوب آسيا. ومثل كل النباتات البقولية لها قدرة على تثبيت الآزوت الجوي بشكل تكافلي مع بكتريا الرايزوبيوم الموجودة في التربة.. محصوله متعدد الأغراض (علف - سمد أخضر - وقود من خشبه)، يحتاج الهكتار الواحد من البذور من 50 - 60 كجم / هكتار عند الزراعة؛ للحصول على العلف الأخضر، ومن 20 - 25 للحصول على البذور، وتتميز أزهاره بالتلقيح الذاتي؛ لذا فهو لا يحتاج إلى عمليات عزل للحصول على البذور النقية، وتتميز قرونها بمقاومة جيدة لعملية التكسر والتحطم بعد الجفاف، ولكن ينصح بالتبكير في قص الأفرع الحاملة للقرون باستعمال مقص التقليم ما أمكن؛ لتجنب انفراط القرون، وبالتالي خسارة البذور، ويستطيع بجذوره العميقة - والقادرة على الطفو - العيش في الترب الغدقة، وعند وجود ماء أرضي قريب فقط، ويتحمل ملوحة تصل إلى 5,5 ds/m.



9- الشوندر العلفي: نبات عشبي ثنائي الفلقة، يشبه الشوندر السكري؛ حيث يكون مجموعاً ورقياً وساقاً قرصية وجذراً متضخماً، يحتوي على مواد مخزنة أهمها السكروز، تختلف نسبته حسب الصنف ومواعيد الزراعة ونوعية التربة وطبيعة المناخ. وهو محصول علفي متحمل للملوحة، يعطى إنتاجاً كبيراً، ومقاوم لأغلب الأمراض، ويساهم في تأمين مادة علفية (الأوراق والدرنات) في أوقات من السنة؛ كفصل الشتاء؛ حيث لا يتوفر فيها علف للحيوانات، ويكون الطلب على أشده للعلف، خاصة فيما لو زرع في العروة الصيفية؛ حيث يعطى غلة تصل إلى 65 طن / هكتار من الدرنات، و 30 طن / هكتار من المجموع الخضري، ويتميز عن الشوندر السكري بسهولة القلع (ثلثا حجم الدرنه فوق سطح التربة)، والتبكير من 20 - 25 يوماً، كما يتميز بمردود عالٍ من المادة الجافة، ودرجة استساغة وقابلية عالية من المواشى، وسهل الهضم، وكذلك احتياجاته السمادية - خاصة الآزوت - هي أقل من الشوندر السكري .. وتم دراسة عدة أصناف من الشوندر العلفي، والتي أعطت نتائج مبشرة وجيدة، كالصنفين - TINTIN - MAGNUM.

10- تباع الشمس *Helianthus annus*: نبات حولي عشبي قائم من العائلة المركبة، من المحاصيل الزيتية؛ حيث يستخدم زيته في تغذية الإنسان، كما تستخدم الكسبة في تغذية الحيوان؛ لاحتوائها على نسبة عالية من البروتين. ويمكن الاستفادة من الأقراص في تغذية الحيوان، كما يستفاد من الجزء الخضري في صناعة السيلاج وتغذية الحيوان عليه .. يمكن إنباته في الترب المالحة 6,9 ديسمنيز / متر.

11- القرطم: نبات حولي من المحاصيل الزيتية، يمكن زراعته في المناطق نصف الجافة، وفي الأراضي متوسطة الخصوبة التي لا ينجح فيها القمح أو القطن أو الشوندر .. يقاوم الجفاف، ويتحمل درجات الحرارة العالية .. بذوره لا تفرط ولا تأكلها العصافير، ولا يحتاج لعمليات خدمة كثيرة، ولا يحتاج لكميات كبيرة من الأسمدة، ويحتاج من 3 - 5 ريات، عدا رية الإنبات. تستعمل بذور القرطم في تغذية الحيوانات كالغنم والمواشى وغيرهما، كما تستعمل البتلات في تلوين بعض الأطعمة، وفي تلوين بعض

المأكولات. وزيت القرطم له مفعول في تخفيض الكوليسترول في الدم، وفي الوقاية من تصلب الشرايين، وتعد أزهاره مفيدة في حالات السعال والتهاب القصبات وكمنشطة ومسهلة.

12- الروثة *Salsola vermiculata*: شجرة معمرة، يصل ارتفاعها تحت ظروف الحماية إلى 82 سم، وطول نمواتها الخضرية السنوية تصل إلى حوالي 30 سم .. تنتشر طبيعياً فوق الأراضي

الوعرة والمرتفعات والحزوم، وتنمو في الأتربة الحصوية والمحجرة والطمية المتوسطة الحصوية والمالحة. يعد نبات الروثة من أهم الأنواع الرعوية المستعملة لإعادة الحياة البرية إلى المناطق الرعوية المتدهورة في البادية عن طريق البذور والغرس؛ نظرًا لملاءمته الكبيرة لظروف المناطق الجافة، واستساغته العالية، ومقاومته للرعى المنظم، واستجابته السريعة للإراحة، إضافة إلى قدرته العالية على الإنبات في المناطق التي لا تزيد معدلاتها المطرية عن 100 ملم، وتستطيع بذوره الإنبات خلال السنوات الجافة ذات الهطول الممطر (50 - 70 مم).



13- الرغل الملحي (*Atriplex halimus*) "Mediterranean saltbush": نبات شجيري معمر من الفصيلة الرمرمية .. يتراوح ارتفاعه من 70 - 250 سم، تبعًا لعمره وفصل نموه، ووجوده البيئي، وتصل نمواته الخضرية السنوية لطول 45 سم في البادية، ويمتلك مجموعًا جذريًا يصل لعمق 5 م. يعد القطف الملحي من نباتات المناطق الجافة، ويقاوم الملوحة بشكل عالٍ، ويستطيع الانتشار بشكل جيد في السهول الفيضية والوديان في المناطق التي لا يتجاوز أمطارها 100 ملم، وينتشر فوق الأتربة الطينية السطحية والمناطق المتملحة المنخفضة. يدخل القطف الملحي في برنامج إعادة تأهيل المراعي المتدهورة في البادية؛ لقدرته على مقاومة الجفاف، واستساغته المقبولة من قبل الأغنام والماعز والجمال، ونسبة إنبات بذوره جيدة في المناطق التي

تتجاوز معدلات أمطارها السنوية 130 ملم، ويمكن إكثاره بالبذور وبالعقل، ونسب نجاحها ضعيفة. وتحافظ البذور على حيويتها لمدة 3 - 5 سنوات، ونباتات القطف الملحي غنية بالبروتين الحام؛ حيث تحتوى على 18% في الطور الخضري، تنخفض إلى 14% في الطور الثمرى، وتطلب الحيوانات الماء كثيراً عندما ترعاه، خاصة خلال فصل الصيف؛ لارتفاع نسبة الأملاح فيه، كما أن جفافية الموقع تقلل من استساغته، ويقل إقبال الأغنام عليه مع تقدم موسم النمو؛ وذلك لزيادة تركيز الأملاح فيه.

14- القطف الأمريكى *Atriplex canescens*: شجيرة معمرة، يتراوح ارتفاعها من 65 - 180 سم، تبعاً لعمره وفصل النمو وموقعه البيئى، ويصل طول نمواته الخضرية إلى 35 سم في البادية، ويمتلك مجموعاً جذرياً يصل لأكثر من 5 م. تنتشر نباتات القطف الأمريكى في الفيضات، وله القدرة على النمو في الفيضات والأراضي الحصوية والرملية والمنحدرات والأراضي الطينية المالحة، ويفضل الأتربة الطينية الطمية المنخفضة. يدخل في برامج تنمية مراعى البادية، عن طريق الغرس والبذر، ونسبة إنباته جيدة في المناطق المنخفضة، والتي تتلقى هطولات مطرية سنوية أكثر من 160 ملم.



تحتفظ بذوره بحيويتها لمدة 5 - 7 سنوات، ونباتات القطف الأمريكى جيدة القيمة الرعوية، وترعاه جميع الحيوانات، وهو غنى بالبروتين؛ حيث يحتوى على 16% بروتين خام في الطور الخضري، ينخفض إلى 12% في الطور الثمرى.

15- حشيشة القمح ("Desert wheatgrass" (*Agropyron desertorum*))

تنتشر في حوض البحر المتوسط وشرق أوروبا إلى آسيا الوسطى، هو نبات دائم الخضرة، معمر، مورق طيلة العام، أزهاره خنثى تخلص بواسطة الرياح، وينمو في الترب الخفيفة أو المتوسطة أو الثقيلة .. يفضل الترب القاعدية والترب شديدة الملوحة. لا يحب الظل، ويمكن أن يعيش في الترب الرطبة أو الجافة، ويمكن استعماله في استصلاح الأتربة الملحية والقلوية، وينمو النبات بشكل جيد في هذه الأراضي، ويمكن أن ينمو في نطاق واسع من الـ Ph.

16- كالار جراس (*Leptochloa fusca*) (Kallar grass): نبات معمر .. فترة نموه النشطة في الربيع .. معدل النمو بعد الحش بطيء .. ينمو في الترب الخفيفة والمتوسطة، ويتحمل الظروف اللاهوائية. ويتحمل كربونات الكالسيوم بشكل متوسط .. ضعيف المقاومة للجفاف .. متحمل للملوحة بشكل عالٍ، واستساغته عالية من قبل الماشية.

17- السبوروبولوس ("Seashoredropseed" (*Sporobolus virginicus*)): نبات وحيد الفلقة من العائلة النجيلية، وهو نبات معمر، متكيف مع الترب الحشنة أو الناعمة ومتوسطة القوام، على التحمل لكربونات الكالسيوم. يتميز بمحتوى عالٍ من البروتين أو المعادن، وتقبل عليه الماشية بشكل فوري، ويعدُّ من نباتات صيانة وحفظ التربة؛ وذلك بسبب تحمله العالي للجفاف، ومتطلباته المائية القليلة نسبياً، بالإضافة إلى الجوجوبا (الهوهوبا)، والموطن الأصلي شمال المكسيك، ويتميز بتحملة للملوحة العالية، واحتوائه على نسبة 50٪ من الزيت، بالإضافة إلى

استخدام أوراقه كعلف للحيوان، وكذا نباتات الهليون والشوندر الأحمر والبقلة والشوندر السكري؛ حيث إنها تتحمل الري بماء درجة 10 dS/m.

