الفصل السابع

الرى بمياه البحر

مياه البحار والمحيطات:

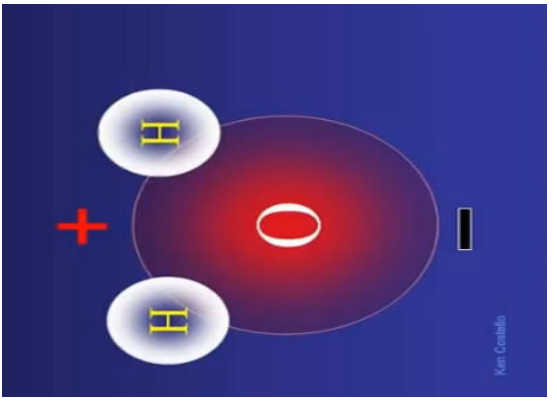
يشغل الماء حجمًا أكبر من حجم أى مركب كيميائى آخر على سطح الأرض؛ لذا تسمى الأرض بكوكب الماء، أو الكوكب الأزرق؛ حيث يشغل الماء 70,8 ٪ من سطح الأرض، فى حين يشغل اليابس 29,2 ٪، وتشكل مياه البحار 97٪ من إجمالى المياه على الأرض، كما يشكل الماء 85٪ من كتلة المخلوقات البحرية.

وخواص مياه البحار هى خواص المياه العذبة نفسها، بالإضافه 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 جزىء الماء، يكون بزاوية 104,5، وهو ارتباط تساهمى .. ونتيجة للطبيعة القطبية للروابط فى جزىء الماء، تتوزع الشحنات الكهربائية توزعًا غير متوازن؛ إذ تحمل ذرة الأكسجين شحنة سالبة، وتحمل ذرتا الهيدروجين شحنتين موجبتين، كما هو موضح بالشكل التالى:



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

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

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

الأملاح فى 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، وهى (الكلورين - الصوديوم - الماغنسيوم - الكالسيوم - البوتاسيوم - الكبريت، الذى يوجد على شكل سلفات) بجانب أيونات أخرى، مثل الذهب - الفضه - النحاس - الفوسفور – اليود، ولكنها لا تشكل إلا نسبة ضئيلة من مجموع الأيونات الذائبة، لا تتجاوز ٠,١٪.

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

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

بعض الأملاح البحرية - وخصوصًا أملاح الكربونات والسيليكا - يستهلك كمية كبيرة منها من قبل المخلوقات الحية البحرية.

توزيع الأملاح فى مياه البحار والمحيطات:

يمكن أن ينظر إلى توزيع الأملاح فى مياه البحار والمحيطات من منظورين؛ الأول: التوزيع الأفقى، والثانى: التوزيع الرأسى مع العمق.

الأول: التوزيع الأفقى لأملاح البحار والمحيطات:

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

1- معدلات البخر، والتى 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؛ تبعًا لدوائر العرض والقرب، أو البعد من السواحل القارية.

3- التدفق النهرى؛ فكميات المياه التى تلقى بها الأنهار فى مياه البحار أو المحيطات، تؤثر فى ملوحتها تأثيرًا واضحًا.

4- التيارات البحرية فى 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 تبعًا للمتغيرات المذكورة آنفًا؛ ففى 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 - يؤدى إلى زيادة تركيز الأملاح فى الطبقة السطحية، ويصل إلى 37 جم / لتر، ويظهر أثر تدفق مياه الأنهار على انخفاض الملوحة فى مياه البحار قرب مصباتها؛ فالملوحة فى شمال خليج البنغال تنخفض إلى 32 جم / لتر؛ نتيجة لتدفق مياه نهرى الكنج وبراهمابترا، كما تنخفض الملوحة فى المحيط الأطلسى أمام مصبى نهر الكونغو ونهر الأمازون؛ حيث تصل مستويات الملوحة إلى 15 جم / لتر.

الثانى: التوزيع الرأسى لملوحة مياه البحار والمحيطات مع العمق:

إن ما يحكم التوزيع الرأسى لملوحة 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 مثلًا مدة بقائه 100 سنة فقط، والحديد 140 سنة، بينما تبلغ مدة بقاء الصوديوم 260 مليون سنة .. أما بالنسبة للماء، فإن مدة بقائه تقدر بنحو 4000 سنة؛ إذ يتبخر منه سنويًّا ما يعادل طبقة سمكها 1 متر.

استخدام مياه البحر فى الزراعة، وإنتاج النباتات المحبة للملوحة:

إن من أكثر المعضلات إلحاحًا على الإنسان، هى كيفية توفير احتياجات العالم من غذاء وكساء، وما يستتبع ذلك من توفير إمدادات كافية من الموارد الطبيعية، خاصة الأرض والماء، وبالتالى 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 حاليًا بالغابات، التى يجب علينا الحفاظ عليها؛ للمحافظة على التوازن البيئى والمناخ العالمى للكرة الأرضية كلها.

وإذا أضفنا لهذه المشكلة العويصة حقيقة حزينة أخرى، وهى تدهور الأراضى الزراعية الخصبة؛ سواء نتيجة للنحر أو التمليح أو التلوث فى معظم أراضى بلاد المناطق الجافة وشبه الجافة - فإن ذلك مما يحفز الإنسان لضرورة إيجاد مصادر بديلة من المياه والأراضى لزراعة المحاصيل، وزيادة الغطاء النباتى، أى يجب استمرارية التوسع الأفقى والرأسى، واستخدام الموارد غير التقليدية للمياه، والحفاظ على ما هو متاح منها فعلًا.

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

وقد قدر جلين وآخرون 1978، أن 15٪ من الأراضى المستغلة فى صحارى العالم الساحلية والداخلية المالحة، يمكن ريها من البحار، وهذه تشكل مساحة 130 مليون هكتار من الأراضى الجديدة، والتى يمكن استخدامها فى إنتاج الغذاء، دون المساس بأراضى الغابات، أو استنزاف الموارد المائية العذبة الشحيحة. **ولكى تكون الزراعة بمياه البحر مجدية - من حيث التكلفة الاقتصادية - يتعين أن نراعى شرطين:**

1- إنتاج محاصيل مفيدة، ذات مردود اقتصادى، 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 الانتقائى محليًّا، وباستخدام الهندسة الوراثية، التى 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 فى المدى الطويل- حتى لأكثر المحاصيل تحملًا للملوحة مثل نخيل البلح - أقل من 5 ملليموز. وجدير بالذكر أن ملوحة ماء البحر تتراوح بين 35 - 40 ملليموز. وكما نعلم فإن مياه البحر غنية بكلوريد الصوديوم، وهو من أكثر المواد ضررًا على النباتات النامية.

وحديثًا أظهرت بعض البحوث إمكانية استخدام نباتات برية متحملة للملوحة، أو ما يسمى بالـ Halophytes (نباتات تنمو فى الأراضى الملحية طبيعيًا)؛ 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 يقتاتها ويتغذى عليها الشعوب البدائية، مثل شعب الكوكوبا، الذى عاش حول مصب نهر كولوردو بالولايات المتحدة الأمريكية.

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

أشار "جلين" وآخرون 1998، إلى أنه يوجد أكثر من اثنى عشر نباتًا ملحيًا، أظهرت إمكانات واعدة للإنتاج الاقتصادى الزراعى فى تجارب حقلية، وأوضحوا أن أكثر النباتات الملحية تحملًا للملوحة وأكثرها إنتاجا للمادة الجافة الحيوية للمتر المربع، كانت من الأنواع الشجيرية المسماة الساليكورنيا Salicornia (أو ما يسمى الأشنان Glasswort)، ونبات الأتربكس Atriplex (الشجيرة الملحية Salt bush)، من العائلة السرخسية Chenopdiaceae، التى تشتمل على نحو 20٪ من أنواع النباتات الملحية كافة.

ضرورة استخدام مياه البحر فى الرى:

يوجد حوالى 295 مليون هكتار من أراضى الصحراء الساحلية فى العالم، وتقدر مساحة 17٪ منها (حوالى 50 مليون هكتار) أراضٍ منبسطة، تصلح للزراعة المروية (من حيث نوع التربة، ودرجة الانحدار، وأنها أراضٍ هامشية، ليس عليها تنافس لاستخدامات أخرى)، باستخدام مياه البحر كمصدر للرى .. هذه المساحة من الأرض سوف تزيد المساحات المروية فى الأقاليم الصحراوية بحوالى 80٪ .. الأقاليم ذات الأفضلية لمثل هذا الاستخدام دلتا الأنهار المختلفة؛ حيث تشكل الرواسب الساحلية أراضى صحراوية رسوبية، مثل نهر النيل والفرات وكلورادو؛ حيث نجد أن الدلتا الساحلية الرسوبية غالبًا ما تعانى من مشاكل التملح الثانوى؛ نتيجة العديد من العوامل، وتعانى من التصحر.

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

الساحلية الرملية على امتداد ساحل البحر الأحمر والخليج العربى، وكذلك المحيط الهندى، وخليج كاليفورنيا - تصلح لمثل هذا النوع من الاستخدام؛ مما يضيف مساحات إضافية تصلح للرى بمياه البحر .. ومن هذه الأراضى التى تصلح لمثل هذا الاستخدام أيضًا أراضى السبخة، الموجودة فى العديد من السهول الساحلية للبحار والبحيرات، كما فى شمال الدلتا - سيناء - شبه الجزيرة العربية، وكذلك فى السهول الجنوبية الساحلية فى أستراليا، وبعض مناطق قريبة من التجمعات السكانية، أو مدن كبيرة، مثل القاهرة - بغداد - بومباى - كراتشى ... إلخ؛ مما يشكل فرصة عظيمة للاستثمار لإنتاج أعلاف حيوانية من الهالوفيت؛ مما يخفف الضغط على استخدام المياه العذبة والأراضى 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 فى النشاط الزراعى واستصلاح الأراضى .. ولكن إلى حد ما ما زالت هذه التقنيات مكلفة، وتحتاج إلى استثمارات عالية؛ ولهذا فإن استخدام مياه البحر فى الزراعة مباشرة، يشكل أملًا متفائلًا وعظيمًا للتنمية الزراعية بطول الصحارى الساحلية، بزراعة محاصيل محبة للملوحة (الهالوفيت)، وذات العائد الاقتصادى.

وسنحاول - فى هذا المقال - أن نستعرض إمكانات هذه التقنية الحديثة، وكيفية تقييم الجدوى الاقتصادية للطرق المختلفة لاستخدام مياه البحر فى إنتاج العلف الحيوانى. وقد حاول بعض الباحثين زراعة المحاصيل التقليدية على ماء البحر، مثل الشعير، والذى يمكن - على أقل تقدير - إكمال دورة حياته على ماء البحر فى 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، والتى تنمو طبيعيًا فى مثل هذه الظروف للإنتاج الزراعى، وبالتالى 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 فى العديد من مناطق العالم الصحراوية، مثل المكسيك - خليج كاليفورنيا - الإمارات العربية وخليج عمان - الغردقة فى مصر، وفى أربعة أماكن على الخليج العربى (أبو ظبى - جبيل - كويت - رأس الزور).

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

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 فى 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 فى حدود من 17 - 34 طنًا / هكتار، والذى يحتوى على 11 - 23 طنًا / هكتار مادة عضوية من نباتات الهالوفيت، وباستخدام مياه البحر فى 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 فى 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 فى الزراعة المروية، خاصة عند استخدام مياه البحر فى الرى؛ فكما هو معروف فى الزراعة المروية، تميل الأملاح للتراكم، وإعادة التوزيع فى قطاع التربة؛ حيث يحدث تدرج فى الملوحة خلال الحقل .. فمثلًا المناطق المرتفعة يزداد تراكم الملح فيها؛ ولهذا يجب تقسيم الأرض إلى قطع، قد تكون مختلفة فى المنسوب، ولكن يجب الاهتمام بتسوية سطح التربة فى القطعة الواحدة.

وتم استخدام العديد من أنواع التربة بنجاح فى أرض سلتية طينية إلى الكثبان الرملية، والمهم أن تكون التربة جيدة الصرف الطبيعى؛ ولهذا فإنه يجب حرث الأرض ولعمق 1 متر؛ لتحسين الصرف، خاصة فى الأراضى الثقيلة، وحين يحدث للتربة الرملية انضغاط تحت الطبقة السطحية، وبالتالى لابد أن يتم إعدادها من حيث الحرث العميق، ثم الحرث السطحى، والتسوية، والزراعة، ثم الرى.

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

وغالبًا، فإن سطح البحر الصحراوى به خزان ضحل من المياه الملحية الجوفية، والتى تمتد إلى عدة كيلو مترات من حد البحر، وليس هناك أى تأثير سلبى على هذا الخزان الجوفى نتيجة استخدام مياه البحر فى الرى، كما أوضحت التجارب لمدة 10 سنوات. ولكن من الواضح أن الرى بمياه البحر سوف يتسبب فى إحداث أضرار بأى خزان جوفى للمياه العذبة؛ ولهذا لابد من عمل دراسات هيدرولوجية للخزانات الجوفية للمنطقة المراد استخدام تقنية الرى بمياه البحر بها (عمق - نوعية - كمية)، ويجب دراسة الخواص الهيدروفيزيقية للتربة. وإذا كان الموقع بجوار سلسلة جبال موازية للساحل - كما فى حالة البحر الأحمر - فيجب المحافظة على المياه العذبة التى تتجمع تحت وادى الجبل، أو على حافل الساحل الرملى.

احتياجات الرى بمياه البحر:

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

الشرط بخلاف الرى بالمياه العذبة؛ حيث يكون الرى بناءً على مستوى الرطوبة الأرضية، وليس على أساس ملوحة التربة فى الريزوسفير. فعادة فى ظروف الرى التقليدية، يتم الرى عندما تقل رطوبة التربة إلى 50٪، ولكن فى حالة الرى بمياه البحر، وعند نقص الرطوبة الأرضية إلى 50٪، يكون مستوى الملوحة فى منطقة الجذر ضِعف 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 فى قطاع التربة .. كذلك فمن الضرورى إضافة احتياجات غسيلية حوالى 25٪ أو أكثر فى كل رية؛ وذلك لغسل الأملاح، وطردها أسفل منطقة الجذور.

ولهذا، فإن قصر فترات الرى والغسيل الوافر للأملاح، هو المفتاح الرئيس لتحقيق النجاح، والحصول على محصول عالٍ من الهالوفيت، باستخدام مياه البحر. كما يجب جدولة الرى من 1 - 10 أيام، حسب نوع التربة وظروف الموسم والمناخ، فمثلًا فى حالتى الكثبان الرملية أو الساحل الرملى، يجب أن يتم الرى بصفة منتظمة يوميًّا فى موسم الصيف، بينما فى الأراضى السلتية والرملية اللوميةٍ - التى يمكن أن تحتفظ بماء كافٍ - يمكن الرى كل 10 أيام فى 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 فى مثل هذا النوع من المشاريع، وهو يتجاوز باقى العوامل، مثل طريقة الرى، وكمية المياه المطلوبة، والممارسات الزراعية المطلوبة.

وعادة، فى حالة الإمداد المباشر من ماء البحر، يكون على هيئة رصيف بحرى، يمتد فى البحر؛ حيث تمتد مواسير لجلب المياه بواسطة مضخات، ويجب إنشاء قنوات رى فى 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 فى هذه المنشآت البيئية البحرية، وحركة الأمواج والرياح والأعاصير - مشاكل صعبة عديدة، يجب دراستها، وأخذها فى 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، ففى حالة توافر خزان جوفى، فإن آبار مياه البحر

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

طريقة الأحواض الصغيرة المغمورة:

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

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

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

طريقة أحواض السبخة المغمورة:

تم تجربة العديد من تصميمات الأحواض المغمورة بنجاح على أرض السبخة الملحية فى (أبو ظبى)، وتم تعديل التصميم؛ بحيث تستفيد من حركة المد والجذر بدلًا من استخدام المضخات فى غمر الأحواض بالحقل، وتم تجربته بمنطقة الجبيل بالسعودية. وأراضى السبخة عادة أراضٍ 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 مقسمًا إلى أحواض منفصلة، ولكن المساحة كلها أرض سبخة، يمكن غمره إلى عمق 2 - 5 سم مرة واحدة.

وفى 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 فى مستوى الماء فى الحقل، ولغمر الحقل تقفل البوابة، ويسمح لمياه البحر - سواء نتيجة لحركة المد أو باستخدام مضخة - بالمرور فى أنبوب الرى الرئيسة، ومنها إلى قنوات الرى وخطوط النباتات، ولصرف المياه من الحقل، تفتح البوابة، ونظرًا لعدم انتظام المد والجذر، فإن الأمر يحتاج إلى مضخة غالبًا.

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

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

أحواض الغمر الكبيرة:

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

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

الرى بالرش المحورى:

الرى بالأذرع المتحركة تم تعديله لاستخدام ماء البحر، وتم اختباره فى مزرعة بالجبيل بالسعودية، وتم تجربته على مدى أوسع، حوالى 300 هكتار فى مزرعة مخصصة للرى بمياه البحر فى رأس الزور بالسعودية.

وقد تم زراعة السالكورنيا، حيث يمكن استخدام الرى بالرش بماء البحر فى 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 فى الرى والغسيل كانت حوالى 2 - 3م طول فترة نمو المحصول 250 يومًا (حوالى 1.25-1.5 مدة قدر معدل البخر). والآلات والأنابيب المستخدمة فى هذا النظام، يجب أن تكون مقاومة لتأثير ماء البحر، وفى حالة إذا ما احتاج محصول الهالوفيت للرى يوميًا، يجب ألا يزيد حجم المزرعة عن 50 هكتارًا.

الرى بالتنقيط:

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

ومن الخبرات المتراكمة، تبين أن الرى بمياه البحر يتوقف نجاحه على كفاءة نظام الرى المستخدم، وكنتيجة لانخفاض كفاءة الرى، تستخدم كميات كبيرة من مياه البحر، على ألا يسمح باستنزاف المياه حتى تصل إلى نقطة الذبول بين الريات؛ لأنه فى هذه الحالة، سوف يكون تركيز الملح عاليًا جدًا فى 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 تقليدى لتغذية الحيوان، بالرغم من بعض المشاكل التى 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 اقتصاديًا، يجب أن يكون أداؤها كأعلاف أكبر، أو على الأقل مساويًا للأعلاف التقليدية، وقد أثبتت العديد من الدراسات أنه فى ظل عدم توفر الأعلاف الكافية للحيوان، خاصة فى ظروف المناطق الصحراوية، فإن أصنافًا معينة تم زراعتها بنجاح، ويمكن استخدامها كبديل للأعلاف.

ويجب أن نراعى أنه فى حالة استخدام الهالوفيت كأعلاف، فقد تحتاج الحيوانات زيادة استهلاك مياه الشرب، وقد يصاحب ارتفاع نسبة استهلاك العلف لكل وحدة زيادة فى وزن الحيوان؛ وذلك نتيجة لزيادة المحتوى المعدنى فى الهالوفيت، وعندما نستخدم الهالوفيت بكفاءة مع خليط مكونات العليقة، فإن الزيادة فى الوزن وخصائص الذبيحة المغذاة على مكونات عليقة تتضمن الهالوفيت، يكون مساويًا لتلك المغذاة على الأعلاف التقليدية. ومن أكثر نباتات الهالوفيت التى درست واستخدمت كعليقة، هو صنف السالكورينا والقطف، كما يتضح من الجدول المرفق. وأظهرت النتائج بجامعة أريزونا على الأغنام، أنه يمكن استخدام السالكورنيا (بذور - وساق)، وكذلك القطف، كبديل للعلائق المصنعة من حشائش البرمودا، أو علف بذرة القطن. ويتم زراعة السالكورنيا (نبات عصارى) لإنتاج بذور الزيت والقش، ويمكن استخلاص الزيت بعصر البذور، ويتبقى مواد عضوية خالية من الأملاح، ويمكن استخدامها فى علائق الحيوان، كما يمكن استخدام الزيت كمصدر عال للطاقة فى 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، التى تتعارض مع تغذية الدواجن، ولكنها مصدر مقبول للبروتين، وتصلح تغذية للحيوانات المجترة. ويحتوى قش السالكورنيا على 30 - 40٪ رماد معدنى، وكمية قليلة من البروتين 4 - 6٪. ومكونات الأليف يمكن هضمها بسهولة، ولوحظ أن معدل نمو الحيوانات المغذاة عليها يكون مساويًا للمجموعة نفسها التى تم تغذيتها على عليقة حشائش الروادس والبرمودا الساحلية، وقش القمح، أو خليط بين قش القمح مع البرسيم، طالما أن عليقة الحيوان متزنة فى محتواها من البروتين والطاقة.

ويمكن إزالة الملح من القش، بنقعه فى ماء البحر لمدة ساعة؛ لإذابة الأملاح من عصارة الخلايا، ثم يتم صرف الماء وضغط القش؛ لإنقاص الرطوبة إلى 50٪ أو أقل، ويكون الناتج عادة 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، والتى تنمى على مياه البحر، بأنه يجب تجفيفها، ثم قطعها إلى أحجام صغيرة، وخلطها فى مكونات عليقة، مع الأخذ فى الاعتبار أن محتوى العليقة يحتوى على مصدر كافٍ من الطاقة والبروتين، وألا يزيد محتوى الملح عن 10٪ فى 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 فى هذه المناطق.

رى المحاصيل بمياه البحر:

تعتبر مشكلة المياه من أهم المشاكل والتحديات التى يمكن أن تواجه البشرية فى المستقبل القريب، ومن الواضح أن هذه الأزمة آخذة فى الاستفحال، ولعل ذلك ما تدعمه 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 فى 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 التى تعيش على كوكبنا، تعتمد فى غذائها على النباتات المسقية بمياه الأمطار، أو المياه العذبة من الأنهار، أو المصادر الأرضية الأخرى، ولا تستطيع أى من النباتات الخمسة الرئيسة التى 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 فى توفير الكفاية من الأراضى 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 الزراعى إلا نحو 0.93 مليون كم2، الجزء الأكبر منها تغطيه الغابات التى يجب حمايتها؛ مما يعنى حاجتنا إلى مصادر بديلة من المياه والأراضى للزراعة.

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

(الصوره توضح أنـواعًا مـن الأُشـنان glasswort، والـساليكورنيا بـايجيلوفي Salicornia bigelovii، التى تنمو - عادة - فى المستنقعات الشاطئية. وبسبب قابليتها للازدهار فى مياه البحـر تُعَدّ نباتات الأشنان من أكثر المحاصيل المبشِّرة حتى الآن للنمو باستعمال الرى بمياه البحـر، على طول الشواطئ الصحراوية؛ حيث إنها يمكن أن تُؤكل مـن قِبـل الماشـية، كمـا يُـستخرج مـن بذورها زيت له مذاق البندق.

تُعَدُّ الزراعة بمياه البحر فكرة قديمة، وقد حظيت بالاهتمام الجدى لأول مـرة بعـد الحـرب العالمية الثانية. ففى عام 1949 ذهب كل من (H. بويكو) المتخـصص فى البيئـة و(E. بويكـو) المتخصصة فى البستنة، إلى مدينة إيلات على البحر الأحمـر؛ لاسـتحداث بيئـة ريفيـة خـضراء، يمكن أن تجذب المستوطنين. ونظرًا لشح المياه العذبة، لجـأ هـذان الزوجـان إلى اسـتعمال ميـاه الآبار المالحة، أو تلك التى يجرى ضخُّها مباشرة من البحـر، وأوضـحا أن العديـد مـن النباتـات تستطيع النمو فى الترب الرملية، إلى ما يتجاوز حدودها الطبيعية لتحمل الملوحة.

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

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

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

1- أن تنتج محاصيل مفيدة بمردود عالٍ؛ بما يكفى لتبرير تكاليف ضخ مياه الرى من البحر.

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

محاذير استخدام مياه البحار فى الرى:

لا يجوز استخدام مياه البحار فى الرى فى الحالات التالية:

1- فى الأراضى التى تحوى خزانات مياه جوفية عذبة؛ وذلك خشية تسرب الأملاح إلى المياه العذبة.

2- فى الأراضى التى لا تعانى من التملح، أو الأراضى التى تتميز بمعدل ملوحة يقل عن ملوحة مياه البحر.

3- فى الأراضى التى يمكن أن تسرب الأملاح إلى أراضٍ أخرى تحوى خزانات مياهٍ جوفية.

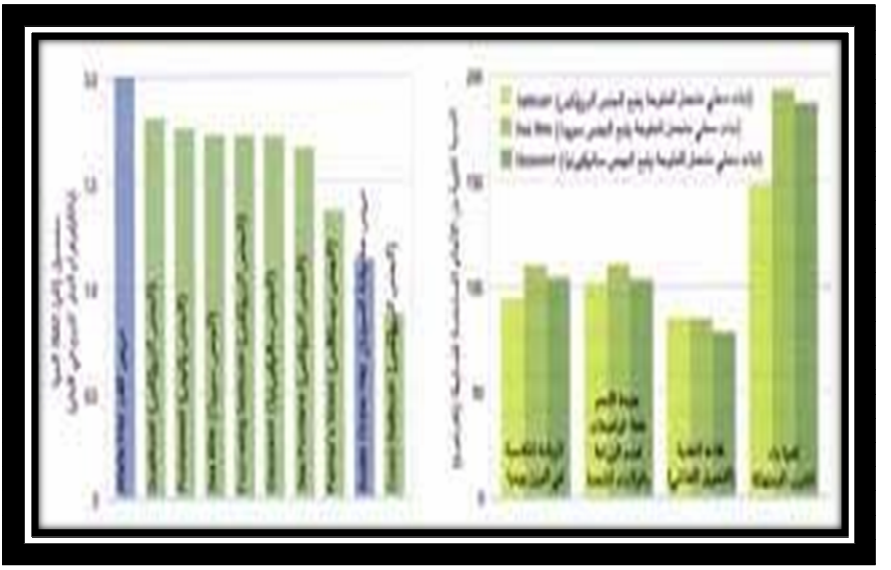
المحاصيل الملحية:

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

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

لقد تمثل منهجنا فى استخدام نباتات برية متحملة للملوحة، تدعى النباتات الملحية (halophytes: النباتات التى تنمو فى الترب الملحية)؛ بقصد استعمالها محاصيلَ غذائية أو علفية (forage crops: المحاصيل النباتية المروية المستعملة كأعلاف للماشية، والتى يتم جمعها وهى خضراء)، أو زيتية. وقد بدا لنا منطقيًّا أن تغيير الأساس الفيزيولوجى لأى محصول تقليدى - من حساس للملوحة إلى متحمل لها - سيكون أمرًا صعبًا؛ وعليه فإنه من الأجدى استعمال نبات برى متحمل للملوحة.

وفى عام 1978، بدأنا تجاربنا على أكثر النباتات تبشيرًا بالنجاح فى الصحراء الساحلية لپورتو پيناسكو، عند الساحل الغربى للمكسيك .. فكنا نروى النباتات يوميًّا بغمر الحقل بمياه البحر العالية الملوحة (40 ppt)، والمأخوذة من خليج كاليفورنيا. ولما كان معدل هطول الأمطار لا يتجاوز 90 مليمترًا فى السنة فى پورتو پيناسكو ـ وبسبب قيامنا بغمر أحواض زراعاتنا التجريبية من الأرض بعمق إجمالى سنوى يقدر بنحو 20 مترًا أو أكثر من مياه البحر - فقد كنا واثقين من أن نمو النباتات اعتمد بصفة شبه كاملة على مياه البحر (قمنا بحساب معدلى هطول المطر والرى، تبعًا للعمق بالأمتار للمياه التى تسقط على الحقول، بدلًا من الأمتار المكعبة التى هى مقياس للحجم).



تتطلب الزراعة بمياه البحر تقنيات زراعية، تختلف عن الزراعة بالمياه العذبة. فمن أجل تنمية الشجيرة الملحية (saltbush) الأتريپلكس Atriplex))، باعتبارها نباتًا متحملًا للملوحة، يمكن استعماله لتغذية الماشية، يجب أن يغمر المزارعون المستخدمون لمياه البحر حقولهم مرارًا.

يضاف إلى ذلك أن روافع الرى (فى الوسط) يجب أن تكون مبطنة بالأنابيب البلاستيكية؛ لحمايتها من الصدأ عندما تلامس المياه المالحة. ولكن بعض التقنيات يمكن أن تبقى كما هى، فمثلًا تُستخدم التجهيزات المعيارية نفسها لجنى بذور الساليكورنيا فى اليمين.

وعلى الرغم من التفاوت فى كميات المحصول بين الأنواع النباتية، فإن أكثر النباتات الملحية إنتاجًا، أعطت ما بين 1 و2 كجم من الكتلة الجافة الحية (الحيوية) (dry biomass: الوزن الكلى الجاف للكائنات الحية فى وحدة المساحة) للمتر المربع ـ وهذا ما يعادل تقريبا نتاج القت (الفصّة / البرسيم الحجازى) alfalfa، المروية بالمياه العذبة. ولقد كان من بين أكثر النباتات الملحية تحملا للملوحة وعطاء فى الإنتاج، الأنواع الشجيرية المسماة الساليكورنيا Salicornia (الأُشنان glasswort) والسويدا Suaeda (البقلة البحرية sea blite) والأتريپلكس Atriplex (الشجيرة الملحية salt bush) من العائلة السرمقيةChenopodiaceae ، التى تشتمل على نحو 20 ٪ من أنواع النباتات الملحية كافة. هذا وقد أعطت إنتاجيةً عالية تلك الأعشاب المتحملة للملوحة، مثل الديستيكلس Distichlis والأعشاب الكرمية المفترشة للأرض ذات الأوراق العصيرية، مثل الباتيس Batis. (وهذان النباتان لا يعتبران من العائلة السرمقية Chenopodiaceae، وإن كانا ينتميان إلى عائلتى القبا Poaceae والباتيدياسى Batidaceae على التوالى).

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

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

لقد تمثلت خطتنا فى إدخال النباتات الملحية جزءًا من عليقة (خلطة غذائية) للماشية، بحيث تحل محل دريس العلف hay forage، مكونة بذلك نسبة تتراوح بين 30 و50 ٪ من الاستهلاك الغذائى الكلى للأغنام والماعز (وهذه النسب هى المستويات النموذجية للعلف المستعمل فى تسمين حيوانات الذبح). لقد وجدنا أن الحيوانات التى اقتاتت العلائق المحتوية على الساليكورنيا والسويدا والأتريپلكس قد حققت زيادة فى الوزن، تماثل تلك التى حققتها الحيوانات التى اقتاتت علائق تحتوى 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 تُبْدِ صدودًا لتناول العلائق المخلوطة بالنباتات الملحية؛ بل إنها فى الواقع بدت منجذبة للمذاق الملحى، ولكن الحيوانات التى تغذت بهذه العلائق الغنية بنباتات ملحية، شربت من الماء أكثر من مثيلاتها التى تغذت بالدريس؛ تعويضًا عما تناولته من ملح زائد .. كما أن نسبة التحويل الغذائى feed conversion ratio لدى حيوانات التجربة (بمعنى كمية اللحم التى أنتجتها فى مقابل كل كجم من العلف)، كانت أدنى بنسبة 10 ٪ عن الحيوانات التى تغذت بالعليقة التقليدية.

الزراعة من أجل الزيت:

لقد وجدنا أن نبات الساليكورنيا بايجيلوڤى Salicornia bigelovii هو أكثر النباتات الملحية تبشيرًا بالنجاح؛ فهو نبات حولى عديم الأوراق وعصيرى (succulent: نبات كثير العصارة وذو أنسجة لحمية غضّة)، يستوطن المستنقعات المالحة، محتلًّا مساحات جديدة فى الأراضى الموحلة، من خلال إنتاجيته العالية للبذور. وتحتوى هذه البذور على نسبة عالية من الزيت (30 ٪)، والبروتين (35 ٪)، مماثلة فى ذلك - إلى حد بعيد - لفول الصويا ومحاصيل البذور الزيتية الأخرى، كما أن محتواها الملحى أقل من 3 ٪. ويتميز ذلك الزيت بتعدد الروابط غير المشبعة، مشابهًا زيت العصفر safflower فى مكوناته من الحموض الدهنية (الدسمة). ويمكن لهذا الزيت أن يُسْتَخلص من البذور، وينقى باستعمال تجهيزات تقليدية؛ وهو زيت غذائى، ذو طعم طيب، يشبه طعم البندق، وذو قوام شبيه بزيت الزيتون. ولكن به هِنَّة صغيرة،

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

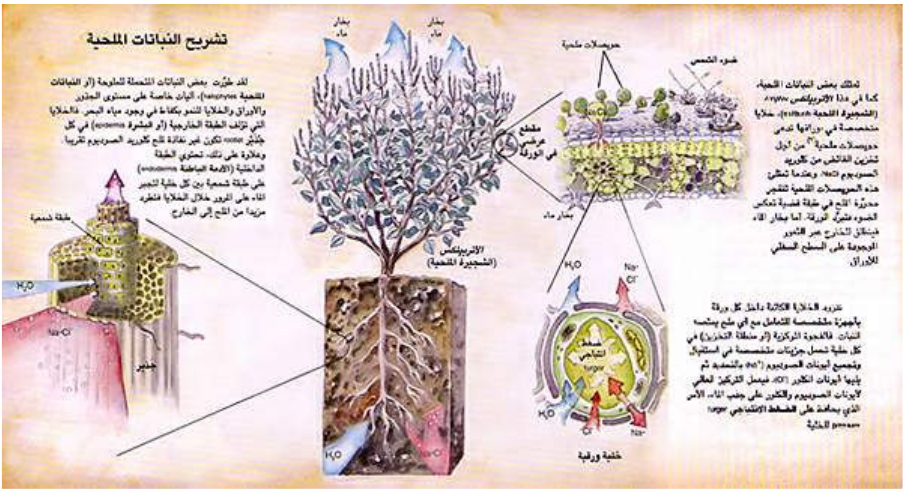
لقد شاركنا فى إنشاء عدد من مزارع الساليكورنيا كنماذج تمهيدية، تصل مساحتها إلى 250 هكتارًا فى المكسيك، ودولة الإمارات العربية المتحدة، والمملكة العربية السعودية، والهند. وفى غضون ستة أعوام من التجارب الحقلية فى المكسيك، بلغ معدل المحصول السنوى للساليكورنيا 1.7 كجم كتلة حية إجمالية، و0.2 كجم من الزيت لكل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

وفى الحالة العادية، لا تروى المحاصيل إلا عندما تجف التربة حتى نسبة تقارب 50 ٪ من سعتها الحقلية، (field capacity: نسبة الرطوبة المتبقية فى التربة بعد طرح الماء الزائد بفعل الجاذبية الأرضية)، وهى مقدار الماء الذى 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 الرى بمياه البحر يتطلب ريًّا غزيرًا، قد يتكرر يوميًّا؛ وذلك لمنع تراكم الملح فى منطقة الجذور إلى الحد الذى يثبط النمو.

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

lisometers - كانت ذات مصارف قاعيّة، يمكن أن تمرر الفائض من الماء إلى نقاط جمع عديدة خارج قطع الأراضى التجريبية؛ الأمر الذى يسمح لنا بقياس حجم ماء الصرف وملوحته. وباستعمال هذه الليزومترات، قمنا - ولأول مرة - بحساب الميزانيْن المائى والملحى اللازمين لرى محصول مروى بمياه البحر. ولقد وجدنا أن كم الكتلة الحية التى يعطيها الساليكورنيا يمكن أن يزداد عندما تتجاوز ملوحة الماء الذى يغمر جذورها 100 ppt، وهو ما يعادل تقريبا ثلاثة أضعاف ملوحة البحر؛ لذا فإنها تحتاج إلى ما يقرب من 35 ٪ زيادة من مياه الرى عند تنميتها باستعمال مياه البحر، وذلك مقارنة بالمحاصيل التقليدية التى تُنمى باستعمال المياه العذبة. وتحتاج الساليكورنيا هذا الماء الإضافى؛ لأنها حينما تمتص الماء انتقائيًّا من مياه البحر، تجعل درجة ملوحة المتبقى من هذا الماء متجاوزة حدود إمكان استعماله.

تشريح النباتات الملحية:



تمتلك بعض النباتات الملحية - كما فى الأتريبلكس Atriplex (الشجيرة الملحية saltbush)) - خلايا متخصصة فى أوراقها، تدعى حويصلات ملحية (salt bladders: حويصلات موجودة فى بعض الأوراق النباتية، تحتوى على محلول ملحى عالى التركيز)؛ من أجل تخزين الفائض من كلوريد الصوديوم NaCl. وعندما تمتلئ هذه الحويصلات الملحية تنفجر، محرِّرة الملح فى طبقة فضية، تعكس الضوء، فتبرِّد الورقة .. أما بخار الماء فينطلق للخارج، عبر الثغور الموجودة على السطح السفلى للأوراق.

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

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

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

هل يمكن أن تكون الزراعة بمياه البحر اقتصادية؟:

أولًا: إن أكبر تكاليف الزراعة بمياه البحر تكمن فى ضخ المياه نفسها: وتتناسب نفقات الضخ هذه مع كميات المياه التى 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 رفعًا للمياه، يقل عما تحتاج إليه مزارع المحاصيل التقليدية، التى غالبًا ما ترفع الماء من آبار، يزيد عمقها على 100 متر. ونظرًا لأن ضخ مياه البحر عند مستوى البحر أرخص كلفة من ضخ المياه العذبة من الآبار، فلابد أن تكون الزراعة بمياه البحر مجدية التكاليف فى المناطق الصحراوية، حتى ولو كان مردودها أقل منه فى الزراعة التقليدية بالمياه العذبة.

عمومًا لا يتطلب الرى بمياه البحر تجهيزات خاصة؛ فالمزارع الاختبارية الكبرى، استعملت إما الرى بغمر أحواض واسعة، أو الرى برشاشات على روافع متحركة moving booms، وهذه الطريقة الأخيرة تُستعمل فى إنتاج العديد من المحاصيل. وعند استعمال مياه البحر، يتم إدخال أنبوب بلاستيكى فى الرافع؛ بحيث يمتنع تماس مياه البحر مع المعدن. هذا وقد تم جنى بذور الساليكورنيا بنجاح باستعمال حصّادات درّاسة عادية، أُعدت لاستبقاء أكبر قدر ممكن من البذور الصغيرة جدًّا، والتى يقارب وزنها ملّيجرامًا واحدًا فقط.

ومع ذلك، فإن الساليكورنيا - التى تمثل ذروة نجاحنا حتى الآن - لا تعتبر النبات المثالى؛ فهذه النباتات تنزع نحو الرقاد (تستلقى منبسطة أفقيًّا فى الحقل) عند اقتراب الحصاد، ويمكن للبذور أن تتبعثر (تنتثر قبل حصادها) .. يضاف إلى ذلك، أن البذور التى 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 فى 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 فى العالم تقع فى 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 الرى باستعمال مياه البحر؛ ففى الواقع، لا تفلح العديد من مشاريع الرى التى تُستعمل فيها المياه العذبة فى اجتياز اختبار الاستدامة بنجاح؛ فغالبًا ما يطبق فى المناطق القاحلة الرى بالمياه العذبة فى أحواض من الأرض ذات صرف محدود؛ الأمر الذى يقود إلى زيادة تملح المياه فى طبقات ما تحت التربة بالحقول. إن ما بين 20 و24 ٪ من أراضى العالم المروية بالمياه العذبة، تعانى زيادة تركيز الملح فى منطقة الجذور .. وعند استفحال المشكلة، يجب أن ينشئ المزارعون نُظُمًا للصرف المغطى باهظة التكاليف، وقد يؤدى التخلص من مياه الصرف المتجمعة فيها إلى خلق المزيد من المشكلات. وكمثال على ذلك، فإن فضلات المياه التى ترشحت (تصرفت) فى الأراضى الرطبة بوادى سان جواكان فى كاليفورنيا، قد أدت إلى موت الطيور المائية وتشوهها؛ بسبب التأثيرات السامة لعنصر السيلينيوم .. ذلك العنصر الذى يتواجد بصورة تقليدية فى تُرَبَ غرب الولايات المتحدة الأمريكية، ولكن استمرار تجمعه قد تَسبب فى رفع تركيزاته إلى مستويات عالية فى مياه الصرف.

إن الزراعة بمياه البحر ليست بالضرورة بمعزل عن مثل هذه المشكلات، لكنها تقدم - بالتأكيد - بعض المزايا؛ ففى 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 فى منطقة الجذور. ومن ناحية أخرى، فإن الطبقات المائية فى المناطق الصحراوية المالحة (الداخلية والساحلية)، غالبًا ما تكون قد ارتفعت فيها تراكيز الملح بالفعل؛ وبذلك فهى لن تُضارّ بمياه البحر.

ثالثًا: إن الترب المتأثرة بالأملاح - والتى نقترح البدء بزراعتها بمياه البحر - غالبًا ما تكون جرداء أو شبه جرداء؛ وعليه فإن إنشاء مزرعة تروى بمياه البحر، يمكن أن يكون تأثيرها فى 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، أدّت مزارع الرُبيان (القريدس) الساحلية الواسعة النطاق، إلى انتشار نباتات طحلبية algal، وسبّبت مشكلات مَرَضيّة فى الأنهار والخلجان التى تتلقى فضلات تلك المزارع من مياه غنيّة بالغُذَيّات (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، والذى تجرى إعادته إلى البحر مرة أخرى فى 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 إلقائها مباشرة فى البحر؛ ذلك أن محصول النبات الملحى سيستعيد العديد من الغُذَيّات فى هذه المياه، مقللًا من كمياتها. ولقد أنشأنا أولى مزارع النباتات الملحية الاختبارية هذه فى المكسيك؛ بقصد تكرير (إعادة تدوير) recycle المياه المطروحة من مزارع الرُبيان؛ 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 بالسيلينيوم، والمتجمعة فى وادى سان جواكوين بكاليفورنيا. ويعد السيلينيوم بمستويات منخفضة أحد المغُذَيّات الأساسية، ولكنه يصبح سامًّا فى مستوياته المرتفعة. وتأخذ النباتات الملحية النامية على مياه الصرف فى هذا الوادى حاجتها من السيلينيوم، 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 - فى أواخر السبعينيات - هو إثبات جدوى ذلك النوع من الزراعة؛ والتوقع أن نشهد له تطبيقًا تجاريًّا فى خلال عشر سنوات، إلا أنه بعد انقضاء عشرين عامًا، لا تزال الزراعة بمياه البحر فى مراحلها الأولية من التنامى التجارى. ولقد أنشأت عدة شركات مزارعَ اختبارية للنباتات الملحية - مثل الساليكورنيا أو الأتريبلكس - فى كاليفورنيا والمكسيك والمملكة العربية السعودية ومصر وباكستان والهند؛ ولكن - على حد علمنا - لم يدخل أى منها حيّز الإنتاج على نطاق واسع. أما تجربتنا البحثية، فإنها تقنعنا بجدوى الزراعة بمياه البحر.

ويتوقف ما إذا كان العالَم سيلتفت إلى هذا البديل فى 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 - والأراضى الرطبة، وهو ما يفسره بقوله: «أشجار المانجروف أو الشورى تعيش فى مياه البحر المالحة، وهذه البيئة معروف عنها ضآلة الأكسجين بها، لدرجة لا تكفى لتنفس هذه الأشجار».

ولذلك تنمو لهذه الأشجار جذور تنفسيّة 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، وتتدلّى فى الهواء للغرض نفسه، أيضًا بذور بعض هذه الأنواع تبدأ فى الإنبات وهى ما زالت ثمارًا على أفرع الأشجار، ثم تسقط البذور بعد الإنبات؛ لتتسرّب جذورها الصغيرة فى التربة تحت سطح الماء.

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

الأخطار التى تواجهها أشجار المانجروف:

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

الأنواع والأشكال:

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

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

استخدامات المانجروف:

هذه الشجرة كل أجزائها تستخدم فى الصناعات؛ كإنتاج الأصباغ، والراتنجات «المواد اللدنة»، ومواد الدباغة، وصناعة القوارب، وعلب الكبريت، واللعب الخشبية، وبناء المنازل الشاطئية، أما أوراقها فتعد مصدرًا مهمًّا 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 القفرة 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 فى القطبين وغرق المناطق الساحلية، بالإضافة إلى إنتاج تلك الغابات المستنقعية للخشب الثمين والأعلاف والأسماك.

ويقترح المختصون أن يتم إنشاء سواقى 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 فى حدود 8 ، كما أن أشجار المانجروف تعيش على مياه البحر؛ بل إنها تحتمل درجة ملوحة أعلى من درجة ملوحة مياه البحر.

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

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 فى إحدى التجارب من زراعة أشجار المانجروف على شواطئ لا تنمو فيها عادةً تلك الأشجار، وذلك بدفن كيس بلاستيكى 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 فى الهكتار، ومن الممكن - من الناحية النظرية - تنفيذ هذا المشروع فى 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 طبيعى، وفى بعض الأحيان يمكن لعنصر الصوديوم فى 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 فى محور الورقة adaxial ، حيث يحوى محور الورقة خلايا حسية palisade cells عملاقة، مملؤة بصمغ مائى mucilage.

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

3- آلو فيرا (الصبار) Aloe vera:

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

منخفضةlow molecular weight organic solutes كالسكر. ويمكن رى الصبر بماء يتكون من 60٪ ماء بحر و40٪ ماء عذب.

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

بالرغم من القيمة الجمالية والمناخية والبيئية للمروج الخضراء، فإنها تستهلك كميات كبيرة من مياه الرى، تعادل المقادير التى 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 فى الرى - من تسرب تلك المياه إلى المياه الجوفية العذبة؛ لذلك يتوجب إمالة المسطحات الخضراء باستخدام الآليات الهندسية نحو مصارف خاصة، بحيث يتم تصريف مياه الرى الزائدة إلى تلك المصارف، ومن الواجب إعادة مياه الصرف إلى البحار، وإذا أمكن استخدام طبقات عازلة بين سطح التربة الذى يروى بالمياه المالحة، وبين الأجزاء السفلى من التربة، فإن ذلك سيكون شيئًا جيدًا، كما يتوجب مراقبة درجة ملوحة المياه الجوفية فى تلك المواقع بشكل دائم.

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

وتجنبًا لتحول التربة فى تلك المواقع إلى ترب متملحة – صوديوية saline-sodic، يوصى بإضافة الجبس gypsum والجير lime.

5- السيسوفيوم Sesuvium verrucosum نبات مقاوم للتملح:

الجنس: سيسوفيوم Sesuvium.

النوع النباتى: فيروكوزوم verrucosum.

Sesuvium erectum: العائلة النباتية Aizoaceae أيزوآيسى Fig-marigold family

حشيشة الثلج، نبات الجليد iceplant family.

السيسوفيوم عشبة عصارية 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 المثألة verrucose sea- purslane .. والموطن الأصلى لنبات السيسوفيوم هو الأمريكتين؛ حيث ينمو على شواطئ البحار والمحيطات هناك، كما ينمو كذلك فى المناطق الداخلية قرب السباخ)والسباخ جمع سبخة، وهى المستنقع ذو المياه المالحة).

وتظهر أزهار السيسوفيوم فى 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 التى تزرع كأغطية للتربة Groundcovers، وجذور هذا النبات ليفية fibrous roots، ويتكاثر بواسطة البذور، ويمكن إكثاره بوسائل الإكثار الخضرى.

وبالإضافة لمقاومة هذا النبات للتملح، فإنه يقاوم الجفاف، ويحتمل الترب القلوية alkaline التى يتراوح رقمها الهيدروجينى pH بين 7.9 و8.5.

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

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

نبات خرشوف القدس Jerusalem Artichoke واسمه العلمى Helianthus tuberosus هو من النباتات المقاومة للتملح، ويروى هذا النبات فى الصين بمزيج من مياه البحر والمياه العذبة، بل إن إضافة نسبة تتراوح بين 25٪ و50٪ من مياه البحر إلى المياه المعدة لرى هذا المحصول، قد زاد من إنتاجيته، وبذلك يمكن زراعة خرشوف القدس فى الأراضى المتملحة بنجاح.

7- السبارتنا Spartina:

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

من النباتات التى تقوم بعملية تثبيت الكربون خلال عملية التركيب الضوئى وفق النمط C4، فهى نباتات متأقلمة مع ظروف الحرارة المرتفعة، وأشعة الشمس الشديدة، والجفاف، وقلة النيتروجين، وقلة ثنائى أكسيد الكربون CO2، كما أن أوراق هذه النباتات غالبًا ما تتميز ببنيةٍ تشريحيةٍ 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 فى وسط نمو تصل ملوحته إلى ppt60، وكما ذكرت سابقًا فإن درجة ملوحة مياه المحيطات والبحار هى بحدود 35 ppt، وهذا يعنى أن بإمكان السبارتنا أن تتحمل الإجهاد الملحى العالى؛ حيث تمتلك السبارتنا غددًا تقوم بطرح الأملاح الزائدة عن طريق أوراقها. هذا النبات يتكاثر تكاثرًا لا جنسيًّا، عن طريق الريزومات، كما أنه يتكأثر تكاثرًا جنسيًّا عن طريق البذور؛ حيث من الممكن أن تتحول بادرة واحدة إلى مستعمرةٍ ضخمة من النباتات.

تستطيع السبارتنا العيش فى الرمال والحصى والترب الطينية والطمى، وتحتمل العيش فى تربٍ ذات نفوذيةٍ سيئة، كما تستطيع أن تحتمل التعرض للغمر فى الماء المالح بشكلٍ تام لمدة تزيد عن تسع ساعات؛ وذلك لأنها تمتلك فجواتٍ هوائية داخلية، تمكنها من القيام بالمبادلات الغازية الحيوية أثناء الغمر فى الماء، وكذلك فإن السبارتنا تستطيع القيام بعملية التركيب الضوئى بفاعلية عالية فى درجات الحرارة المنخفضة، وهو الأمر الذى تعجز كثير من النباتات عن القيام به.

وكما ذكرت سابقًا، فإن السبارتنا هى نباتٌ معمر متساقط الأوراق؛ حيث تتساقط أوراقه فى الخريف، بينما تبقى ريزوماته فى التربة طيلة فصل الشتاء فى حالة سكون، بانتظار قدوم الربيع؛ حيث تقتات كثيرٌ من الكائنات على تلك الريزومات، كالإوز ودجاج الماء، بينما تقتات الأسماك على أوراق هذا النبات.

الأهمية الاقتصادية والبيئية للسبارتنا:

1- نبات فريد، يستطيع النمو فى مناطق ميتة، ذات ملوحة تصل إلى ضعفى درجة ملوحة مياه البحار، كما يستطيع تحمل الغمر فى الماء لساعاتٍ طويلة دون أن يختنق.

2- ريزومات النبات تعمل على تثبيت الرمال والطمى، وبذلك فإن السبارتنا هى من النباتات التى تقوم عوامل الانجراف والتصحر والتعرية.

3- باعتبار أنه نبات معمر، فإننا لا نحتاج إلى إعادة زراعته فى كل موسم، وهذه ميزة اقتصادية مهمة.

4- ليس من الضرورى أن نستزرع جميع الأماكن التى نرغب فى أن نغطيها بهذا النبات؛ وذلك يرجع إلى مقدرة النبات العالية على التكاثر والانتشار، حيث يكفى أن نقوم بزراعة بقعٍ متفرقة بهذا النبات.

5- نبات قوى وسريع النمو، يصلح لصناعة أعلاف المواشى والدواجن، كما أن بالإمكان زراعته على طول الشريط الساحلى للبحار والمحيطات؛ حيث يروى تلقائيًّا بمياه المد، مشكلًا مراعٍ خصبة للمواشى والدواجن القابلة للرعى كالإوز.

6- يضفى حياةً على الشواطئ الجرداء الميتة، ويؤمن الطعام والملجأ للطيور والأسماك؛ مما يؤدى 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- فى 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 آلياتٍ زراعية؛ فكل ما نحتاج إليه هو مشتلٌ للأمهات المنتجة للريزومات والبذور، يمكن أن ننشئه فى 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 للتملح:

Suaeda monoica Forsk
Suaeda aegyptiaca
Suaeda depressa

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

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

إن شجيرة السويدا هى من نمط نباتات رجل الإوز العصارية المقاومة للتملح، وهى من التباتات رباعية الكربون، الذى يعرف بمقاومته للتملح والحرارة المرتفعة، واقتصاده فى 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 العربى	العائلة	ملاحظات
Aglaia cucullata	أجلايا كالكيولاتا	Meliaceae	تمتلك هذه النباتات جذورًا هوائية، شبيهة بجذور المانغروف.
Aeluropus lagopoides	إيلوربوس	Poaceae	
Arthrocnemum indicum	أرثروكنيموم إنديكوم	Chenopodiaceae	
Barringtonia racemosa	بيرينتونيا راسيموسا	Lecythidaceae	مقاومة هذه الشجرة للتملح قد تكون منخفضة نوعًا ما.

اسم النبات	الاسم العربى	العائلة	ملاحظات
Brownlowia tersa	براونلويا تيرسا	Tiliaceae	
Caesalpinia bonduc	كيسالبينيا	Fabaceae	
Caesalpinia crista	كيسالبينيا كريستا	Fabaceae	
Calophyllum inophyllum	كالفيلوم إينوفيلوم	Guttiferae	
Cerbera manghas	سيربيرا مانجاس	Apocynaceae	
Cerbera odollum Gaertner	سيربيرا أودولوم	Apocynaceae)	
Clerodendrum inerme Gaertn	كليرودينديروم	Verbenaceae	
Cynometra ramiflora	سينوميترا راميفلورا	Fabaceae)	
Dalbergia spinosa	دالبيرجيا سبينوزا	Fabaceae	
Dendrophthoe falcate	ديندروبثو فالكاتا	Loranthaceae)	
Derris scandens Benth	ديريس سكانديس	Fabaceae	
Derris trifoliate	ديريس تريفولياتا	Fabaceae	
Dolichandrone spathacea	دوليكاندرون سباثاسيا	Bignoniaceae	
Fimbristylis ferrruginea	فيمبريستيليس فيروجينيا	Cyperaceae	عشبة معمرة.
Finlaysonia obovata	فينالسونيا أبوفاتا	Asclepiadaceae	
Flagellaria indica	فلاجيليريا إنديكا	Flagellariaceae	
Heliotropium curassavicum	هيليوتروبيوم كوراسافيكوم	Boraginaceae	

اسم النبات	الاسم العربى	العائلة	ملاحظات
Hibiscus tiliaceus	هيبيسكوس تيلياسوس	Tiliaceae	
Intsia bijuga	نبات الإبريق	Fabaceae	
Ipomoea pes - caprae	إيبوميا	Convolvulaceae	نبات زاحف، ينمو على الشواطئ الرملية.
Ipomoea tuba	إيبوميا توبا	Convolvulaceae	
Myriostachya □ wightiana	ميريوستاتشيا وايتيانا	Poaceae)	عشبة معمرة.
Pandanus tectorius	باندانوس تيكتورياس	Pandanaceae	
Phoenix paludosa	فينيكس بالودوسا	Arecaceae	نبات نخيلى صغير.
Pongamia pinnata	بونغيميا بيناتا	Fabaceae)	شجرة مقاومة للتملح.
Porteresia □ coarctata	بورتوريجا كوركتاتا	Poaceae	نبات عشبى معمر ريزومى.
Salicornia brachiate	ساليكورنيا بريتشياتا	Chenopodiaceae	
Salvadora persica	سلفادورا بيرسيكا		
Sarcolobus carinatus	ساركالوبوس كيرينيتوس	Asclepiadaceae	
Sarcolobus globosus	ساركولوبوس غلابسوس	Asclepiadaceae	

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

نباتات مقاومة للتملح، تنمو فى منطقة الخليج العربى وشبه الجزيرة العربية:

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

الاسم	الاسم العربى	الاسم	الاسم العربى
Tamarix nilotica	تاماريكس نيلوتيكا	Aeluropus lagopoides	إيلوربوس
Suaeda vermiculata	سويدا فيرميكيولاتا	Zygophyllum album	زيجوفيلوم ألبوم
Zygophyllum propinqum	زيغوفيلوم بروبينكوم	Atriplex dimorphostegia	أتريبليكس ديمورفيستيجيا
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 bottae	هالوثامنوس	Salsola imbricata	سالسولا إمبريكاتا
Suaeda monoica	سويدا مونويكا	Limonium axillare	ليمونيوم أكسيلار
Halopeplis perfoliata	هالوبيليس بيرفولياتا	Aeluropus spp	إيلوربس

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

الاسم	الاسم العربى	الاسم	الاسم العربى
Agathophora alopecuroides	آغاثوفورا	Halothamnus iraqensis	هالوثامنوس إيراكينسيس
Aeluropus littoralis	إيلوربس	Seidletzia rosmarinus	سيدليتزا روزمارينوس
Zygophyllum coccineum	زايغوفيلوم كوكسينيوم	Zygophyllum simplex	زايغوفيلوم سيمبليكس
Anabasis articulata e	أنابسيس أرتيكيولاتا	Nitraria retusa	نيتراريا ريتوسا
Atriplex farinose	أتريبليكس فارينوسا	Xanthium strumarium	زانثيوم سترومبريوم
Alhagi graecofum		Atriplex leucoclada	أتريبليكس ليوكوكلادا
Salsola imbricate		Cyperus leavigatus	سايبرس لافيغاتوس
Limonium cylindrifolium	ليمونيوم سيلاندريفوليوم	Binertia cycloptera	بينيرشا سايكلوبتيرا
Suaeda aegypitaca	سويدا	Suaeda vera	سويدا فيرا
Atriplex halimus	أتريبليكس هاليموس	Limonium carnosum	ليمونيوم كارنوسوم
Chenopodium ambrosioides	شينوبوديوم (رجل الإوز).		

الأنواع النباتية المتحملة للملوحة:

1 - الشعير: الشعير من المحاصيل المتحملة للملوحة؛ حيث يتحمل حتى (dS/m18)، وقد أكد العديد من الباحثين (Dvorak, (1995) ; Zhong and Volkamar *et al*, 1998)، أن محصول الشعير هو الأكثر تحملا للملوحة من بين محاصيل الحبوب، ووفق (Conway, 2001)، فإن نمو الشعير فى الموقع المدروس يمكن أن يستعمل كمؤشر يساعد فى التعرف على مشكلة الملوحة وشدتها، فقد أكد (Passioura and Munns, (2000) ; Munns, 2002)، أن معدل نمو أوارق نبات الشعير ينخفض بشكل سريع عند حصول زيادة مفاجئة فى ملوحة التربة. ومن جهة أخرى، فقد أوضح (Renault, 2003) أن محصول الشعير يخفّض من انجراف التربة، وتساعد جذوره فى تثبيت التربة، كما يساعد فى غسل الأيونات للأسفل؛ نتيجة لتغلغل جذوره فى 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 محصولًا واعدًا مهمًّا 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 (dS/m7)، 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 الشعيروالتريتيكالى؛ فهو من محاصيل الحبوب العالمية الأكثر أهمية فى المناطق الجافة والحارة الاستوائية وشبه الاستوائية، ويصنف عالميًّا خامس المحاصيل المزروعة من حيث المساحة والإنتاجية (FAO, 2000) .. ينمومحصول الذرة البيضاء فى الأراضى الملحية بشكلٍ أفضل، بالمقارنة مع بقية المحاصيل؛ فهو من المحاصيل متوسطة التحمل للملوحة (6 - 10dS/m)؛ حيث تؤثر الملوحة الزائدة سلبًا على طول النبات، وعدد الأوراق، والمساحة الورقية. وقد أوضح Munns (2002) أن الضغط الأسموزى، هو الذى يكون فعالًا فى البداية كنتيجة للملوحة، بينما السمية الأيونية تأتى أهميتها فى التأثيرعلى نمو النبات بعد أمد طويل، وتعد الذرة البيضاء من المحاصيل المتحملة للعطش والجفاف؛ وذلك

لمجموعها الجذرى الكبير والمتعمق، وصغر مجموعها الخضرى، ووجود الزغب والمادة الشمعية على أوراقها، التى تقلل من عمليات النتح، ويجب الحذر عند تقديمها كعلف للماشية؛ كونهاتحتوى على مواد الجلوكيسيدات، والتى عند تحللها مائيًا تعطى مادة سامة، هى 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 فى برامج الأعلاف، وخاصة عند ز راعة الأرض بالبقوليات، وإن ما يميز الدخن عن المحاصيل العلفية الأخرى، هو كونه متحملًا لملوحة التربة والمياه، مع إمكانية زراعته فى الأراضى الفقيرة والرملية والجافة، بالإضافة إلى انخفاض احتياجه لمياه الرى؛ حيث أكد Kulkarni *et al* (2006) أن الدخن محصول علفى ثنائى الغرض؛ إذ يمكن استعماله لإنتاج الحبوب والعلف الجاف، ويمكن أيضًا أن يكون محصول علف بديل مفيد فى المناطق المتأثرة بالملوحة فى غرب آسيا والهند، وهو سريع التعويض لدى حَشه لتقديمه كعلف أخضر، وأقل سمية، مقارنة بالذرة البيضاء، وعدوه الأول الطيور عند زراعته؛ للحصول على الحبوب.

5- حشيشة السودان ("Sudan grass" (Sorghum sudanenese:

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

6- الفصة المزروعة: من الأعشاب المعمرة .. تمكث فى 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 0 80 - 4 سم، وله جذور متعمقة، تصل أحيانًا إلى عمق 10م. تتفرع الساق من قاعدتها بغزارة، كما قد تكون لها فروع قاعدية .. الزهرة ذات لون بنفسجى، ولها عنق واضح .. الثمرة قرن ملتف حلزونى الشكل .. البذرة كلوية الشكل لونها أصفر مخضر، من النباتات المستأنسة ذات الموسم الدافئ، وهى من أهم محاصيل العلف الأخضر المروية فى العالم؛ حيث تقدم للحيوانات كعلف أخضر أو كدريس عال فى قيمته الغذائية؛ لاحتوائه على نسبة عالية من البروتين، ولغناه بفيتامين A وفيتامين B والعناصر المعدنية المختلفة، وهى أعظم محاصيل العلف إنتاجًا للدريس؛ حيث ينتج الهكتار الواحد منها حوالى 6 طن من الدريس، فى حين لا يتجاوز إنتاج الدريس من الأعلاف الخضراء الأخرى 3,5 طن للهكتار.

7- الفصة الشجيرية: من الشجيرا ت المعمرة التى يتروا ح طولها من 1 - 3 مو .. الجذع قصير كثير التفرع، الأزهار للثمرة قرن ملتف، يحتوى على 2 - 4 بذرة، تنتشر فى المناطق الجبلية

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

8- السيسبان(*Sesbania aculeata*) : وعرف أيضًا بـ S. bispinosa، وهومن النباتات البقولية التى كانت مزروعة فى الهند وباكستان، أدخل حديثًا إلى سوريا؛ لإعادة تأهيل الترب المتأثرة بالملوحة، ومن أجل التسميد الأخضر، وكمحسن للتربة؛ حيث يتأقلم مع ظروف التربة المتنوعة، والتى تتفاوت من الغدق حتى الملوحة، ومن الترب الرملية حتى الطينية، وينمو فى مجال بيئى واسع من حيث النمو؛ حيث ينتشر فى المناطق المدارية وتحت المدارية، والمناطق الشمالية الشرقية من إفريقيا، والمناطق شبه الجافة وشبه الرطبة فى جنوب آسيا. ومثل كل النباتات البقولية لها قدرة على تثبيت الآزوت الجوى بشكل تكافلى مع بكتريا الرايزوبيوم الموجودة فى التربة .. محصوله متعدد الأغراض)علف - سماد 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 الذاتى؛ لذا فهو لا يحتاج إلى عمليات عزل للحصول على البذورالنقية، وتتميز قرونه بمقاومة جيدة لعملية التكسر والتحطم بعد الجفاف، ولكن ينصح بالتبكير فى قص الأفرع الحاملة للقرون باستعمال مقص التقليم ما أمكن؛ لتجنب انفراط القرون، وبالتالى خسارة البذور، ويستطيع بجذوره العميقة - والقادرة على الطفو – العيش فى الترب الغدقة، وعند وجود ماء أرضى قريب فقط، ويتحمل ملوحة تصل إلى 5,5 ds\m.

9- الشوندر العلفى: نبات عشبى ثنائى الفلقة، يشبه الشوندر السكرى؛ حيث يكوّن مجموعًا ورقيًّا وساقًا قرصية وجذرًا متضخمًا، يحتوى على مواد مخزنة أهمها السكروز، تختلف نسبته حسب الصنف ومواعيد الزراعة ونوعية التربة وطبيعة المناخ. وهو محصول علفى متحمل للملوحة، يعطى إنتاجًا كبيرًا، ومقاوم لأغلب الأمراض، ويساهم فى تأمين مادة علفية (الأوراق والدرنات) فى أوقات من السنة؛ كفصل الشتاء؛ حيث لا يتوفر فيها علف للحيوانات، ويكون الطلب على أشده للعلف، خاصة فيما لو زرع فى العروة الصيفية؛ حيث يعطى غلة تصل إلى 65 طن / هكتار من الدرنات، و 30 طن / هكتار من المجموع الخضرى، ويتميز عن الشوندر السكرى بسهولة القلع (ثلثا حجم الدرنة فوق سطح التربة)، والتبكير من 20 - 25 يومًا، كما يتميز بمردود عالٍ من المادة الجافة، ودرجة استساغة وقابلية عالية من المواشى، وسهل الهضم، وكذلك احتياجاته السمادية - خاصة الآزوت - هى أقل من الشوندر السكرى .. وتم دراسة عدة أصناف من الشوندر العلفى، والتى أعطت نتائج مبشرة وجيدة، كالصنفين – TINTIN MAGNUM.

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

11- القرطم: نبات حولى من المحاصيل الزيتية، يمكن زراعته فى المناطق نصف الجافة، وفى الأراضى متوسطة الخصوبة التى لا ينجح فيها القمح أو القطن أوالشوندر .. 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 فى تغذية الحيوانات كالغنم والمواشى وغيرهما، كما تستعمل البتلات فى تلوين بعض الأطعمة، وفى تلوين بعض

المأكولات. وزيت القرطم له مفعول فى تخفيض الكولسترول فى الدم، وفى الوقاية من تصلب الشرايين، وتعد أزهاره مفيدة فى 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 حوالى 30 سم .. تنتشر طبيعيًّا فوق الأراضى

الوعرة والمرتفعات والحزوم، وتنمو فى الأتربة الحصوية والمحجرة والطمية المتوسطة الحصوية والمالحة. يعد نبات الروثة من أهم الأنواع الرعوية المستعملة لإعادة الحياة البرية إلى المناطق الرعوية المتدهورة فى 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 فى المناطق التى لا تزيد معدلاتها المطرية عن100 ملم، وتستطيع بذوره الإنبات خلال السنوات الجافة ذات الهطول المطرى (50 - 70 مم).

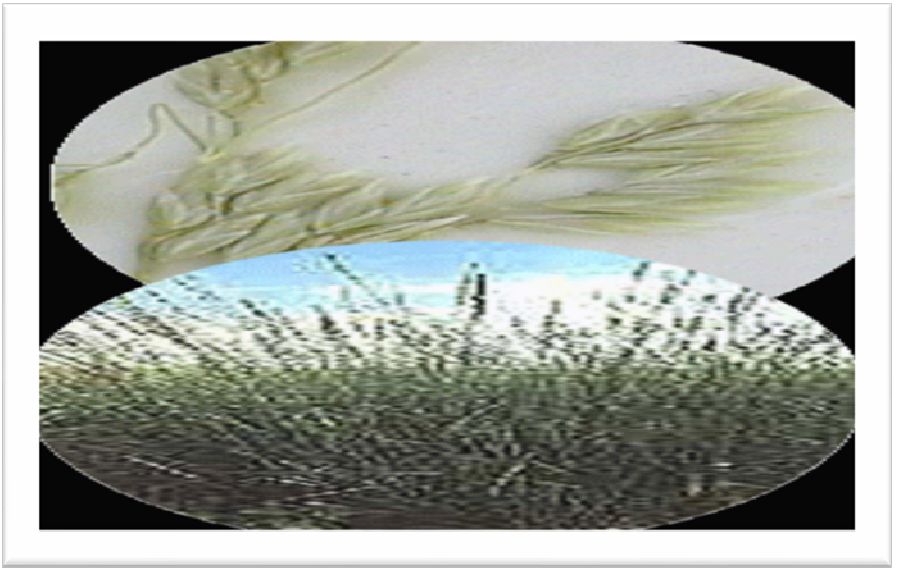
13- الرغل الملحى ***(Atriplex halimus) "Mediterranean saltbush"***: نبات شجيرى معمر من الفصيلة الرمرمية .. يتراوح ارتفاعه من 70 - 250 سم، تبعًا لعمره وفصل نموه، ووجوده البيئى، وتصل نمواته الخضرية السنوية لطول 45 سم فى البادية، ويمتلك مجموعًا جذريًّا يصل لعمق5 م.يعد القطف الملحى من نباتات المناطق الجافة، ويقاوم الملوحة بشكل عالٍ، ويستطيع الانتشار بشكل جيد فى السهول الفيضية والوديان فى المناطق التى لا يتجاوز أمطارها 100 ملم، وينتشر فوق الأتربة الطينية السطحية والمناطق المتملحة المنخفضة. يدخل القطف الملحى فى برنامج إعادة تأهيل المراعى المتدهورة فى البادية؛ لقدرته على مقاومة الجفاف، واستساغته المقبولة من قبل الأغنام والماعز والجمال، ونسبة إنبات بذوره جيدة فى المناطق التى

تتجاوز معدلات أمطارها السنوية 130 ملم، ويمكن إكثاره بالبذور وبالعقل، ونسب نجاحها ضعيفة. وتحافظ البذور على حيويتها لمدة 3 - 5 سنوات، ونباتات القطف الملحى غنية بالبروتين الخام؛ حيث تحتوى على 18٪ فى الطور الخضرى، تنخفض إلى 14٪ فى الطور الثمرى، وتطلب الحيوانات الماء كثيرًا 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 لازدياد تركيز الأملاح فيه.

14- **القطف الأمريكى** Atriplex canescens: شجيرة معمرة، يتراوح ارتفاعها من 65 - 180 سم، تبعًا لعمره وفصل النمو وموقعه البيئى، ويصل طول نمواته الخضرية إلى 35 سم فى البادية، ويمتلك مجموعًا جذريًا يصل لأكثر من 5 م. تنتشر نباتات القطف الأمريكى فى الفيضات، وله القدرة على النمو فى الفيضات والأراضى الحصوية والرملية والمنحدرات والأراضى الطينية المالحة، ويفضل الأتربة الطينية الطمية المنخفضة. يدخل فى برامج تنمية مراعى البادية، عن طريق الغرس والبذر، ونسبة إنباته جيدة فى المناطق المنخفضة، والتى 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 فى الطور الخضرى، ينخفض إلى 12 ٪ فى الطور الثمرى.

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



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

16- كالار جراس (Kallar grass) Leptochloa fusca: نبات معمر .. فترة نموه النشطة فى الربيع .. معدل النمو بعد الحش بطىء .. ينمو فى التربة 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 التربة الخشنة أو الناعمة ومتوسطة القوام، عالى التحمل لكربونات الكالسيوم. يتميز بمحتوى عالٍ من البروتين أو المعادن، وتقبل عليه الماشية بشكل فورى، ويعدُّ من نباتات صيانة وحفظ التربة؛ وذلك بسبب تحمله العالى للجفاف، ومتطلباته المائية القليلة نسبيًّا، بالإضافة إلى الجوجوبا (الهوهوبا)، والموطن الأصلى شمال المكسيك، ويتميز بتحمله للملوحة العالية، واحتوائه على نسبة 50٪ من الزيت، بالإضافه إلى

استخدام أوراقه كعلف للحيوان، وكذا نباتات الهليـون والـشوندر الأحمـر والبقلـة والـشوندر السكرى؛ حيث إنها تتحمل الرى بماء درجة 10 dS/m.