الفصل الرابع

الملوحة وإدارة المياه

(٤,١) مشكلة الملوحة
Salinity Problems

تحتوي مياه الري على بعض الأملاح التي توجد بحالة طبيعية في الماء. والترب المروية بمياه تحتوي على الأملاح يكون محتواها من الأملاح أعلى من تركيز الأملاح في الماء المضاف. إن كمية الأملاح التي ستتراكم في التربة تعتمد على عدة عوامل وهي: نوعية مياه الري وكميتها، قوام التربة، نسبة الغسيل، إدارة الري ووجود الصرف الزراعي. وإذا زادت الأملاح في التربة فإن تأثيرها يؤدي لتناقص في الإنتاج، وللتقليل من هذا التناقص في الإنتاجية فإن الأملاح بالتربة يجب أن تدار بطريقة تقلل من تركيز الأملاح في منطقة الجذور.

إن أغلب المياه المستخدمة للري تعتبر من المياه ذات النوعية الجيدة ولا تسبب مشاكل للتربة أو للإنتاجية ولكن عندما تكون نوعية المياه رديئة فإن التحكم في الملوحة يكون أكثر صعوبة. وبزيادة الأملاح في التربة فإنه من الواجب التأكد من غسيل الأملاح من طبقة الجذور في التربة أو باستخدام نباتات أكثر تحمل للملوحة.

obeikandl.com

يهدف هذا الفصل إلى توضيح تأثير نوعية المياه على زيادة الملوحة في التربة وكيف تؤثر الملوحة على تقليل جاهزية الماء للنبات. كما يتطرق إلى عملية الغسيل واختيار المحاصيل المناسبة وطرق الإدارة.

(٤,٢) الملوحة في التربة وزيادتها

تضاف الملوحة إلى التربة بعد كل رية خصوصاً إذا كان ماء الري يحتوي على تراكيز عالية الملوحة وهذه الملوحة قد تتراكم في التربة مما يؤدي إلى انخفاض في الإنتاجية خصوصاً بمنطقة الجذور كما تؤثر الملوحة تأثيراً مباشراً على جذور النباتات.

ويستفيد النبات من الماء المضاف لكي يفي بالاحتياجات المائية له (ET) ولكن النبات له خاصية الاختيارية فيترك أغلب الأملاح في التربة لكي تتراكم وتزيد من تراكيزها. وفي كل رية فإنه يضاف كمية أخرى من الأملاح وجزء من هذه الأملاح يجب أن تغسل من منطقة الجذور قبل أن تصل إلى تراكيز معينة قد تؤثر على إنتاجية المحاصيل. وتتم عملية الغسيل بإضافة ما يكفي من الماء لكي يمر عبر منطقة الجذور حاملاً معه الأملاح التي تمت إذابتها من منطقة الجذور.وكمية المياه التي تضاف إلى مياه الري إما أن تكون إضافة مستمرة مع مياه الري وتسمى بالاحتياجات الغسيلية (Leaching Requirement LR) وتعرف على أنها كمية المياه الواجب إضافتها مع مياه الري للحفاظ على تركيز ثابت للأملاح في منطقة انتشار الجذور. أو يتم إضافتها عندما يستلزم الأمر وتسمى عندها معامل الغسيل (Leaching Factor LF) ويختلف المصطلحان عن بعضهما حيث LF تعنى بظروف استخدام خاصة بينما LR تعنى بنوعية ماء الري وملوحة التربة المسموح بها في منطقة انتشار الجذور على فترات طويلة. وعندما تكون قيمة LR أقل LF من قيمة فإنه يمكن استخدام الاحتياجات الغسيلية LR (James *et al.*, 1982). ويجب أن يفرق بين المصطلحين السابقين ومصطلح غسيل التربة والذي يعني

كمية المياه الواجب إضافتها للتربة لإزالة الأملاح خارج قطاع التربة (Ayers and Westcot, 1985).

$$LF = \frac{D_{dw}}{D_w} \quad \text{(٤,١)}$$

حيث :

LF = الغسيل.

D_{dw} = عمق الماء الذي يلي منطقة الجذور.

D_w = عمق الماء المضاف للري .

وبعد عدة ريات فإن تراكم الأملاح في التربة سيصل إلى حالة اتزان وبتركيز معين ويعتمد ذلك على ملوحة مياه الري المضافة ومعامل الغسيل. إن استخدام نسبة عالية من الغسيل قد تصل إلى ٠,٥ تؤدي إلى إزالة الأملاح من منطقة الجذور عند مقارنة ذلك بنسبة أقل من الغسيل. وعند معرفة ملوحة ماء الري ECw ونسبة الغسيل (LF). فإن ملوحة ماء الصرف ومعدل ملوحة منطقة الجذور يمكن أن تقدر باستخدام المعادلات التالية :

$$EC_{dw} = \frac{EC_w}{LF} \quad \text{(٤,٢)}$$

حيث :

EC_{dw} = ملوحة ماء الصرف بعد منطقة الجذور وعادة ما تكون هذه القيمة مساوية لملوحة محلول التربة (EC_{sw}).

EC_w = ملوحة الماء المضاف.

LF = نسبة الغسيل.

وفي المثال التالي المأخوذ من كتاب (Ayers and Westcot, 1985) يتم استخدام ملوحة ماء الري ونسبة الغسيل لمعرفة نوعية مياه الصرف. ويجب ملاحظة أن النبات يتعرض إلى هذه الملوحة في الجزء الأخير من منطقة الجذور. والملوحة في هذا الجزء من منطقة الجذور تكون أعلى من الجزء العلوي من الجذور ؛ نتيجة لانخفاض نسبة الغسيل في هذه المنطقة. وتتأثر النباتات بمتوسط قيم الملوحة في التربة.

مثال (١): حساب تركيز الملوحة في منطقة الجذور.

يروى محصول بماء ذو ملوحة تساوي (EC_w = 1 dS/m). ويضاف الماء إلى الحقل مع نسبة غسيل (LF = 0.15) حيث إن نسبة ٨٥٪ من الماء المضاف يستخدم في احتياجات المحصول.

المعطيات :

$$EC_w = 1dS/m \ , \qquad LF = 0.15$$

الحل

تركيز الأملاح في ماء الصرف مساوية ومكافئة لتركيز الأملاح في محلول التربة بعد منطقة الجذور ($EC_{cw} = EC_{dw}$)

ويمكن تقدير EC_{dw} بالمعادلة السابقة:

$$EC_{dw} = \frac{EC_w}{LF}$$

ويمكن استخدام المعادلة السابقة لمعرفة قيم EC_{sw} في منطقة الجذور باستخدام بعض الفرضيات المتعلقة باستخدام الماء في منطقة الجذور. إن فرضيات استخدام المياه

بالنسبة للنبات بنسب ٤٠ ، ٣٠ ، ٢٠ ، ١٠٪ يأتي من الطبقة العلوية إلى الربع الأخير على التوالي وهي الافتراضات الواقعية لامتصاص الماء من الطبقات الأربع في التربة بالحالات الاعتيادية والمثال الثاني يوضح كيفية استخدام هذه الفرضيات لتقدير قيم EC_{sw} عند كل جزء من التربة.

مثال (٢):حساب متوسط ملوحة منطقة الجذور في التربة (Ayers and Westcot, 1985).

يمكن تقدير حساب متوسط ملوحة منطقة الجذور باستخدام متوسط خمسة مواقع في منطقة الجذور ويمكن اتباع الأسلوب التالي لتقدير متوسط ملوحة منطقة الجذور لمحصول معين.

الفرضيات

١- الماء المضاف ملوحته $EC_w = 1$ dS/m.

٢- متطلبات المحصول المائية الموسمية ET = 1000 mm.

٣- استخدام المحصول للماء يتبع النسب ٤٠ ، ٣٠ ، ٢٠ ، ١٠ من أربعة أعماق لمنطقة الجذور أي أن ٤٠٪ من ET من العمق الأول وهكذا و ١٠٪ من الربع الأخير وهذا معناه أن ملوحة ماء التربة تزداد مع العمق.

٤- نسبة الغسيل (LF) المطلوبة تساوي ١٥٪ هذا يعني أن نسبة ١٥٪ من الماء المضاف يمر على قطاع التربة ويحسب ككمية صرف و ٨٥٪ من الماء يستخدم من قبل النبات.

الحل

١- تستخدم خمسة مواقع في منطقة الجذور لتحديد متوسط ملوحة منطقة الجذور. وهذه النقاط هي :

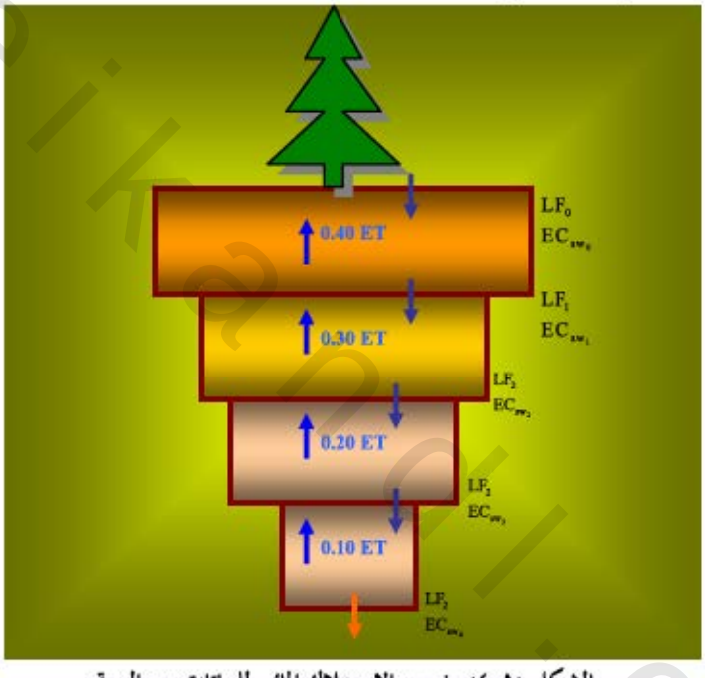
أ) على سطح التربة (EC_0).

ب) في نهاية الربع الأول من منطقة الجذور (EC_{sw1}) .

ج) في نهاية الربع الثاني من منطقة الجذور (EC_{sw2}).

د) في نهاية الربع الثالث (EC_{sw3}).

هـ) في نهاية الربع الأخير (EC_{sw4})، وهذه الملوحة في الربع الأخير مساوية لملوحة مياه الصرف (الشكل ٤,١).



الشكل (٤,١). نسب الاستهلاك المائي للنباتات من التربة.

٢- باستخدام نسبة الغسيل ١٥٪ فإن كمية الماء المضاف الموسمي الماء المضاف الكلي للحصول على الغسيل ومتطلبات النبات.

$$AW = \frac{ET}{1 - LF}$$

حيث:

AW = الماء المضاف ملم/السنة.

ET = الاحتياجات المائية للنبات الموسمية ملم/سنه.

LF = متطلبات الغسيل معبراً عنها كنسبة.

$$AW = \frac{ET}{1-LF} = \frac{1000}{1-0.15} = 1176\ mm$$

٣- حيث إن الماء المضاف يدخل إلى منطقة الجذور من سطح التربة محركاً الأملاح المتراكمة فإن ملوحة ماء التربة على سطح (EC_{sw0}) تساوي ملوحة الماء المضاف في الري والتي أيضاً يمكن الحصول عليها من معادلة.

$$EC_{dw0} = EC_{sw0} = \frac{EC_w}{LF_0} = \frac{1}{1} = 1\ dS/m$$

٤- ملوحة ماء الصرف بنهاية كل ربع في منطقة الجذور يمكن معرفتها باستخدام المعادلة المرتبطة بنسب الغسيل ثم استخدام المعادلة.

$$LF = \frac{D_{dw}}{D_w}$$

$$EC_{SW1} = \frac{1}{0.66} = 1.5\ dS/m$$

ولنهاية الربع الأول فإن:

$$LF_1 = \frac{1176 - 0.4(1000)}{1176} = 0.66$$

$$EC_{sw1} = \frac{1}{0.66} = 1.5 dS/m$$

لنهاية الربع الثاني:

$$LF_2 = \frac{1176 - 0.4(1000) - 0.3(1000)}{1176} = 0.40$$

$$EC_{sw2} = \frac{1}{0.40} = 2.5\ dS/m$$

لنهاية الربع الثالث:

obeikandl.com

$$LF_3 = \frac{1176 - 0.4(1000) - 0.3(1000) - 0.2(1000)}{1176} = 0.23$$

$$EC_{sw3} = \frac{1}{0.23} = 4.3 dS/m$$

لنهاية الربع الرابع :

$$LF_4 = \frac{1176 - 0.4(1000) - 0.3(1000) - 0.2(1000) - 0.1(1000)}{1176} = 0.15$$

$$EC_{sw4} = \frac{1}{0.15} = 6.7 dS/m$$

٥- متوسط قيم ملوحة ماء التربة في قطاع الجذور :

$$EC_{sw} = \frac{EC_{sw0} + EC_{sw1} + EC_{sw2} + EC_{sw3} + EC_{sw4}}{5} = \frac{1.0 + 1.5 + 2.5 + 4.3 + 6.7}{5} = 3.2\ dS/m$$

٦- هذه الحسابات توضح بأن ملوحة ماء الصرف تكون ٣,٢ ضعف ملوحة الماء المضاف.

المثال يوضح بأن ١٥٪ نسبة الغسيل ونسب ٤٠ ، ٣٠ ، ٢٠ ، ١٠٪ من استخلاص الماء في منطقة الجذور يؤدي إلى أن يكون متوسط ملوحة ماء التربة EC_{sw} تساوي ٣,٢ ضعف الماء المضاف للري. وبزيادة نسبة الغسيل من ١٥- ٢٠٪ فإن متوسط ملوحة ماء التربة بنفس الطريقة عند الحساب تكون ٢,٧ ضعف ملوحة الماء المضاف للري والنسبة التي عادة تستخدم للغسيل أي بين ١٥- ٢٠٪.

مقياس ملوحة التربة عادة ما تكون باستخدام المستخلص ويرمز له بالرمز (EC_e) وهو يساوي عادة ½ قيمة ملوحة ماء التربة (EC_{sw}) أو يمكن معرفة (EC_e) باستخدام المعادلات التالية :

$$EC_{sw} = 3\ EC_w \quad (٤,٣)$$

$$EC_e = 1.5\ EC_w \quad (٤,٤)$$

$$EC_{sw} = 2.0\ EC_e \quad (٤,٥)$$

حيث :

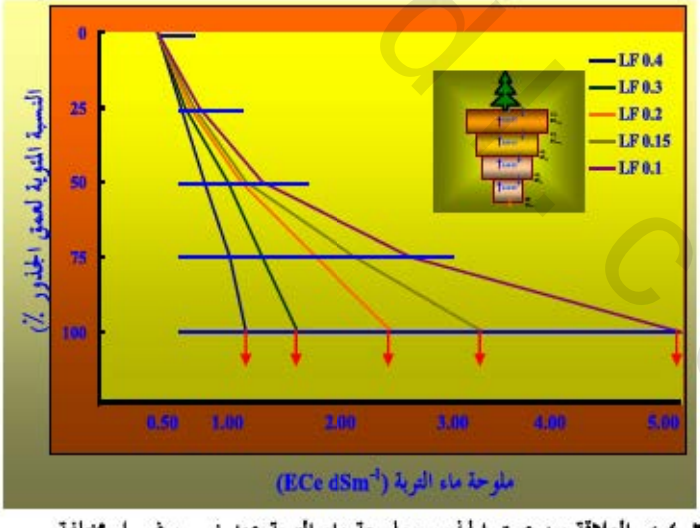
EC_{sw} = ملوحة ماء التربة ملليموز/سم.

EC_w = ملوحة ماء الري ملليموز/سم.

EC_e = ملوحة مستخلص التربة ملليموز/سم.

عند إضافة مياه الري قد تكون نسبة الغسيل المضافة أكبر أو أقل من النسبة ١٥ –٢٥ ٪ المعتمدة في جدول تقييم المياه الجدول (١,١٤) وعليه فإنه يجب تصحيح هذه النسبة بمعامل التركيز (X) الموضح بالجدول (٤,١) لقيم معامل الغسيل (LF) تتراوح بين ٠,٠٥ –٠,٨. إن قيم متوسط ملوحة مستخلص التربة (EC_e) يمكن تقديره من حاصل ضرب قيم ملوحة ماء الري (EC_w) في معامل التركيز (X) المناسب عند نسب معينة من الغسيل الموضحة في الجدول (٤,١). كما يوضح الشكل (٤,٢) ترتيب ملوحة التربة المتوقعة عند نسب غسيل مختلفة وعند أعماق مختلفة.

هذه القيم المقدرة لملوحة التربة تعكس التغيرات الحاصلة بعد استخدام مياه لمدة طويلة وليست قصيرة في فصل أو بين ريتين.



الشكل (٤,٢). العلاقة بين عمق الجذور وملوحة ماء التربة عند نسب غسيل مختلفة.

المصدر (Ayers and Westcot, 1985)

الجدول (٤,١). معامل التركيز (X) لتقدير ملوحة ماء التربة [1](ECe) من مياه الري ECw ونسبة الغسيل LF .
المصدر (Ayers and Westcot, 1985).

عامل التركيز (X)[2]	كمية المياه المضافة من البخر ــ نتح (Percent of ET)	نسبة الغسيل (LF)
٣,٢	١٠٥,٣	٠,٠٥
٢,١	١١١,١	٠,١٠
١,٦	١١٧,٦	٠,١٥
١,٣	١٢٥,٠	٠,٢٠
١,٢	١٣٣,٣	٠,٢٥
١,٠	١٤٢,٩	٠,٣٠
٠,٩	١٦٦,٧	٠,٤٠
٠,٨	٢٠٠,٠	٠,٥٠
٠,٧	٢٥٠,٠	٠,٦٠
٠,٦	٣٣٣,٣	٠,٧٠
٠,٦	٥٠٠,٠	٠,٨٠

(1) معادلة تقدير ملوحة ماء التربة بعد عدة سنوات من استخدام مياه الري ECw

$$ECe = ECw \times X$$

معامل التركيز حسب من قيم استخلاص النبات للماء بنسب ٤٠ ، ٣٠ ، ٢٠ ، ١٠٪ كما في المثال السابق.

(٤,٣) تأثير الملوحة على المحاصيل
Salinity Effect on Crop

الهدف الرئيس من الري هو توفير الماء بكميات مناسبة وفي الأوقات المناسبة بما يحتاجه من ماء لإنتاج محصول جيد وتقليل النقص في الإنتاج الذي قد ينتج من فترات الإجهاد المائي التي قد يتعرض لها النبات. وعلى العموم نتيجة للري المتكرر

فإن الأملاح سوف تتراكم في التربة مما يتسبب في انخفاض جاهزية الماء للنبات. إن معرفة كيفية حدوث ذلك قد يقلل الخسائر في الإنتاجية.

يستخلص النبات الماء من التربة باستخدام قوة جذب أكثر من قوة مسك الماء بالتربة. وإذا لم يستطيع النبات إن يتكيف في إيجاد قوة سحب للماء أعلى من قوة مسك الماء بالتربة فإن النبات سيتعرض للإجهاد المائي وهذا يحدث عندما تكون التربة جافة أو قريبة إلى نقطة الذبول. أن وجود الأملاح في ماء التربة يزيد من القوة اللازمة لاستخلاص الماء من التربة وهذه القوة الإضافية تسمى بالضغط الأسموزي Osmotic Potential. وتجدر الإشارة هنا إلى أن الأملاح في التربة قد تكون أكثر تأثيراً على النبات خصوصاً إذا اضطر النبات إلى امتصاص الماء من الطبقات السفلية من منطقة انتشار الجذور في حالة تباعد فترات الري. وعلى سبيل المثال لو وجدت تربتين متشابهتين حتى في المحتوى الرطوبي باستثناء الملوحة حيث إحدهما خالية من الأملاح والأخرى مالحة فإن النبات يستطيع استخلاص الماء واستخدامه أكثر من التربة غير المالحة مقارنة بالتربة المالحة.

وعند وجود الأملاح فإن النبات يحتاج إلى طاقة أكبر لسحب الماء، حيث يجب إن تضاف طاقة الجهد الأسموزي إلى طاقة سحب الماء من التربة غير المالحة.

إن التأثير التراكمي عند قيم مختلفة لملوحة التربة ECe تتراوح بين ١ – ١٦ ملليموز/سم والذي يوضح انخفاض الماء المتاح للنبات بزيادة الملوحة الشكل رقم (٤,٣)، والمحصلة النهائية هي انخفاض الماء المتاح للنبات كلما زادت الملوحة. ولتوضيح ذلك يمكن الاستفادة من المثال التالي.

مثال: (James *et al.*,1982)

إذا اعتبرت أن محصول مزروع في تربة عادية غير مالحة وهي متوسطة القوام حيث إن نسبة التشبع لها = ٥٠٪ ولو فرضنا أن (θ_m) عند السعة الحقلية = ٠,٢٥ ،

وعند نقطة الذبول = ٠,١٢ ، فالماء المتاح = ٠,١٣ ، ولو فرضنا أن كثافتها الظاهرية ١,٣٥ جم / سم^{٣} فإن التربة ستخزن ما عمقه ٥,٣سم من الماء الميسر في عمق ٣٠سم من منطقة انتشار الجذور حيث :

$$\theta_v = \theta_m \times \rho_b = 0.13 \times 1.35 = 0.1755$$

$$D = \theta_v \times d = 0.1755 \times 30 = 5.3 \text{ cm}$$

حيث :

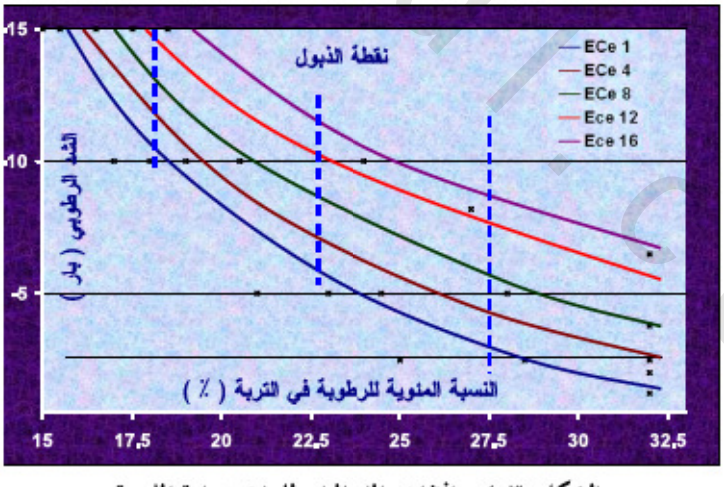
θ_m = المحتوى الرطوبي الوزني

θ_v = المحتوى الرطوبي الحجمي

d = عمق منطقة الجذور

D = عمق الماء في منطقة الجذور

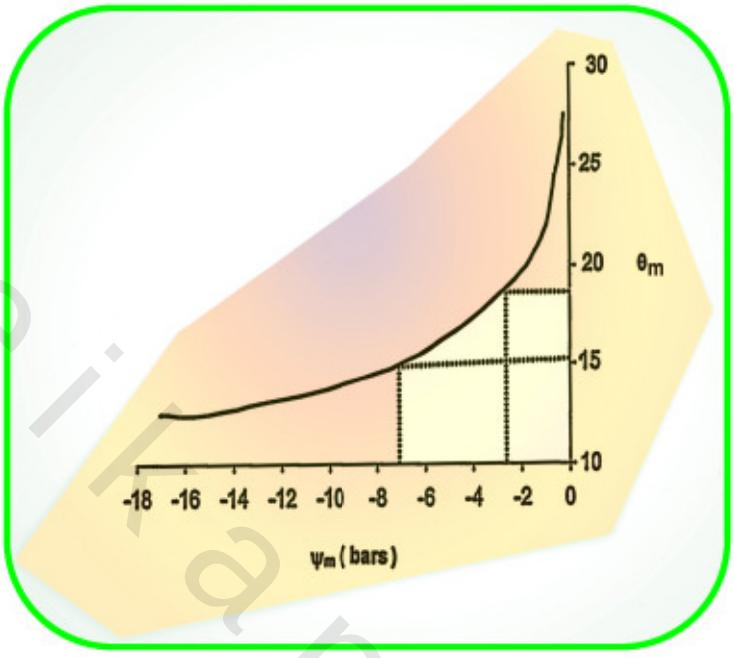
ولو فرضنا أن عينة التربة السابقة أخذت للمعمل وحددت قيم المحتوى الرطوبي مع الشد كما في الشكل (٤,٤).



الشكل (٤,٣). انخفاض الماء المتاح للنبات بزيادة الملوحة.

.(Ayers and Westcot, 1985)

obeikandl.com



الشكل(٤,٤). العلاقة بين المحتوى الرطوبي و الشد الرطوبي.

المصدر (James *et al.*, 1982)

بالنسبة للتربة عديمة أو قليلة الأملاح فإن : $\Psi_t = \Psi_m$

افترض أننا استخدمنا نفس التربة ولكن بإضافة أملاح بنسبة ٠,٢٪ وهي تعادل EC_e = ٦ ملليموز/سم و Ψ_s = – ٢,١٦ بار.

وبمقارنة ذلك بالمحتوى الرطوبي فإن الأملاح تزداد بنقص المحتوى الرطوبي من السعة الحقلية إلى نقطة الذبول وبالتالي فأن الضغط الأسموزي سيقل من – ٤,٣٢ إلى – ٨,٦٤ بار ؛ لأن الملوحة تزداد بمقدار الضعفين عند السعة الحقلية عنه عند التشبع و ٤ أضعاف عند نقطة الذبول.

عند نسبة التشبع $\Psi_s = -2.16$ bars

عند السعة الحقلية $\Psi_s = -2.16 \times 2 = -4.32$ bars

عند نقطة الذبول $\Psi_s = -2.16 \times 4 = -8.64$ bars

قيم الجهد الماتري و الأسموزي و الكلي عند السعة الحقلية و بوجود الأملاح بالتربة كما يلي :

$\Psi_m = -0.33$ bars

$\Psi_s = -4.32$ bars

$\therefore \Psi_t = -4.65$ bars

لاحظ الفرق بين Ψ_t هنا وقيمتها عند التربة التي لا تحتوي أملاح حيث تساوي $\Psi_s = -$ ٠,٣٣ بار فقط.

وعند استهلاك نصف الماء الميسر والشد الرطوبي والشد الرطوبي كالتالي :

$\theta_m = 0.185$ bars

$\Psi_m = -2.0$ bars

$\Psi_s = -6.3$ bas

$\Psi_t = -8.3$ bars

وعند استهلاك ثلاثة أرباع الماء الميسر فإن المحتوى الرطوبي يكون :

$\theta_m = 0.153$ bars

$\Psi_m = -7.2$ bars

$\Psi_s = -7.56$ bas

$\Psi_t = -14.8$ bars

وبالتالي نستطيع القول بأنه عند تواجد الملوحة فإن المحصول سيصل إلى نقطة الذبول الدائم عندما تكون الرطوبة ٠,١٥٣ بدلاً من ٠,١٢ في حالة عدم وجود أملاح في التربة.

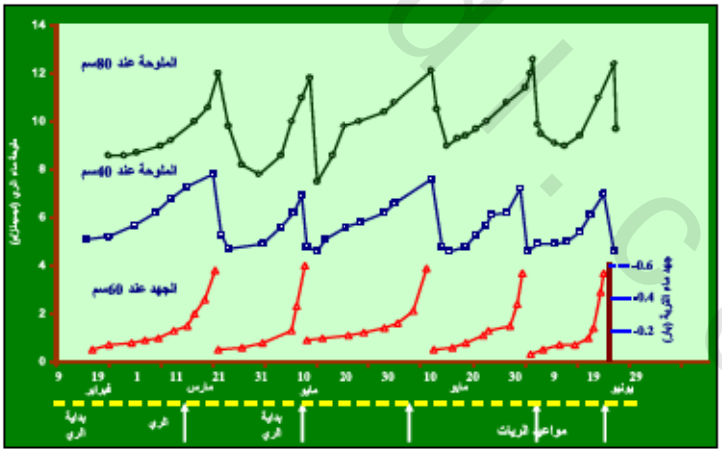
obeikandl.com

وفي هذه الحالة من الماء الميسر سوف يكون :

$$\theta_m = 0.25 - 0.153 = 0.097 = 9.7\%$$

مقارنة بـ ١٣٪ في التربة الغير ملحية.

المناقشة السابقة توضح كيف أن تراكيز الملوحة في التربة تختلف مع نسب الغسيل وعمق منطقة الجذور حيث تؤدي إلى زيادة تركيز الأملاح مع انخفاض نسب الغسيل أو زيادة عمق منطقة الجذور. وبانخفاض رطوبة التربة فإن النبات يتعرض إلى تغير في الماء المتاح لكل جزء من منطقة الجذور نتيجة للتغير في المحتوى الرطوبي (الجهد الرطوبي للتربة) وتغير ملوحة ماء التربة (الجهد الأسموزي) حيث يتغيران نتيجة استخدام المياه من قبل النبات. يوضح الشكل (٤,٥) العلاقة بين ملوحة ماء التربة ومواعيد الري حيث يوضح الشكل أن قيمة الملوحة غير ثابتة مع مواعيد الري، فبعد كل عملية ري فالمحتوى الرطوبي عند كل عمق بمنطقة الجذور يصل إلى أعلى قيمة له وأن تركيز الأملاح الذائبة تصل إلى القيمة الدنيا وكل تغير في المنحنى نتيجة امتصاص الماء من قبل النبات أو تبخر الماء من التربة.



الشكل (٤,٥). التغير في ملوحة ماء التربة (ECsw) بين الريات لمحصول البرسيم.

.(Rhoades, 1972)

يمتص النبات الماء من المنطقة الجذور ويتخلص الماء الأكثر إتاحة (الغير ممسوك بقوة أكبر) وهذا يحدث عادة في الطبقة العلوية من منطقة الجذور والتي دائما تعوض بالري المتكرر أو الأمطار. وحيث إن المياه تمر عبر هذه المنطقة من منطقة الجذور فهي التي تتعرض للغسيل وأن تأثيرات الجهد الأسموزي أو الملوحة أقل من الأعماق الأخرى. بين الريات فإن الطبقة العلوية تتعرض للجفاف بسرعة أكثر من الطبقات السفلية وعليه فإن النبات يجب أن يلبي احتياجاته من الطبقات الأكثر عمقاً والتي ينطبق عليها القاعدة في أخذ الماء بنسب ٤٠ ، ٣٠ ، ٢٠ ، ١٠٪. أما مع نظم الري المتكررة فإن الخط يكون ٦٠ ، ٣٠ ، ٧ ، ٣٪ للأربعة أعماق من منطقة الجذور. ومهما تكون النسب الذي يمتص النبات منها احتياجاته فإن الري يجب أن يضاف حتى لا يتعرض النبات للجهد أو الجفاف.

فعندما تكون الطبقة العلوية للتربة مشبعة بالماء فإن الملوحة في الطبقات السفلى من منطقة الجذور تكون غير ذات أهمية. ولكن عندما تتباعد فترات الري فإن النبات يجب أن يأخذ الماء من الطبقات السفلية وتصبح الطبقات السفلية مهمة خصوصاً في الأيام الجافة الحارة. وقد تكون في هذه الحالة أن كمية المياه الموجودة غير كافية بأن يمتصها النبات وعليه فإن النبات قد يتعرض للإجهاد ومن ثم النقص في الإنتاج. لا تتأثر جميع النباتات بنفس نسبة الملوحة في التربة والماء.

(٤,٤) إدارة مشاكل الملوحة

الهدف من السيطرة على الملوحة هو الحصول على إنتاجية مقبولة لمحصول معين، وهناك عدة آراء إدارية متوفرة للسيطرة على الملوحة والتي سوف تناقش حسب الأهمية وهي:

١- غسيل الأملاح خارج منطقة الجذور قبل تراكم الأملاح إلى مستوى قد تؤثر على الإنتاجية.

٢- المحافظة على مستوى مناسب من ماء التربة طوال موسم النمو.

إن وجود الصرف المناسب مهم أيضاً للسيطرة على الملوحة. فبوجود الصرف المناسب فإن عمق الماء المطلوب للغسيل يعتمد على حساسية النباتات للملوحة وعلى ملوحة ماء الري. فعندما تكون الملوحة عالية فإن عمق الماء المضاف المطلوب للغسيل سوف يكون كبيراً مما يتحتم معه اختيار نباتات تتحمل الملوحة. والتعامل مع الملوحة العالية في ماء الري يتطلب اختيار المحاصيل التي تتحمل الملوحة وهو الخيار الأخير بعد فشل جميع الحلول الأخرى والتي يجب أن يؤخذ بها حتى مع النوعية الجيدة من الماء لمنع تراكم الأملاح. ولا يمكن عمل الغسيل إلا بوجود نظام للصرف الزراعي المناسب لمنع ارتفاع منسوب مستوى الماء الأرضي.

إذن يمكن القول بأن وجود الصرف والغسيل واختيار المحاصيل التي تتحمل الملوحة من الطرق المستخدمة لمنع تراكم الأملاح بالتربة ولكن توجد طرق يمكن استخدامها على المدى القصير أو المؤقت مثل تكرار الري، تسوية التربة، زمن إضافة الأسمدة وطرق إضافة البذور.

عندما يكون هناك مستوى عالي من الملوحة مصدره ليس نوعية المياه المالحة نسبياً فإن برامج استصلاح الأراضي يجب أن يؤخذ بالاعتبار على المدى القصير بالإضافة إلى تغير المحاصيل. وبعد استصلاح الأراضي يمكن التفكير في نمط دائم لحل مشكلة الملوحة. ومن الحلول المستخدمة للمدى القصير اختيار مياه جيدة من مصادر أخرى أو خلطها مع المياه الرديئة أو المرتفعة الملوحة نسبياً.

(٤,٥) الصرف

إن مشاكل الملوحة الموجودة في الترب الزراعية المروية تكون مرتبطة بعدم القدرة على السيطرة على مستوى الماء الأرضي والذي يبعد بين ١- ٢م من سطح التربة عادةً، في كثير من الترب الزراعية يرتفع مستوى الماء الأرضي فإن الماء المرتفع إلى منطقة الجذور بواسطة الخاصية الشعرية وعندما يحتوي هذا الماء على الأملاح فإنه مصدر أساسي ومستمر للملوحة بمنطقة الجذور نتيجة استخدام الماء من قبل النبات أو تبخره من التربة. فالتملح من هذا المصدر يمكن أن يكون سريعاً في المناطق الجافة وشبه الجافة وإن معدل تراكم الأملاح في مثل هذه المناطق يعتمد أساساً على إدارة الري وتركيز الأملاح وعمق المياه الجوفية ونوع التربة وحالة الطقس. يوضح الشكل (٤,٦) تأثير مستوى الماء الأرضي على ملوحة ماء التربة (ECe).

الجدول (٤,٢). تحمل النباتات للملوحة والإنتاجية المحتملة للمحاصيل الناتجة من تأثير مياه الري (EC_w) أو ملوحة التربة (EC_e). **(Maas and Hoffman, 1977; Maas, 1984)**

المحاصيل الحقلية	الإنتاجية المحتملة						نسبة التحمل (dS/m)	درجة التحمل*
	100%		50%		0% (max.)			
	EC_e	EC_w	EC_e	EC_w	EC_e	EC_w		
الشعير	٨,٠	٥,٣	١٨	١٢	٢٨	١٩	٥,٠	T
القطن	٧,٧	٥,١	١٧	١٢	٢٧	١٨	٥,٢	T
البنجر	٧,٠	٤,٧	١٥	١٠	٢٤	١٦	٥,٩	T
دخن	٦,٨	٤,٥	٩,٩	٦,٧	١٣	٨,٧	١٦,٠	MT
القمح	٦,٠	٤,٠	١٣	٨,٧	٢٠	١٣	٧,١	MT
قمح القاسي	٥,٧	٣,٨	١٥	١٠	٢٤	١٦	٣,٨	T
فول الصويا	٥,٠	٣,٣	٧,٥	٥	١٠	٦,٧	٢٠,٠	MT
بسلة	٤,٩	٣,٣	٩,١	٦	١٣	٨,٨	١٢,٠	MT
الفول السوداني	٣,٢	٢,١	٤,٩	٣,٣	٦,٦	٤,٤	٢٩,٠	MT
الأرز	٣,٠	٢,٠	٧,٢	٤,٨	١١	٧,٦	١٢,٠	S
قصب السكر	١,٧	١,١	١٠	٦,٨	١٩	١٢	٥,٩	MS
ذرة	١,٧	١,٧	٥,٩	٣,٩	١٠	٦,٧	١٢,٠	MS
Flax	١,٧	١,١	٥,٩	٣,٩	١٠	٦,٧	١٢,٠	MS
فاصوليا عريضة	١,٥	١,١	٦,٨	٤,٥	١٢	٨,٠	٩,٦	MS
فاصوليا	١,٠	٠,٧	٣,٦	٢,٤	٦,٣	٤,٢	١٩,٠	S

تابع الجدول (٤,٢).

المحاصيل الخضروات	الإنتاجية ٦,٤ المحتملة						نسبة التحمل (dS/m)	درجة التحمل
	100%		50%		(max.)0%			
	EC_e	EC_w	EC_e	EC_w	EC_e	EC_w		
كوسة صفي	٤,٧	٣,١	١٠	٦,٧	١٥	١٠	٩,٤	MT
البنجر	٤,٠	٢,٧	٩,٦	٦,٤	١٥	١٠	٩,٠	MT
كوسة	٣,٢	٢,١	٦,٣	٤,٢	٩,٤	٦,٣	١٦,٠	MS
بروكلي	٢,٨	١,٩	٨,٢	٥,٥	١٤	٩,١	٩,٢	MS
طماطم	٢,٥	١,٧	٧,٦	٥	١٣	٨,٤	٩,٩	MS
خيار	٢,٥	١,٧	٦,٣	٤,٢	١٠	٦,٨	١٣,٠	MS
سبانخ	٢,٠	١,٣	٨,٦	٥,٧	١٥	١٠	٧,٦	MS
سلاري	١,٨	١,٢	٩,٩	٦,٦	١٨	١٢	٦,٢	MS
زهرة	١,٨	١,٢	٧	٤,٦	١٢	٨,١	٩,٧	MS
بطاطس	١,٧	١,١	٥,٩	٣,٩	١٠	٦,٧	١٢,٠	MS
ذرة حلوه	١,٧	١,١	٥,٩	٣,٩	١٠	٦,٧	١٢,٠	MS
بطاطا حلوه	١,٥	١,٠	٦	٤	١١	٧,١	١١	MS
فلفل	١,٥	١,٠	٥,١	٣,٤	٨,٦	٥,٨	١٤,٠	MS
خس	١,٣	٠,٩	٥,١	٣,٤	٩,٠	٦,٠	١٣,٠	MS
فجل	١,٢	٠,٨	٥	٣,٤	٨,٩	٥,٩	١٣,٠	MS
بصل	١,٢	٠,٨	٤,٣	٢,٩	٧,٤	٥,٠	١٦,٠	S
جزر	١,٠	٠,٧	٤,٦	٣	٨,١	٥,٤	١٤,٠	S
فاصوليا	١,٠	٠,٧	٣,٦	٢,٤	٦,٣	٤,٢	١٩,٠	S
Turnip	٠,٩	٠,٦	٦,٥	٤,٣	١٢	٨,٠	٩	S
حشائش القمح الطويل	٧,٥	٥,٠	١٩	١٣	٣١	٢١		
حشيشة القمح	٧,٥	٥,٠	١٥	٩,٨	٢٢	١٥	٦,٩	T
برمودا	٦,٩	٤,٦	١٥	٩,٨	٢٣	١٥	٦,٤	T
شعير	٦,٠	٤,٠	١٣	٨,٧	٢٠	١٣		
كتان	٥,٦	٣,٧	١٢	٨,١	١٩	١٣	٧,٦	MT
حشائش	٥,٠	٣,٣	١٠	٦,٧	١٥	١٠	١٠,٠	MT
حشائش صلبة	٤,٦	٣,١	١١	٧,٤	١٨	١٢		
حشائش مختلفة	٣,٩	٢,٦	١٢	٧,٨	٢٠	١٣	٧,٦	MT

OBEIKAN.COM

تابع الجدول (٤,٢).

محاصيل الأعلاف	الإنتاجية المحتملة						نسبة التحمل (dS/m)	درجة التحمل
	100%		50%		(max.)0%			
	EC_e	EC_w	EC_e	EC_w	EC_e	EC_w		
حشائش القمح	٣,٥	٢,٣	١٦	١١	٢٨	١٩	٤,٠	MT
عشب	٣,٠	٢,٠	٧,٦	٥	١٢	٨,١	١١,٠	MS
حشيشة السودان	٢,٨	١,٩	١٤	٩,٦	٢٦	١٧	٤,٣	MT
حشائش Wildrye, beardless	٢,٧	١,٨	١١	٧,٤	١٩	١٣		
حشائش Cowpea (forage)	٢,٥	١,٧	٧,١	٤,٨	١٢	٧,٨	١٢,٠	MT
حشائش Trefoil, big	٢,٣	١,٥	٤,٩	٣,٣	٧,٦	٥,٠	١٩,٠	MS
حشائش Sesbania	٢,٣	١,٥	٩,٤	٦,٣	١٧	١١		
حشائش Sphaerophysa	٢,٢	١,٥	٩,٣	٦,٢	١٦	١١		
برسيم حجازي	٢,٠	١,٣	٨,٨	٥,٩	١٦	١٠	٧,٣	MS
حشائش Lovegrass	٢,٠	١,٣	٨	٥,٣	١٤	٩,٣	٨,٤	MS
ذرة	١,٨	١,٢	٨,٦	٥,٧	١٥	١٠	٧,٤	MS
حشائش Clover, berseem	١,٥	١,٠	١٠	٦,٨	١٩	١٣	٥,٧	MS
حشائش Orchard grass	١,٥	١,٠	٩,٦	٦,٤	١٨	١٢	٦,٢	MS
حشائش Foxtail, meadow	١,٥	١,٠	٦,٧	٤,٥	١٢	٧,٩	٩,٦	MS
حشائش Clover, red	١,٥	١,٠	٥,٧	٣,٨	٩,٨	٦,٦	١٢,٠	MS
حشائش Clover, alsik	١,٥	١,٠	٥,٧	٣,٨	٩,٨	٦,٦	٥,٧	MS
حشائش Clover, ladino	١,٥	١,٠	٥,٧	٣,٨	٩,٨	٦,٦	١٢,٠	MS
حشائش Clover, strawberry	١,٥	١,٠	٥,٧	/٣,٨	٩,٨	٦,٦	١٢,٠	MS

obeikandl.com

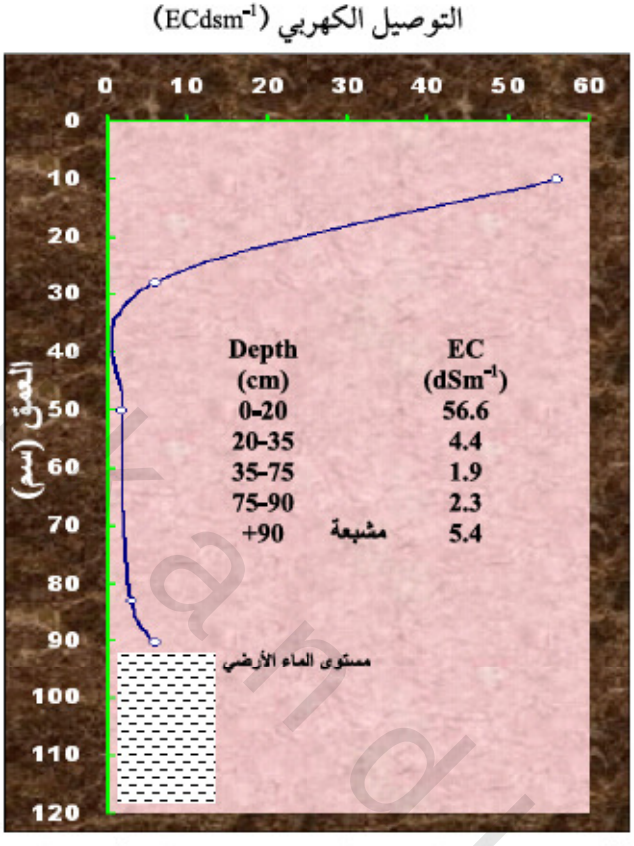
تابع الجدول (٤,٢).

محاصيل الفاكهة	الإنتاجية المحتملة						الميل (% per dS/m)	درجة الحرارة
	100%		50%		(max.)0%			
	EC_e	EC_w	EC_e	EC_w	EC_e	EC_w		
النخيل	٤,٠	٢,٧	١٨	١٢	٣٢	٢١		
الكريب فروت	١,٨	١,٢	٤,٩	٣,٣	٨,٠	٥,٤	١٦,٠	S
البرتقال	١,٧	١,١	٤,٨	٣,٢	٨,٠	٥,٣	١٦,٠	S
الخوخ	١,٧	١,١	٤,١	٢,٧	٦,٥	٤,٣	٢١,٠	S
المشمش	١,٦	١,١	٣,٧	٢,٥	٥,٨	٣,٨	٢٤,٠	S
العنب	١,٥	١,٠	٦,٧	٤,٥	١٢	٧,٩	٩,٦	MS
اللوز	١,٥	١,٠	٤,١	٢,٨	٦,٨	٤,٥	١٩,٠	S
البرقوق	١,٥	١,٠	٤,٣	٢,٩	٧,١	٤,٧	١٨,٠	S
بلاك بيري	١,٥	١,٠	٣,٨	٢,٥	٦,٠	٤,٠	٢٢,٠	S
بويسن بيري	١,٥	١,٠	٣,٨	٢,٥	٦,٠	٤,٠	٢٢,٠	S
الفراولة	١,٠	٠,٧	٢,٥	١,٧	٤	٢,٧	٣٣	S

(*) درجة التحمل: T= عالي التحمل، M= متوسط ، S= حساس

في المناطق الجافة وشبه الجافة فإن مشكلة الملوحة تزداد سوءًا نتيجة عدم وجود الصرف الجيد حيث لا يتم السيطرة على مستوى الماء الأرضي والذي يصل إلى ٢م على الأقل في بعض المناطق. وهذا يتطلب وجود جداول صرف مفتوحة أو أنابيب صرف تنقل الماء المالح إلى منطقة أخرى كما في منطقة الإحساء بالمملكة العربية السعودية. فعند وجود الصرف المناسب فإن مسبب الملوحة في التربة هو نوعية المياه الرديئة المستخدمة فقط وعليه فإن الملوحة تزداد إذا لم تتوفر الإدارة الجيدة للري والغسيل المناسب.

إن السيطرة الفعالة للملوحة تشمل وجود مصرف مناسب للحفاظ على مستوى معين من الماء الأرضي وغسيل مناسب ليقلل تراكم الأملاح في منطقة الجذور.



الشكل (٤,٦). قطاع الملوحة في التربة بوجود مستوى الماء الأرضي القريب.
(Mohamed and Amer, 1972)

(٤,٦) السيطرة على الملوحة بالغسيل

عندما تتراكم الأملاح في التربة فإن الأملاح يمكن أن تزال أو تغسل بإضافة مياه الري الزائدة عن الاحتياجات المائية للنباتات خلال موسم النمو. هذه الزيادة في المياه المضافة تزيل جزءاً من الأملاح أسفل منطقة الجذور بعملية الغسيل. إن عملية الغسيل هي العامل المحدد للسيطرة على الأملاح الذائبة المضافة بواسطة مياه الري. وبمرور الزمن فإن الأملاح المغسولة يجب أن تكون مساوية أو أكثر من الأملاح المضافة

بمياه الري وإلا فإن الأملاح سوف تتراكم في منطقة الجذور. والسؤال هنا دائماً كم كمية الماء الذي يجب أن يضاف ومتى يجب أن يضاف لغسيل الأملاح؟

(٤,٦,١) متطلبات الغسيل

يعرف الغسيل بأنه عملية إذابة ونقل الأملاح الذائبة إلى أسفل القطاع ومن ثم نقلها عبر المصارف الطبيعية أو الصناعية. وتستند معادلات متطلبات الغسيل إلى التوازن الملحي في محلول التربة (James *et al.*, 1982).

Salt Balance = Salt in - Salt Out

$$Qiw\ Ciw = Qdw\ Cdw$$

$$Diw\ Ciw = Ddw\ Cdw \quad \text{(٤,٧)}$$

حيث:

Q = حجم ماء الري (iw) أو حجم ماء الصرف (dw).

D = عمق ماء الري (iw) أو عمق ماء الصرف (dw).

C = تركيز الأملاح في ماء الري (iw) أو تركيز الأملاح في ماء الصرف (dw).

ويمكن التعويض عن C بقيمة ملوحة ماء الري أو الصرف EC وتصبح معادلة متطلبات الغسيل (LR) كالآتي:

$$LR = \frac{D_{dw}}{D_{iw}} = \frac{EC_{iw}}{EC_{dw}} = \frac{EC_{iw}}{EC_{e}} \quad \text{(٤,٨)}$$

لتقدير متطلبات الغسيل يجب معرفة قيم كل من ملوحة ماء الري (EC_w) و ملوحة التربة التي يتحملها النبات (EC_e). يمكن تقدير قيم ملوحة ماء الري بالطريقة العملية ولكن تقدير قيم ملوحة التربة التي يتحملها النبات EC_e يمكن استنباطها من دراسات (Maas and Hoffman, 1977). والذي يعطي قيم مقبولة لـ EC_e لكل محصول ونسب الانخفاض في الإنتاجية.

ويمكن تقدير متطلبات الغسيل LR من الشكل (٤,٧) لأكثر المحاصيل المستخدمة في الزراعية. ولكن يمكن تقدير هذه القيم باستخدام المعادلة التالية في الري السطحي.

$$LR = \frac{EC_w}{5(ECe)-EC_w} \quad \text{(٤,٩)}$$

حيث :

LR= متطلبات الغسيل الدنيا للسيطرة على الملوحة ضمن قيم التحمل EC_e لكل محصول عند الري السطحي.

EC_w = ملوحة ماء الري (dS/m).

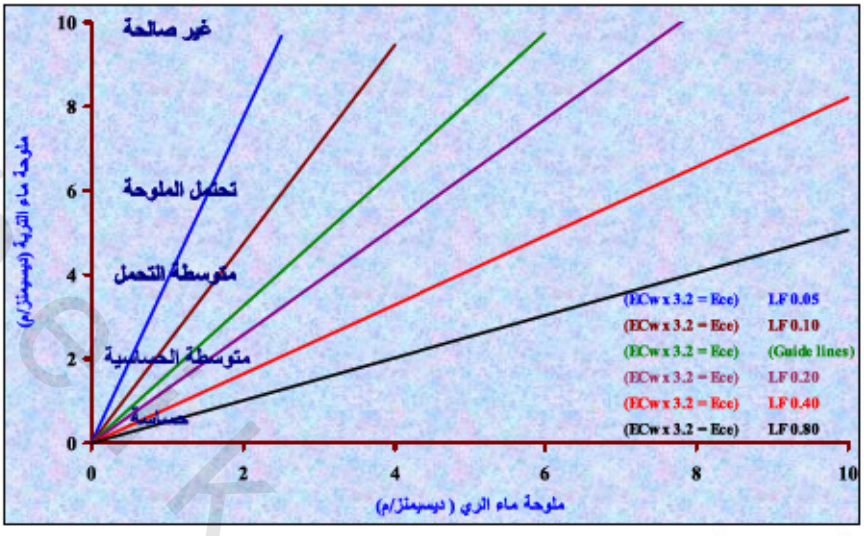
EC_e = متوسط ملوحة التربة التي يتحملاها النبات مقاسه عند مستخلص التربة.

وفي طريقة الري بالرش فإن معادلة الغسيل تصبح بالصيغة التالية :

$$LR = \frac{EC_{iw}}{2MaxEC_{dw}} \quad \text{(٤,١٠)}$$

ويمكن أن يضاف مصطلح كفاءة الغسيل(Leaching Efficincy) $\left(\frac{1}{LE}\right)$ للمعادلات السابقة. كما يمكن الحصول على هذه القيم من الجدول (٤,٢) لكل محصول وعند نسب معينة من الانخفاض في الإنتاج.

obeikandl.com



الشكل (٤,٧). تأثير ملوحة ماء الري ECw على منطقة الجذور وقيم ECe عند نسب مختلفة من معامل الغسيل LF. المصدر (Ayers and Westcot, 1985).

(٤,٦,٢) زمن الغسيل

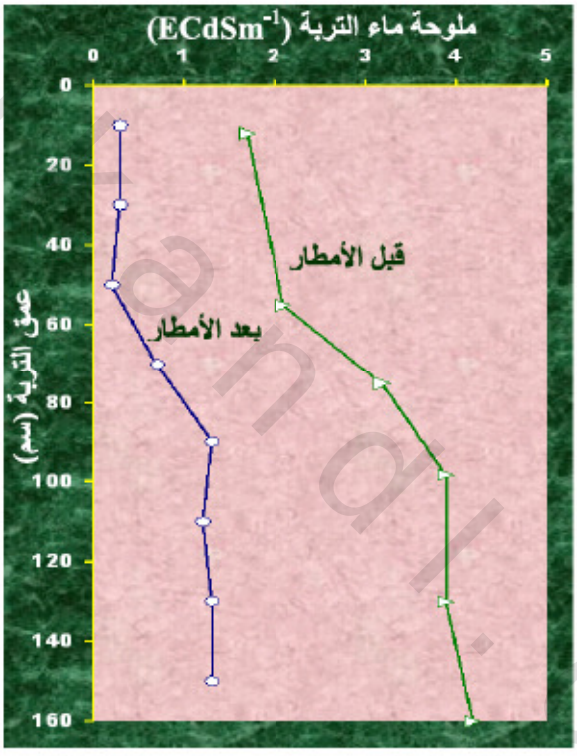
تراكم الأملاح في منطقة الجذور يستغرق زمناً طويلاً لكي يصل إلى تركيز قد يؤثر على الإنتاجية. إن أغلب المياه الجيدة المستخدمة للري يمكن استخدامها لسنة أو سنتين أو أكثر قليلاً بدون إضافة مياه الغسيل قبل أن يبدأ تراكم الأملاح في التربة خصوصاً في الترب الثقيلة مما يؤدي إلى انخفاض في الإنتاجية. ويدل ذلك على أن الماء الجيد أو ذو النسبة المنخفضة من الأملاح فإن كفاءة استخدام الماء خلال بداية موسم النمو الأول والتي قد تمتد طوال موسم النمو قد تصل إلى ١٠٠٪ بدون إضافات الغسيل وعدم فقد للإنتاجية نتيجة الملوحة. في بداية الموسم الثاني يمكن إضافة المياه للتربة قبل الزراعة سواء من الري أو الأمطار وهذا بدوره يمنع تراكم الأملاح في التربة ويؤدي إلى زيادة كفاءة استخدام المياه خلال الموسم. في الأجواء الحارة فإن الماء المضاف للغسيل ومتطلبات الاحتياجات المائية للنبات تكون كبيرة جداً.

يجب التذكير هنا أن الغسيل مطلوب فقط عندما تتراكم الأملاح في التربة أو بداية الانخفاض في الإنتاج نتيجة زيادة الأملاح.

وقت الغسيل قد لا يكون حرجاً فيمكن تمديد أو تأخير فترة الغسيل ولكن من الضرورة إضافة متطلبات الغسيل ؛ لمنع تراكم الأملاح وانخفاض الإنتاجية. يمكن أن تضاف متطلبات الغسيل عند كل رية أو بعد كل ريتين أو أكثر من ذلك حسب طبيعة التربة وحسب الملوحة. ويجب التذكير هنا أن عدم الإضافة أو زيادة إضافة الماء كلاهما يسببان خسارة غير مرغوبة للمزارع. وعندما تكون نسبة الغسيل أقل من ١٠٪ في المياه الجيدة وفي حالة كفاءات الري الغير جيدة فإنه ينصح بإضافة زيادة من الماء للحصول على الغسيل المطلوب. ومن جهة أخرى فإن الماء المالح نسبياً له متطلبات الغسيل صعبة جداً ؛ لأن احتياجات الغسيل ستكون كبيرة جداً بحكم ارتفاع تركيز الأملاح بها.

يجب الأخذ بالاعتبار الأمطار الساقطة في المنطقة عند تقدير الاحتياجات الغسيلية. فالأمطار الداخلة إلى التربة فعالة جداً لتفي ببعض الاحتياجات المائية للنبات ومتطلبات الغسيل. فالإمطار التي تتسرب إلى التربة "المطر الفعال" تعوض الفاقد في ET ، وعندما تزيد الأمطار عن قيم ET فإنها تعتبر ضمن مياه الصرف الزراعي وهي التي تستخدم في غسيل الأملاح والسيطرة على الملوحة. والاحتياجات لمياه الأمطار عديدة فإنها تسقط وتتسرب إلى التربة بشكل متجانس وإنها خالية من الأملاح تقريباً حيث قيمة EC_w أقل من (0.5 dS/m) وتزداد أهمية الغسيل عندما يكون معدل الأمطار الساقطة أقل من معدل التسرب في التربة. فعندما تكون الكمية الكلية للأمطار المتسربة كافية فإنها ستخفض متوسط الملوحة في ماء الري المضاف EC_w في حساب متطلبات الغسيل (LR)، ومحصلة ذلك انخفاض متطلبات الغسيل. يوضح الشكل (٤,٨) انخفاض الملوحة بعد الأمطار في منطقة الجذور.

وفي السنوات التي يقل فيها معدل سقوط الأمطار أو في المناطق قليلة الأمطار فإن كمية الأمطار قد لا تكون كافية لتشبع التربة وعليه فإنه لا يحدث غسيل لتخفيض تركيز الأملاح ويحدث فقط إزالة للأملاح من الطبقة العلوية إلى السفلى، حيث يكون الجزء العلوي من طبقة الجذور ذات مستوى منخفض من الأملاح مما يساعد في إنبات البذور.

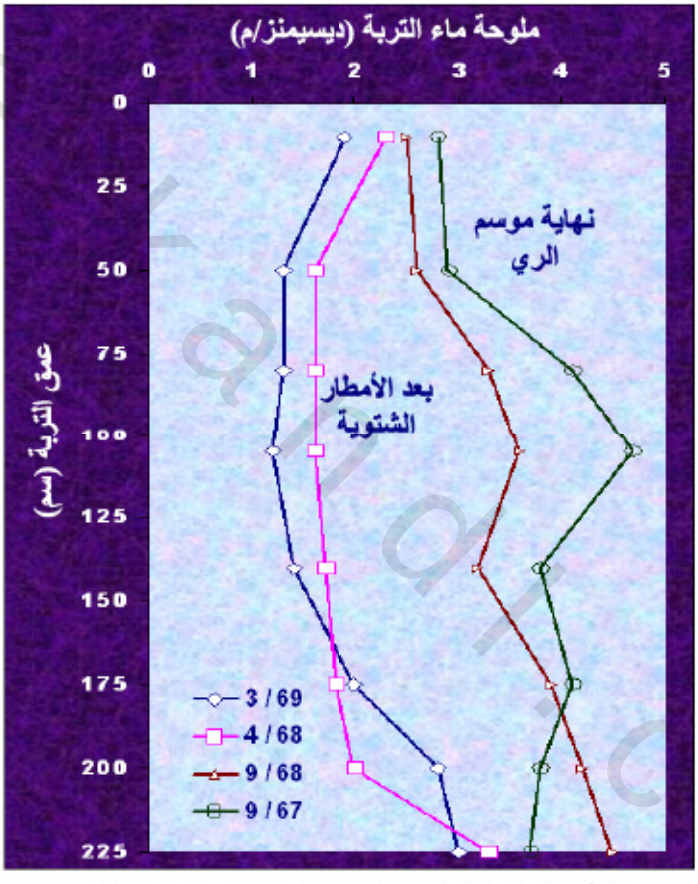


الشكل(٨,٤). انخفاض ملوحة ماء التربة بعد سقوط الأمطار.

المصدر (Ayers and Westcot, 1980)

أما في المناطق التي تسقط الأمطار فيها في فصل الشتاء فإنه قد يحدث غسيل للأملاح حتى بالمناطق الجافة. وينصح دائماً أنه يتم الري أو إضافة الماء إلى التربة في

الخريف أو بداية الشتاء لتعبئة طبقة التربة وتشبعها بالماء قبل موسم الري. حيث إن الأمطار بعد ذلك سوف تساعد على غسل الأملاح خصوصاً إذا كانت التربة رطبة ويوضح الشكل (٤,٩) كيف يؤثر مطر الشتاء في غسيل الأملاح.



الشكل(٤,٩). تأثير أمطار الشتاء على انخفاض ملوحة ماء الترب.

المصدر (Ayers and Westcot, 1980)

(٤,٦,٣) المراقبة

يمكن تقدير كمية الغسيل التي تحصل بالتربة ومن ثم مراقبة التربة والمحصول وهي تعتبر أدوات مهمة لتحديد احتياجات الغسيل خصوصاً أن هناك متغيرات كثيرة قد تحدث نتيجة اختلاف المحصول والموسم وعليه فإن المراقبة ضرورية لتقليل أثر الملوحة.

هناك العديد من الدراسات والتجارب الحقلية والبيانات توضح الطريقة التي يمكن أن تزيد من كفاءة الغسيل وتقليل كمية المياه المطلوبة لذلك ومنها:

- الغسيل خلال فصل الشتاء.
- استخدام محاصيل تتحمل الملوحة.
- استخدام الحراثة للسماح بمرور الماء إلى التربة.
- استخدام الري بالرش بمعدلات أقل من معدل تسرب التربة.
- تكرار الري.
- استخدام كميات كبيرة من المياه عند الغسيل في بداية الموسم.

الإدارة الجيدة للري هي الإدارة التي يمكن أن توفر الماء اللازم لاحتياجات النبات بالإضافة إلى كمية المياه المستخدمة للغسيل. كل من متطلبات الغسيل والاحتياجات المائية للمحاصيل يمكن تقدير قيمتها ويمكن حساب كمية الماء المطلوب إضافتها للحقل. وفي حالات كثيرة فإن تقدير عمق ماء الري (معدل الإضافة) ووقتها والمساحة التي يغطيها عادة ما تكون غير دقيقة أو غير متوفرة وعليه فإن تقدير مدى فعالية السيطرة على الملوحة تكون غير دقيقة. أيضاً ويمكن معالجة ذلك من بيانات سابقة من الحقل بعد أخذ تحاليل التربة والملوحة. من عينات التربة يمكن تقدير نسبة الغسيل وملوحة طبقة الجذور لفترات سابقة ويمكن تلخيص ذلك في الآتي:

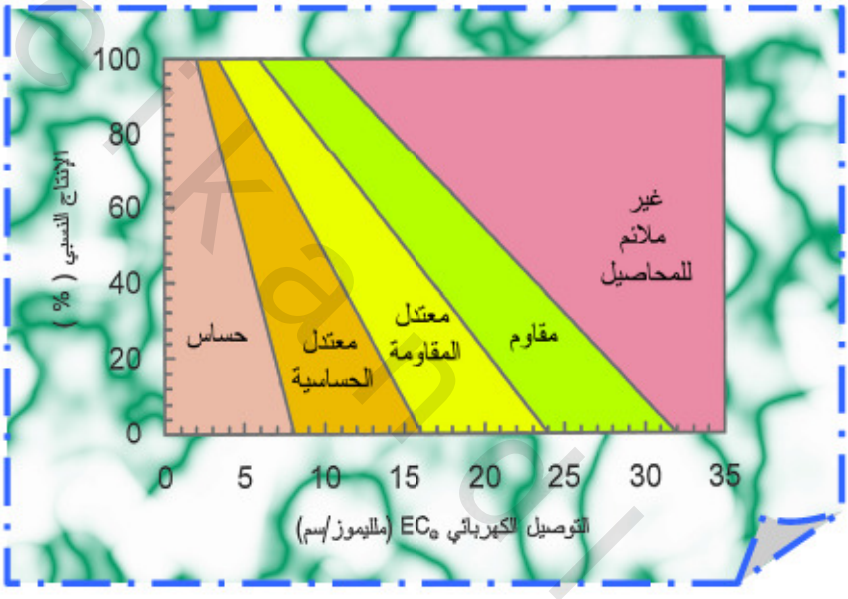
- تقدير العمق المناسب للجذور لمحصول سابق.
- أخذ عينات ممثلة لكل عمق من التربة لحساب EC_e.
- رسم منحنى شبيه بالمنحنى الموجود بالشكل (٤,٢)، عند نسب مختلفة من الغسيل.
- حساب قيمة EC_e لكل عمق في منطقة الجذور وتقارن القيمة مع قيمة EC_e من جدول تحمل النباتات للملوحة (الجدول٤,٢).

(٤,٧) تحمل المحاصيل للملوحة
Crop Tolerance to Salinity

تختلف النباتات في استجابتها للملوحة فبعضها يمكن أن تعطي إنتاجية مقبولة عند مستويات عالية من الملوحة عند مقارنتها بمحاصيل أخرى. وهذا قد يعود إلى قدرة بعض النباتات للتكيف الأسموزي Osmotic adjustment وامتصاص الماء من التربة المالحة. إن قدرة النباتات للتأقلم في الظروف الملحية مفيدة جداً لها. أما بعض المحاصيل فلا يمكنها النمو بصورة جيدة في مثل هذه الظروف وبالتالي يجب تغيرها إلى محاصيل أكثر تحمل للملوحة. وهذا الاختلاف الواسع في تحمل النباتات للملوحة يسمح لاستخدام المياه المتوسطة الملوحة والتي كانت في السابق تعتبر غير جيدة للري، كما أنه تم استخدام مدى واسع من ملوحة ماء التربة.

تحمل النباتات للملوحة معلوم لدى كثير من المشتغلين في المحاصيل فقد وضعت ضوابط عامة لاستخدام أو زراعة هذه النباتات بمياه مالحة أو معتدلة الملوحة. تحمل النباتات المختلفة للملوحة يمكن الرجوع إليها من الجدول (٤,٢) والذي اقترحه أساساً العالمان (Maas and Hoffman, 1977) ويشمل المحاصيل والخضار والأشجار والأعلاف. ولقد وضع هذا الجدول منذ ١٩٧٧م وتم إجراء العديد من التعديلات خصوصاً في المناطق الجافة (Ayers and Westcot, 1985). وفي حالة عدم توفر البيانات

الصحيحة فيتم تقدير قيم البيانات لذلك بالاعتماد على التجارب الحقلية. وللمقارنة فقط فإن الجدول (٤,٢) يقسم النباتات إلى عدة أقسام وهي متحملة الملوحة – معتدلة التحمل – معتدلة الحساسية – وحساسة للملوحة، كما تم وضع رسم بياني يوضح التقسيمات الشكل (٤,١٠). وهذه التقسيمات مفيدة جداً لمعرفة مدى تحمل النباتات للملوحة.



الشكل (٤,١٠). تصنيف المحاصيل حسب مقاومتها للملوحة.

(Maas and Hoffman, 1977)

لقد تم استخدام الجدول (٤,٢) وكذلك جدول تقييم المياه لتصنيف وتقييم مياه الري (١,١٤) (Ayers and Westcot, 1985) في تقييم النباتات. وعلى سبيل المثال فإن بيانات الجدول (٤,٢) توضح بأن الإنتاجية الكلية يمكن الحصول عليها بالكامل دون نقص بجميع المحاصيل عندما تكون ملوحة ماء الري EC_w أقل من ٠,٧ ملليموز / سم. وبالجدول (١,١٣) عن تقسيم المياه فإنه يمكن استخدام هذا النوع من

المياه دون تحفظ. وبجدول تقييم المياه أيضاً فإن الملوحة عند المدى المتوسط قد لا تؤثر على الإنتاجية الكاملة كما يمكن الحصول عليها مع الأخذ في الاعتبار نسب غسيل معينة للماء للمحافظة على التربة من تراكم الأملاح. وعند استخدام مياه عالية الملوحة ومحاصيل حساسة للملوحة فإن زيادة نسب الغسيل قد تفي باحتياجات الغسيل وبنسبة قد تصل ٢٥-٣٠٪ وهي نسبة غير مفيدة أبدا ؛ لأنها تسبب في فقد الماء بكميات كبيرة. وفي هذه الحالة فإنه يجب استبدال النباتات من الحساسة إلى نباتات تتحمل الملوحة.

إن النباتات الحساسة تتطلب نسب غسيل أقل ولكن بزيادة ملوحة ماء الري (EC_w) من المدى القليل إلى المتوسط وإن إنتاجية المحاصيل الحساسة قد تكون غير مجدية في هذه الحالة لأنها تتطلب نسب عالية من الغسيل خصوصاً عند زراعتها في ترب طينية ثقيلة.

إن بيانات تحمل الملوحة للنباتات بالجدول (٤,٢) تستخدم لحساب متطلبات الغسيل. كما أن المنحنى البياني لتقسيم النباتات حسب تحملها للملوحة يستخدم لتقدير الاحتياجات الغسيلية بمعلومية بيانات (الجدول ٤,٢) وهي تقسيمات النباتات حسب تحملها للملوحة في التربة وملوحة ماء الري، في حالة عدم معرفة نمط النباتات المزروعة والدورة الزراعية للمناطق الزراعية الجديدة فإن متطلبات الغسيل يجب أن تعتمد على أقل النباتات تحمل للملوحة بالمنطقة.

(٤,٧,١) تطور بيانات تحمل الملوحة Development of Tolerance Data

ولقد قام (Maas and Hoffman, 1977) بدراسة على نباتات كثيرة مختلفة مزرعة في مناطق عدة ووضعت الجداول والرسومات كما في الشكل(٤,٩) التي تبين العلاقة بين الإنتاج والملوحة حيث اقترحت المعادلة التالية:

$$y = \frac{EC_o - EC_e}{EC_o - EC_{100}} \quad \text{.....(٤,١١)}$$

حيث :

y = الإنتاج النسبي للمحصول.

EC_o = التوصيل الكهربي عندما يكون الإنتاج صفر٪. (ملليموز/سم)

EC_{100} = التوصيل الكهربي عندما يكون الإنتاج ١٠٠٪. (ملليموز/سم)

EC_e = التوصيل الكهربي لمحلول التربة. (ملليموز/سم)

ومن ثم قام (Maas and Hoffman, 1977) بوضع المعادلة التالية :

$$y = 100 - b(EC_e - a) \quad \text{.....(٤,١٢)}$$

حيث :

y = الإنتاج النسبي للمحصول.

ECe = الملوحة في مستخلص التربة المشبعة ملليموز/سم أو ديسيمنز/م

b = النقص في المحصول لكل وحدة زيادة في الملوحة.

a = درجة الملوحة التي يبدأ عندها المحصول بالتناقص عن ١٠٠٪

$$b = \frac{100}{EC_e \; at \;\; 0\% \; yield - EC_e \; at \;\; 100\% \; yield} \quad \text{.....(٤,١٣)}$$

القيم الرقمية الموجودة في جدول (٤,٢) لتحمل النباتات للملوحة وتقسيمها نشرت في الأساس في (Maas of Hoffman, 1977) وتم تنقيحها في (Maas, 1984). هذه البيانات توضح بأن إنتاجية النباتات تنخفض خطياً مع زيادة الأملاح فوق القيمة الحرجة لكل محصول وهذا الانخفاض الخطي في الإنتاجية يتوافق ما تم الحصول عليه في التجارب الحقلية.

أما القيم الأخرى لـ EC_e الموجودة في الجدول (٤,٢) فقد حسبت من المعادلة التالية

$$EC_e = \frac{100 + ab - y}{b} \quad \text{.....(٤,١٤)}$$

حيث : EC_e قيمة ملوحة التربة المرتبطة مع الانخفاض في الإنتاجية.

obeikandl.com

قيم الانخفاض في المحصول من ١٠٠ إلى ٩٠ ، ٧٥ ، ٥٠ وصفر ٪ موضحة بالجدول وهي مرتبطة بقيم كل من ECe, ECw. وأن قيم ECe المكافئة لقيم ECw تمت باستخدام العلاقة (EC_e=1.5 EC_w). والعامل ١,٥ لتحويل من EC_w إلى EC_e يوضح في الواقع نسبة الغسيل ١٥- ٢٠٪، أما في نسب مختلفة من الغسيل فإنه يجب الرجوع إلى (الجدول ٤,١) لعامل التركيز المختلف وعند نسب غسيل مختلفة. حدود التحمل في (الجدول ٤,٢) لملوحة الماء تفترض بإن ملوحة التربة (EC_e) ناتجة عن تراكم الأملاح في التربة من مياه الري المستخدمة. وعند وجود مصدر للأملاح غير مياه الري مثل ارتفاع مستوى الماء الأرضي فإن هذه العلاقة تصبح غير سليمة بين EC_e و EC_w.

ومن الواضح أنه لو تغيرت قيم نسب الغسيل (١٥-٢٠٪) بحيث أن عامل التحويل بين (EC_e=1.5EC_w) سوف يختلف فإن قيم EC_w في الجدول (٤,٢) سوف تختلف وعليه إيجاد جدول آخر. ولا يجوز عمل ذلك إلا بعد التأكد من التجارب المحلية بأن العلاقة بين (EC_e=1.5 EC_w) غير صحيحة وتحتاج إلى علاقة أخرى. أن القيم الموجودة في الجدول (٤,٢) لـ EC_e يعتقد أنها أفضل ما تم التوصل إليه بناءً على تجارب عديدة في كثير من دول العالم. أن تغير نسب الغسيل لتغير عامل التغير (1.5) يمكن أن يتم باستخدام الجدول (٤,١). لمعرفة قيم EC_e باستخدام ماء ذا ملوحة معنية ونسب غسيل تختلف عن ١٥-٢٠٪.

النسبة الأعظم من البيانات المستخدمة من قبل (Maas and Hoffman, 1977) لإيجاد معادلة تحمل الملوحة لإنتاجية تقع بين ٥٠-١٠٠٪ ولأن هذه المعادلة الخطية تعطي توقع جيد للمحصول عن ملوحة معينة فإنها يمكن استخدامها لتوقع ملوحة ماء التربة EC_e النظرية والتي يبدأ عندها النبات عدم القدرة على امتصاص الماء ويتوقف النمو حيث يصبح الإنتاج صفراً. أما قيمة EC_e العظمى أو صفر إنتاجية والمتحصل عليها من هذه المعادلة موجودة في آخر عمود من الجدول (٤,٢). والشكل (٤,٩) لتحمل النباتات للملوحة يوضح هذه القيم عندما تكون الإنتاجية صفراً.

عند رسم البيانات في شكل منحنى فإن النباتات المتشابهة للتحمل تقع ضمن مجموعة معينة والحدود بين المجموعات يمكن تحديدها كما جاء في الشكل (٤,٩) (Maas, 1984) وهي قريباً جداً للبيانات التي أعطيت في الجدول (٤,٢). ويمكن تقسيم مجموعات النباتات حسب تحملها للملوحة إلى الآتي :

	تحمل النباتات للملوحة	EC_e التي يبدأ بعدها المحصول بالانخفاض
١	حساسة	أقل من ١,٣ ملليموز/سم
٢	متوسطة الحساسية	١,٣-٣ ملليموز/سم
٣	متوسطة التحمل	٣-٦ ملليموز/سم
٤	متحملة	٦-١٠ ملليموز/سم
٥	غير صالحة	أكثر من ١٠ ملليموز/سم

ويمكن اختيار بعض النباتات ووضعها بالجدول (٤,٣) عند مدى صلاحية مياه الري لمحصول العنب مثلاً أو تأثير الملوحة على الإنبات (الجدول ٤,٤).

الجدول (٤,٣). القواعد الإستراتيجية لمدى صلاحية المياه للعنب. (Neja *et al*, 1978).

مشكلة مياه الري	الوحدات	درجة التقييم		
		لايوجد منع	متوسط	عدم الإستخدام
الملوحة[٢] EC_w	dS/m	<1	1.0-2.7	>2.7
السمية				
صوديوم (Na^+)	meq/l	<20	–	–
كلوريد (Cl^-)	meq/l	<4	4-15	>15
بورون (B)	meq/l	<1	1-3	>3
Miscellaneous				
بيكربونات (HCO_3^-)	meq\l	<1.5	1.5-7.5	>7.5
نيترات– نيتروجين (NO_3-N)	mg/l	<5	5-30	>30

الجدول (٤,٤). التحمل النسبي للأملاح لمحاصيل مختلفة عند الإنبات. (Maas, 1984).

المحصول	50% إنخفاض في نسبة الإنبات (EC_e ds/m)
شعير	16-24
قطن	15.5
قصب سكر	6-12.5
دخن	13
Safflower	12.3
قمح	14-16
البنجر الأحمر	13.8
البرسيم	8.2-13.4
الطماطم	7.6
الأرز	18
زهرة	13
البطيخ	10.4
الذرة	21-24
خس	11.4
بصل	5.6-7.5
الفاصوليا	8.0

مثال (١)

افترض أن محصول البنجر يتحمل ملوحة ECe مقدارها ٨,٥ ديسيمنز/متر مع انخفاض في الإنتاجية تمثل ١٠٪ فما هي قيم LR لمياه مختلفة النوعية كالآتي:

ECi = ٠,١ ، ٠,٥ ، ١,٠ ، ٢,٠ ديسيمنز/متر

بتطبيق معادلة الغسيل فإن قيم الاحتياجات الغسيلية كما يلي:

LR = ٠,٠١٢ ، ٠,٠٥٦ ، ٠,١٢ ، ٠,٢٤

أما عند نسب غسيل تمثل ١٠٠٪ ، ٩٠٪ ، ٨٠٪ ، ٧٠٪ من الإنتاج

وعند استخدام مياه ذات ملوحة ECi = ١,٠ ديسيمنز/ متر وبمعرفة قيم EC_e من (Maas & Hoffman, 1977)

ECe = ٧ ، ٨,٥ ، ١٠,٥ ، ١٢ ديسيمنز/متر

فإن قيم الاحتياجات الغسيلية تكون

LR = ٠,١٤ ، ٠,١٢ ، ٠,٠٩٥ ، ٠,٠٨٣ على التوالي.

مثال (٢)

إذا كانت المياه المستخدمة للري ECi ذات ملوحة = ٠,٧ ديسيمنز/متر بحقل مزروع بالبنجر وقيمة (EC_e) من دراسة (Maas & Hoffman., 1977) لتجنب أي فقد هي ٧ ديسيمنز/متر.

$$LR = \frac{EC_i}{EC_d} = \frac{0.7}{7} = 0.1$$

وبافتراض أن قيمة (ET) اليومي = ٢٠ بوصة/اليوم

$$D_i = D_d + D_{et}$$

$$\because LR = \frac{D_d}{D_i}$$

$$\therefore D_d = LR \times D_i$$

وبالتعويض عن قيمة Dd في المعادلة تصبح كالتالي :

$$D_i = LR \times D_i + D_{et}$$

$$Di - LR \times D_i + D_{et}$$

$$D_i \left(1 - LR\right) = D_{et}$$

$$\therefore D_i = \frac{D_{et}}{1 - LR} = \frac{0.2 \quad in/day}{1 - 0.10} = 0.22 \quad in/day$$

ومع افتراض أن كفاءة الري ٧٠٪ فإن قيمة

$$D'_i = D_i / eff = \frac{0.22 \ \ in/day}{0.7} = 0.31 \quad in/day$$

وعلى افتراض أن الري يتم كل ١٠ أيام وبمعدل تسرب ٢ بوصة/اليوم فإن زمن الري يكون كالتالي:

$$T = \frac{D'_i \times Irrig.\ Interval}{Infil.\ Rate} = \frac{0.31 \times 10}{2} = 1.55\ days$$

بالرجوع إلى معادلة حساب احتياجات الغسيل LR فيجب أن نعين قيمة EC_{dw} وبافتراض أن قيم EC_e التي تعطي ٥٠٪ انخفاض في محاصيل و الحبوب والعلف و ١٠٪ انخفاض في محاصيل الفواكه هي نفسها قيم EC_{dw} التي وضحها (Bernstein, 1964) وكان الافتراض هو أن النباتات تستجيب إلى معدل ملوحة منطقة الجذور (Bernstein and Francis, 1973).

مثال (٣)

يحصل لبنجر السكر انخفاضا مقداره ١٠٪ عندما تكون EC_e = ٨,٧ ملموز/سم ولو افترضنا أن ماء الري ذو EC = ٢٠٠٠ ميكروموز/ سم. فاحسب LR

الحل

وللمقارنة فإن الطريقة السابقة حسب معادلة التوازن وباستخدام ٥٠٪ انخفاض في المحصول فإن قيمة EC_{dw} = ١٥ ملموز/ سم.

فإن:

$$LR = \frac{EC_{iw}}{5EC'_e - EC_{iw}} = \frac{2}{5(8.7) - 2} = \frac{2}{41.5} = 0.048 = 4.8\%$$

$$LR = \frac{EC_{iw}}{EC_{dw}} = \frac{2}{15} = 0.13 = 13\%$$

الفرق بين المعادلتين هو أن ١٣٪ تأخذ في الاعتبار المنطقة الجذرية كلها دون الاعتماد على الموقع بينما يستجيب المحصول إلى الملوحة المنخفضة في أعلى المنطقة الجذرية ٤.٨٪ وإهمال المنطقة السفلى من منطقة الجذور العالية الملوحة.

إن المعلومات الخاصة بالاستهلاك المائي(ET) لمحصول معين ضرورية لو استخدمت احتياجات الغسيل لتعيين عمق ماء الري المطلوب إضافته أو عمق الماء في الصرف للمحافظة على مستوى معين من الملوحة في التربة حيث:

$$ET = D_{iw} - D_{dw}$$

وبحل المعادلة لقيمة D_{dw} ووضعها في المعادلة وترتيبها كما يلي:

$$D_{iw} = \frac{ET}{1 - LR}$$

حيث تبين المعادلة عمق مياه الري اللازمة لكل من البخر– نتح (ET) وقيمة LR .

مثال (٤)

احسب عمق مياه الري وعمق مياه الصرف في أراضي مروية علماً بأن التوصيل الكهربي لماء الري EC_{iw} = ١ ديسيمنز/متر و الـ EC_{dw} , = ٨ ديسيمنز/متر علماً بأن الاستهلاك المائي للمحصول يساوي ٠.٩ سم/اليوم؟

الحل

باستخدام المعادلة:

$$D_{iw} = ET\left(\frac{EC_{dw}}{EC_{dw} - EC_{iw}}\right)$$

$$D_{iw} = 0.9\left(\frac{8}{8-1}\right) = 1.03\ cm/day$$

$$D_{dw} = \frac{EC_{iw}}{EC_{dw}} D_{iw} = \frac{1}{8} \times 1.03 = 0.13\ cm/day$$

مثال (٥)

أحسب مقدار الاحتياجات الغسيلية (*LR*) علماً بأن قيمة EC_e تساوي ١٠ ديسيمنز / متر. احسب كذلك عمق ماء الري (D_{iw}) الواجب إضافته إذا علمت بأن الاستهلاك المائي يساوي ٦٠ ملم. علماً بأن EC_{iw} = ١,٥ ديسيمنز/م.

الحل

$$LR = \frac{EC_w}{5(ECe)-EC_w}$$

$$LR = \frac{1.5}{5(10)-1.5} = 0.031$$

$$D_{iw} = \frac{ET}{1-LR} = \frac{60}{1-0.031} = 61.9195\ mm \cong 62\ mm = 6.2\ \text{cm}$$

مثال (٦)

حقل مساحته ١٢٠٠هكتار مزروع فيه محصول معين له القدرة على تحمل توصيل كهربائي في ماء الصرف يقدر بـ ٦ ملليموز/سم، إذا علمت أن الاستهلاك المائي للمحصول ٩٧سم من مياه الري ومقدار سقوط الأمطار في فصل النمو = ١٥سم وقيمة EC لماء المطر = ٠,٥ ملليموز/سم، وقيمة EC لماء الري = ٢,٠ ملليموز/سم.

الحل

$$EC_{(rw+iw)} = \frac{D_{rw}\ EC_{rw} + D_{iw}\ EC_{iw}}{D_{rw} + D_{iw}} = \frac{15 \times 0.5 + D_{iw} \times 2}{15 + D_{iw}}$$

$$But \quad Di_w = \frac{ET}{\left(1 - \frac{EC_{iw}}{EC_{dw}}\right)} = \frac{97}{\left(1 - \frac{2}{6}\right)} = 145.5\ cm$$

$$\therefore \quad EC_{(rw+iw)} = \frac{15 \times 0.5 + 145.5 \times 2}{15 + 145.5} = 1.86\ m\ mhos$$

$$LR = \frac{EC_{iw}}{EC_{dw}} = \frac{1.86}{6} = 0.31$$

$$D_{dw} = \frac{EC_{iw}}{EC_{dw}} D_{iw} = \frac{1.86}{6} \times 145.5 = 45.1\ cm$$

حجم الماء الإجمالي الذي يجب أن يصرف من هذه المنطقة

$$1200 \times \frac{45.1}{100} = 541.26\ m^3$$

مثال (٧)

أوجد الاحتياجات الغسيلية(LR) لمحصول القمح وملوحة ماء الري ١٥٠٠ جزء في المليون فإذا علمت أن قيمة التوصيل الكهربائي لمستخلص ماء التربة والمناسب للقمح ٦,٧ ملليموز / سم والتوصيل الأقصى الذي يتحمله المحصول = ٢٠ ملليموز/سم.

الحل

$$LR = \frac{EC_{iw}}{2\ Max\ EC_{dw}} \frac{1}{LE}$$

$EC_{iw} = 1500$ ppm

$$EC_{iw} = \frac{1500}{640} = 2.34\ mmhos$$

$$LR = \frac{2.34}{2 \times 20} \times \frac{1}{90} = 0.065 = 6.5\%$$

مثال (٨)

إثبات أن :

$$D_d = ET\left(\frac{EC_i}{EC'_d - EC_i}\right)$$

الحل

$$D_i = ET + D_d$$

$$D_i = ET / 1 - LR$$

oberikandl.com

$$D_d + ET = \frac{ET}{1 - LR}$$

$$D_d = \frac{ET}{1 - LR} - ET$$

$$= \frac{ET}{\left(\frac{EC_d}{EC_d} - \frac{EC_i}{EC_d}\right)} - ET$$

$$= \frac{ET}{\left(\frac{EC_d - EC_i}{EC_d}\right)} - ET$$

$$= \left(\frac{EC_d \times ET}{EC_d - EC_i}\right) - ET$$

$$= ET\left(\frac{EC_d}{EC_d - EC_i} - 1\right)$$

$$= ET\left(\frac{EC_d - EC_d + EC_i}{EC_d - EC_i}\right)$$

$$= ET\left(\frac{EC_i}{EC_d - EC_i}\right)$$

مثال (٩)

يروى محصول الذرة بالري الجدولي. تمت الزراعة في تربة طمثية متجانسة وتروى بمياه البئر ذو الملوحة (EC_w =1.2dS/m). قيمة البخر– نتح للمحصول

obeikandl.com

(ET =800mm/year). كفاءة الري ٦٥٪ وإن الماء المضاف الموسمي = = 800/0.65 = 1230mm. كم من الماء يجب أن يضاف لحساب متطلبات الغسيل؟

المعطيات:

EC_w =1.20 dS/m

EC_e =2.5 dS/m (الجدول ٤,٢ عند إنتاجية ٩٠٪)

EC_e =1.7 dS/m (الجدول ٤,٢ ، مع إنتاجية ١٠٠٪)

الحل

يمكن حساب متطلبات الغسيل باستخدام معادلة الغسيل وبالتعويض عن القيم المناسبة للمحصول المطلوب من الجدول (٤,٢):

عند ٩٠٪ من الإنتاجية. $$LR = \frac{EC_w}{5\left((EC_e)-(EC_w)\right)} = \frac{1.2}{5(2.5)-1.2} = 0.10$$

عند ١٠٠٪ من الإنتاجية $$LR = \frac{1.2}{5(1.70-1.2)} = 0.16$$

$$AW = \frac{ET}{1-LR} = \frac{800}{1-0.10} = 890\ mm/season$$

وحيث إن كمية الماء المضافة ١٢٣٠ملم بطريقة الري السابقة بكفاءة ٦٥٪ لتلبية ٨٠٠ملم من ET وحيث إن ١٢٣٠ملم أكثر من ٨٩٠ملم المطلوبة لتلبية ET وللغسيل فإن الفرق هو تسرب عميق أو سيساعد في عملية الغسيل. إن الفقد الحاصل ضمن التسرب العميق أكثر من ما هو المطلوب للغسيل حتى عند ١٥٪. وعليه فإن إضافة كميات أخرى للغسيل غير مجدية.

obeikandl.com

مثال (١٠)

تحديد إنتاجية المحصول لمحصول القطن من جدول (٤,٢) قيمة a= 7.7 dS/m

وهي قيمة EC_e عند إنتاجية 100% ومن معادلة (Maas and Hoffman, 1977) و(الجدول ٤,٢) تحمل النباتات للملوحة فأن قيم:

$$b = \frac{100}{EC_e\ at\ 0\%yield - EC_e\ at 100\%yield}$$

$$= \frac{100}{27-7.7} = \frac{100}{19.3} = 5.2$$

أي ٥,٢ ٪ من الفقد في الإنتاج لكل وحدة زيادة في ملوحة EC_e

بالتعويض عن قيم كل من a ، b في المعادلة عند إنتاجية ١٠٠٪ يمكن حساب EC_e حيث:

$$EC_e = \frac{100+ab-y}{b} = \frac{100+(7.7\times5.2)-100}{5.2} = 7.7dS/m$$

والقيم الأخرى لملوحة ماء التربة EC_e عند انخفاض الإنتاج هي:

EC_e	الإنتاجية المحتملة (٪)
٧,٧	١٠٠
٩,٦	٩٠
١٣	٧٥
١٧	٥٠
٢٧	صفر

(٤,٧,٢) العوامل التي تؤثر على تحمل الملوحة Factors Affecting Tolerance

إنتاجية المحاصيل باستخدام مياه الري يمكن أن تتفاوت من (صفر–١٠٠٪) حسب الملوحة المستخدمة كما وضحنا سابقاً وهناك عوامل أخرى غير نوعية المياه تؤثر

على الإنتاجية. والقيم الموضحة في جدول وشكل تحمل النباتات للملوحة تبين مدى تحمل النباتات للملوحة باعتماد عامل الملوحة فقط ولكن هناك عوامل قد تكون دائمة أو مؤقتة في التأثير على الإنتاج.

إن الجدول (٤,٢) (Maas and Hoffman, 1977) لتحمل النباتات للملوحة وضع أساساً للنباتات في طور الشتلات حتى النضج ولم تتضمن الفترة خلال الإنبات وهي فترة مهمة جداً لتأثير الأملاح على الإنبات وبالنهاية على الإنتاجية. وعموماً إذا كانت الملوحة عند سطح التربة (موقع البذور) أكبر من ٤ ملليموز/سم فإنها قد تمنع أو تؤخر الإنبات.

كذلك الاختلافات بين النباتات تؤثر على مدى تحمل النباتات للملوحة ولذلك هناك الكثير من البحوث تركز على أنواع النباتات التي تتحمل الملوحة في المناطق الجافة ودخلت التقنية الحيوية بشكل كبير في استنباط مثل هذه الأصناف التي تتحمل الملوحة.

المناخ أيضا من العوامل المهمة التي تؤثر على تحمل المحاصيل للملوحة والجفاف وعلى العموم فإن النباتات التي تنمو في المناطق الباردة أو في فصل الشتاء لها القدرة على مقاومة الملوحة أكثر من تلك التي تنمو في المناطق الدافئة أو الجافة خصوصاً إذا عرفنا أن الاحتياجات أو الطلب على الماء من قبل النباتات في الجو البارد تكون أقل وعليه فإن الأثر الناتج عن عدم توفر الماء وزيادة تركيز الأملاح غير موجود، كما أن الأمطار الساقطة تؤثر على غسيل الأملاح وتمنع تراكمها. ومن جهة أخرى في المناطق الدافئة فإن الطلب على ET كبير وامتصاص الماء من قبل النباتات قد لا يكون مناسباً نتيجة لعدم توفر الماء بصورة جيدة وزيادة الأملاح فيه (القريبة من منطقة الجذور) مما يسبب ظهور أعراض الإجهاد على النباتات. وعليه تستطيع القول أن المناخ يؤثر على النباتات الأكثر حساسية للجفاف والملوحة.

وللتسميد تأثير قليل جداً على تحمل الملوحة ؛ لأن التسميد المناسب يزيد من الإنتاجية وأن إضافة أسمدة جديدة قد لا يزيد الإنتاج ولكن يعرض النبات إلى مشاكل أخرى قد تؤدي إلى خفض الإنتاجية.

(٤,٧,٣) الإدارة الحقلية

أهم الأعمال الإدارية للسيطرة على الأملاح سبق وأن نوقشت وهي أساساً وجود الصرف الجيد ومن ثم الغسيل للسيطرة على الملوحة واستبدال المحاصيل إلى محاصيل أكثر تحمل للملوحة. هذه الأعمال مناسبة كحلول لفترات طويلة بالنسبة للسيطرة على الملوحة ولكن هناك بعض الأعمال التي يجب تؤخذ ولها تأثيرات جيدة وتؤثر على الإنبات والشتلات وبالنهاية المحصول. فالإنتاجية الضعيفة أساسها عدم وجود نبات قوي من البداية أي من بداية الإنبات. وأن هذه الأعمال تساعد على السيطرة على الملوحة وهي تعمل في كل السنة أو كل سنتين وتشمل:

١- تسوية الأرض(أرض الحقل الزراعي) Leveling

السيطرة على الملوحة تكون صعبة جداً في حالة كون الحقل غير مستوي أو مدرج بصورة سليمة. والتسوية تسمح بتوزيع الماء بصورة متجانسة. وإذا تركت الأرض دون تسوية تؤدي إلى تراكم الأملاح في المناطق المرتفعة من الحقل وعادة ما تكون قدرتها على تسرب الماء ضعيفة أما في المناطق المنخفضة فإن تجمع الماء يسبب مشاكل كثيرة للنبات. والإنتاجية في المناطق المرتفعة من الحقل تكون ضعيفة نتيجة لقلة الماء وزيادة الملوحة، أما في المناطق المنخفضة فضعف الإنتاج سببه زيادة الرطوبة في التربة وقلة التهوية وبالتالي ضعف النبات النامي وبالطبع هذه المشكلة تحدث بالري السطحي أي الغمر في المناطق الغير مستوية من الحقول الزراعية.

٢- توقيت الري Irrigation Time

توقيت الري لمنع إجهاد النباتات سيساعد أيضاً في الحصول على الإنتاجية العالية باستخدام مياه مالحة نسبياً. وتوقيت الري يشمل زيادة تكرار الري، والري قبل موسم الأمطار واستخدام شتلات بدل البذور المباشرة. والهدف الأساسي من توقيت الري هو تقليل الملوحة وتجنب الإجهاد بين الريات. إن تجنب الإجهاد بين الريات يمكن أن يتم بزيادة تكرار الري الذي قد يؤدي إلى زيادة الماء المتاح بين الريات. وإن تكرار الري قد لا يعطي نتائج طيبة دائماً الري بالغمر وإن زادت عملية تكرار الري فقد يؤدي إلى زيادة الماء المضاف مما يقلل من كفاءة استخدام الماء وكما هو معروف فإن طرق الري بالغمر ذات كفاءة منخفضة عند مقارنتها بطرق الري بالرش أو التنقيط.

إن تراكم الأملاح باستخدام مياه مرتفعة الملوحة يمكن ملاحظتها في ١٠ سم من الطبقة السطحية من التربة نتيجة التبخر خصوصاً في المواسم غير الزراعية بالمناطق التي يرتفع فيها مستوى الماء الأرضي وفي الأجواء الحارة الجافة، وتراكم الأملاح هنا مصدره كل من مياه الري ومستوى الماء الأرضي إن وجد. وفي تلك الأحوال فإن الإنبات وتطور نمو الشتلات والإنتاجية سوف تتأثر نتيجة التملح. ولذلك ينصح بالري العميق قبل الزراعة في مثل هذه المناطق.

٣- موقع البذرة Placement of Seed

كما ذكر سابقاً فإن الملوحة تؤثر على نسبة الإنبات أو تؤخره وغالباً ما يكون من الصعب الحصول على نباتات جيدة عند زراعة النباتات على البتون في الترب المتأثرة بالأملاح. وعادة ما يقوم المزارعين بزيادة معدلات إضافة البذور إلى ثلاثة أضعاف المعدل في الظروف الاعتيادية. أن زيادة كمية البذور تعطي زيادة في كثافة

النباتات كما هو موضح بالجدول (٤,٥) ولكن هذه الكثافة سوف تؤثر على النباتات وفي النهاية على المحصول بالإضافة إلى عدم تجانس النباتات مع بعضها. ومن الخيارات التي يجب اتباعها هو التكيف في الزراعة للتأكد من أن التربة حول الشتلات أو البذور قليلة الأملاح وإنها مناسبة لإنبات البذور خصوصاً في فترة الإنبات.

مع الري بالشرائح فإن النباتات توضع على أعلى البتون وإن مياه الري تتحرك إلى البتن وعندما يتحرك الماء من شرخين للري إلى مركز البتن فإن تركيز الأملاح سيكون في المنتصف ويؤدي إلى تراكم الأملاح بالمنتصف. إن زراعة البذور في مفردة بالمنتصف هو بالفعل محل تراكم الأملاح (الشكل ٤,١١ أ) أما زراعة البذور في صفين بعيداً عن المركز (الشكل ٤,١١د) وقريبة من حافة البتن يمنع تراكم الأملاح بها. وبهذه الطريقة فإن الأملاح تتراكم بالمركز ولكنها بعيدة عن النباتات. ومن الطرق الأخرى هو استخدام شريحة لري واحدة حيث يتراكم الأملاح في الجهة البعيدة من الماء (الشكل ٤,١٠ب).

الجدول (٤,٥). معدل إضافة البذور للنباتات المختلفة . (Ayers and Westcot, 1985).

معدل الإضافة ٪	البصل		الجذر		البرسيم	
	١,٠	٤,٠	١,٠	٤,٠	١,٠	٤,٠
١٠٠ [٢]	١٧	١٤	٨٣	٥٦	٢٩	٢٤
١٣٠	٢٣	١٩	١٢٦	٧٢	٣٩	٣٤
٢٠٠	٣٣	٢٨	١٩٨	١٢٠	٥١	٣٦

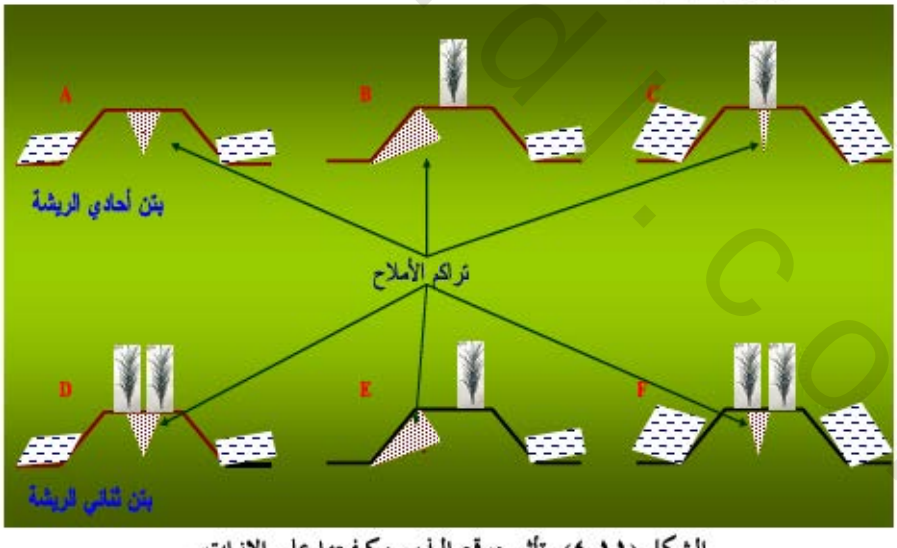
كما يمكن أيضاً زيادة عمق ماء الري في جدول الماء كما يوضحه شكل (٤,١٠ف). ومن الطرق المستخدمة حالياً هو استخدام البتون المائلة ويتم وضع البذور والشتلات على جانب الميل (الشكل ٤,١٢)، بطرق مختلفة، منفردة أو مزدوجة

النباتات. أو عن طريق تغير الميل في البتون (الشكل ٤,١٣). أو المائلة المتكررة الموضحة بالشكل (٤,١٤).

ولتأثيرات الملوحة المختلفة فإن الشكل (٤,١٥) يوضح الطرق المناسبة لكل ملوحة عند أوضاع مختلفة للبتون سواء كانت منفردة أو مزدوجة أو ذات ميول عند قيم ملوحة التربة بين ٤-١٦مليموز / سم.

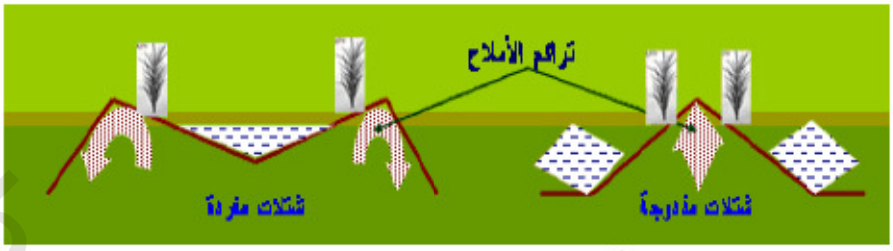
٤- التسميد Fertilization

الأسمدة الكيمائية والعضوية ومحسنات التربة بها أملاح قابلة للذوبان وإذا وضعت هذه الأسمدة قريبة جداً إلى الشتلات أو النباتات النامية قد تسبب السمية لها. فمثلاً عند إضافة (٢٤٠كيلو/هكتار كبريتات أمونيوم) ٥٠ كيلو/هكتار نيتروجين لن يسبب أي مشكلة عند وضعه بصورة متجانسة للتربة. ولكن عند خلطه من البذور وقت البذار فإنه سيقل الإنبات. وعليه فإن من الواجب أخذ الحذر عن موعد إضافة الأسمدة وتوقيتها وكميتها.



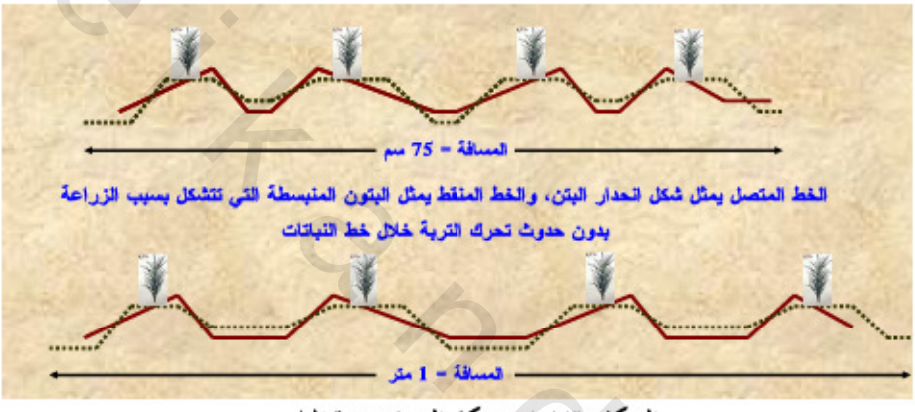
الشكل (٤,١١). تأثير موقع البذور وكيفيتها على الإنبات.

(Ayers and Westcot, 1985)



الشكل (٤,١٢). وضع البذور في البتون المائلة.

(Ayers and Westcot, 1985)

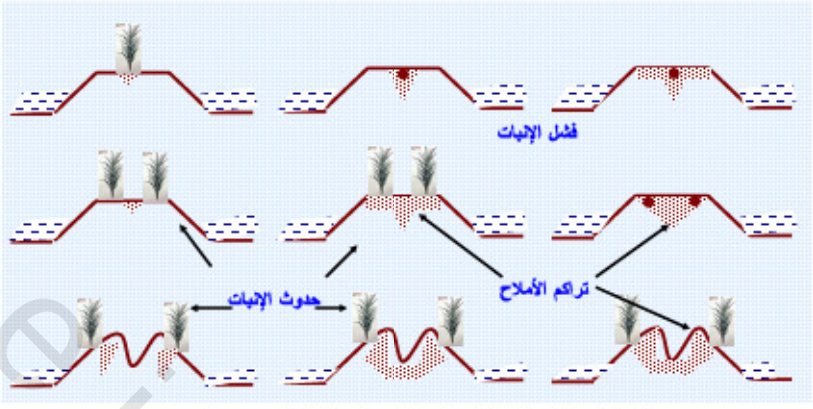


الشكل (٤,١٣). شكل البتون متغيرة الميل.

(Ayers and Westcot, 1985)

الشكل (٤,١٤). شكل البتون المتكررة.

(Ayers and Westcot, 1985)



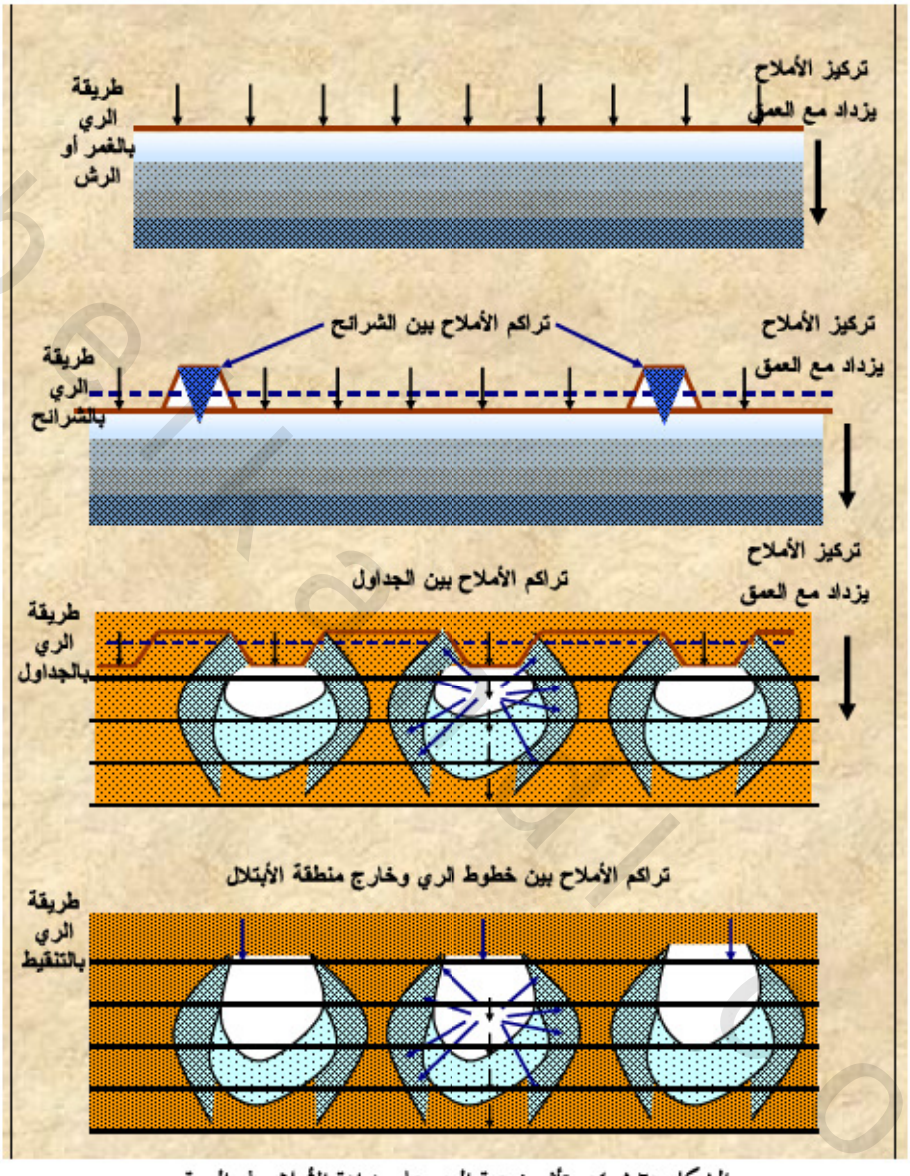
الشكل (٤,١٥). تأثير قيم الملوحة (٤–٦ ديسيمز/م).
(Ayers and Westcot, 1985)

(٤,٧,٤) تغير طرق الري Changing Method of Irrigation

تؤثر طرق الري مباشرةً على كل من كفاءة استخدام المياه وعلى تراكم الأملاح. فطرق الري بالغمر والرش صممت لإضافة الماء بطريقة متساوية على المساحة المروية وهذا يؤدى إلى تراكم الأملاح في أسفل منطقة الجذور. وإن درجة تراكم الأملاح تعتمد على نسب الغسيل المستخدمة. يوضح الشكل (٤,٢) السابق توزيع الأملاح في قطاع التربة الناتج من الري السطحي أو الري بالرش عند نسب غسيل تراوحت بين ٠,١ — ٠,٤.

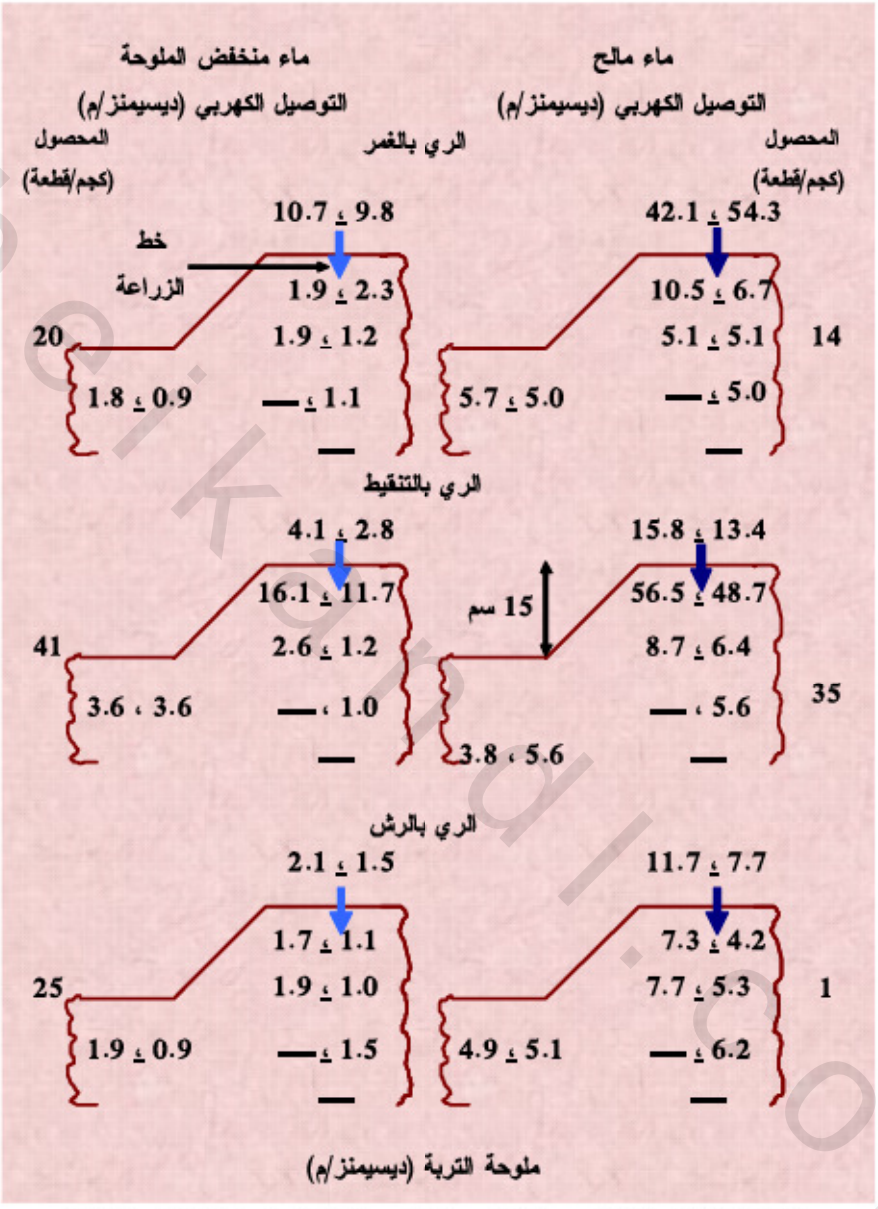
يوضح الشكل (٤,١٦) نمط تراكم الأملاح عند الري بالغمر أو بالرش عند إضافة الماء بشكل متجانس ومقارنته بالري بالتنقيط والذي يضاف فيه الماء عند مواقع محددة من سطح التربة. ومن جانب آخر ففي طريقة الري بالشرائح فإن تراكم الأملاح يكون مشابهاً لطريقة الغمر ولكن تتراكم الأملاح أيضاً في الأماكن الغير مروية (لاحظ الشكل) نتيجة البخر. أما في طرق الري بالتنقيط فإن الأملاح تتراكم في نهاية ما يصل الماء في التربة ويعطي الري بالتنقيط شكل كروي للماء.

يوضح الشكل(٤,١٧) توزيع الأملاح الناتجة من الأنواع المختلفة للري و إنتاجية المحصول.



الشكل (٤,١٦). تأثير نوعية الري على زيادة الأملاح في التربة.

(Ayers and Westcot, 1985)



الشكل(٤,١٧). مقارنة بين مياه الري منخفضة ومرتفعة الملوحة وأنظمة الري المختلفة.

(Ayers and Westcot, 1985)

obeikandl.com

(٤,٧,٥) تهيئة التربة للسيطرة على الملوحة

Land Development for Salinity Control

تهيئة التربة أو الحقل للزراعة للسيطرة على الأملاح تحتاج إلى عمليات مهمة ومنها تسوية التربة، إنشاء المصارف، الحراثة العميقة والغسيل لإزالة الأملاح من التربة.

١- تسوية التربة Land grading

لا يمكن السيطرة على الملوحة في حقول غير مستوية وميول مختلفة في الحقل. وتسوية الحقل تسمح بحصول تجانس لتسرب المياه على امتداد الحقل. والتسوية تغير من ميل الحقل الأساسي إلى ميل متجانس.

٢- تحسين صرف الطبقة تحت السطحية Improved subsurface drainage

مشاكل صرف الطبقة تحت سطحية أو ارتفاع مستوى الماء الأرضي يصعب من مشاكل الملوحة في الحقل. ارتفاع مستوى الماء الأرضي يرجح إلى وجود طبقة صماء غير منفذة تحت سطح التربة مثل طبقة من الطين أو طبقة جيرية صماء. ومشاكل الصرف قد تكون نتيجة زيادة الري أو نتيجة أن المنطقة منخفضة فيتجمع بها المياه.

٣- الحراثة العميقة Deep Cultivate

قطاع التربة ذو الطبقات المختلفة يصعب رية لكفاءة جيدة فالطبقات المختلفة مثل الطين وبعدها الرمل أو طبقة صماء يصعب تسرب الماء إليها وبالتأكيد فإنه من الصعوبة جداً السيطرة على الأملاح. في مثل تلك الترب، وعليه فإنه يجري حرث عميق لتكسير هذه الطبقات الغير منفذة باستخدام الحراثة العميقة. إن الحراثة العادية قد تعطي نتائج لفترات قصيرة ١- ٥ سنوات فقط ثم تبدأ المشكلة من جديد.

openkandil.com

٤- استصلاح الترب بالغسيل Reclamation Leaching

عندما تزداد الملوحة عن تحمل النباتات لها فإنه يجب غسيل الترب واستصلاحها لتخفيف الملوحة بها. فقد تكون الأملاح تراكمت نتيجة طبيعة ومادة الأصل بالتربة أو وجود مستوى ماء أرضي مرتفع أو تراكمت لعدم كفاية الغسيل أثناء موسم النمو.

(٤,٧,٦) خلط مياه الري Changing or Blending Water

في حالة وجود مياه مرتفعة الملوحة فإنه يمكن أن يفكر باستبدال المياه من مصدر آخر أحسن نوعية وهذا بالطبع غير ممكن وعليه فيمكن التفكير في خلط المياه من بئرين أو مصدرين مختلفين ويصبح تركيز المياه الجديد حسب المعادلة التالية :

تركيز الماء المخلوط = (تركيز الماء أ × كمية الماء أ)+(تركيز الماء ب× كمية الماء ب) .....(٤.١٥)

مثال: الماء المختلط للذرة (Ayers and Westcot, 1985)

يروي مزارع محصول الذرة من مياه القناة حيث (EC_w = 0.23 dS/m) ويمكن الحصول على نسبة غسيل تساوي ٠.١٥ . المساحة الزراعية قابلة للتمديد والمشكلة عدم وجود مياه كافية. ومياه أبار ملوحتها تساوي (EC_w=3.6 dS/m) غير مناسبة لري الذرة. هل من الممكن خلط المياه وزيادة مساحة المنطقة الزراعية؟

وتحليل مياه البئر والقناة موضحة بالتالي :

	EC_w (dS/m)	Ca (me/l)	Mg (me/l)	Na (me/l)	HCO_3 (me/l)	Cl (me/l)	SO_4 (me/l)	SAR
مياه القناة	٠,٢٣	١,٤١	٠,٥٤	٠,٤٨	١,٨	٠,٢٩	٠,١٧	٠,٥
مياه الآبار	٣,٦	٢,٥٢	٤	٣٢	٤,٥	٢٥,١	٨,٩	١٨

المعطيات :

ملوحة ماء القناة EC_w=0.23 dS/m

ملوحة البئر EC_w =3.6 dS/m

نسبة الغسيل (LF) 0.15

الحل

متطلبات الغسيل عند ٩٠٪ من الإنتاج باستخدام معادلة الغسيل بالري السطحي وجدول (٤.٢) لتحمل النباتات للملوحة:

$$LR = \frac{EC_w}{5(EC_e) - EC_w}$$

$$LR_{Canal} = \frac{0.23}{5(2.5) - 0.23} = 0.02$$

$$LR_{Well} = \frac{3.6}{5(2.5) - 3.6} = 0.40$$

متطلبات الغسيل المحسوبة أقل بكثير عن ما يقوم به المزارع في حالة استخدام مياه القناة وبالتالي فإن المياه المفقودة كبيرة جداً وليس لها مبرر. أما عند استخدام مياه الآبار فإن نسبة الغسيل ترتفع إلى ٤٠٪ وهي كبيرة جداً.

باستخدام مياه القناة ومع نسبة غسيل ١٥٪ فإن الماء المضاف حسب المعادلة

$$A_w = ET / 1 - LF$$

= 800/1-0.15 = 941 mm/year.

أما لمياه البئر

$$A_w = \frac{800}{1-0.4} = 1333 \text{ mm/year.}$$

obeikandi.com

وعليه فإن استخدام ماء البئر لوحده سيزيد ٤٠٪ من الماء المطلوب. ومن الجدول (٤.٢) فإن قيمة ماء الري والتي تسمح بإنتاج ٩٠٪ وعند غسيل ١٥٪ تساوي $EC_w = 1.7$

∴ يمكن استخدام معادلة المياه المخلوطة.

ملوحة المياه المخلوطة (ECw_{blend}) = (ملوحة البئر $(EC_{w\ well})$ × b) + (ملوحة القناة (ECw_{Canal}) × a)

حيث

$EC_{w\ Canal}$ = ملوحة ماء الري من القناة dS/m.

$EC_{w\ well}$= ملوحة ماء البئر ds/m.

$EC_{w\ blend}$= أعلى قيمة لملوحة الماء المخلوط ds/m .

a٪= كمية ماء القناة.

b٪= كمية ماء البئر.

$$\text{if } a = 1-b$$

$$\therefore 0.23(1-b) + 3.6\,(b) = 1.7$$

$$3.27b = 1.47$$

$$b = 0.44$$

$$a = 0.56$$

وعليه يمكن زيادة المساحة المزروعة إذا تم خلط ماء القناة بنسبة ٤٤٪ من ماء البئر و ٥٦٪ من ماء القناة.

والجدول (٤.٦) يمثل قيم ملوحة ماء الري ونسبة الخلط المستخدمة ونسبة مياه القناة.

obeikandl.com

الجدول (٤,٦). نوعية المياه الناتجة عن خلط مياه القناة والآبار.

نسب المياه من القناة	EC_w (dS/m)	SAR	نسبة الخلط (مياه البئر/مياه القناة)
٠	٣,٦	١٧,٨	–
٢٠	٢,٩	١٥,٨	٤:١
٢٥	٢,٨	١٤,٨	٣:١
٣٣	٢,٥	١٣,٦	٢:١
٥٠	١,٩	١٤,٢	١:٤
٦٦	١,٤	٨,٣	١:٢
٧٥	١,١	٦,٨	١ك٣
٨٠	٠,٩	٥,٧	١:٤
٩٠	٠,٦	٣,٣	١:٩
٩٥	٠,٤	٢,٠	١:١٩
١٠٠	٠,٢٣	٠,٥	–

(٤,٧,٧) إدارة استخدام المياه المرتفعة الملوحة في المملكة

لقد تم القيام بالعديد من التجارب الحقلية في كل من الحقل المكشوف والبيوت المحمية عن استخدام مياه الآبار العالية الملوحة نسبياً والتي تتجاوز ملوحتها ٣,٦ ملليموز/ سم في مزرعة الأبحاث والتجارب الزراعية التابعة لجامعة الملك سعود (العمران وآخرون، ١٤٢٩ ، ١٤٢٦هـ). وتأثير ذلك على إنتاجية الكوسة والطماطم باستخدام الرواسب الطبيعية.

(٤,٨) الإنتاجية باستخدام المياه المالحة في الحقل المكشوف

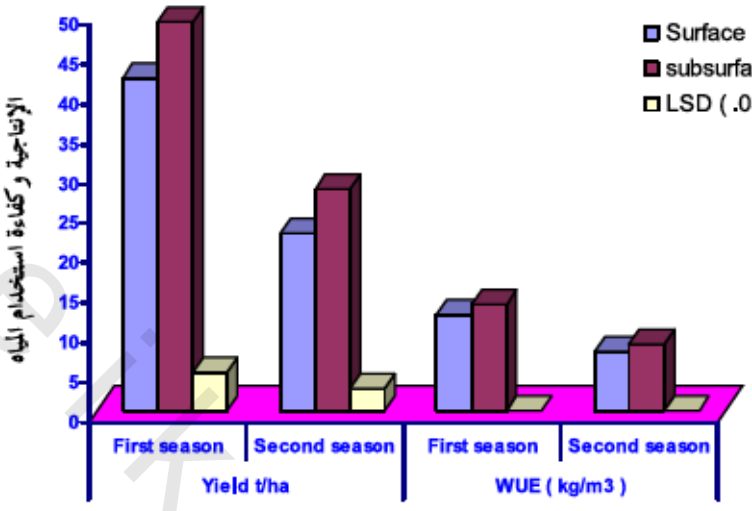
الجداول(٤,٧) والشكلان (٤,١٨ و ٤,١٩) تبين تأثير المحسنات ونظم الري ومعدل الري على الإنتاجية وكفاءة استخدام المياه عند استخدام المياه المالحة نسبياً.

ويتضح من النتائج أن متوسط الإنتاجية كان معنوياً باستخدام المادة العضوية حيث بلغت الإنتاجية ٤٩,١ طن/هكتار وكفاءة استخدام المياه ١٤,٢ كجم/م^3 بينما كانت الإنتاجية عند الري بالتنقيط تحت السطحي هي الأعلى مقارنة بالري السطحي، وأن متوسط الإنتاجية زاد بزيادة معدلات إضافة مياه الري حيث بلغ المتوسط ٥١,٠ طن/هكتار وكما في المياه المنقاة فإن كفاءة استخدام المياه تقل بزيادة كمية المياه المضافة. أما في الموسم الثاني كانت النتائج مشابهة للموسم الأول باستثناء حدوث الانخفاض الشديد في الإنتاجية حيث بلغت الإنتاجية باستخدام المادة العضوية ٢٧,٩ طن / هكتار وكفاءة الاستخدام ٩,٠ كجم/م^3 بينما الإنتاجية عند الري بالتنقيط تحت السطحي كانت ٢٧,٩ طن / هكتار والسطحي ٢٢,٤ طن / هكتار. هذا وقد زاد الإنتاج بزيادة معدلات الري وانخفضت كفاءة استخدام المياه (العمران وآخرون، ١٤٢٩هـ).

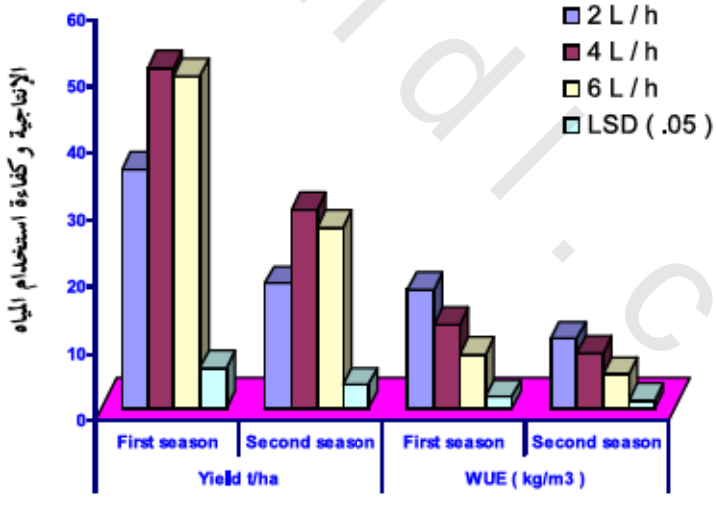
وعند مقارنة النتائج بمستوى الإنتاج في المملكة فلقد بلغ الإنتاج في المملكة لمحصول الطماطم في الحقول المكشوفة ١٤,٥، ١٥,٥، ١٤,٧، ١٨,٠٥، ١٨,٠١ طن/هكتار في السنوات ٢٠٠١، ٢٠٠٢، ٢٠٠٣، ٢٠٠٤ و ٢٠٠٥ على التوالي (وزارة الزراعة ١٤٢٧هـ). وقد يكون الفارق في ذلك ناتج عن صغر الوحدة التجريبية والتي تبلغ ٣م^2 فقط. أو إلى أنظمة الري المختلفة في إنتاج الطماطم (العمران وآخرون، ١٤٢٩هـ)..

الجدول (٤,٧). تأثير المحسنات على الإنتاجية والكفاءة باستخدام مياه مالحة في الحقـــل المكشوف . (العمران وآخرون، ١٤٢٩هـ).

نوع المحسن	الإنتاجية (طن/هكتار)		الكفاءة (كجم/م^3)	
	الموسم الأول	الموسم الثاني	الموسم الأول	الموسم الثاني
الشاهد	٤٦,٢ أب	٢٦,٦ أب	١٣,١أب	٨,٥ أب
البنتونيت	٤١,٢ ب	٢١ ب	١١,٠ ب	٦,٣ ب
المادة العضوية	٤٩,١ أ	٢٧,٩ أب	١٤,٢ أ	٩,٠ أب
اقل فرق معنوي ٠,٠٥	٦,٠	٣,٥	١,٧	١,٢



الشكل (٤,١٨). تأثير نظام الري على الإنتاجية والكفاءة باستخدام مياه مالحة في الحقـــل المكشوف .
(العمران وآخرون، ١٤٢٩هـ).



الشكل(٤,١٩). تأثير معدل الري على الإنتاجية والكفاءة باستخدام مياه مالحة في الحقـــل المكشوف .
(العمران وآخرون، ١٤٢٩هـ).

obeikandl.com

(٤,٨,١) تأثير المعاملات على توزيع الملوحة في منطقة انتشار الجذور

تبين نتائج التحليل الإحصائي الموضحة في الجدولين(٤,٨ و ٤,٩) تأثير كل من المحسنات والعمق ونظام الري وفترات أخذ العينات ونوعية المياه ومعدل الإضافة لمياه الري في الحقل المكشوف. حيث من الواضح أن هناك فروقا وتباين في قيم الملوحة حيث زادت تراكيز الأملاح في الطبقة السطحية خلال موسم النمو كما أن قيم الري بالتنقيط السطحي أعلى من تحت السطحي خصوصاً في الطبقة السطحية. وإن معدل الملوحة ازداد مع فترات النمو، كما يلاحظ وجود فرق معنوي واضح باستخدام المياه المالحة نسبياً (العمران وآخرون، ١٤٢٩هـ).

وبمحاولة إيجاد العلاقة بين العمق وتركيز الأملاح في قطاع التربة تم رسم البيانات في الشكلين (٤,٢٠ و ٤,٢١) للمعاملات المختارة حيث يتضح من المعاملات كافة أن الأملاح تتركز في الطبقة السطحية وتنخفض مع العمق في كافة المعاملات وتكون أكثر وضوحاً عند استخدام الري بالتنقيط السطحي والذي وصلت قيمة تركيز الأملاح فيه إلى ٢٠ ديسيمنز / متر في الطبقة السطحية. أما تأثير المياه مع وقت أخذ العينات فتوضح الرسومات أن هناك انخفاضاً في ملوحة التربة باستخدام المياه المنقاة مع تقدم موسم النمو أو فترات أخذ العينات. أما استخدام المياه المالحة فلقد أوضحت الرسومات أن هناك زيادة في ملوحة التربة مع استمرارية الموسم أو فترات أخذ العينات حيث تؤدي إلى تراكم الأملاح في التربة.

الجدول(٤,٨). تأثير المحسنات على التوصيل الكهربي (dSm^{-1}) في الحقل المفتوح .

(العمران وآخرون، ١٤٢٩هـ).

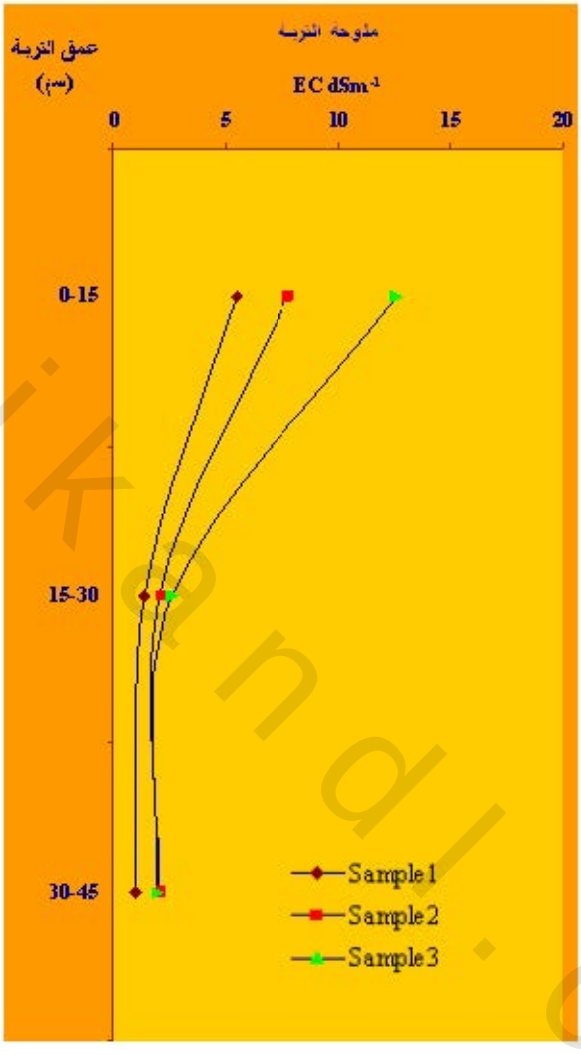
المحسنات	العينة الأولى	العينة الثانية	العينة الثالثة	أجمالي العينات
الشاهد	٢,٣٥	٣,٨٥	٤,٦٢	٣,٦١
البنتونيت	٢,١٨	٣,٩٣	٥,١٢	٣,٧٤
المادة العضوية	٢,١٥	٣,٧٩	٤,١٢	٣,٣٥
أقل فرق معنوي ٠,٠٥	غ.م	غ.م	غ.م	غ.م

الجدول (٤,٩). تأثير العمق على التوصيل الكهربي(dSm^{-1}) في الحقل المفتوح.

(العمران وآخرون، ١٤٢٩هـ).

العمق سم	العينة الأولى	العينة الثانية	العينة الثالثة	أجمالي العينات
صفر – ١٥	٥,٠٥ أ	٨,٩٠ أ	١٠,١٣ أ	٨,٠٢ أ
١٥ – ٣٠	٠,٩٤ ب	١,٦٤ ب	١,٩٦ ب	١,٥١ ب
٣٠ – ٥٠	٠,٦٩ ب	١,٠٤ ب	١,٧٧ ب	١,١٧ ب
أقل فرق معنوي ٠,٠٥	٠,٥٨	١,١٢	١,٢١	٠,٦٠

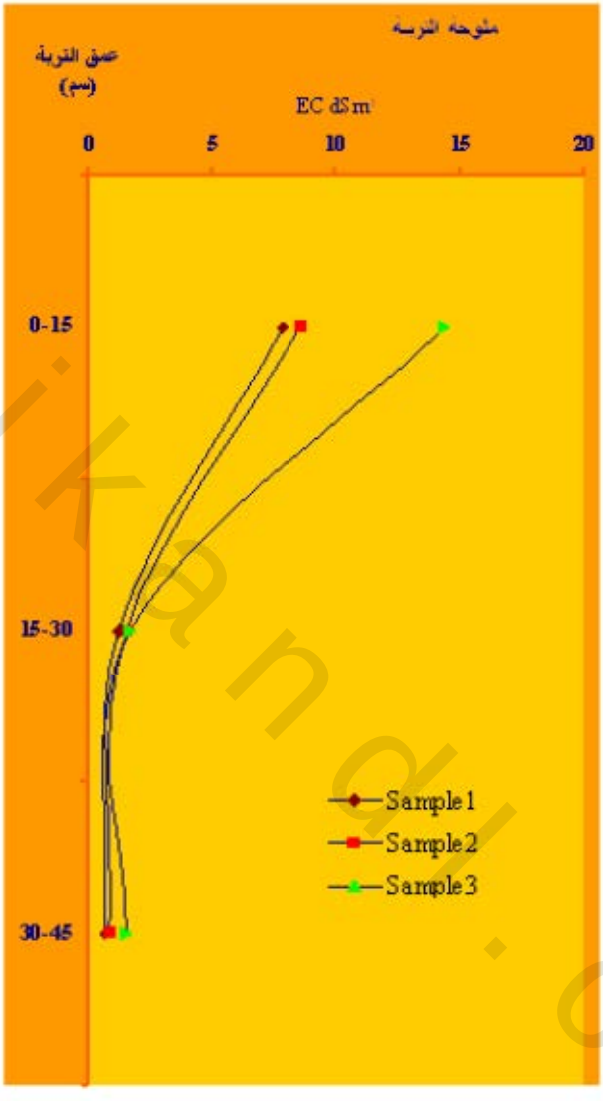
obeikandl.com



الشكل(٤,٢٠). توزيع الأملاح (dSm^{-1}) في منطقة انتشار الجذور المعاملة بالري بالتنقيط السطحي بمياه مالحة لمعاملة البنتونيت عند معدل ري ٦لتر/ساعة لأزمنة مختلفة .

(العمران وآخرون، ١٤٢٩هـ).

obeikandl.com



الشكل(٤,٢١). توزيع الأملاح (dSm^{-1}) في منطقة انتشار الجذور المعاملة بالري بالتنقيط التحت سطحي بمياه مالحة لمعاملة البنتونيت عند معدل ري ٦لتر/ساعة لأزمنة مختلفة .

(العمران وآخرون، ١٤٢٩هـ).

obeikandl.com

(٤,٨,٢) الإنتاجية باستخدام المياه المالحة في البيت المحمي

الجداول (٤,١٠ — ٤,١٢) تبين تأثير المحسنات ونظم الري ومعدل الري على الإنتاجية وكفاءة استخدام المياه عند استخدام المياه المالحة نسبياً. ويتضح من النتائج أن متوسط الإنتاجية كان معنوياً باستخدام المادة العضوية حيث بلغت الإنتاجية ١٠٣ طن/هكتار وكفاءة استخدام المياه ٢٨,٢٦كجم/م^3 بينما كانت الإنتاجية عند الري بالتنقيط التحت سطحي هي الأعلى حيث بلغت ١٠١ طن/هكتار مقارنة بالري السطحي التي بلغت ٩٣,٠٤ طن/هكتار، وأن متوسط الإنتاجية قل بزيادة معدلات إضافة مياه الري حيث بلغ المتوسط ١١١,٥ طن/هكتار وكما في المياه المنقاة فإن كفاءة استخدام المياه تقل بزيادة كمية المياه المضافة.

وعند مقارنة النتائج على مستوى الإنتاج في المملكة فلقد بلغ الإنتاج ١٠٥,٥، ٩٤,١، ٩٩,٨، ٨٥,٥ و ٩٨,١٥ طن/هكتار (وزارة الزراعة، ١٤٢٧هـ) وهي قريبة جداً للإنتاجية التي وردت في التقرير خصوصاً عند استخدام مياه الآبار (المالحة نسبياً) (العمران وآخرون، ١٤٢٩هـ).

الجدول (٤,١٠). تأثير المحسنات على الإنتاجية والكفاءة باستخدام مياه مالحة في البيت المحمي .
(العمران وآخرون، ١٤٢٩هـ).

نوع المحسن	الإنتاجية (طن/هكتار)	الكفاءة (كجم/م^3)
الشاهد	٩٧,٦٧ ب	٢٦,٤٥ ب
البنتونيت	٩٠,٥١ ج	٢٥,٦٢ ج
المادة العضوية	١٠٣,٢٥ أ	٢٨,٢٦ أ
أقل فرق معنوي ٠,٠٥	٤,٧٣	١,٢٠

الجدول (٤,١١). تأثير نظام الري على الإنتاجية والكفاءة باستخدام مياه مالحة في البيت المحمي.
(العمران وآخرون، ١٤٢٩هـ).

نظام الري	الإنتاجية (طن/هكتار)	الكفاءة (كجم/م^3)
سطحي	٩٣,٠٤ ب	٢٥,٨٦ ب
تحت سطحي	١٠١,٢٦ أ	٢٧,٦٩ أ
اقل فرق معنوي ٠,٠٥	٣,٨٦	٠,٩٨

الجدول (٤,١٢). تأثير معدل الري على الإنتاجية والكفاءة باستخدام مياه مالحة في البيت المحمي.
(العمران وآخرون، ١٤٢٩هـ).

معدل الري (لتر/ساعة)	الإنتاجية (طن/هكتار)	الكفاءة (كجم/م^3)
٢	١١١,٥٦ أ	٤٨,١٩ أ
٤	٨٦,٦٦ ج	١٨,٧٢ ب
٦	٩٣,٢٣ ب	١٣,٤٢ ج
اقل فرق معنوي ٠,٠٥	٤,٧٣	١,٢٠

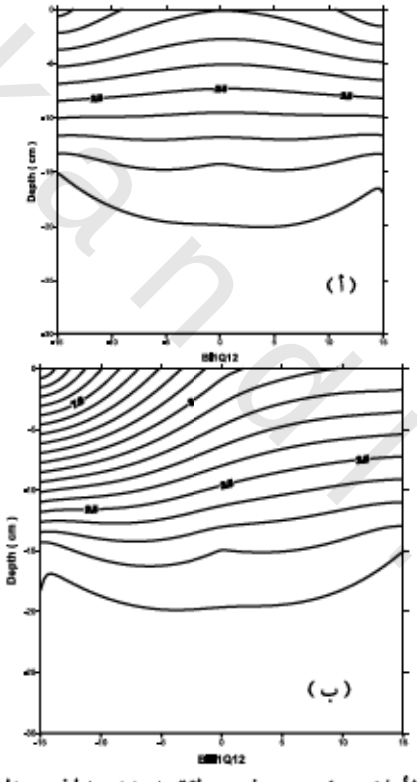
(٤,٩) توزيع الأملاح في منطقة انتشار الجذور في البيت المحمي

تبين النتائج الموضحة بالجداول (٤,١٣ — ٤,١٥) تأثير كل من المحسنات والعمق ونظام الري وفترة أخذ العينات ونوعية المياه ومعدل الري على ملوحة التربة في تجربة البيت المحمي. ويلاحظ أن هناك تأثيراً معنوياً لعمق الطبقات ونظام الري وفترة أخذ العينات ونوعية المياه في ملوحة التربة. إن ملوحة التربة كانت عالية في الطبقة السطحية وتنخفض بزيادة عمق قطاع التربة والسبب في ذلك هو حركة الماء والتبخر من الطبقة السطحية.

أما نظام الري بالتنقيط تحت السطحي فكانت الملوحة أعلى وقد يكون السبب إلى وجود المادة العضوية. وبينت النتائج زيادة ملوحة التربة بزيادة النمو أو فترة المحصول ويعود السبب في ذلك إلى تراكم الأملاح. ولقد تم رسم توزيع الأملاح باستخدام برنامج Surfer ويوضح الشكل (٤,٢٢) توزيع الأملاح في منطقة

انتشار الجذور. ويمكن أن نلاحظ من نتائج توزيع الأملاح أن هناك تبايناً مكانياً لتوزيع الأملاح حيث تزداد في معاملة الشاهد وفي الطبقة السطحية وباستخدام المياه المالحة نسبياً. وتشير النتائج بوضوح إلى انخفاض معنوي لتركيز الأملاح في الطبقة تحت السطحية وقد يعزى ذلك إلى حركة الماء وتبخر الماء من سطح التربة (العمران وآخرون، ١٤٢٩هـ).

كما توضح الأشكال (٤,٢٣ — ٤,٢٥) العلاقة بين ملوحة التربة وعمق التربة لمعاملات مختلفة ومستويات مياه مختلفة.



الشكل(٤,٢٢). توزيع الأملاح (dSm^{-1}) في منطقة انتشار الجذور المعاملة بالري بالتنقيط: لمعاملة البنتونيت (أ) عند مستوى الري (I) ري بالتنقيط التحت سطحي. (ب) عند مستوى الري (III) ري بالتنقيط التحت سطحي.

(العمران وآخرون، ١٤٢٩هـ).

obeikandl.com

الجدول (٤,١٣). تأثير المحسنات على التوصيل الكهربي(dSm^{-1}) في البيت المحمي.

(العمران وآخرون، ١٤٢٩هـ).

المحسنات	العينة الأولى	العينة الثانية	العينة الثالثة	العينة الرابعة	أجمالي العينات
الشاهد	١,٨٩	٢,٨١	٣,٥٢	٤,٠٩	٣,٠٨
البنتونيت	١,٨٢	٢,٥٧	٣,٨٢	٤,٨٢	٣,٢٦
المادة العضوية	١,٩٣	٣,٠٦	٣,٦٢	٤,٦٧	٣,٣٢
أقل فرق معنوي ٠,٠٥	غ.م	غ.م	غ.م	غ.م	غ.م

الجدول (٤,١٤). تأثير العمق على التوصيل الكهربي(dSm^{-1}) في البيت المحمي.

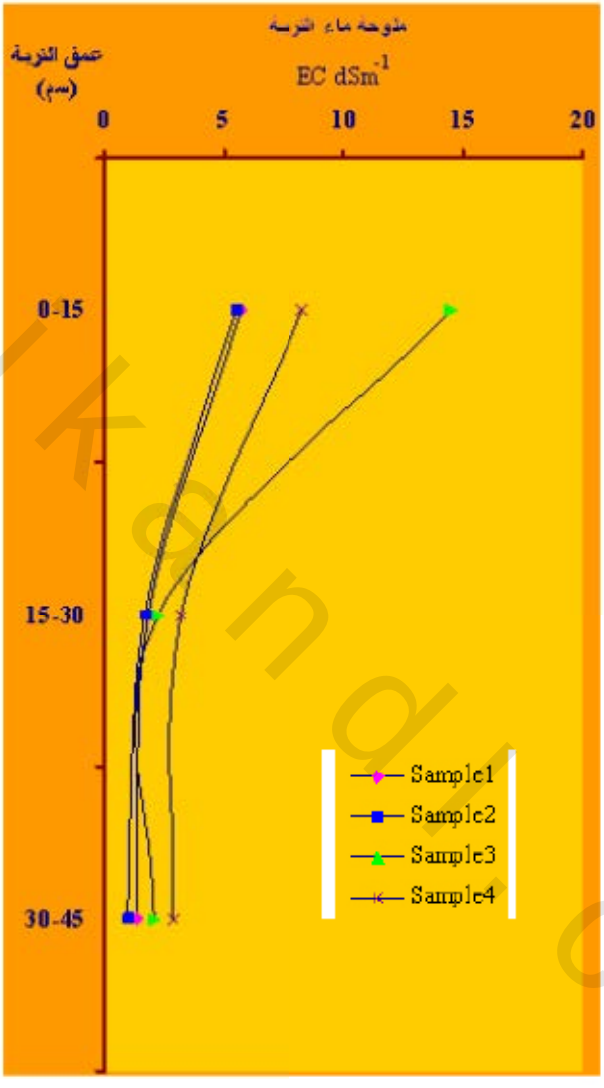
(العمران وآخرون، ١٤٢٩هـ).

العمق سم	العينة الأولى	العينة الثانية	العينة الثالثة	العينة الرابعة	أجمالي العينات
صفر – ١٥	٣,٧٥ أ	٦,١٠ أ	٧,٨٥ أ	١٠,١٥ أ	٦,٩٦ أ
١٥ – ٣٠	١,١٢ ب	١,٣٤ ب	١,٧٢ ب	١,٩٣ ب	١,٥٣ ب
٣٠ – ٥٠	٠,٧٦ ب	٠,٩٩ ب	١,٤٠ ب	١,٥٠ ب	١,١٦ ب
أقل فرق معنوي ٠,٠٥	٠,٥١	٠,٦٥	٠,٨٨	١,٢٧	٠,٤٧

الجدول (٤,١٥). تأثير نظام الري على التوصيل الكهربي (dSm^{-1}) في البيت المحمي.

(العمران وآخرون، ١٤٢٩هـ).

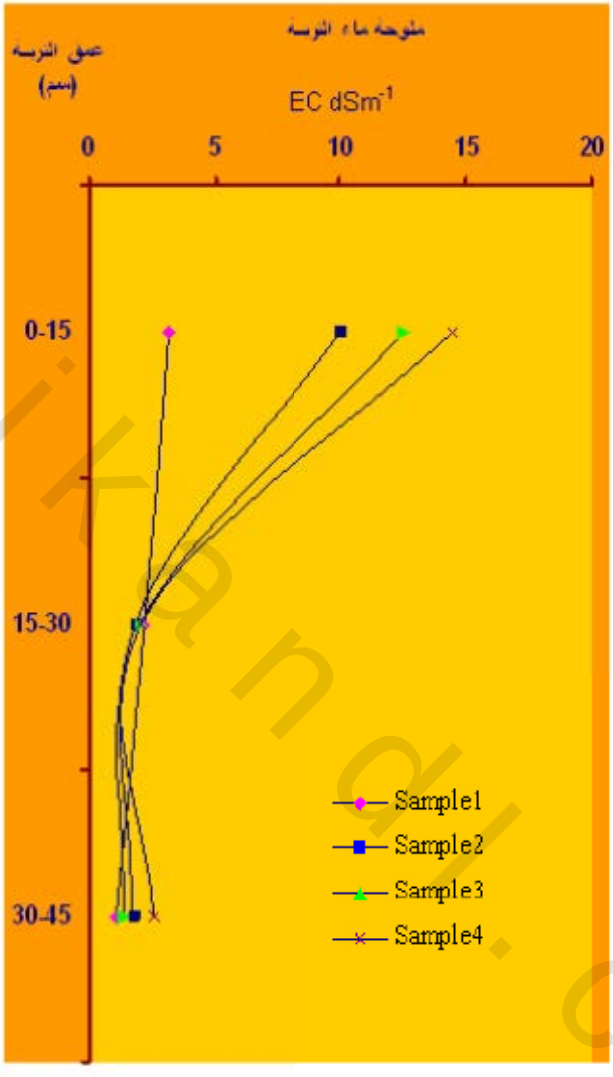
نظام الري	العينة الأولى	العينة الثانية	العينة الثالثة	العينة الرابعة	أجمالي العينات
ري سطحي	١,٩٠	٢,٤٥ ب	٣,١٤ ب	٣,٦٠ ب	٢,٧٧ ب
ري تحت سطحي	١,٨٦	٣,١٧ أ	٤,١٧ أ	٥,٤٥ أ	٣,٦٦ أ
أقل فرق معنوي ٠,٠٥	غ.م	٠,٥٣	٠,٧٢	١,٠٤	٠,٣٨



الشكل(٤,٢٣). توزيع الأملاح (dSm^{-1}) في منطقة انتشار الجذور المعاملة بالري بالتنقيط السطحي بمياه مالحة لمعاملة البنتونيت عند معدل ري ٢لتر/ساعة عند أوقات مختلفة بالبيت المحمي.

(العمران وآخرون، ١٤٢٩هـ).

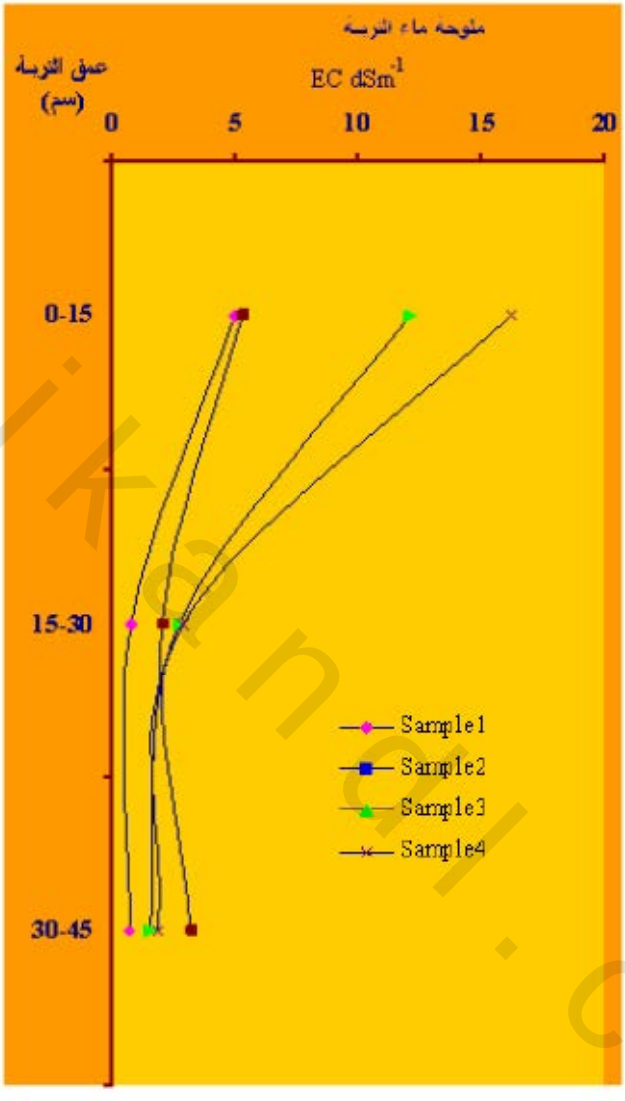
obeikandl.com



الشكل(٤,٢٤). توزيع الأملاح (dSm^{-1}) في منطقة انتشار الجذور المعاملة بالري بالتنقيط السطحي بمياه مالحة لمعاملة المادة العضوية عند معدل ري ٢لتر/ساعة عند أوقات مختلفة بالبيت المحمي .

(العمران وآخرون، ١٤٢٩هـ).

obeikandl.com



الشكل(٤,٢٥). توزيع الأملاح (dSm^{-1}) في منطقة انتشار الجذور المعاملة بالري بالتنقيط السطحي بمياه مالحة لمعاملة الشاهد عند معدل ري ٦لتر/ساعة عند أوقات مختلفة بالبيت المحمي.
(العمران وآخرون، ١٤٢٩هـ).

obeikandl.com

في التجارب الحقلية والبيوت المحمية التي تم إنجازها في محطة الأبحاث والتجارب الزراعية بديراب حيث ملوحة الآبار تصل إلى ٣.٦ ديسيمنز / م كما أن كثير من مناطق المملكة تصل ملوحة بعض الآبار بها إلى ٣ – ٤ ديسيمنز / م (فلاته وآخرون، ١٩٩٩م). هذه الملوحة تفوق ما يتحمله نبات الطماطم والتي تصل درجة تحمله القصوى إلى ٢.٧ ديسيمنز / م (Ayers and Westcot, 1985). لذلك إن تصميم تجارب في إدارة التربة والمياه ذات النوعية الغير جيدة من أولويات المحافظة على التنمية الزراعية المستدامة ؛ لأن استخدام مياه عالية الملوحة تؤدي إلى تدهور الترب الزراعية وخفض إنتاجيتها بل وتوقفه في حالة عدم توفر الإدارة الجيدة لذلك.

ونظراً لانخفاض المحصول خاصة في التربة التي تروى بالمياه المالحة EC 3.6) (dSm^{-1} تم إكمال التجربة مع إتباع تقنية جديدة في إدارة مياه الري حيث تم غسيل الأملاح من التربة عن طريق إجراء ري سطحي غزير للتربة بواسطة المياه المنقاة وتم استخدام المياه المنقاة في ري النباتات وكذلك بعد الزراعة لمدة ٣٠ يوم أي في مرحلة النمو الخضري للنبات وبعد ذلك تم استخدام المياه عالية الملوحة وهذه العملية قد أعطت نتائج جيدة في المحصول الخضري والثمري ولم تتأثر كمية المحصول مقارنةً بالتي تروى بالمياه (العمران وآخرون، ١٤٢٩هـ)، وقد خلص البحث لعدة توصيات نوجزها في:

التوصيات

١- ضرورة دراسة وتحديد الخواص الفيزيائية والكيميائية والمعدنية لرواسب الطين الطبيعية وذلك قبل استخدامها كمحسنات طبيعية للتربة الرملية واختيار المناسب منها لذلك الغرض.

٢- الرواسب الجيدة للتطبيقات الزراعية والتي ستستخدم كمحسنات للتربة الرملية تمتاز باحتوائها على نسبة مرتفعة من الطين خاصة الطين عالي التمدد (السمكتيت). والمنخفضة في محتواها من الأملاح وكربونات الكالسيوم والجبس والمحتوية على تراكيز عالية من الصورة الجاهزة من العناصر الغذائية الضرورية للنبات مثل الحديد والبوتاسيوم والفوسفور والزنك والنحاس والمنجنيز.

٣- يجب إتباع طريقة إضافة المحسنات الطبيعية في طبقة رقيقة تحت السطح في منطقة انتشار الجذور في خطوط الزراعة قبل الزراعة.

٤- اتباع نظام الري بالتنقيط تحت السطحي مع الإضافة تحت السطحية للرواسب الطبيعية يساعد في تخفيف التأثيرات الضارة للأملاح في منطقة انتشار الجذور وزيادة نسبة الرطوبة في منطقة انتشار الجذور مما يؤدي إلى زيادة المحصول.

٥- الإدارة الجيدة للتربة والمياه، حيث يجب غسيل التربة قبل الزراعة بمياه منقاة مع استخدام المياه المنقاة في المراحل الأولى من عمر نبات الطماطم ولمدة ٣٠ يوم وبعد ذلك يتم استخدام المياه عالية الملوحة وهذه تؤدي إلى زيادة المحصول وتعطي جودة في صفات الثمار مع اتباع إضافة الرواسب الطبيعية في خطوط تحت سطح التربة، واتباع نظام الري بالتنقيط تحت السطحي.

٦- أظهرت نتائج تجربة تكرار الري في البيت المحمي أن عملية تكرار الري أثرت إيجابياً على زيادة الإنتاج ورفع كفاءة استخدام المياه مقارنةً بالري الأقل تكراراً وهذا يعتبر من طرق الإدارة الجيدة للمياه.

٧- ولقد أوصت الدراسات (العمران وآخرون ١٤٢٩، ١٤٢٦هـ) بإضافة محطة تنقية مياه تتناسب مع حجم المشروع وذلك لاستخدامها في ري النباتات في مراحل النمو الأولى وغسيل التربة خاصة عند استخدام مياه عالية الملوحة في الري كما في ظل ظروف الزراعة المكثفة.

(٤,١٠) أسئلة

س١: أخذت عينة من عمود تربة متجانس عمقه ١٠٠سم، كثافة التربة الظاهرية ١,٣٩جم/سم^{٣} وقيمة المحتوى الرطوبي عند السعة الحقلية ونقطة الذبول ٢٦ و ١٢٪ على التوالي. احسب عمق الماء المطلوب إضافته لتصل التربة إلى نقطة السعة الحقلية من نقطة المحتوى الرطوبي عند نصف الماء المتاح؟

س٢: بيانات منحنى الرطوبة المميز لتربة متوسطة القوام ذات كثافة ظاهرية ١,٤جم/سم^{٣} كما يلي:

المحتوى الرطوبي الوزني θ_m (جم/جم)	الشد الرطوبي Ψ_m (بار)
٠,٣٢	٠,٣٣
٠,٢٥	١,٥٠
٠,٢٠	٦,٨٠
٠,١٨	٨,٥٠
٠,١٤	١٥,٠٠

احسب:

أ) الماء المتاح لعمق ٣٠سم من التربة.

ب) إذا كانت التربة أضيف إليها أملاح حيث EC_e = ٥,٠ ديسيمنز/م، فما هي قيمة Ψ_t للتربة عند محتوى رطوبي وزني = ٠,١٨.

ج) ماهو الماء المتاح للتربة المملحة.

د) نسبة الانخفاض في الماء المتاح.

س٣: مالفرق بين مصطلحي LR و LF. ناقش ذلك عندما تكون LR أكبر أو أقل من LF.

obeikandl.com

س٤: عرف ET بدلالة D_{iw} و D_{dw}.

س٥: افترض وجود مياه بئر ذات ملوحة ٣,٠ ديسيمنز/م ويضاف LF بمقدار ١٥٪. وبفرض أن النبات يمتص ما نسبته ٤٠٪ من الربع الأول من عمق منطقة انتشار الجذور و ٣٠٪ من الربع الثاني و ٢٠٪ من الربع الثالث و ١٠٪ من الربع الأخير من منطقة انتشار الجذور. احسب قيم LF أسفل كل ربع من منطقة انتشار الجذور؟

س٦: محصول منزرع بمنطقة القصيم حيث يروى عندما يصل الشد الرطوبي في التربة -٢ بار فإذا علمت أن المحتوى الرطوبي الحجمي للتربة وعمق التربة في فترتين مختلفتين كما يلي علماً بان الكثافة الظاهرية للتربة ١,٤ جم/سم٣.

المحتوى الرطوبي الحجمي		
في ٢/٤/٢٠٠٣ م	في ٢٢/٣/٢٠٠٣	العمق(سم)
٠,١٤	٠,٣	٠ – ٥
٠,١٤	٠,٢٨	٥–١٠
٠,١٢	٠,٢٨	١٠ –٢٠
٠,١	٠,٢٥	٢٠ –٣٠
٠,٠٨	٠,٢	٣٠–٥٠
٠,٠٧	٠,١٥	٥٠–١٠٠

والعلاقة بين الشد الرطوبي و المحتوى الحجمي كما يلي:

الشد (بار)	١٥	١٢	١٠	٦	٥	٢	٠,٣٣
الرطوبة	٠,٧	٠,٠٨	٠,١	٠,١٥	٠,١٧	٠,٢٤	٠,٣٢

obeikandi.com

احسب

١- كمية الماء الموجود في قطاع التربة يوم ٤/٢ .

٢- كمية الماء الميسر المسموح باستهلاكه من قيل النبات قبل الري.

٣- كمية ماء الري المضاف بالملمتر و بالمتر المكعب في الهكتار لعمق ٧٠سم.

٤- وضح بالرسم العلاقة بين عمق التربة و المحتوى الرطوبي لليومين المذكورين وما هو سبب التغير إن وجد وكميته بالسم.

س٥ : في المملكة العربية السعودية تضاعف الاستخدام البشري للمياه في السنوات الأخيرة. ما هي كمية الاستخدام للفرد، وماهي نسب الاستخدامات المختلفة للمياه؟ ما هو اسباب الاستهلاك الأعلى في مجال الزراعة؟ وماهي التقسيمات الداخلة في الزراعة؟

(٤,١١) المراجع

أولاً: المراجع العربية

العمران، عبد رب الرسول و عبد العزيز شتا و عبد الرزاق فلاته و عبد العزيز الحربي. (١٤٢٦هـ). *ترشيد مياه الري باستخدام محسنات التربة الطبيعية والصناعية في المملكة العربية السعودية*. التقرير النهائي من البحث أت- ٢٠-٦٤. مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية.

العمران، عبد رب الرسول و عبد العزيز شتا و عبد الرزاق فلاته و عبد العزيز الحربي ومحمد الوابل. (١٤٢٩هـ). *ترشيد مياه الري ونظم إدارة التربة بالزراعة المكثفة في المملكة العربية السعودية*. التقرير النهائي من البحث أت- ٢٤-٤٧. مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية.

ثانياً: المراجع الأجنبية

Ayers, R.S. and D.W. Westcot.(1985). Water quality for agriculture. Irrigation and Drainage Paper 29, Rev.1, FAO, Rome, Italy, pp.174

Bernstein,L. and L. E. Francois. (1973). Compositions of drip, furrow and sprinkler irrigation soil science 115: 73-86.

Bernstein,L.1964. Salt toleranu of plants. USDA. information bulletin No. 283.

James, D. W., R. J. Hanks, J. J. Jurinak. (1982). Modern Irrigated Soils. John Wiley & Sons. New York.

Maas, E. V., and G. J. Hoffman. (1977). Crop salt tolerance. current assessment. J. Irrig. Drain. Div. ASCE. 103: 115-132.

Maas, E. V. (1984). Crop salt tolerance In: " Agriculture Salinity Assesment and Management." American Society of Civil Engineers, New York.

Mohamed N. A. and Amer F (1972). Sodium Carbonate formation in Ferhash area and possibility of biological dealkalization. Proc. Internat. Symp. On New Development in the Field of Salt Affected Soils. 4-9 December 1972. Ministry of Agriculture, Cairo. P. 346.

Neja R.A., Ayers R. S. and kasimatis A.N. (1978). Salinity appraisal of soil and water for successful production of graps. Leaflet 21056, Division of Agricultural Sciences, University of California, berkely.

Rhoades. J. D. (1972). Quality of water for irrigation. Soil Science.. 113:277-284.

obeikandl.com