## الفصل الأول

# تحديات الإنتاج التى يكون مردها لعوامل أرضية غير مناسبة ووسائل التغلب عليها

نتناول بالدراسة فى هذا الفصل بعض مشاكل الإنتاج – أو تحدياته – التى تواجه مُنتج الطماطم، والتى يكون مردها إلى عوامل أرضية غير مناسبة، تنحرف قليلاً – أو كثيرًا – عن الظروف المثلى للإنتاج، وكيف يمكن التعامل مع تلك التحديات لأجل التغلب عليها.

### العقد السريع للثمار فى الأراضى الرملية: المزايا والعيوب

### المزايا: تقليص فترة انخفاض المحصول فى بداية الربيع

تُفيد الزراعات الصيفية المبكرة فى الأراضى الرملية لأصناف الطماطم شديدة التبكير فى النضج فى إنتاج محصول جيد قبل أن تبدأ أى من الأصناف الأخرى فى الإثمار؛ وبذلك يمكن تقليص فترة انخفاض المحصول بين العروات فى بداية فصل الربيع بزراعة تلك الأصناف وأمثالها من الأصناف شديدة التبكير.

### العيوب: سرعة العقد قبل اكتساب النمو الخضرى لقوته، وكيفية مواجهة ذلك

تتميز أصناف التصنيع الحديثة بإنتاجها المبكر – خاصة فى الأراضى الرملية – مع تركيز نضج ثمارها خلال فترة زمنية قصيرة، كما فى أصناف يوسى ٨٢، وبيتو ٨٦، وكاسل روك وغيرها. وللحصول على أعلى إنتاجية من تلك الأصناف لابد من إعطاء عناية خاصة لعمليات الخدمة الزراعية. فلو أزهرت النباتات وهى لا تزال صغيرة، فسوف يُضِعف العقد الغزير المبكر النمو الخضرى بشدة أو يُوقفه؛ فينخفض المحصول

تبعًا لذلك؛ لذا.. يجب الاهتمام بالرى منذ البداية بمعنى أن يكون منتظمًا، وألاّ تترك التربة لتجف، مع تجنب فترة الرى (التصويم) التى تُتَّبع مع الأصناف الأخرى غير المحدودة النمو. كما يجب تجنب الرى الغزير الذى يقلل من نسبة المواد الصلبة الذائبة فى الثمار، على أن تتم أيضًا إضافة جزء كبير من الأسمدة للنباتات خلال الشهر الأول بعد الشتل نظرًا لكون تلك الأصناف مبكرة بدرجة ملحوظة؛ إذ تُعطى معظم أزهارها خلال الشهر الثانى بعد الشتل. ويفيد التسميد المبكر فى دفع النباتات لتكوين أكبر قدر ممكن من النمو الخضرى قبل أن تبدأ فى الإزهار. كذلك تجب زراعة النباتات بكثافة عالية، فتزرع كل ثلاثة نباتات فى حفرة (جورة) واحدة على مسافة ٣٠ سم بين الجور فى الخط، وتكون مصاطب أو خطوط الزراعة بعرض ١٠٠–١٢٠ سم.

## معاملات تحسين إنبات البذور فى الظروف غير المناسبة لإنباتها

نظرًا لتداخل الظروف البيئية – الأرضية والجوية – فى التأثير على إنبات البذور؛ لذا.. فإننا نتناول هذا الموضوع بالشرح دونما تمييز بين مختلف العوامل البيئية المؤثرة فى الإنبات.

### معاملة البرايمنج

تُجرى معاملة البرايمنج للبذور seed priming بنقع البذور فى محاليل ذات ضغط أسموزى مرتفع قبل زراعتها، وذلك بتشريب البذور بالماء بكمية تكفى – فقط – لوصولها إن بداية مرحلة الإنبات، وإحداث تغيرات فسيولوجية أولية فى أجنة البذور؛ تؤدى عند زراعتها فى الحقل بعد ذلك – فى ظروف غير مثلى للإنبات (مثل الحرارة المنخفضة، والحرارة العالية، والملوحة)، إلى زيادة نسبة البذور النابتة. هذا.. مع العلم أن الضغط الأسموزى العالى للمحاليل التى تنقع فيها البذور يمنع استمرارها فى الإنبات خلال فترة النقع.

ويُستخدم لنقع البذور محاليل ذات ضغط أسموزى عالٍ لأملاح مثل نترات البوتاسيوم، وفوسفات ثنائى البوتاسيوم، ونترات الكالسيوم، وكلوريد الكالسيوم، أو

محاليل من البوليثيلين جليكول ٦٠٠٠ أو ٨٠٠٠ بتركيز ١٪ –٣٪، مع إجراء النقع لمدة ٥–١٠ أيام فى حرارة معتدلة. تزرع البذور المعاملة مباشرة، أو قد تجفف جيدًا فى الظل، ويمكن أن تخزن لمدة ١,٥–٣ شهور على حرارة ٤ °م قبل زراعتها (حسن ٢٠١٥).

ومما يُذكر أن خاصية إنبات بذور الطماطم فى الحرارة المرتفعة تختلف عن خاصية قدرة الأزهار على العقد فى تلك الظروف. وبينما يتميز صنف الطماطم Solarset بقدرة ثماره على العقد فى الحرارة العالية، فإن بذوره تنبت بصورة جيدة فى مجال حرارى يتراوح بين ١٤ و ٣١ °م، ولكن يقل إنباتها بشدة فى حرارة ٣٣ °م، ويتوقف كليًّا – تقريبًا – فى حرارة ٣٦ °م؛ بسبب دخول البذور فى حالة سكون حرارى تحت هذه الظروف. وقد وجد Cantliffe & Abebe (١٩٩٣) أن نقع بذور الطماطم فى محلول مهوّى (أى تمرر فيه فقاقيع من الهواء) من نترات البوتاسيوم أو البوليثيلين جليكول ٨٠٠٠ Polyethylene glycol 8000 يصل ضغطهما الأسموزى إلى ١٢ بارًا لمدة ٦–٨ أيام على حرارة ٢٥ °م أدى إلى زيادة إنبات البذور عندما زرعت بعد ذلك فى حرارة ٣٥ °م، وكانت المعاملة بالبوليثيلين جليكول أفضل من المعاملة بنترات البوتاسيوم فى هذا الشأن.

إن من أفضل معاملات الـ osmopriming (النقع فى محاليل ذات ضغط أسموزى مرتفع) لبذور الطماطم هى بنقعها فى محلول من نترات البوتاسيوم $KNO_3$ أو فوسفات ثنائى البوتاسيوم ذات ضغط أسموزى قدره –٠,٩ ميجا باسكال، وذلك لمدة ٧ أيام على حرارة ٢٠ ± ١ °م، ثم شطف البذور بالماء وإعادة تجفيفها.. أدت هذه المعاملة إلى زيادة سرعة إنبات البذور فى مدى حرارى تراوح بين ١٠، و٢٥ °م، مع زيادة تجانس الإنبات (Mauromicale & Cavallaro ١٩٩٧).

وفى دراسة أخرى.. كانت معاملة نقع البذور فى محلول $KNO_3$ بتركيز ١٥٠ مللى مولار – مقارنة بالنقع فى محاليل ملحية أخرى والـ PEG– هى الأفضل لزيادة

نسبة الإنبات، خاصة فى الحرارة المنخفضة التى تراوحت بين ١٠، و١٥°م ( Kang & Cho ١٩٩٦).

كذلك أدت معاملة نقع بذور الطماطم لمدة ثمانية أيام على ١٨ ± ١°م فى محلول مهوى من $KNO_3 + K_2HPO_4$ ذات ضغط أسموزى −١,٠ ميجا باسكال إلى إسراع إنبات البذور فى الحرارة المنخفضة بمقدار حوالى خمسة أيام، وكانت تلك المعاملة أفضل من معاملة النقع فى الـ PEG (Cavallaro وآخرون ١٩٩٤).

وتفيد معاملة بذور الطماطم قبل زراعتها (seed priming) فى تحسين إنباتها فى كل من ظروف الشدِّ البيئى (التى تفيد معها معاملة الـ osmopriming)، وظروف تواجد فطر البثيم (التى تفيد معها معاملة الـ biopriming). تُجرى معاملة الـ osmopriming بنقع البذور فى محلول نترات الصوديوم بتركيز −٠,٨ ميجا باسكال لمدة ٧ أيام، ثم تجفيفها إلى محتواها الرطوبى الأصلى (حوالى ١٤٪). أما معاملة الـ biopriming فتُجرى – بالاشتراك مع معاملة الـ osmopriming (حيث يُطلق عليها اسم bio-osmopriming) – بنقع البذور فى محلول نترات صوديوم مهوى بتركيز −٠,٨ ميجا باسكال مضافًا إليه خليط من بيئة مغذية (nutrient broth، و polyalkylene glycol)، والبكتيريا *Pseudomonas chlororaphis* (سابقًا: *P. aureofaciens*) لمدة ٤ أيام، ثم نقعها فى الماء لمدة ثلاثة أيام إضافية. تبين أنه فى غياب أى مسببات أمراض فى بيئة الزراعة لم تظهر أى فروق معنوية بين معاملتى الـ osmopriming والـ bio-osmopriming. وقد احتوت بذور المعاملة الأخيرة على ١٠^٧ خلية بكتيرية/ بذرة، مقارنة بنحو ١٠^٨ خلية بكتيرية/ بذرة فى حالة تغليف البذور بالبكتيريا (bacterial coating). وبينما وفرت المعاملة الأخيرة حماية من الإصابة بالفطر *Pythium ultimum* تماثلت مع تلك التى وفرتها المعاملة بالمبيد metalaxyl، فإن معاملة الـ bio-osmopriming وفرت حماية أيضًا ولكن بدرجة أقل (Warren & Bennett ١٩٩٩).

ولدرجة الحرارة التى تجفف عليها البذور بعد تعريضها لمعاملة الـ priming دور هام فى نجاح تأثير المعاملة؛ فعندما نُقعت بذور الطماطم لمدة أربعة أيام على حرارة ٢٠°م فى محلول $KNO_3$ بتركيز ١٥٠ مللى مولار ازدادت نسبة الرطوبة فيها من ٧٪ قبل المعاملة إلى ٤٧٪ بعدها، وكان ذلك المحتوى الرطوبى أقل بمقدار ٢٪ عما فى معاملة النقع فى الماء، وقد أعطت معاملة تجفيف البذور على ٢٠°م – مقارنة بالتجفيف على ٤٠°م – نتائج أفضل فيما يتعلق بكل من قوة الإنبات ونسبته، مع انخفاض فى تسرب الأحماض الأمينية والسكريات من البذور (Kang وآخرون ١٩٩٨).

هذا.. ويفيد الـ seed priming فى تقليل المقاومة الميكانيكية لأنسجة الإندوسيرم لبروز الريشة والجذير عند الإنبات (Kang وآخرون ١٩٩٦).

## معاملة البذور بالمركب NaHS

وجد أن إنبات بذور الطماطم ينخفض من ٩٢,٣٪ إلى ١٪ عند زيادة شد أيون النترات ($NO_3^-$) من صفر إلى ٢٠٠ مللى مول، وأدت المعاملة بالمركب NaHS – المنتج للـ $H_2S$ – بتركيز وصل إلى ١٠٠ ميكرومول إلى التغلب على التأثير المثبط للنترات على الإنبات، وربما حدث ذلك من خلال زيادة المعاملة لنشاط الإنزيمات المضادة للأكسدة (Li وآخرون ٢٠١٥).

## معاملات منع تصلب الطبقة السطحية من التربة

أمكن منع تصلب الطبقة السطحية من التربة – الأمر الذى يضعف إنبات البذور – بإضافة طبقة من الفيرميكيوليت Vermiculite بسمك ٢,٥ سم فوق خط الزراعة، ثم تثبيتها بالبترول.

كذلك يفيد التوقيت المناسب للرى بالرش فى تجنب تكوين هذه القشور السطحية الصلبة التى تمنع إنبات البذور.

ومما يذكر أيضًا أن رش محلول ٢٠٪ حامض فوسفوريك فى شريط بعرض ٨–١٠ سم فوق خط الزراعة يؤدى إلى منع تصلب الطبقة السطحية للتربة. ويكون ذلك بمعدل ٨٠ كجم من حامض الفوسفوريك للهكتار (أو نحو ٣٣ كجم للفدان).

### تحسين الإنبات فى الجو البارد بغطاء بترولى لخط الزراعة

وجد أن إضافة طبقة من الغطاء البترولى petroleum mulch فوق خط زراعة البذور بعرض ١٥ سم، تُفيد فى رفع حرارة التربة بمقدار ١–٣ درجات مئوية؛ مما يساعد على زيادة سرعة الإنبات وتجانسه. وتجب فى هذه الحالة إضافة الأسمدة الآزوتية، والفوسفاتية تحت البذور قبل إضافة الغطاء البترولى، وتتراوح الكمية اللازمة من البترول بين ٢٠٠–٤٠٠ لتر للفدان، ويستعمله بعض المزارعين فى كاليفورنيا بغرض تثبيت سطح التربة، ومنع تصلبها قبل إنبات البذور. وتجدر الإشارة إلى أن الغطاء البترولى لا يكون مؤثرًا على حرارة التربة فى الجو الملبد بالغيوم، وذلك لأن أشعة الشمس ضرورية لرفع حرارته، كما أنه لا يكون مؤثرًا عندما تكون حرارة التربة ١٤°م، أو أعلى من ذلك.

## شد نقص الرطوبة الأرضية (شد الجفاف) ووسائل التغلب عليه

### التأثيرات المباشرة لشدِّ الجفاف

يؤدى تعريض نباتات الطماطم لشدِّ رطوبى (نقص فى الرطوبة الأرضية) إلى نقص فى معدل النتح، وزيادة فى حرارة النمو الخضرى، مع غلق للثغور. هذا علمًا بأن توصيل الأوراق لغاز ثانى أكسيد الكربون يبلغ أقصاه فى الأوراق القمية للنبات، ويقل — تدريجيًّا — فى الأوراق التى تليها إلى أسفل (Romero-Aranda & Longuenesse ١٩٩٥).

كذلك يؤدى تعرض النباتات لظروف الشدِّ الرطوبى إلى إنتاجها لحامض الأبسيسك، وهو هرمون طبيعى يؤثر مباشرة على الجهد الأسموزى للخلايا الحارسة؛ مما يؤدى إلى إغلاق الثغور. كذلك يُنشِّط حامض الأبسيسك إنتاج الإيثيلين فى الأوراق والثمار فى عديد من الأنواع النباتية. وقد وُجِدَ فى الطماطم أن كلاً من الشد الرطوبى وظروف الغدق (تشبع التربة بالرطوبة) أحدثتا زيادة فى تركيز كل من حامض الأبسيسك والإيثيلين فى النباتات.

وقد وجد Shinohara وآخرون (١٩٩٥) أن تعريض نباتات الطماطم النامية فى مزارع الحصى إلى شدٍّ رطوبى أدى إلى نقص المحصول وزيادة نسبة المواد الصلبة الذائبة

الكلية فى الثمار، مقارنة بنباتات الكنترول. كذلك انخفض معدل البناء الضوئى ومعدل النتح بشدة بعد تعرض النباتات لمعاملة الشد الرطوبى مباشرة، ولكن المعدلات عادت إلى طبيعتها – تدريجيًّا – بعد ذلك بالرغم من استمرار معاملة الشد الرطوبى. وأدى الشد الرطوبى إلى زيادة معدل انتقال الغذاء المجهز إلى الثمار.

وعندما عرضت نباتات الطماطم لنقص فى الرطوبة الأرضية بخفض الجهد المائى فى وسط الزراعة من –٠,٥ إلى –١,٢ ميجاباسكال نقص النمو الخضرى للنباتات وقلَّ محصولها، وازدادت نسبة الثمار التى أصيبت بتعفن الطرف الزهرى، ولكن ذلك كان مصاحبًا بتحسن واضح فى نوعية الثمار، حيث كانت أفضل لونًّا، وازداد تركيز المواد الصلبة الذائبة الكلية فيها، وكان محتواها من السكروز، والجلوكوز، والفراكتوز أعلى من ثمار النباتات التى لم تتعرض لمعاملة الشدِّ الرطوبى. وقد كانت ثمار النباتات التى تعرضت لمعاملة الشدِّ الرطوبى أكثر إنتاجًا لكل من ثانى أكسيد الكربون والإثيلين (Pulupol وآخرون ١٩٩٦).

وقد وجد Sanders وآخرون (١٩٨٩) أن زيادة مياه الرى – فى حدود معينة – أدت إلى زيادة محصول الطماطم، وكان ذلك مصاحبًا بنقص فى محتوى الثمار من كل من المواد الصلبة الذائبة، والمواد الصلبة الكلية. ولكن ازداد فى المقابل محصول المواد الصلبة الذائبة والمواد الصلبة الكلية من وحدة المساحة المزروعة، وتحسن كل من pH الثمار (حيث انخفض)، ولونها، وحجمها، كما ازداد محتواها من الحموضة المعايرة، وجميعها صفات لها أهميتها القصوى بالنسبة لمحصول طماطم التصنيع. وباستثناء النقص الذى حدث فى محتوى الثمار من المواد الصلبة الذائبة عندما زيدت مياه الرى، فإن التغيرات التى أحدثتها زيادة الرى فى جميع الصفات الأخرى تُحسِّن – كذلك – من صفات محصول الاستهلاك الطازج.

وبالمقارنة .. وجد Branthôme وآخرون (١٩٩٤) أن خفض معدل الرى إلى ٧٠٪ من النتح والتبخر evapotranspiration – مقارنة بالمعدلات الأعلى من ذلك وحتى

١٣٠٪ – أدى إلى تحسُّن فى معظم صفات الجودة لطماطم التصنيع، مثل الحموضة، واللون، ومحتوى الثمار من المواد الصلبة الذائبة الكلية.

## وسائل زيادة تحمل شدِّ الجفاف

### المعاملة بمضادات النتح

وجد Rao (١٩٨٥) أن مضاد النتح antitranspirant بى إم أى PMA أدى إلى غلق الثغور، وقلل تأثير النتح على عملية البناء الضوئى. كما وجد أن رش النباتات بالكاولينيت Kaolinite (وهو أحد أنواع الطين العاكسة للضوء) أدى إلى زيادة مقدرة الأوراق على عكس الضوء الساقط عليها؛ مما أدى إلى انخفاض درجة حرارة الأوراق، ونقص معدل النتح، وإحداث نقص بسيط فى معدل البناء الضوئى. وقد أدى رش النباتات مرة واحدة بأى من مضادات النتح بى إم أى PMA، أو ٨ – إتش كيو 8-HQ، أو كاولينيت فى مرحلة بداية تكوين البراعم الزهرية إلى زيادة محصول الطماطم.

كذلك قارن Ibrahim وآخرون (١٩٩٣) تأثير معاملة النموات الخضرية للطماطم بنوعين من مضادات النتح الغشائية film-type (هما: ١,٢٥٪ مستحلب زيت بذرة الكتان، و١,٢٥٪ مستحلب شمعى)، وأحد مضادات النتح التى تُغلق الثغور stomatal antitranspirant (هو: phenyl mercuric acetate بتركيز ٠,٠١ مللى مولارًا)، ووجدوا أن مضادات النتح الغشائية أحدثت زيادة معنوية فى المحصول، بينما أدى مضاد النتح الثغرى (الأخير) إلى نقص المحصول، مقارنة بمعاملة الشاهد. كما أدت جميع معاملات مضادات النتح إلى زيادة كفاءة استعمال الماء ونقص حاجة النباتات إلى الرى، مقارنة بالكنترول.

### المعاملة بمستخلصات الطحالب البحرية

أدت المعاملة بمستخلص حشيشة (طحلب) البحر *Ascophyllum nodosum* (التى تعرف باسم rockweed) رشًّا على النمو الخضرى لشتلات الطماطم بتركيز ٠,٥٪

إلى تحفيز نموها، بينما أدت المعاملة به عن طريق التربة بتركيز ٠,٥–١,٠٪ إلى زيادة عدد الأزهار، وزيادة القدرة على تحمل الجفاف (Li & Mattson ٢٠١٥).

### المعاملة بالسيليكون

ربما يلعب السيليكون دورًا فى الأيض والأنشطة الفسيولوجية فى ظروف شدِّ الجفاف عند المعاملة به فى النباتات التى لا تُراكم العنصر. وقد وجد أن السيليكون وُفر حماية للكلوروبلاستيدات من أضرار التأكسد الشديدة، مثل تلف أغشية الجرانا grana والاستروما stroma (Cao ٢٠١٥).

## شد غدق التربة (زيادة الرطوبة الأرضية) ووسائل التغلب عليه

### التأثيرات المباشرة لشدِّ غدق التربة

تُنتج نباتات الطماطم هرمون الإثيلين لدى تعرضها لمختلف ظروف الشدِّ البيئى. وقد تبين أن ظروف غدق التربة – التى يقل معها الأكسجين فى بيئة الجذور تؤدى إلى زيادة إنتاج المركب 1-aminocyclopropane-1-lcarboxylate (اختصارًا: ACC) فى الجذور – وهو المركب البادئ للإثيلين – بسبب تحفيز ظروف الغدق لنشاط الإنزيم ACC synthase المسئول عن تكوين الـ ACC. وقد وجد Olson وآخرون (١٩٩٥) أن ظروف الغدق تحفز نشاط الجين Le-acs3 المسئول عن تكوين الإنزيم ACC synthase فى الطماطم.

وقد أدى تعريض نباتات الطماطم لظروف التشبع الرطوبى التام لمدة ٧٢ ساعة إلى زيادة الجهد المائى للأوراق Leaf Water Potential، ومحتواها من البرولين، مع زيادة فى نشاط إنزيم نيتريت ردكيتز Nitrate Rductase، فى حين أدت المعاملة إلى نقص محتوى الأوراق من الكلوروفيل، وذلك مقارنة بمعاملة الشاهد (Dell'Amico وآخرون ١٩٩٤).

ولقد وجد Basiouny وآخرون (١٩٩٤) أن تعريض نباتات الطماطم لإضاءة منخفضة (٦٠٠ ميكرومول/م$^{٢}$/ثانية من الأشعة النشطة فى عملية البناء الضوئى)، أو

لظروف الغدق (شد رطوبى قدره ٠,٠٠١ ميجاباسكال) أدى إلى زيادة محتواها من كل من حامض الأبسيسك، والإثيلين، ونقص محتواها من الكربوهيدرات والكلوروفيل.

## وسائل زيادة تحمل شدٍّ غدق التربة

وجد أن تطعيم الطماطم على أصل الباذنجان Arka Rakshak أسهم كثيرًا فى تحسين التحمل للفسيولوجى لشدِّ غدق التربة؛ ترتب عليه زيادة القدرة على البقاء وزيادة المحصول تحت تلك الظروف (Bhatt وآخرون ٢٠١٥).

# شدِّ ملوحة التربة ومياه الرى ووسائل التغلب عليه

## التأثيرات المباشرة السلبية والإيجابية للملوحة العالية

إن لملوحة التربة أو مياه الرى تأثيرات بالغة على نوعية ثمار الطماطم من وجوه شتى، ونناقش هذا الموضوع تحت خاصية المواد الصلبة الذائبة لأنها من أبرز الصفات الثمرية التى تتأثر بالملوحة.

ففى دراسة أجراها Mizrahi (١٩٨٢)، وجد أن إضافة كلوريد الصوديوم إلى المحلول المغذى الذى تنمو فيه نباتات الطماطم (محلول هوجلند النصف قياسى) بتركيز ٣ أو ٦ جم/لتر ابتداء من مرحلة بداية الإزهار (مقارنة بمعاملة الشاهد التى لم تعامل بكلوريد الصوديوم) أحدثت التغيرات التالية:

١- نقص حجم الثمار.

٢- تحسُّن طعم الثمار.

٣- زيادة نسبة المادة الجافة فى الثمار.

٤- زيادة محتوى الثمار من كل من: المواد الصلبة الذائبة الكلية، والسكريات المختزلة.

٥- زيادة محتوى الثمار من كل من: الكلور، والصوديوم.

٦- زيادة الحموضة المعايرة فى الثمار، ونقص الرقم الأيدروجينى (الـ pH) بها.

٧- زيادة محتوى الجدار الثمرى الخارجى (البيريكارب pericarp) من مختلف الصبغات.

٨- زيادة درجة التوصيل الكهربائى للعصير.

٩- زيادة إنتاج الثمار من كل من الإثيلين وثانى أكسيد الكربون أثناء نضجها.

١٠- زيادة نشاط إنزيمات: بكتين مثيل استيريز pectin methyl esterase، وبولى مثيل جالاكتورنيز polymethylgalacturonase، وبولى جالاكتورنيز polygalacturonase فى الثمار أثناء نضجها، وهى الإنزيمات المسئولة عن فقد الثمار لصلابتها.

هذا.. بينما أحدثت المعاملة بكلوريد الصوديوم بمعدل ٦ جرامات/لتر نقصًا كبيرًا فى قدرة الثمار على التخزين بعد النضج.

كذلك وجد Att Aly وآخرون (١٩٨٨) أن الملوحة العالية أسرعت نضج ثمار الطماطم، ولكنها ثبطت نموها، كما أدت إلى نقص محتوى الثمار من كل من البوتاسيوم، والكالسيوم، والمغنيسيوم، مع زيادة محتواها من كل من الكلور والصوديوم.

وعلى الرغم من أن زيادة تركيز الملوحة من ٢٥ حتى ١٠٠ مللى مول أدت إلى نقص حجم الثمار، فإنها أدت – كذلك – إلى زيادة محتوى الثمار – على أساس الوزن الرطب – من عديد من المركبات المسئولة عن الصفات الأكلية الجيدة والمركبات المعززة للصحة (Zushi & Matsuzoe ٢٠١٥).

إنه لمن المعلوم أن رى الطماطم بالمياه الملحية يؤدى إلى تحسّن ملموس فى نوعية الثمار فيما يتعلق بالمذاق، واللون، وتركيز المواد الصلبة الذائبة الكلية، وخاصة السكريات والأحماض، إلا أن ذلك يكون مصاحبًا – عادة – بنقص فى المحصول، يكون مرده – أساسًا – إلى صغر حجم ثمار النبات فى هذه الظروف. وقد تبين أن

استخدام المياه الملحية (EC = ٦ مللى موز) فى رى نباتات الطماطم – النامية فى تربة رملية – خلال المراحل المتأخرة من النمو النباتى (ابتداء من طور بداية التلوين فى أولى ثمار النبات) لم يكن مؤثرًا على محصول النبات أو حجم الثمار، ولكنه أدى إلى تحسّن معنوى فى صفات الجودة (Mizrahi وآخرون ١٩٨٨)؛ وبذلك يمكن الحصول على مزايا الرى بالمياه الملحية مع تجنب عيوبها.

وتمشيًّا مع نتائج الدراسات السابقة وجد Mitchell وآخرون (١٩٩١) أن رى حقول الطماطم بمياه الصرف المالحة أو تخفيض كمية مياه الرى التى تعطاها هذه الحقول أحدث تحسُّنا جوهريًّا فى نوعية محصول طماطم التصنيع. فقد أدى خفض كمية مياه الرى إلى نقص نسبة الرطوبة فى الثمار، ونقص المحصول، ولكنه أدى إلى زيادة محتوى الثمار من المواد الصلبة الذائبة، وزيادة نسبة ما تحتويه من السكريات السداسية، وحامض الستريك، والبوتاسيوم، وبالمقارنة لم يؤثر الرى بمياه الصرف الملحية على المحصول الكلى أو تركيز السكريات السداسية فى الثمار، ولكنه أحدث نقصًا طفيفًا فى محتوى الثمار من الرطوبة، وأدى إلى زيادة تركيز الأيونات غير العضوية فيها، بينما لم تؤثر أى من معاملتى الرى على محصول الثمار أو محصول المادة الثمرية الصلبة المنتجة من وحدة المساحة. وقد لفت الباحثون الانتباه إلى أن الاستمرار فى إعطاء حقول الطماطم معاملات كتلك التى سبق بيانها سوف يترتب عليه تفاقم مشكلة الأملاح؛ الأمر الذى يتعين معه غسيلها من التربة من آن لآخر.

ولقد وجد Sanden وآخرون (١٩٩٥) أن زيادة الثمار فى الحجم ترتبط عكسيًّا مع كل من الزيادة فى ملوحة المحلول المغذى، وفترة التعرض للملوحة العالية أثناء تكوين الثمار.

ويزداد تركيز البرولين proline فى أوراق الطماطم فى الظروف القاسية، مثل التعرض للملوحة العالية، أو للجفاف. ويعتقد البعض أن تلك الزيادة من إحدى الوسائل

التى يتكيف بها النبات مع هذه الظروف غير المناسبة، بينما يعتقد البعض الآخر أن تلك الزيادة فى البرولين ليست إلا إحدى الأضرار التى تحدث للنبات نتيجة التعرض للظروف القاسية.

ويتبين من دراسات Snapp & Shennan (١٩٩٤) أن زيادة الملوحة الأرضية تؤدى إلى جعل جذور الطماطم أقل سمكًا، مع زيادة سرعة وصولها إلى مرحلة الشيخوخة بنحو ٥٠٪، وتجعل المجموع الجذرى أكثر قابلية للإصابة بفطر *Phytophthora parasitica* مسبب مرض عفن الجذر الفيتوفثورى.

كذلك درس Xu وآخرون (١٩٩٤) تأثير الملوحة العالية فى المحلول المغذى (EC= ٤,٥ مللى موز/سم)، مقارنة بالملوحة المنخفضة نسبيًّا (EC= ٢,٣ مللى موز/سم)، والشد الرطوبى العالى (امتلاء ٥٥ ٪ من السعة الشعرية بالماء)، مقارنة بالشد الرطوبى المنخفض (امتلاء ٩٥٪ من السعة الشعرية بالماء) على بعض الخصائص الفسيولوجية لنباتات الطماطم النامية فى مزرعة لا أرضية أساسها البيت موس. وجد الباحثون أن زيادة أى من ملوحة المحلول المغذى أو الشد الرطوبى أدت إلى نقص معدل البناء الضوئى، وكان مرد ذلك إلى نقص مماثل أحدثته معاملتى الملوحة والشد الرطوبى فى توصيل الثغور والنسيج الوسطى، مع تأثير أكبر للمعاملتين على توصيل الثغور. كذلك أدت زيادة الملوحة إلى زيادة محتوى الأوراق من الكلوروفيل؛ الأمر الذى انعكس على صورة زيادة نسبية فى معدل البناء الضوئى – مقارنة بالكنترول (معاملة الملوحة المنخفضة) – فى مطلع النهار عندما كانت الإضاءة ما زالت ضعيفة. وقد انخفض كذلك الجهد المائى للأوراق بزيادة أى من الملوحة أو الشد الرطوبى؛ مما أدى فى نهاية الأمر إلى انخفاض معدل البناء الضوئى. وقد كان للملوحة العالية والشد الرطوبى العالى تأثيرات متجمعة على كل من البناء الضوئى والعمليات الفسيولوجية المرتبطة به.

وجدير بالذكر أن تعريض النبات للشدّ الرطوبى يُحدث نفس التأثير الذى يُحدثه الرى بالمياه الملحية؛ الأمر الذى قد يمكن معه تطويع نظام الرى لتحقيق أكبر تحسّن

ممكن فى صفات الجودة دون التأثير على كمية المحصول أو حجم ثمار النبات (Mitchell وآخرون ١٩٩١).

ولقد أحدثت زيادة الملوحة من ٠,٥ ديسى سيمنز/م حتى ١٥,٧ ديسى سيمنز/م تأثيرًا سلبيًّا فى كل من المساحة الورقية، وكفاءة استخدام الطاقة الإشعاعية، والوزن الجاف للنموات الهوائية، والمحصول الكلى والمحصول الصالح للتسويق (De Pascale وآخرون ٢٠١٥).

ولذا.. تجب الموازنة بين التأثير الإيجابى لزيادة تركيز الأملاح على نسبة المواد الصلبة الذائبة الكلية، وبين تأثيرها السلبى على المحصول. ويمكن الاستفادة — فى هذا الشأن — من دراسات Cornish (١٩٩٢) التى أجراها على صنف الطماطم فلورادید Floradae فى مزارع تقنية الغشاء المغذى تحت ظروف الحقل المكشوف، والتى توصل منها إلى أن محتوى الثمار من المواد الصلبة الذائبة الكلية ازداد من ٤,٤٪ عند مستوى ملوحة قدره ١,٥ مللى موز/سم إلى ٥,٩٤٪ عند ٩,٠ مللى موز/سم، بمتوسط زيادة قدرها ٠,١٦٪ لكل ارتفاع قدره مللى موز واحد/سم فى درجة التوصيل الكهربائى، أى فى ملوحة المحلول المغذى المستعمل فى إنتاج الطماطم.

وقد تأكدت هذه التأثيرات الإيجابية للملوحة العالية — على نوعية ثمار الطماطم ومحتواها من المواد الصلبة الذائبة الكلية — تحت ظروف كل من الزراعات الحقلية فى الأراضى الطميية والرملية، والمزارع المائية على حد سواء.

## تأثير التغير اليومى - بين النهار والليل - فى مستوى الملوحة

نتناول هذا الموضوع بالدراسة بالنسبة للمزارع اللاأرضية فقط، وهى النوعية الوحيدة من المزارع التى يمكن فيها التحكم فى ملوحة الوسط الذى تنمو فيه الجذور، وتغيير مستوى الملوحة نهارًا عما يكون عليه الحال ليلاً.

تُنتج الطماطم تجاريًّا فى مزارع تقنية الغشاء المغذى — وغيرها من المزارع المائية أو اللاأرضية — عند مستوى ثابت من الملوحة يتراوح — عادة — بين ٣٠ و ٧٥ مللى مولارًا

(mM) من الأيونات الكلية، وهو ما يعادل ضغطًا أسموزيًا ($\pi$) يتراوح بين ٠,٠٧ و ٠,١٨ ميجاباسكال (MPa)، أو درجة توصيل كهربائى (EC) تتراوح بين ٢ و ٥ مللى موز/سم (أو dS/m). ويعتبر هذا المستوى الثابت للملوحة الكلية محصلة لعديد من الدراسات التى أجريت فى هذا المجال. وتؤدى التركيزات الأقل من ذلك للمحاليل المغذية إلى أن يصبح تركيز العناصر الغذائية منخفضًا إلى مستويات حرجة للنمو النباتى، كما قد تؤدى التركيزات الأعلى إلى إحداث تأثيرات سلبية على النمو النباتى من خلال ما تحدثه من ارتفاع فى الضغط الأسموزى لبيئة نمو الجذور.

فمن المعروف أن ارتفاع الضغط الأسموزى فى بيئة الجذور يقلل من تيسر الماء للنبات. ومع زيادة معدلات النتح، فإن الضغط الأسموزى المرتفع قد يُخفض الجهد المائى فى النبات، وهو ما يرتبط بعدم امتلاء الخلايا؛ الأمر الذى يرتبط بضعف ازدياد الخلايا فى الحجم؛ وبالتالى نقص النمو. كذلك قد يؤدى ارتفاع الضغط الأسموزى فى بيئة الجذور إلى نقص النمو بسبب انغلاق الثغور الذى يحدث إما كنتيجة لعدم امتلاء الخلايا فى الأوراق، وإما بسبب ما قد يصدر من الجذور من إشارات signals بهذا الخصوص. ويؤدى انغلاق الثغور إلى ضعف النمو بسبب انخفاض معدل البناء الضوئى فى مثل هذه الظروف.

ومن المعروف أن تغير الضغط الأسموزى فى بيئة الجذور يتبعه — دائمًا — تغيرات فورية فى الجهد المائى، ومعدل اتساع الخلايا (زيادتها فى الحجم). وتأسيسًا على ذلك.. اقترح بعض الباحثين أن إحداث تغييرات — لفترات قصيرة — فى مستوى ملوحة الوسط الذى تنمو فيه الجذور يمكن أن يترتب عليه تحسنًا فى النمو النباتى وفى كمية المحصول ونوعيته. وبالفعل.. وُجِدَ أن خفض مستوى ملوحة المحلول المغذى نهارًا مع بقائه مرتفعًا ليلاً أدى إلى زيادة النمو الخضرى لبادرات الطماطم.وقد اختبر Van Ieperen (١٩٩٦) هذا الأمر فى نباتات الطماطم المثمرة، حيث قام بإنتاج الطماطم فى مزارع تقنية الغشاء المغذى مع استعمال محاليل مغذية اختلفت فى مستوى ملوحتها بين النهار والليل (نهار/ليل) على النحو التالى: ٥/٥، و٩/٩، و٩/١، و١/٩ مللى موز/سم، وكانت نتائج

الدراسة كما يلى: ازداد المحصول كثيرًا فى المعاملة ٩/١، وانخفض فى المعاملة ١/٩، ولكن كان الانخفاض فى المحصول أشد فى المعاملة ٩/٩. وقد أُرجعت معظم الاختلافات فى المحصول بين المعاملات إلى الاختلافات فى متوسط وزن الثمرة، فيما عدا فى المعاملة ٩/٩ التى نقص فيها عدد الثمار – كذلك – بعد ١٢ أسبوعًا من بداية الحصاد. وقبل وصول النباتات إلى مرحلة الإثمار نقص النمو الخضرى للنباتات الصغيرة فى المعاملة ٩/٩، وبدرجة أقل فى المعاملة ١/٩، وذلك مقارنة بالمعاملة ٥/٥، ولكنه لم يتأثر فى المعاملة ٩/١ مقارنة بالكنترول (٥/٥)، كما حُصِلَ على نتائج مماثلة بالنسبة لمساحة أوراق النبات. وبعد ١٢ أسبوعًا من بداية الحصاد انخفض عدد العناقيد الثمرية فى المعاملتين ٩/٩، و ١/٩، كما ازداد توزيع المادة الجافة إلى الجذور على حساب النموات الخضرية، وذلك مقارنة بما حدث فى المعاملتين ٩/١، و ٥/٥، ولكن توزيع المادة الجافة إلى الثمار ازداد فى المعاملة ٩/١، ونقص فى المعاملة ٩/٩، وذلك مقارنة بالمعاملة ٥/٥. أما نسبة المادة الجافة فى الثمار فإنها كانت أعلى ما يمكن فى المعاملة ٩/٩، وأقل قليلاً فى المعاملة ٩/١، وذلك مقارنة بالمعاملة ٥/٥، بينما كانت نسبة المادة الجافة فى الثمار فى المعاملة ١/٩ وسطًا بين النسبة فى المعاملتين ٥/٥، و٩/٩.

## وسائل الحماية من أضرار الملوحة العالية

### غسيل الملوحة العالية من التربة

يجب عدم زراعة الطماطم فى الأراضى الملحية إلا بعد غسيل الأملاح من التربة ويلزم لذلك نحو ٢٠٠٠–٥٠٠٠م$^3$ للهكتار (٨٥٠–٢٠٠٠م$^3$ للفدان)، على أن تكون التربة جيدة النفاذية. كذلك يجب عدم رى الطماطم بالماء الذى تزيد ملوحته عن EC=١,٥ مللى موز millimohs. ويفضل أن يجرى الرى بطريقة التنقيط – فى حالة ضرورة استخدامه – مرة أو مرتين يوميًّا، وبكميات تكفى لغسل الأملاح أولاً بأول، وترشيح الماء الزائد إلى باطن التربة، لكن ذلك لا ينجح إلا فى الأراضى الرملية ذات النفاذية العالية. ولا يجوز استعمال الماء ذى الملوحة العالية فى الرى بالرش، وذلك لاحتمال احتراق أوراق النباتات من جراء تراكم الأملاح عليها بعد تبخر الماء الذى قد يبقى عليها عقب الرى.

## معاملات البذور بالبرايمنج

أمكن تحسين إنبات بذور الطماطم تحت ظروف الملوحة العالية، وذلك بنقعها لمدة ثمانية أيام فى محلول مهوى من البوليثيلين جليكول ٤٠٠٠ بتركيز -١٢ بارًا على حرارة ١٦°م قبل زراعتها فى التربة الملحية. ويحدث نفس التأثير وتزداد قدرة البادرات على تحمل الملوحة بنقع البذور فى محاليل ملحية من كلوريد الصوديوم بتركيز مولارى واحد؛ حيث يتأقلم الجنين فسيولوجيًّا، ويصبح أكثر تحملاً للملوحة بعد إنبات البذور (معاملة البرايمنج priming). وتكون معاملة الملوحة أقوى تأثيرًا إذا أُجريت بتلك الطريقة عما لو أجريت بعد ذلك على نباتات الطماطم فى مرحلة تكوين الورقة الحقيقية الرابعة، كما تكون المعاملة بداية من مرحلة زراعة البذور أقوى تأثيرًا على تحمل النمو النباتى للملوحة عما لو أجريت بعد ذلك. وقد ظهر تأقلم النباتات على الملوحة فى صورة زيادة فى محصول الثمار (Cano وآخرون ١٩٩١، وBolarin وآخرون ١٩٩٣).

## الرى بمعدل منخفض عدة مرات يوميًا

يستدل من دراسات Pasternak وآخرين (١٩٩٥) أن رى الطماطم — فى أرض رملية — بمياه ملحية (٦,٢ مللى موز/سم) أدى إلى نقص المحصول بنسبة ٤٤٪، مقارنة بالرى بمياه عذبة (١,٢ مللى موز/سم). ولكن أمكن تجنب التأثير الضار للملوحة العالية لمياه الرى — بصورة تامة — بإجراء الرى بكميات صغيرة خمس مرات يوميًا، فيما وصف باسم pulse-irrigation. فقد أدى اتباع هذه الطريقة إلى نقص واضح فى الزيادة الكبيرة التى تحدث — عادة — فى تركيز الأملاح حول الجذور فى منتصف النهار، والتى تحدث — دائمًا — عند إجراء الرى مرة واحدة يوميًّا.

## زيادة التغذية بالبوتاسيوم والكالسيوم

قام Satti وآخرون (١٩٩٤) بزراعة الطماطم فى محاليل مغذية جُعِلتْ ملحية إما بإضافة كلوريد الصوديوم — منفردًا — بتركيز ٥٠ مللى مولا (EC= ٥,٥ مللى موز/سم)،

وإما بإضافة كلوريد الصوديوم بالتركيز السابق مع نترات البوتاسيوم بتركيز ٢ مللى مولا (EC= ٦,٨ مللى موز/سم)، أو بتركيز ٢٠ مللى مولا (EC= ٧,٥ مللى موز/سم)، أو مع كل من نترات البوتاسيوم ونترات الكالسيوم (EC= ٨,٠ مللى موز/سم). وقد وُجِدَ أن إضافة البوتاسيوم والكالسيوم إلى المحلول المغذى الملحى أدت إلى زيادة تراكم البوتاسيوم فى النباتات بمقدار ٣ إلى ٧ أمثال التركيز فى النباتات النامية فى المحلول المغذى الملحى المضاف إليه كلوريد الصوديوم فقط (معاملة الشاهد). وقد أدت الملوحة العالية إلى نقص طول الساق ونمو الأوراق، إلا أن إضافة البوتاسيوم أدت إلى تحفيز النمو. كذلك أدت الملوحة العالية إلى نقص عدد الأزهار بنسبة ٤٤٪ والمحصول بنسبة ٧٨٪ مقارنة بمعاملة الشاهد. وقد أدت إضافة البوتاسيوم – وبدرجة أقل الكالسيوم – إلى تقليل الأضرار التى أحدثتها الملوحة العالية على نمو وتطور نباتات الطماطم.

لقد وُجد أن تعريض النباتات للشدِّ الملحى (٧٥ أو ١٥٠ مللى مول كلوريد صوديوم) يؤدى – فى خلال ٣٠ يومًا – إلى تأكسد الدهون (malondialdehyde)، وزيادة النشاط المضادة للأكسدة (supeoxide dismutase، و catalase، و glutathione reductase) فى كل من سلالة المتحملة للملوحة (Indent-1)، وصنف غير متحمل (Red Ball). هذا.. إلاّ أن المعاملة بالبوتاسيوم فى المحلول المغذى أو بالرش الورقى (بتركيز ٤,٥ أو ٩ مللى مول) أثناء حالة الشدِّ الملحى قللت من الـ malondialdehyde والنشاط المضاد للأكسدة، وأدت إلى زيادة النمو فى السلالة المتحملة عما فى السلالة الحساسة للملوحة. ويعنى ذلك أن البوتاسيوم يشكل عاملاً هامًّا فى التخلص من أضرار التأكسد التى تستحثها الملوحة (Amjad وآخرون ٢٠١٦).

## المعاملة بالميكوريزا والأسمدة العضوية

يفيد حقن (عدوى) شتلات الطماطم بميكوريزا mycorhizae سبق عزلها من تربة غير ملحية – وليس بميكوريزا سبق عزلها من تربة ملحية – فى تحفيز النمو الخضرى للنباتات فى ظروف الملوحة العالية (Copeman وآخرون ١٩٩٦).

ولقد أدى شد الملوحة (ماء بحر مخفف إلى EC: ٦ ديسى سيمنز/م) إلى خفض دلائل النمو النباتى، وخفض محتوى النمو الخضرى من النيتروجين والبوتاسيوم، بينما أدى إلى زيادة محتواها من الفوسفور والصوديوم والكالسيوم، بما يعنى إحداثه لحالة من عدم التوازن الأيونى. وقد أدى استعمال سماد بيولوجى (مستخلص الكمبوست + فطر ميكوريزا) إلى تحسين وزن الجذور فى ظروف الملوحة تلك. كما أدت إضافة مادة ناشرة surfactant بمعدل ١ مجم/لتر إلى مساعدة الطماطم فى الاحتفاظ بتوازنها الأيونى (وبخاصة خفض امتصاصها للصوديوم)، وفى تحسين نموها النباتى (Chaichi وآخرون ٢٠١٧).

## التطعيم على أصول متحملة للملوحة

يُعد النبات *Lycium chinense* من النباتات الطبية التى تنتمى للعائلة الباذنجانية، وهو – كذلك – يستعمل كخضر، ويتحمل الملوحة العالية. عندما استعمل هذا النبات كأصل للطماطم فإنه أضعف نموها الابتدائى، ولكنها سرعان ما استعادت نموها الطبيعى. وتميزت النباتات المطعومة بعديد من الصفات، منها: زيادة فى معدل البناء الضوئى، والمحتوى الكلوروفيلى، مع صغر فى حجم الثمار، وتحسُّن فى نسبة المواد الصلبة الذائبة الكلية والحموضة المعايرة والنسبة بينهما وفيتامين C بالثمار. وأثر التطعيم على كلٍ من نظام تلوين الثمار (الذى كان أقرب لنظام تلوين ثمار الأصل) والأحماض الأمينية وتسعة من العناصر المغذية (Huang وآخرون ٢٠١٥).

## المعاملة بالبوليثيلين جليكول

وجد Szmidt & Graham (١٩٩١) أن إضافة البوليثيلين جليكول إلى بيئة زراعة الطماطم أدت إلى زيادة تحمل النباتات للتركيزات العالية من كلوريد الصوديوم؛ فعند تركيز ٢٠٠٠ جزء فى المليون من الملح فى المحلول المغذى كان محصول الثمار بعد ٢٣ أسبوعًا من الزراعة ١٩,٣، و١٦,٢، ١٢,٢، و٤,٢، وصفر ثمرة/نبات عندما استعمل

الهيدروجل hydrogel أوكسيد البوليثيلين Polyethylene Oxide فى بيئة الزراعة الرملية بنسبة ١٠٠٪، و٧٥٪، و٥٠٪، و ٢٥٪، وصفر٪، على التوالى.

### تهوية المحاليل المغذية بهواء غنى بثانى أكسيد الكربون

قارن Cramer & Lips (١٩٩٥) تأثير محاليل مغذية تحتوى على صفر أو ١٠٠ مللى مولاً من كلوريد الصوديوم، ويمرر فيها إما هواء عادى وإما هواء غنى بغاز ثانى أكسيد الكربون (احتوى الهواء على الغاز بتركيز ٥٠٠٠ مللى مولاً/مول)، ووجدا أن النباتات النامية فى المحلول المغذى الملحى تراكم فيها قدرٌ أكبر من المادة الجافة والنيتروجين الكلى عندما كانت تهوية المحلول المغذى بالهواء الغنى بغاز ثانى أسيد الكربون، مقارنة بتهويته بالهواء العادى. وقد كانت هذه النباتات النامية فى محلول مغذٍ ملحى مهوى بهواء غنى بثانى أكسيد الكربون أكثر قدرة على امتصاص النترات ونقلها فى النباتات، مقارنة بالنباتات النامية فى ظروف استعمل فيها هواء عادى فى تهوية المحلول المغذى الملحى. وقد أدت تهوية المحلول المغذى بالهواء الغنى بثانى أكسيد الكربون إلى زيادة وصول الكربون غير العضوى إلى داخل الجذور بمقدار ١٠ أمثال الحال فى المحاليل المغذية التى استعمل فى تهويتها الهواء العادى سواء كانت هذه المحاليل ملحية، أم غير ملحية.

## وسائل الاستفادة من التأثير الإيجابى لزيادة الملوحة، مع تجنبها تأثيراتها السلبية

اقترح الباحثون طرقًا مختلفة للجمع بين التأثيرات الإيجابية لزيادة الملوحة، مع تجنب النقص فى المحصول الذى يحدث إذا تعرضت النباتات للملوحة العالية قبل أن تقترب الثمار من مرحلة اكتمال نموها، كما يلى:

١- تتبع ثمار الطماطم المنحنى "السيجمويد" Sigmoid فى نموها، وإذا أعطيت النباتات معاملة الملوحة فى مرحلة متأخرة من نموها – بعد أن يتكون عدد كبير من الثمار، وحتى بعد أن تصل بعض الثمار إلى مرحلة اكتمال نموها – فإنه يمكن تلافى النقص فى المحصول مع استمرار المحافظة على كثير من التغيرات المرغوب فيها فى الصفات الثمرية.

ففى دراسة أجراها Mizrahi وآخرون (١٩٨٨) ورويت فيها نباتات الطماطم بمياه البحر – بطريقة التنقيط بعد تخفيفها إلى ٣ أو ٦ مللى موز/سم، وذلك بداية إما من ظهور الورقة الحقيقية الأولى، وإما من وصول أول ثمرة إلى طور بداية التلوين، أدت معاملة الملوحة – بصفة عامة – إلى تحسين نكهة الثمار، وزيادة نسبة محتواها من المواد الصلبة الكلية والسكريات، بينما لم تتأثر قدرة الثمار على التخزين، ولكن صاحب ذلك كله نقص عام فى المحصول وفى حجم الثمار مقارنة بمعاملة الشاهد. والجديد فى هذه الدراسة أن رى النباتات بالمياه ذات التركيز المنخفض من الأملاح (٣ مللى موز/سم) بداية من المراحل المتأخرة للنمو (عند وصول أول ثمرة إلى طور بداية التلوين) لم يؤثر جوهريًا على المحصول، بينما أحدثت المعاملة تحسنًا جوهريًا فى صفات الثمار مقارنة بمعاملة الكنترول.

٢- أوصت إحدى العجالات الفنية (ICI Midox, n.d.) بزيادة درجة توصيل المحلول المغذى المستعمل فى المزارع المائية تدريجيًّا من ١,٥-٢,٠ مللى موز/سم إلى ٣-٥ مللى موز/سم بمعدل ٠,٥ مللى موز/سم أسبوعيًّا وإلى حين مرور أسبوعين بعد القطفة الأولى، حيث يُخفَّض تركيز الأملاح فى المحلول المغذى – حينئذٍ – إلى التركيز الابتدائى (١,٥-٢,٠ مللى موز/سم) مرة واحدة. وفى تعديل لهذه الطريقة أوصى بأن يكون خفض درجة التوصل الكهربائى للمحلول المغذى تدريجيًّا، بحيث يصل إلى ٢,٠ مللى موز/سم يعد القطفة الثامنة.

٣- أوصت دراسة أخرى بإعطاء الطماطم – النامية فى مزارع تقنية الغشاء المغذى – دُفعات يومية لفترات محدودة من محاليل مغذية ذات ملوحة عالية، ويكفى لذلك من فترة واحدة إلى ثلاث فترات يوميًا، تمتد كل منها لمدة ٣٠ دقيقة. هذا إلا أن Niedziela وآخرين (١٩٩٣) لم يجدوا تأثيرًا كبيرًا لهذه المعاملة على نوعية ثمار الطماطم.

وإذا ما قُسِّم المجموع الجذرى للنباتات على بيئتين تختلفان فى درجة ملوحتهما، أو فى درجة ملوحة المحلول المغذى المستعمل فيهما، فإن النباتات تستفيد من كلا الوضعين؛ بمعنى أنها تنمو جيدًا اعتمادًا على الجذور التى تتواجد فى البيئة القليلة أو

المعتدلة الملوحة، بينما تتحسن نوعية الثمار – بزيادة محتواها من كل من الحموضة المعايرة والمواد الصلبة الذائبة – اعتمادًا على الجذور التى تتواجد فى البيئة العالية الملوحة (Tabatabei وآخرون ٢٠٠٤).

## التغلب على مشاكل النمو والتغذية فى الأراضى الجيرية والصودية

### المعاملة بالفطر *Beauveria bassiana*

إلى جانب قدرة الفطر *Beauveria bassiana* على قتل بعض الحشرات، واستخدامه فى المكافحة الحيوية لهذا الغرض، فإن عدوى بذور الطماطم بالجراثيم الكونيدية للفطر أسهم فى حماية النباتات من أعراض نقص الحديد (chlorosis) عندما كان نموها فى وسط جيرى، وذلك خلال الخمسين يومًا الأولى بعد الزراعة، وتوقفت فاعلية الفطر على مدى توفر الحديد فى وسط الزراعة. هذا مع العلم بأن الفطر استعمر جذور النباتات دون إحداث تأثير سلبى على النمو النباتى (Sánchez-Rodriguez وآخرون ٢٠١٥).

### المعاملة بالميلاتونين

يدخل الميلاتونين melatonin – وهو جزئ من الإندول أمين indoleamine – فى عديد من العمليات الفسيولوجية فى النباتات. وقد وجد أن المعاملة بالميلاتونين بتركيز ٠,٥ ميكرومول أعطت تأثيرًا قويًّا فى تحسين النمو النباتى فى ظروف شد القلوية، وخفضت من الشد التأكسدى بحثها لأنشطة الإنزيمات المضادة للأكسدة، وأحدثت تراكمًا فى تركيز كل من حامض الأسكوربيك والجلوتاثيون glutathione بالأوراق؛ الأمر الذى قد يكون له علاقة بحماية الكلوروفيل من التحلل. كذلك خفضت معاملة الميلاتونين من محتوى الصوديوم وزادت من محتوى البوتاسيوم فى الأوراق فى ظروف شدِّ القلوية (Liu وآخرون ٢٠١٥).

### التطعيم على الداتورة

أدى تطعيم الطماطم على الداتورة إلى تحسين تحملها لزيادة قلوية التربة (عند زيادة تركيز بيكربونات الصوديوم فى بيئة الزراعة من صفر إلى ٥ ثم إلى ١٠ مللى مول

من $NaHCO_3$). فعندما كان التطعيم على الداتورة (بخلاف التطعيم على الباذنجان، أو عنب الديب البرتقالى، أو سلالة إيرانية محلية من التبغ، أو على الطماطم، أو عدم التطعيم) لم يظهر تأثير جوهرى لزيادة القلوية على الكتلة الطازجة للنمو الخضرى والجذرى، أو على تركيز عناصر الفوسفور والبوتاسيوم والمغنيسيوم بالنباتات المطعومة على الداتورة، كما لوحظ أعلى محتوى للبرولين بالأوراق فى النباتات التى طُعِّمَت على الداتورة. كذلك كان محتوى النمو الخضرى من الصوديوم الأقل فى تلك النباتات (Mohsenian & Roosta ٢٠١٥).

## التغلب على مشاكل تلوث التربة

### التطعيم كوسيلة للتغلب على التلوث بالكادميم

أدى تطعيم الطماطم على أى من الهجن النوعية Maxifort أو Unifort – وخاصة ماكسى فورت – إلى التخلص من الأثر الضار لتواجد الكادميم فى بيئة الزراعة بتركيز متوسط (٢٥ ميكرومول)، أو مرتفع (٥٠ ميكرومول)، والذى تمثل فى نقص المحصول وعدد الثمار ومتوسط وزن الثمرة. وقد ارتبط التأثير الإيجابى للتطعيم بزيادة فى فلورة الكلوروفيل وفى تركيز صبغات البناء الضوئى بالأوراق، مع تحسُّن فى امتصاص وتوفر عناصر الكالسيوم والمغنيسيوم والحديد والمنجنيز والنحاس بالأوراق. كما كان محتوى الأوراق من الكادميم أقل عند التطعيم على ماكسى فورت.

أما صفات جودة الثمار – وخاصة اللون الخارجى – فكانت الأفضل فى النباتات التى طُعِّمت على صنف الباذنجان Black Beauty، إلاّ أن محصولها ونموها كان ضعيفًا بسبب انخفاض امتصاصه للعناصر؛ مما يدل على عدم اكتمال التوافق فى هذا التطعيم (Kumar وآخرون ٢٠١٥).