الفصل التاسع

إنتاج الطماطم

اقتصاديات إنتاج الطماطم المحمية

تعتبر الطماطم – أو البندورة، أو الطماطمة – (*Solanum lycopersicum*) من أهم محاصيل البيوت المحمية على المستوى العالمى. على الرغم من أنها لم تعد تحتل ذات المستوى فى مصر وبعض الدول العربية الأخرى. ويرجع ذلك إلى أسباب اقتصادية محضة، فلا يكفى أن يكون إنتاج البيوت المحمية من الطماطم عاليًا لتغطية تكلفة الإنتاج، بل لابد أن تكون أسعار البيع مجزية. ولا يتحقق ذلك – فى مصر – إلا لفترة قصيرة من موسم إنتاج الزراعات المحمية، تمتد من أوائل مارس إلى أوائل مايو. وتكون الأسعار منخفضة كثيرًا قبل هذه الفترة وبعدها، بسبب زيادة المعروض من محصول العروتين الخريفية والصيفية – على التوالى – فى الحقول المكشوفة. وحتى خلال فترة الشهرين – من أوائل مارس إلى أوائل مايو – فإن إنتاج البيوت المحمية من الطماطم أصبح يواجه بمنافسة قوية من إنتاج الأنفاق البلاستيكية المنخفضة، التى انتشرت كثيرًا منذ منتصف ثمانينيات القرن الماضى، والتى تعطى جُلّ إنتاجها خلال الفترة نفسها، بينما تقل تكاليف زراعتها كثيرًا عن تكاليف الإنتاج فى الزراعات المحمية.

وبناءً على ما تقدم بيانه .. فإن إنتاج الطماطم فى البيوت المحمية – تحت الظروف المصرية – يمكن أن يكون مجزيًا فى الحالات التالية:

١– عند وجود تعاقدات سابقة على التصدير تضمن سعرًا مناسبًا للمنتج خلال أطول فترة ممكنة من موسم الحصاد.

٢– عند إنتاج الأصناف الكريزية Cherry Tomato التى يتعين تربيتها رأسيًا، ليمكن حصادها بيسر وسهولة.

٣– عند السيطرة على الذبابة البيضاء التى تنقل إلى النباتات فيرس التفاف واصفرار

أوراق الطماطم، بينما يكون لفيرس منتشرًا بصورة وبائية فى الحقول المكشوفة، الأمر الذى يتكرر سنويًا فى معظم الزراعات الخريفية.

٤- عند زراعة أصناف تتحمل العقد فى الحرارة العالية، فى بيوت مبردة أو مظللة جيدة التهوية، بحيث تعطى محصولها خلال الفترة الثانية لارتفاع الأسعار خلال شهرى سبتمبر وأكتوبر

الأصناف الملائمة للزراعات المحمية

الشروط التى يجب توافرها فى الأصناف

من أهم الشروط التى يجب توافرها فى أصناف الطماطم المناسبة للزراعات المحمية ما يلى

١- الإنتاجية العالية للعمل على خفض تكلفة إنتاج الطن الواحد من الثمار.

٢- النوعية الجيدة ليتسنى عرضها للبيع بأسعار مجزية، سواء فى الأسواق المحلية أم عند التصدير

٣- أن تكون غير محدودة النمو، حتى يمكن تربيتها رأسيًا

٤- أن تكون مقاومة لبعض الأمراض الهامة التى تؤثر تأثيرًا سيئًا على المحصول، مثل نيماتودا تعقد الجذور، والذبول الفيوزارى، وفيرس موزايك التبغ، وفيرس تجعد واصفرار أوراق الطماطم

٥- أن تتحمل العقد فى الحرارة المنخفضة للتغلب على مشكلة انخفاض درجة الحرارة شتاء، إلى ما دون الحد المناسب لعقد الثمار فى البيوت غير المدفأة فى المناطق المعتدلة، ولغرض التوفير فى طاقة التدفئة فى البيوت المدفأة بالمناطق الباردة.

٦- أن تتحمل العقد فى الحرارة العالية، للتغلب على مشكلة ارتفاع درجة الحرارة صيفا إلى أكثر من الحد المناسب لعقد الثمار فى البيوت غير المبردة فى المناطق المعتدلة، ولغرض التوفير فى طاقة التبريد فى البيوت المبردة بالمناطق الحارة

٧- أن يمكنها العقد الجيد فى ظروف البيوت المحمية المتمثلة فى انعدام الرياح، مع انخفاض شدة الإضاءة شتاءً

٨- نظرًا لأن جميع أصناف الزراعات المحمية تزرع لأجل الاستهلاك الطازج؛ لذا .. يجب أن يتوفر فيها جميع الصفات المرغوبة فى أصناف الاستهلاك الطازج، وخاصة صفات الجودة العالية فيما يتعلق بالطعم، والحجم، والشكل، والصلابة العالية حتى تتحمل الشحن.

الأصناف الهامة

إن جميع أصناف الطماطم المستخدمة فى الزراعات المحمية هى من الهجن العالية المحصول. والمتعددة المقاومة للأمراض. وغالبيتها أصناف أوروبية.

تفضل فى الزراعات المحمية استخدام الأصناف ذات الثمار الكبيرة قليلاً، والتى يكون بها تفصيص سطحى غير عميق، وتحصد بكؤوسها، وهى التى تعرف باسم طراز الـ beefsteak.

ومن الأصناف التى يشيع استخدامها حاليًا تلك التى تنضج فيها ثمار العنقود الواحد فى وقت متقارب وتحصد بعناقيدها، حيث تتراوح ثمارها فى نضجها ما بين مرحلة التحول إلى النضج الأحمر. تعرف هذه الأصناف فى الولايات المتحدة باسم cluster tomatoes، ومن أسمائها الأخرى: truss tomatoes فى أوروبا، وكذلك on-the-vine tomatoes. وتنمو نباتات تلك الأصناف لارتفاعات أكبر من تلك التى تصل إليها أصناف طراز الـ beefsteak. ومن مميزات تلك الأصناف صلابة ثمارها وطعمها الجيد. كما أن حصادها فى عناقيد — التى يحتوى كل منها على ٤-٧ ثمار — يعطى للمستهلك الإحساس بطزاجتها والفرصة لقطف الثمار من العنقود بنفسه (Hochmuth ١٩٩٠).

ومن أهم الصنف التى نجحت زراعتها - وتنتشر فى معظم الدول العربية - ما يلى:

١- كارميللو Carmello:

غزير النمو الخضرى. ثماره كبيرة الحجم، لحمية مفصصة، ذات كتف أخضر،

جيدة الطعم مقاوم لكل من: نيماتودا تعقد الجذور، والذبول الفيوزارى، وذبول فيرتسيليم، وفطر استمفيليوم، وفيرس موزايك التبغ.

٢- تيركوزا Terqueza

ثماره متوسطة الحجم. ومتجانسة فى تلك الصفة فى العنقود الواحد وفى مختلف العناقيد على امتداد الساق مقاوم لكل من: نيماتودا تعقد الجذور، والذبول الفيوزارى (السلالتان ١، ٢). وذبول فيرتسيليم، وفيرس موزايك التبغ.

٣- دومبو Dombo:

ثماره متوسطة الحجم، متجانسة فى تلك الصفة، لحمية، غير مفصصة. غير مقاوم لنيماتودا تعقد الجذور

٤- دومبللو Dombillo

قوى النمو الخضرى ثماره متوسطة إلى كبيرة الحجم، متجانسة فى هذه الصفة، لحمية. غير مفصصة. مقاوم لكل من: نيماتودا تعقد الجذور، والذبول الفيوزارى، وذبول فيرتسيليم

٥- مونت كارلو Monte Carlo

قوى النمو الخضرى ثماره متوسطة الحجم، متجانسة فى هذه الصفة، لحمية. مقاوم لكل من نيماتودا تعقد الجذور. والذبول الفيوزارى، وذبول فيرتسيليم، وفيرس موزايك التبغ.

٦- برمودا Bermuda

ثماره كبيرة الحجم، مفلطحة قليلاً، صلبة، ولحمية. يصلح للشحن والتصدير. مقاوم لكل من نيماتودا تعقد الجذور، والذبول الفيوزارى، وتبقع الأوراق، وفيرس موزايك التبغ.

٧- سويت ١٠٠ Sweet 100

ثماره كريزية صغيرة تربى نباتاته رأسيًا على ساقين.

٨- سيدونيا Sidonia

ثماره متوسطة الحجم. ذات كتف أخضر. مفلطحة قليلا، متعددة المساكن مقاوم

لكل من: نيماتودا تعقد الجذور. والذبول الفيوزارى (السلالتان ١، ٢)، وذبول فيرتسيليم، وفيرس موزايك التبغ

٩- رويستا Royesta:

ثماره كبيرة، كروية الشكل، ذات كتف أخضر، متعددة المساكن. مقاوم لكل من: نيماتودا تعقد الجذور، والذبول الفيوزارى (السلالتان ١، ٢)، وذبول فيرتسيليم، وفيرس موزايك التبغ.

١٠- بيب Pepe:

ثماره كريزية مبكر جدًا. يتحمل الحرارة العالية. مقاوم لكل من: الذبول الفيوزارى، وفيرس موزايك التبغ.

١١- إف ١٨٩ مبكر غزير الإنتاج، يعقد جيدًا فى الحرارة العالية، وثماره كبيرة الحجم

١٢- بار ١٢٤: ثماره كريزية صلبة. غزير الإنتاج.

١٣- ميريتو Mereto:

١٤- دافيستا Davista.

١٥- روماتوس Romatos.

١٦- كارامينا Caramina.

١٧- سرينا Sirena.

الاحتياجات البيئية

درجة الحرارة

تؤثر درجة حرارة التربة تأثيرًا كبيرًا على سرعة إنبات البذور؛ فبينما يستغرق الإنبات نحو ٦ أيام فى حرارة ٢٥-٣٠°م، فإنه يستغرق نحو ١٤ يومًا فى حرارة ١٤°م. و ٤٣ يوما فى حرارة ١٠°م ويتراوح المجال الحرارى المناسب لنمو نباتات

الطماطم بين ١٥ -١٨°م ليلاً، و ١٨-٢٣°م نهارًا، مع قدرة الطماطم على النمو فى درجات الحرارة الأعلى (١٧-٢٢ ليلاً، و ٢٧-٢٩°م نهارًا)، وتحمل درجات الحرارة الأقل من ذلك، إلا أن الثمار لا يمكنها العقد فى درجات حرارة أقل من ١٣°م ليلاً، أو أعلى من ٣٠°م نهارا ويتراوح المجال الحرارى الملائم لعقد الثمار بين ٢٠°م و ٢٥°م

يتأثر نمو الشتلات كثيرا بدرجة حرارة التربة، حيث ينخفض معدل نموها بوضوح، وتأخذ الأوراق لونًا أخضرًا ضاربًا إلى البنفسجى عندما تتراوح درجة حرارة التربة بين ١٣°م و ١٨°م كذلك تظهر أعراض مماثلة على بادرات الطماطم النامية فى مزارع الصوف الصخرى عندما تروى بمحلول غذائى بارد، ولكن تختفى تلك الأعراض عندما يدفأ المحلول المغذى المستعمل وقد وجد Cave (١٩٩١) أن رى بادرات الطماطم النامية فى مزارع الصوف الصخرى خمس مرات يوميًا بمحلول مغذٍ تبلغ حرارته ١٠°م — مقارنة بالرى بمحلول مغذٍ تبلغ حرارته ١٨°م — أدى إلى ظهور لون أخضر داكن ضارب إلى القرمزى على الأوراق فى خلال أسبوع واحد من المعاملة، وتلى ذلك حدوث نقص فى الوزن الجاف للبادرات — مقارنة بمعاملة الشاهد — بعد أسبوع آخر وجدير بالذكر أن هذه الأعراض تلاشت تدريجيًا عندما أوقف استعمال المحلول المغذى البارد، واستبدل به المحلول المغذى الدافئ

هذا وفى حرارة ٢٤-٢٧°م تكون البادرات جاهزة للشتل بعد نحو ٣-٤ أسابيع من زراعة البذور

وعندما يمكن التحكم فى درجة الحرارة داخل البيوت المحمية فإن Resh (١٩٨٥) يوصى باتباع النظام التالى للمجال الحرارى المناسب من زراعة البذور حتى عقد الثمار:

١- يحفظ على درجة حرارة ١٨-٢١° ليلاً ونهارًا حتى إنبات البذور

٢- تخفض درجة الحرارة إلى ١١-١٣°م ليلاً، و ١٥°م نهارًا بمجرد اكتمال امتداد

الأوراق الفلقية. ويستمر الوضع على هذه الحال لمدة ١٠-١٤ يومًا فى الجو الصحو أو الغائم جزئيًا. ولمدة ٢-٣ أسابيع فى الجو الملبد بالغيوم. تؤدى هذه المعاملة إلى التبكير فى تكون العنقود الزهرى الأول. وزيادة عدد أزهاره، مما يؤدى إلى زيادة المحصول المبكر.

٣- تعرَّض البادرات - بعد ذلك، حتى يحين موعد شتلها - لدرجة حرارة ١٤-١٦ °م ليلاً. و ٢٢-٢٤ °م نهارًا فى الجو الصحو أو الغائم جزئيًا، ولدرجة حرارة ١٤-١٥ °م ليلاً، و ١٥-١٦ °م نهارًا فى الجو الملبد بالغيوم حتى تكون قوية النمو - وذات سيقان سميكة.

٤- يناسب النباتات - خلال الفترة من الشتل حتى قبل الإزهار مباشرة - حرارة ١٥ °م ليلاً. و ١٩ °م نهارًا.

٥- تتراوح درجة الحرارة أثناء الإزهار وعقد الثمار بين ١٥-١٨ °م ليلاً، و ٢٢-٢٤ °م نهارًا فى الجو الصحو أو الغائم جزئيًا، و ١٥-١٦ °م ليلاً ونهارًا فى الأيام الملبدة بالغيوم حتى تعقد الثمار بصورة جيدة.

ويلاحظ أن درجات الحرارة التى يُنصح بها تكون منخفضة قليلاً فى الجو الملبد بالغيوم. عنها فى الجو الصحو، وذلك لأن ارتفاع الحرارة يؤدى - فى هذه الظروف - إلى زيادة النمو النباتى، بينما يكون معدل البناء الضوئى منخفضًا بسبب ضعف الإضاءة. وعليه . فإن تعريض النباتات لدرجة حرارة مرتفعة، وإضاءة ضعيفة يؤدى إلى جعل النمو النباتى رهيفًا وضعيفًا.

كما يلاحظ أن ارتفاع حرارة الليل من ١٤ °م إلى ١٨ °م يكون مصاحبًا بزيادة فى المحصول المبكر، ولكن يقابل ذلك نقص قليل فى المحصول الكلى.

وجدير بالذكر أن أزهار الطماطم تبدأ فى التكوين قبل أن تصبح ظاهرة للعين بنحو ٣-٤ أسابيع، حيث تتكون الزهرة الأولى وقت انفراج الفلقتين وبدء ظهور الورقة الحقيقية الأولى وقد وجد أن تعريض بادرات الطماطم لحرارة منخفضة فى تلك المرحلة من النمو يسرع بتكوين العنقود الزهرى الأول، مع تكون عدد أقل من الأوراق قبله، واحتوائه على عدد أكبر من الأزهار. تعطى ثمارًا أكبر حجمًا وتختلف الأصناف فى

استجابتها لمعاملة البرودة تلك، وتعطى بعض الأصناف ثمارًا مشوهة فى العنقود الأول بعد تعرضها لمعاملة البرودة.

وتجرى معاملة البرودة بتعريض البادرات لحرارة ١١-١٣°م ليلاً ونهاراً بدءًا من وقت انفراج الفلقتين إلى حين وصول النباتات لمرحلة تكوين أول ورقتين حقيقيتين ويستغرق ذلك - عادة - ١٠ أيام فى الجو الصحو إلى ثلاثة أسابيع فى الجو الغائم. وبعد انتهاء معاملة البرودة يجب رفع حرارة الليل إلى ١٤-١٧°م، مع المحافظة على حرارة النهار عند ١٦-١٧°م فى الجو الغائم، و ١٨-٢٤°م فى الجو الصحو (Oregon State University ٢٠٠٢)

إن المجال الحرارى المناسب للطماطم هو ٢١-٢٧°م نهارًا، مع ١٧-١٨°م ليلاً. وفى الجو الغائم تكون الحرارة القريبة من الحدود الدنيا هى المفضلة، بينما تكون الحرارة الأقرب إلى الحدود العظمى هى المفضلة فى الجو الصحو وفى حرارة أقل من ١٦°م قد تظهر أعراض نقص بعض العناصر بسبب عدم قدرة الجذور على امتصاصها فى تلك الظروف. وأولى علامات شدّ البرودة تلون الأوراق باللون القرمزى، نتيجة لضعف امتصاص الفوسفور على الرغم من إمكان توفره للنبات. ويمكن أن تؤدى ليلة أو ليلتان فى حرارة ١٣-١٤ م إلى ظهور عدد كبير من الثمار المشوهة بعد نحو ٦-٨ أسابيع حينما تبلغ الثمار التى عقدت فى تلك الظروف أكبر حجم لها ولذا يتعين ألاّ تنخفض الحرارة ليلا عن ١٨°م مع جعل منظم الحرارة فى مستوى الأزهار، وليس فى مستوى يعلو قمة النباتات

يجب كذلك تجنب ارتفاع الحرارة عن ٣٢°م؛ نظرًا لأن صبغة الليكونين الحمراء لا تتكون فى حرارة تزيد عن ٣٠°م (Snyder ٢٠٠١).

أما بالنسبة للنمو الخضرى .. فإنه يتأثر - سلبيًا - بحرارة ٣٤°م أو أعلى من ذلك (Malfa ١٩٩٣) وفى حرارة تزيد على ٣٥°م . يقل توصيل الثغور للغازات، وتزداد مقاومة خلايا النسيج الوسطى Mesophyll، وينخفض معدل البناء الضوئى (عن Romero-Aradna & Longuenesse ١٩٩٥).

وقد درس Gosselin وآخرون (١٩٨٤) تأثير درجة حرارة الجذور (١٢، و ١٨، و ٢٤، و ٣٠، و ٣٦°م) ومستوى النيتروجين فى المحاليل المغذية (٢.٥، و ٧,٥، و ٢٢,٥، و ٦٧,٥ ملى مكافئ من النيتروجين/لتر) على نمو نباتات الطماطم فى مزرعة مائية، ووجدوا أن الظروف المناسبة لمختلف الصفات كانت كما يلى:

الصفة	حرارة الجذور (°م)	تركيز النيتروجين (ملى مكافئ/لتر)
أكبر وزن جاف للجذور	١٨	٢٢,٥
أكبر وزن جاف للمجموع الخضرى	٢٤	٢٢,٥
أعلى محصول	٢٤	٢,٥

وقد تبين من هذه الدراسة أن رفع حرارة الجذور مع زيادة مستوى النيتروجين أدى إلى زيادة محتوى الأوراق من الأزوت. لكن مع زيادة نسبة الأزهار غير العاقدة. ونقص المحصول

وتؤثر حرارة الهواء وحرارة الجذور على امتصاص العناصر فى الطماطم على النحو التالى (Papadopoulos & Tıssen ١٩٨٧):

١- أدت حرارة الهواء المنخفضة (١٤/٢٤°م، و ٨/٢٤°م، و ١٤/١٩°م نهارًا/ليلاً) إليها زيادة تركيز النيتروجين فى الأوراق، بينما لم يكن لحرارة الجذور أى تأثير على هذا العنصر

٢- تشابه الفوسفور مع النيتروجين من حيث تأثره بحرارة الهواء، ولكن حرارة الجذور المرتفعة (٢٤-٢٧°م) أدت إلى إحداث زيادة فى امتصاص الفوسفور بدرجة أكبر من الزيادة فى امتصاص النيتروجين.

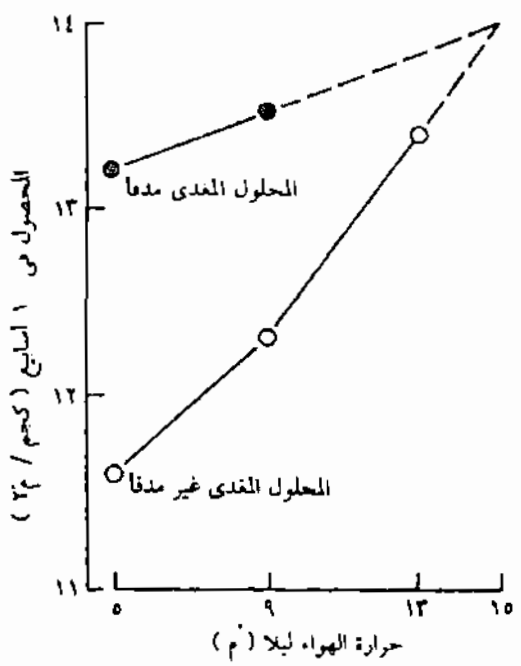
٣- لم تكن لحرارة الهواء أو الجذور تأثير يذكر على محتوى الأوراق من البوتاسيوم.

٤- ازداد تركيز الكالسيوم والمغنيسيوم فى الأوراق فى حرارة الهواء المنخفضة (٨/٢٤°م، و ٨/١٣°م نهارا/ليلا)، بينما لم يتأثر أى منهما بحرارة الجذور.

وتبعا لـ Sady وآخرين (١٩٩١) .. فإن حرارة الهواء المرتفعة (مقارنة بحرارة ١١°م)

حفزت النمو الخضرى لنباتات الطماطم النامية فى مزارع تقنية الغشاء المغذى. وأدت إلى زيادة المحصول المبكر والكلى كما ازداد المحصول الكلى عندما رُفعت حرارة المحلول المغذى إلى درجة ثابتة مقدارها ٢٠°م بصرف النظر عن حرارة الهواء.

وقد أوضحت دراسات Cooper (١٩٨٢) على الطماطم فى مزارع تقنية الغشاء المغذى أن درجة الحرارة المثلى للمحاليل المغذية هى ٢٥°م قام Cooper بتعريض النموات الهوائية للطماطم لحرارة ٢٠°م نهارا، و ٥°م، أو ٩°م، أو ١٣°م ليلاً، مع تدفئة (٢٥°م) أو عدم تدفئة المحاليل المغذية المستعملة. ويظهر من نتائج هذه الدراسات أن مجرد رفع حرارة المحلول المغذى إلى ٢٥°م، مع بقاء هواء الصوبة غير مدفأ ليلاً (على حرارة ٥°م) أعطى محصولاً مساويًا لمعاملة تدفئة هواء الصوبة ليلاً إلى ١٣°م مع عدم تدفئة المحلول المغذى وتظهر أهمية تدفئة المحلول المغذى على المحصول — بوضوح — فى شكل (٩-١).



شكل (٩-١) تأثير التفاعل بين درجة حرارة المحلول المغذى، ودرجة حرارة الهواء ليلاً على محصول الطماطم

يلاحظ من شكل (٩-١) أن نباتات الطماطم تستجيب بشدة لتدفئة المحلول المغذى في غياب تدفئة هواء الصوبة ليلاً. وأنه فى غياب تدفئة المحلول المغذى .. يتناسب محصول الطماطم طرديًا مع درجة حرارة هواء الصوبة ليلاً. كما يستدل من الشكل على توقع تلاقى الخطين المتقطعين عند حرارة ١٥°م (التى لم تتضمنها معاملات هذه الدراسة)؛ وهو ما يعنى تلاشى التأثير الإيجابى لتدفئة المحلول المغذى على المحصول عند ارتفاع حرارة الهواء ليلاً إلى ١٥°م. ومن المعروف أن درجة الحرارة الهواء المثلى لنباتات الطماطم ليلاً – فى الزراعات الأرضية – هى ١٥°م.

هذا ويذكر Cooper (١٩٨٢) أن درجة حرارة المحلول المغذى يمكن أن تكون ثابتة ليلا ونهارا. أو تكون أعلى نهارًا منها ليلاً، ولكن لا يجب أن تكون حرارة المحلول المغذى أعلى ليلاً منها نهارًا؛ لأن لذلك تأثيرات سلبية على النمو النباتى والمحصول.

وعلى خلاف ما تقدم بيانه من ضرورة انخفاض درجة الحرارة ليلاً عن درجة الحرارة نهارًا، فإن بعض الدراسات تؤيد مبدأ الحرارة المتكاملة Temperature Integrating Concept، والذى تكون النباتات – بمقتضاه – قادرة على الاستفادة من الحرارة المتاحة لها على مدى الأربع والعشرين ساعة. وقد طور هذا المبدأ فى دول شمال غرب أوروبا بهدف التوفير فى طاقة التدفئة؛ حيث تستعمل ستائر حرارية متحركة، تُضم نهارًا للسماح بنفاذ أكبر قدر من الطاقة الشمسية، وتفرد ليلاً لتوفير أكبر قدر من العزل الحرارى (منع نفاذ الأشعة تحت الحمراء الصادرة من الأجسام الصلبة داخل الصوبة. ومنع فقد حرارة التدفئة – بالتوصيل – خارج الصوبة) وتعزيزًا لهذا الرأى .. يذكر أن نمو نباتات الخيار، والأقحوان، والورد يتوقف على متوسط الحرارة خلال الأربع وعشرين ساعة

وقد درس Koning (١٩٨٨) تأثير ثلاثة نظم حرارية لحرارة الليل والنهار بمتوسط درجة الحرارة اليومى نفسه (وهى: مرتفعة / منخفضة، ومتساوية، ومنخفضة / مرتفعة)

على نمو وإزهار وعقد ثمار نباتات الطماطم، ووجد أن سيقان النباتات كانت أقصر عندما كانت حرارة الليل أقل من حرارة النهار وبينما لم يتأثر عدد العناقيد الزهرية بالنظام الحرارى. فإن المحصول الكلى ومتوسط وزن الثمرة كانا أعلى تحت ظروف حرارة الليل الأعلى من حرارة النهار

قوة وفترة الإضاءة والطول الموجى والتظليل

تحتاج بادرات الطماطم فى المناطق الشمالية — ذات الليل الطويل والإضاءة الضعيفة وقت نمو النباتات خلال فصل الشتاء — إلى إضاءة تكميلية من مصدر مناسب (مثل لمبات الصوديوم ذوات الضغط العالى)، بهدف زيادة شدة الإضاءة، وإطالة القدرة الضوئية إلى المدة المناسبة؛ فمثلاً .. وجد Boivin (١٩٨٧) — فى كندا — أن تعريض بادرات الطماطم المزروعة فى أوائل ديسمبر — إلى حين موعد شتلها — لإضاءة إضافية من لمبات الصوديوم ذات الضغط العالى (١٠٠ ميكرومول/ثانية/م^{٢}) أدى إلى نقص عدد الأوراق قبل العنقود الزهرى الأول جوهريًا، وزيادة المحصول المبكر بنسبة ١٠٠٪

كما وجد McAvoy وآخرون (١٩٨٩) ارتباطًا قويًا موجبًا (r = ٠,٩٤٧) بين محصول الطماطم الكلى، وبين الإشعاع الشمسى الكلى المؤثر فى عملية البناء الضوئى Total Photosynthetic Photon Flux خلال الفترة من الإزهار إلى الحصاد.

وبينما لا تفتقر المنطقة العربية لا إلى شدة الإضاءة، ولا إلى الفترة الضوئية المناسبة لإنتاج الطماطم (أو غيرها من الخضروات) .. فإن استعمال وسائل التوفير فى الطاقة — مثل الستائر الحرارية شتاءً للتوفير فى طاقة التدفئة، أو شباك التبريد البلاستيكية صيفا للتوفير فى طاقة التبريد — قد يكون له مردود سلبى على النمو والمحصول إذا ازداد التظليل عما ينبغى

فمثلا تبين من دراسات Cokshull وآخرين (١٩٩٢) — التى أجريت فى المملكة المتحدة — أن التظليل بنسبة ٦,٤٪، أو ٢٣,٤٪ كان له مردود سلبى كبير

على نمو نباتات الطماطم وتطورها؛ حيث نقص المحصول – فى المعاملتين – بنسبة ٥٧٪، و ١٩٩٪، على التوالى، وكان هناك تناسب طردى مباشر بين المحصول وعدد الثمار فى العنقود، وبين شدة الإضاءة التى تلقتها النباتات؛ حيث كان معدل المحصول ٢ كجم من الثمار الطازجة لكل ١٠ ميجاجول (MJ) من الأشعة الشمسية الساقطة على النباتات. كما أدى التظليل إلى تقليل متوسط وزن الثمرة، وإلى خفض نسبة الثمار غير المنتظمة النضج

شدة الإضاءة

بدراسة تأثير درجة الحرارة (بين ٧،٤، و ٢٤،٢°م) وشدة الإضاءة (بين ١،٩، و ١٨ ميجاجول/م٢/يوم) على عدد الأوراق التى تتكون قبل ظهور أول عنقود زهرى، وجد أن عدد الأوراق انخفض بزيادة شدة الإضاءة، إلا أن تأثير الإضاءة فى هذا الشأن انخفض بانخفاض درجة الحرارة. وقد انخفض – كذلك – عدد الأوراق التى تسبق ظهور أول عنقود زهرى خطيًّا بانخفاض درجة الحرارة، وخاصة عند انخفاض شدة الإضاءة. ولكن لم يكن لدرجة الحرارة تأثير فى هذا الشأن فى شدة الإضاءة العالية (Uzun ٢٠٠٦).

وقد أدى تعريض نباتات طماطم الشيرى لإضاءة قوية (٨،١ ميكرومول/ثانية لكل متر مربع) ليلاً إلى خفض نسبة إصابة الثمار بالتشقق من ١٠٪ (فى الكنترول) إلى ٤٪ فقط، وكان مرد ذلك إلى خفض المعاملة الضوئية ليلاً لتدفق المواد المذابة فى الثمار؛ بسبب زيادتها لتدفق تلك المواد فى الأوراق (Ohta وآخرون ١٩٩٨).

إن شدة الإضاءة التى تتعرض لها بادرات الطماطم تؤثر تأثيرًا مباشرًا على عدد الأيام حتى ظهور أول زهرة وعلى كمية المحصول، فالإضاءة الضعيفة تؤخر الإزهار، وتقلل عقد الثمار والمحصول الكلى.

وتعد لمبات الصوديوم ذات الضغط العالى ولمبات الهاليد المعدنى metal halide lamps وأمثالهما هى الأنواع الوحيدة التى تُعطى شدة إضاءة ونوعية إضاءة مناسبتين

للنمو النباتى. ورغم أنها قد استعملت بالفعل لزيادة شدة الإضاءة نهارًا أو لإطالة فترة الإضاءة. فإن اقتصاديات ذلك لم تتحدد هذا ويجب عدم استعمال لمبات الصوديوم ذات الضغط المنخفض. والتى تعطى ضوءا أصفر برتقالى — كتلك التى تستعمل فى إضاءة الشوارع نظرا للتأثير السئ للموجات الضوئية التى تنبعث منها على النمو النباتى

إن نوعية الإضاءة تؤثر على النمو النباتى؛ فمعظم لمبات الصوديوم ذات الضغط العالى — وهى المصممة لإنتاج مستويات عالية من الأشعة النشطة فى البناء الضوئى — تؤدى إلى استطالة سلاميات النباتات كثيرًا عما ينبغى وللتغلب على تلك المشكلة، يمكن الجمع بين تلك اللمبات مع أخرى من لمبات الهاليد المعدنى التى تنتج قدرًا أكبر من الضوء الأزرق كذلك فإن موضع اللمبات وتوقيت الإضاءة يؤثران فى النمو والتلقيح

إن شدة الإضاءة تتحدد بكل من قوة اللمبات والمسافة بينها وبين النباتات. وتعد قوة ٦٥٠ قدم — شمعة عند سطح الأوراق هى الحد الأدنى لشدة الإضاءة التى تلزم للنمو الطبيعى (يحصل على شدة الإضاءة بالقدم شمعة بضرب قوتها بالميكرومول فى ٧). ونظرًا لأن اللمبات المستعملة فى زيادة شدة الإضاءة أو إطالة فترة الإضاءة تنبعث منها حرارة، فإن ذلك يجب أن يؤخذ فى الاعتبار فى حسابات التدفئة.

وتجدر الإشارة إلى أن طلاء جميع الأسطح الداخلية باللون الأبيض واستعمال بلاستيك أبيض عاكس للضوء على أرض الصوبة بين خطوط النباتات يفيد فى زيادة شدة الإضاءة داخل الصوبة (Oregon State University ٢٠٠٢).

يتميز مناخ حوض البحر الأبيض المتوسط بالإشعاع الشمسى القوى. والحرارة العالية، مع زيادة الفرق فى ضغط بخار الماء VPD خلال شهور الصيف، الأمر الذى قد يحد بشدة من كل من إنتاجية المحاصيل المزروعة وجودتها. وفى الزراعات المحمية يمكن لهذا الشدّ البيئى أن يقود إلى توليد المركبات النشطة فى الأكسدة reactive oxygen species

(اختصارا ROS) فى ثمار الطماطم الكريزية (الشيرى)، وهى المركبات التى يمكن أن تُهاجم كل أنواع الجزيئات العضوية؛ محدثة حالة من الشدّ التأكسدى. ويُعد الشدّ التأكسدى أحد العمليات الفسيولوجية الرئيسية التى يمكنها تحوير أو خفض المحصول، والقيمة الغذائية، وصفات الجودة الأكلية، ونشاط مضادات الأكسدة وذلك فى مختلف الفحاصيل ومن المعروف أن التعرض للحرارة العالية يُثبط تمثيل الليكوبين ويحلل البيتا كاروتين بسبب تواجد الـ ROS ومع زيادة شدة الإضاءة صيفًا يحدث تسخين زائد للثمار. مما يوقف تراكم الليكوبين، ويؤدى إلى ظهور مناطق غير ملونة،وهى الظاهرة التى تُعرف باسم لسعة الشمس، والتى تسبب خسائر كبيرة للمزارعين. وقد وُجد – كذلك – أن ثمار الطماطم الشيرى فى البيوت المحمية التى تتعرض لإضاءة قوية يتراكم بها ضعف الكمية الطبيعية من الفينولات الذائبة (الروتين rutin، وحامض الكلوروجنك chlorogenic acid) التى تتراكم فى الثمار التى تتعرض لإضاءة منخفضة الشدة. كذلك وجد أن الفلافونات تتراكم فى ثمار الطماطم التى تتعرض لإضاءة قوية كاستجابة فسيولوجية أثناء التأقلم على هذا الوضع. ولوحظت أيضًا زيادة فى محتوى ثمار الطماطم من السكريات خلال فترات الصيف التى تزداد فيها شدة الإضاءة (عن Rosales وآخرين ٢٠١٠).

وفى ظروف الحرارة العالية، والإضاءة القوية، والـ PVD العالى . وُجد أن الأكسدة الفائقة للدهون تزداد. ومعها يزداد الشدّ التأكسدى (الذى يقدح استجابة مضادات للأكسدة. كان أساسها تمثيل قدر أكبر من حامض الأسكوربيك)، وتجريد لفوق أكسيد الأيدروجين من سميته. وتراكم أكثر للبرولين. وفى هذه الدراسة وصل الشد التأكسدى فى الصوبات المفردة (وهو الذى تمثل فى أعلى القيم من دلائل الشد ومن استجابة مضادات الأكسدة) إلى مستويات أعلى مما فى الصوبات المتعددة multispan (عن Rosales وآخرين ٢٠١٠). وكذلك كانت الطماطم الشيرى المنتجة فى الصوبات المفردة أفضل مذاقًا وأعلى محتوى من كل من السكريات والمركبات الفينولية، بينما انخفض محتواها من الأحماض العضوية مقارنة بالمحتوى فى تلك المنتجة فى الصوبات المتعددة (Rosales وآخرون ٢٠١٠).

الطول الموجى

أدى تعريض نباتات الطماطم للأشعة فوق البنفسجية UV-B لمدة ١٠أيام بمعدل ٣,١ كيلوجول kJ/م٢ يوميًا إلى إحداث خفض جوهرى فى كل من الوزن الجاف الكلى، والوزن الجاف للسيقان، والمساحة الورقية، وارتفاع النباتات، وذلك مقارنة بالوضع فى النباتات التى عُوملت بالأشعة فوق البنفسجية بمعدل ٧,٢ kJ/م٢ يوميًا لنفس المدة. وبعد ١٩ يومًا من المعاملة لم يكن لها تأثير سوى على المساحة الورقية وارتفاع النبات وقد أحدثت جرعة الأشعة العالية أضرارًا أشد بالنباتات عندما زيد تركيز ثانى أكسيد الكربون بالهواء إلى ٦٠٠ جزء بالمليون مقارنة بالتأثير فى التركيز العادى للغاز (Hao وآخرون ١٩٩٧)

ويستدل من دراسات Ying وآخرين (٢٠١١) أن الضوء الأزرق ضرورى لنمو نباتات الطماطم الشيرى.

الفترة الضوئية

أدت زيادة طول الفترة الضوئية بضوء شدته ٢,٨ ميكرومول/م٢ فى الثانية من لمبات تنجستون وُضعت على ارتفاع حوالى ٠,٥م من سطح التربة، وذلك من الساعة الرابعة صباحًا حتى شروق الشمس، ومن غروب الشمس حتى الساعة الثامنة مساءً .. أدت تلك المعاملة إلى زيادة محتوى أوراق نباتات الطماطم من الكلوروفيل وزيادة عدد الأزهار والثمار التى عقدت بالعنقود عندما كانت النباتات صغيرة، إلاّ أن تلك المعاملة أثرت على المحصول الكلى للنباتات هذا بينما وجد أن خفض دليل المساحة الورقية leaf area index من ٢ ٥ إلى ٢ ٦ لم يؤثر على المحصول. وعندما أزيل ثلث الأوراق فى شهر مارس (تلك التى تقع تحت كل عنقود مباشرة)، ثم كل ثالث ورقة، فى مرحلة مبكرة من النمو (صاحب ذلك خفض فى دليل المساحة الورقية من ١ ٤ إلى ٢ ٩) حدث فقد فى المحصول بدءًا من بعد ٣-٤ أسابيع من إزالة تلك الأوراق حتى نهاية التجربة، حيث بلغ النقص فى المحصول المتجمع حينئذٍ ٨٪، وكان مرده إلى نقص فى متوسط عدد الثمار العاقدة

بالعنقود، وفى متوسط وزن الثمرة. ويعتقد أن الضوء الذى كان من الممكن أن تتلقاه الأوراق الصغيرة النشطة فى عملية البناء الضوئى (التى كانت توجد فى قمة النبات والتى أزيلت فى عملية التقليم) تلقته بدلاً منها أوراقًا أكبر سنًا وأقل كفاءة فى عملية البناء الضوئى؛ مما أسفر عن نقص فى البناء الضوئى بشكل عام (Valdés وآخرون ٢٠١٠).

التظليل

قارن Francescangeli وآخرون (١٩٩٤) فى الأرجنتين .. تأثير ثلاث معاملات تظليل – أجريت بهدف خفض درجة حرارة الصوبة صيفًا – على نباتات الطماطم، وكانت المعاملات (التى أدت جميعها إلى خفض درجة حرارة الهواء، والأوراق، والتربة) وتأثيراتها كما يلى:

المعاملة	الضوء النافذ إلى داخل الصوبة (٪)	المحصول (كجم/نبات)
الكنترول (بدون معاملة تظليل)	٨١	٢,٧٠٧
رش البلاستيك بماء الجير (٥٠ جم/م^{٢})	٢٧	١,٩٥١
شباك بلاستيكية توفر تظليلاً بنسبة ٢٠٪	٤٧	٢,٢٢١
شباك بلاستيكية توفر تظليلاً بنسبة ٦٥٪	٣١	١,٦٨٧

ويتبين من هذه النتائج وجود علاقة طردية مباشرة بين شدة الإضاءة والمحصول، حتى عندما يكون التظليل بهدف خفض درجة الحرارة.

هذا إلاّ إنه يمكن أن يسمح التظليل الجزئى لنباتات الطماطم باستعمال الماء الملحى المتوسط الملوحة فى الرى بأقل تأثيرات سلبية على فسيولوجيا النبات(Deffine وآخرون ٢٠٠٠).

ودُرس تأثير التظليل الخفيف (٣٠٪)، والمتوسط الشدة (٥٥٪)، والشديد (٨٣٪) – مقارنة بعدم التظليل (صفر ٪) – على نمو ومحصول نباتات الطماطم وحيدة العنقود single-truss فى مزارع لتقنية الغشاء المغذى، خفضت فيها حرارة المحلول

المغذى إلى ٢٥ م من يونيو إلى سبتمبر وقد وجد إنه مع زيادة مستوى التظليل انخفض المحصول الكلى، ونقص حجم الثمار، وارتبط محصول الثمار خطيًا مع متوسط شدة الإشعاع الشمسى اليومى داخل البيت المحمى خلال مرحلة تكوين الثمار وأوضح تحليل الارتداد regression analysis أن الانخفاض فى محصول الثمار الكلى المقابل لكل انخفاض قدره ميجا جول واحد لكل متر مربع ($1\ MJ\ m^{-2}$) من متوسط الإشعاع الشمسى اليومى داخل البيت المحمى، يزداد من ٨٤ إلى ١٠٠ جم/نبات إذا ارداد متوسط الحرارة اليومى من ١٩°م إلى ٢٧°م ولقد أدى التظليل صيفا إلى انخفاض فى إصابة الثمار بالتشقق، وأدى إلى زيادة المحصول الصالح للتسويق عندما ارتفعت حرارة هواء الصوبة عن ٢٥°م، كما أدى التظليل إلى انخفاض محتوى الثمار من المواد الصلبة الذائبة الكلية وزيادة درجة حموضتها المعايرة (Wada وآخرون ٢٠٠٦)

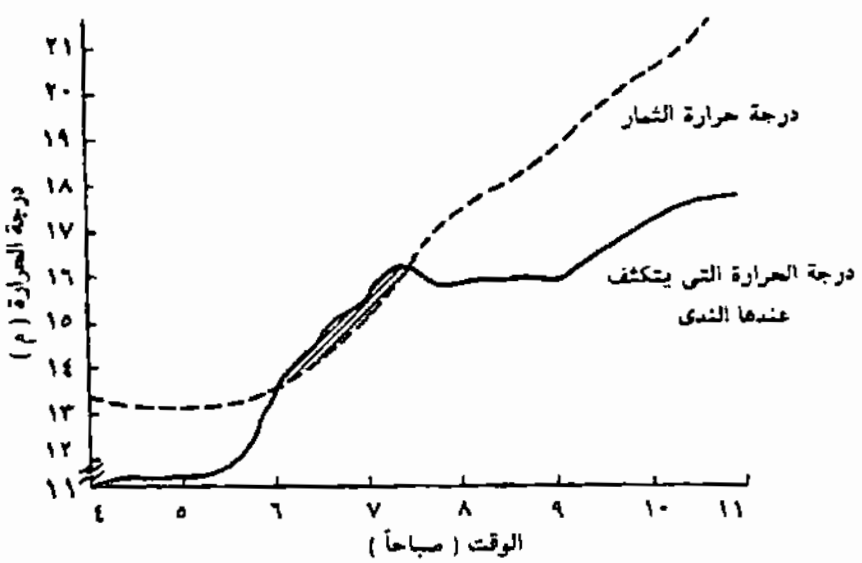
وقد أحدثت زيادة نسبة التظليل فى صوبات الطماطم صيفًا (من يونيو إلى أغسطس فى New Haven بولاية كونكتيكت الأمريكية) من صفر ٪ حتى ٥٠٪ خفضًا خطيًا فى المحصول الكلى. لكن لم يوجد فوق جوهرى بين معاملات التظليل (صفر ٪، و ١٥٪، و ٣٠٪، و ٥٠٪) فى المحصول الصالح للتسويق. وقد أحدث التظليل تأثيرًا واضحًا على تشقق جلد الثمرة. حيث بلغت نسبة الثمار التى ظهر بها ذلك التشقق (المعروف باسم russeting) فى الأصناف الحساسة ٣٥٪ عند غياب التظليل، بينما كانت تلك النسبة ٢٥٪ فى حالة التظليل بنسبة ٥٠٪ ويمكن القول بأن التظليل أحدث زيادة فى نسبة الثمار الصالحة للتسويق دون التأثير على حجمها (Gent ٢٠٠٧).

كما قُورنت مستويات مختلفة من التظليل من يونيو إلى أواخر أغسطس فى البيوت المحمية (صفر، و ١٥٪، و ٣٠٪، و ٥٠٪) على نباتات الطماطم النامية بها، ووجدت علاقة خطية سالبة بين درجة التظليل وامتصاص كلا من الماء والنيتروجين والبوتاسيوم، فكان امتصاص النباتات للماء فى تظليل ٥٠٪ أقل بمقدار ٢٠٪-٢٥٪ عما فى حالة الكنترول بدون تظليل، وحدث نفس الانخفاض تقريبًا بالنسبة لامتصاص النيتروجين.

وبينما لم يؤثر التظليل فى معدل إنتاج الثمار خلال الأسابيع الثلاثة التالية لبدء التظليل. فإن التظليل بنسبة ٥٠٪ أدى – بعد ٦ أسابيع – إلى انخفاض المحصول بحوالى ٣٠٪ مقارنة بالمحصول فى حالة عدم التظليل (Gent ٢٠٠٨).

الرطوبة النسبية

تساعد الرطوبة النسبية العالية فى الزراعات المحمية على انتشار الإصابة بالأمراض، خاصة بفطر بوتريتس *Botrytis*. ويوضح شكل (٩–٢) أن درجة حرارة الثمار تنخفض عن الدرجة التى يتكثف عندها الندى Dew Point Temperature ابتداءً من السادسة صباحًا، ولمدة حوالى ساعة ونصف؛ وهى الفترة التى يتكثف خلالها الندى على الثمار؛ مما يزيد من فرصة الإصابة بالأمراض. ويمكن تجنب ذلك برفع درجة الحرارة قليلاً قبل شروق الشمس؛ حتى لا يحدث ارتفاع مفاجئ فى درجة حرارة الهواء عند الشروق، بينما لا تزال الثمار باردة.



شكل (٩–٢). التغيرات فى درجة حرارة الثمار، ودرجة الحرارة التى يتكثف عندها الندى من الساعة الرابعة صباحًا إلى الساعة الحادية عشرة قبل الظهر. توضح المنطقة المظللة بداية ونهاية الفترة التى يتكثف خلالها الندى على الثمار (عن Van de Vooren وآخرين ١٩٨٦).

كذلك يؤدى ارتفاع الرطوبة النسبية إلى قلة امتصاص العناصر المنتقلة مع تيار الماء الذى يفقد بالنتح، خاصة عنصر الكالسيوم؛ الأمر الذى قد يتسبب فى زيادة نسبة الإصابة بتعفن الطرف الزهرى، لذا فإنه من الضرورى أن نعمل على خفض الرطوبة النسبية كلما دعت الضرورة إلى ذلك بالتهوية الجيدة.

هذا وتتراوح الرطوبة النسبية المثالية للطماطم بين ٧٠٪ و ٧٥٪

ويبدأ التأثير الضار لارتفاع الرطوبة النسبية عندما ينخفض الفرق فى ضغط بخار الماء Vapor Pressure عن ٠,٢ كيلو باسكال (0.2kPa). وقد درس Holder & Cockshull (١٩٩٠) تأثير مستويات مختلفة من الرطوبة النسبية (تراوحت بين ٠,١ و ٠,٨ كيلو باسكال) — مع ثبات درجة الحرارة — على الطماطم، ووجدا أن معدل نمو النباتات لم يتأثر بمستوى الرطوبة النسبية. ولكن المساحة الورقية نقصت جوهريًا فى الرطوبة العالية، وكان ذلك مرتبطًا بنقص تركيز الكالسيوم فى نصل الورقة، مع ظهور أعراض نقص العنصر. كذلك أدت الرطوبة النسبية العالية إلى نقص المحصول وتدنى نوعية الثمار

كما درس Bakker (١٩٩٠أ) — كذلك — تأثير التباين فى الرطوبة النسبية — ليلاً ونهارًا (من ٠,٢١ إلى ٠,٧١ كيلو باسكال ليلاً، ومن ٠,٣٥ إلى ١,٠ كيلو باسكال نهارًا) — مع ثبات درجة الحرارة — على الطماطم، وتوصل — كذلك — إلى أن زيادة الرطوبة النسبية تؤدى إلى نقص الكالسيوم ونقص المساحة الورقية للأوراق، ونقص متوسط وزن الثمرة، وضعف قدرة الثمار على التخزين. وعلى الرغم من أن الرطوبة النسبية العالية نهارًا أدت إلى زيادة المحصول. إلا أن المحصول الكلى انخفض بزيادة الرطوبة النسبية ليلاً أو نهارًا.

وعن علاقة الكالسيوم فى أوراق وثمار الطماطم بكل من مستوى الرطوبة النسبية (ليلاً ونهارًا)، وتركيز الكالسيوم، والتركيز الكلى للأملاح فى المحاليل المغذية فى مزارع الصوف الصخرى .. وجد Adams & Holder (١٩٩٢) ما يلى:

١- أدت الرطوبة النسبية العالية ليلاً أو نهارًا — وكذلك الملوحة العالية — إلى نقص الوزن الجاف للأوراق

٢- انخفض دائمًا محتوى الأوراق من الكالسيوم وتركيز الكالسيوم فيها فى الرطوبة النسبية العالية، وكان هذا التأثير أوضح عند ارتفاع الرطوبة النسبية ليلاً عنه نهارًا، كما كان النقص فى الكالسيوم أقل حدة فى المستويات العالية من الكالسيوم.

٣- انخفض تراكم الكالسيوم فى الثمار عند انخفاض الرطوبة النسبية نهارًا، وكان أقل مستوى للكالسيوم فى الثمار عندما اقترن انخفاض الرطوبة النسبية نهارًا مع انخفاض تركيز الكالسيوم وارتفاع التركيز الكلى للأملاح فى المحلول المغذى.

٤- بدا أن ارتفاع الرطوبة النسبية نهارًا حفز انتقال الكالسيوم إلى الثمار الصغيرة، بصرف النظر عن مستوى الرطوبة النسبية ليلاً.

وقد تنخفض الرطوبة النسبية كثيرًا فى البيوت المحمية خلال الصيف إلى الدرجة التى يكون لها تأثير سيئ على التلقيح وعقد الثمار. ويلزم - فى مثل هذه الحالات - تزويد البيوت المحمية بنظام "المست Mist"، الذى يفيد فى زيادة الرطوبة النسبية وخفض درجة الحرارة فى آن واحد. ويبدأ التأثير الضار للرطوبة النسبية المنخفضة عندما يرتفع الفرق فى ضغط بخار الماء عن كيلو باسكال واحد.

ويؤدى استمرار النقص فى ضغط بخار الماء - مع توفير الرطوبة الأرضية بالقدر الكافى - إلى حدوث زيادة فى كل من معدل امتصاص نباتات الطماطم للماء والمحصول (Trigui وآخرون ١٩٩٩) ويتحقق تخفيض الرطوبة الجوية فى الصوبات إما بالتهوية الجيدة، وإما باستعمال مزيلات الرطوبة dehumidifires فى حالة كون الرطوبة الجوية الخارجية عالية أصلاً.

وقد أحدثت زيادة الفرق فى ضغط بخار الماء VPD - بعدم العمل على زيادة رطوبة الهواء فى الأوقات الحارة من اليوم - خفضًا جوهريًا فى كل من الوزن الطازج للثمرة ومحتواها من الرطوبة، وزيادة فى نسبة المواد الصلبة الذائبة الكلية بها، بينما لم يتأثر الوزن الجاف للثمرة. وقد انخفض تأثير زيادة الـ VPD على كل من محتوى الثمار من المواد الصلبة الذائبة الكلية والرطوبة بزيادة أعداد الأوراق المسنة التى تمت إزالتها من قاعدة النبات (Leonardi وآخرين ٢٠٠٠).

وقد أظهرت نباتات الطماطم التى نمت فى ظروف الفرق العالى فى ضغط بخار الماء (الرطوبة النسبية المنخفضة) قدرة أعلى على البناء الضوئى عما فى تلك التى نمت فى ظروف الفرق المنخفض فى ضغط بخار الماء (الرطوبة النسبية العالية) وقد كان المحتوى الكلوروفيلى. ونسبة كلورفيل أ إلى ب، والمحتوى البروتينى ونشاط إنزيم الـ rubisco أعلى فى النباتات التى نمت فى الرطوبة النسبية المنخفضة عما فى تلك التى نمت فى ظروف الرطوبة النسبية العالية. كما كان محصول الثمار أعلى فى ظروف الرطوبة المنخفضة. وكذلك جودتها أعلى فيما يتعلق بكل من القوام، واللون، ومحتوى السكر (Xu وآخرون ٢٠٠٧)

التهوية

قورن تأثير التهوية الميكانيكية (المراوح) من فتحات التهوية العلوية (بالسقف) والجانبية (بامتداد الحوائط الجانبية) — المغطاة بالسيران — كلما ازدادت حرارة هواء الصوبة عن ٣٠°م بالتهوية مع التبريد بنظام الروحة والوسادة على نمو ومحصول الطماطم وقد وجد أن متوسط الحرارة العام لهواء الصوبة انخفض جوهريًا فى حالة استعمال نظام المروحة والوسادة بمقدار ٢,٦°م نهارًا، و ١.٢°م ليلاً عن الحرارة فى حالة التهوية الميكانيكية، وبمقدار ٣,٢°م نهارًا، و ٢,٣°م ليلاً عن حرارة الهواء الخارجى كما كانت الحرارة القصوى فى حالة التبريد بنظام الروحة والوسادة تقل بمقدار ٤°م مئوية عما فى حالة التهوية الميكانيكية أما الرطوبة النسبية فكانت فى حالة التبريد بنظام المروحة والوسادة تزيد بمقدار ٢٠٪ نهارًا، و ١٠٪ ليلاً عما فى حالة التهوية الميكانيكية. وبمقدار ٣٠٪ نهارًا، و ١٥٪ ليلاً عما فى الهواء الخارجى. أما استهلاك محصول الطماطم للماء فكان يقل جوهريًا فى حالة التبريد بنظام المروحة والوسادة (حيث كان ١٢ لتر لكل نبات/يوم) عما فى حالة التهوية الميكانيكية (حيث بلغ ١٠٨ لتر لكل نبات/يوم)، الأمر الذى أُرجع إلى انخفاض النتح فى حالة التبريد بنظام المروحة والوسادة وأما محصول الثمار فقد تساوى فى حالتى التبريد بالمروحة والوسادة (٦,٤ كجم/نبات) والتهوية الميكانيكية (٦,٣ كجم/نبات)، إلاّ أن كمية الثمار الصغيرة الحجم

(والتى كانت بكرية غالبًا) والمصابة بتعفن الطرف الزهرى انخفضت فى حالة التبريد بالمروحة والوسادة وعلى الرغم من ذلك فإن المحصول الصالح للتسويق كان أعلى جوهريًا فى حالة التهوية الميكانيكية (٥ ٤ كجم/نبات) عما فى حالة التبريد بالمروحة والوسادة (٨ ٣ كجم/نبات). الأمر الذى أُرجع – أساسًا – إلى زيادة الإصابة بالتشقق فى حالة التبريد بنظام المروحة والوسادة. وقد رافق ذلك كله – فى حالة التبريد بالمروحة والوسادة – زيادة فى أحجام الثمار وفى محتواها من الكالسيوم ويستدل من ذلك على عدم جدوى التبريد بالمروحة والوسادة فى المناطق التى ترتفع فيها الرطوبة النسبية ما لم تتخذ الاحتياطات لخفض رطوبة الهواء (Max وآخرون ٢٠٠٩).

مواعيد الزراعة

إن القاعدة التى تجب مراعاتها عند اختيار الموعد المناسب لزراعة الطماطم فى البيوت المحمية هى أن يكون الحصاد فى الفترات التى يقل أو ينعدم فيها الإنتاج من الزراعات المكشوفة، ويكون ذلك عادة فى الأوقات التالية:

١- بعد الفترات التى تنخفض فيها الحرارة ليلاً عن ١٣°-١٥°م بنحو شهرين وتستمر لفترة تُماثل مدة انخفاض درجة الحرارة.

٢- بعد الفترات التى ترتفع فيها الحرارة نهارًا عن ٢٨°م-٣٠°م بنحو شهر ونصف، وتستمر لفترة تماثل مدة ارتفاع درجة الحرارة.

ويرجع السبب فى ذلك إلى توقف عقد الثمار عند انخفاض أو ارتفاع درجة الحرارة عن الحدود المبينة أعلاه ويظهر تأثير ذلك على المحصول بعد مدة تتراوح من شهر ونصف إلى شهرين حسب درجة الحرارة . وهى الفترة اللازمة من عقد الثمار إلى نضجها

فإذا علمنا أن نباتات الطماطم تبدأ فى إعطاء محصولها فى الجو المناسب بعد نحو ٨٠ يوما من الشتل، فإنه يمكن تحديد الموعد المناسب للشتل فى كل منطقة على حدة بفرض إمكانية التحكم فى البيوت المحمية بالتدفئة أو بالتبريد، وبخلاف ذلك . فإن الزراعة المحمية لا تفيد كثيرًا فى تحسين العقد عمّا فى الزراعات المكشوفة.

ويؤدى شتل الصنف خلال أبريل ومايو ويونية إلى توفير المحصول خلال المدة من يولية حتى أكتوبر. وهى الفترة التى ينعدم فيها إنتاج الحقول المكشوفة فى المناطق، أو الدول الشديدة الحرارة صيفا. كما يؤدى شتلها خلال ديسمبر ويناير وفبراير إلى توفير المحصول خلال المدة من مارس حتى مايو، وهى الفترة التى يقل فيها إنتاج الحقول المكشوفة فى المناطق الباردة شتاءً.

وتحت الظروف المصرية يوصى بزراعة البذور فى الشتل خلال الفترة من منتصف سبتمبر إلى آخر أكتوبر، علمًا بأنها تشتل بعد ذلك بنحو شهر واحد (أى من منتصف أكتوبر إلى آخر نوفمبر)، وبذا يمكن أن يبدأ الإنتاج من منتصف يناير ويستمر إلى منتصف شهر مايو.

الزراعة

سبق أن أوضحنا خطوات إعداد الأرض للزراعات المحمية — بصفة عامة — فى الفصل السابع، ونُلقى الآن مزيدًا من الضوء عن زراعة الطماطم بوجه خاص.

كمية التقاوى

تتكاثر الطماطم بالبذور. يحتوى الجرام الواحد على نحو ٣٠٠–٣٥٠ بذرة. ويلزم نحو ١٢,٥ جم من البذور لإنتاج شتلات تكفى لمساحة ١٠٠٠م^2 (أى نحو ٦–٧ جم من البذور لكل صوبة تبلغ مساحتها ٥٤٠م^2). ومن الطبيعى أن كل بذرة تزرع منفردة فى عين من عيون الشتالات، نظرًا لارتفاع ثمن بذور الأصناف الهجين التى تستخدم — عادة — فى الزراعات المحمية.

إنتاج الشتلات

إن التفاصيل المتعلقة بإنتاج الشتلات — بصورة عادة — ينبغى الرجوع إليها فى حسن (١٩٩٧ب)، ونكتفى فى هذا المقام بالتذكير ببعض الأمور الهامة، وهى:

١- يكون إنتاج الشتلات فى صوانٍ (شتّالات) جديدة أو معقمة، مملوءة بخلطة رطبة

ملائمة، قوامها البيت موس مع الفيرميكيوليت والرمل، ومخصبة بمختلف العناصر الكبرى والصغرى. ومضاف إليها مبيد فطرى مناسب — للوقاية من سقوط البادرات — مثل الكابتان — الذى يستعمل بمعدل ٢٠ جم/م^{٣} من الخلطة.

٢- ترش الشتّالات بعد زراعة البذور فيها رشا خفيفًا برذاذ من الماء، ثم تُكوَّم فوق بعضها. وتوضع شتالة غير مزروعة على القمة. تغطى جميع الشتّالات المزروعة — فى الجو البارد فقط — بشريحة بلاستيكية.

تراقب الشتّالات — بعناية — يوميًّا، وبمجرد ملاحظة أولى بشائر الإنبات فى أى منها. فإنها تُفرد فى الحال.

٣- يكون تفريد الشتّالات على قوالب من الطوب، أو قوالب أسمنتية، أو ألواح خشبية، أو صناديق بلاستيكية مقلوبة ... إلخ؛ بحيث لا تلامس سطح التربة.

٤- ترش الشتّالات بعد ذلك بالكابتان أو البنليت بالتركيز المناسب (حوالى ٠,٢٥٪)؛ للوقاية من مرض سقوط البادرات، ويمكن أن يكرر ذلك مرتين أخريين — على فترات أسبوعية — أو أن يتبادل الرش بالكابتان أو البنليت مع الرى بالردوميل Ridomel بتركيز ١٢ مل/لتر

٥- يكون الرى دائما فى الصباح، مع تجنب الرى بعد الثالثة عصرًا.

٦- يكون الرى خفيفًا ومتجانسًا، مع عدم الرى قبل جفاف الطبقة السطحية من تربة الشتّالات حتى عمق ٣ سم.

٧- يراعى توفير تهوية جيدة للوقاية من الأمراض الفطرية، خاصة مرض سقوط البادرات (عن Nassar & Crandle ١٩٨٧).

وقد دُرس تأثير عمر الشتلة عند زراعتها على نمو وإنتاج محصول الطماطم ذات العنقود الواحد. ووجد أن النباتات تكون أسرع نموًّا كلما كانت أصغر عمرًا عند شتلها. فعندما كانت الشتلات أكبر من ٣٥ يومًا فى العمر تأخر نموها بشدة بعد الشتل، وكان الوزن الجاف للجذور والسيقان وقت الحصاد أكبر عندما زرعت النباتات فى عمر أقل. هذا إلاّ أن الوزن الجاف للأوراق، والمساحة الورقية الكلية، ومحصول الثمار كانوا أعلى

ما يمكن عندما استحدمت شتلات بعمر ٢٥، و ٣٥ يومًا، وقد ارتبطت المساحة الورقية الكلية إيجابيًا بمحصول الثمار (Okano وآخرون ٢٠٠٠).

وبالنسبة لإنتاج الشتلات المطعومة فإن من أكثر أصناف الطماطم استخدامًا كأصول في الزراعات المحمية كلاً من بيوفورت Beaufort، وماكسي فورت Maxifort. وكلاهما مقاوم لكل من: الفطر *Pyrenochaeta lycopersici* مسبب مرض الجذر الفلينى. وأكثر أنواع نيماتودا تعقد الجذور تواجدًا، والفطر *Verticillium* sp مسبب مرض ذبول فيرتسيليم، والسلالتان ١، و ٢ من الفطر *Fusarium oxysporum fusarium* مسبب مرض الذبول الفيوزارى، والفطر *Fusarium oxysporum* f sp *radicis-lycopersici* مسبب مرض عفن التاج. وبالإضافة إلى تلك المقاومات. فإن الأصل ماكسى فورت يوفر للطعم قوة نمو عالية جدًا، بينما يوفر بيوفورت قوة نمو متوسطة (McAvoy ٢٠٠٥ — الإنترنت)

طريقة ومسافات الزراعة

إقامة المصاطب

تقام المصاطب أثناء إعداد الأرض للزراعة (حيث يوضع فى باطنها السماد العضوى والأسمدة الكيميائية السابقة للزراعة). ويكون عرض المصطبة ذاتها مترًا واحدًا، ويفصل بينها قنوات بعرض نصف متر، مع ترك مسافة ٧٥ سم بامتداد الجانبين الطوليين للصوبة. وبذا يقام بكل صوبة خمس مصاطب. تبلغ المسافة بين مركز كل مصطبتين متجاورتين منها ١٥٠ سم.

الغطاء البلاستيكى للتربة

يُفيد تغطية سطح المصاطب بالبلاستيك فى حفظ الرطوبة الأرضية، ومنع نمو الحشائش، ونمو الجذور حتى قريبًا من سطح التربة، وتقليل فقد الأسمدة بالشرح. يستعمل لذلك البلاستيك الأسود، ولكن يفضل فى المواسم الحارة استعمال البلاستيك الأبيض. مع مكافحة الحشائش — قبل فرد البلاستيك — باستعمال المبيدات وبالاختيار

المناسب للون البلاستيك يمكن التحكم فى حرارة التربة، حيث يعمل البلاستيك الأسود على رفع الحرارة، بينما يعمل البلاستيك الأبيض على خفضها

ويذكر Eltez & Tuzel (١٩٩٤) أن محصول الطماطم ازداد — فى إزمير بتركيا — بنسبة ٢٥٪ عند استعمال البلاستيك الأسود فى العروة الربيعية (حيث الحرارة المنخفضة عند الشتل)، وبنسبة ٣٧.٥٪ عند استعمال البلاستيك الأبيض فى العروة الخريفية (حيث الحرارة مرتفعة عند الشتل). وجدير بالذكر أن الشرائح البلاستيكية — بما فى ذلك الشفافة منها — تغطى بالأتربة بعد أسابيع قليلة من استعمالها؛ حيث تتساوى مختلف الألوان — حينئذٍ — من حيث تأثيرها على حرارة التربة

هذا .. ويتم تثقيب البلاستيك على الأبعاد المرغوب فيها للزراعة؛ لأجل تمرير جذور النباتات منها عند شتلها ويجرى ذلك إما بقطع دوائر بقطر حوالى ٧ سم فى الغطاء، وإما بعمل قطعين قصيرين فيه بالموسى على شكل علامة (+) فى مواقع الشتل.

الشتل، ومسافة الزراعة، والكثافة النباتية

تشتل نباتات الطماطم فى خطين — بكل مصطبة — يبعد كل منها عن الآخر بمسافة ٥٠ سم. ويتوسطهما خرطوم الرى بالتنقيط الذى يكون بامتداد منتصف المصطبة. تكون المسافة بين النباتات فى الخط ٥٠ سم، مع جعل مواقع النباتات فى خطى كل مصطبة بالتبادل (على شكل رجلّ غراب)؛ وبذا . فإن كل صوبة يكون بها حوالى ١٢٠٠ نبات. وقد تشتل النباتات فى خطوط مفردة تبعد عن بعضها البعض بمسافة ٩٠ سم، وعلى مسافة ٤٠–٤٥ سم بين النباتات فى الخط (٢,٥–٣,٣ نبات/م^٢). أما فى الزراعات اللاأرضية فإن الشتل يكون على مسافة ٤٥–٦٠ سم بين النباتات فى الخط. مع توفير مسافة ١٢٠–١٥٠ سم بين الخطوط.

هذا .. ويتراوح متوسط كثافة الزراعة — فى مختلف الدول العربية — بين ٢,١ نباتًا/م^٢ فى الأنفاق البلاستيكية؛ و ٢,٢ نباتًا/م^٢ فى البيوت المحمية (المنظمة العربية للتنمية الزراعية ١٩٩٥).

وقد درس Cockshull & Ho (١٩٩٥) تأثير كثافتى الزراعة ٢٠٤، و ٣٠٦ نباتا/م٢ على كمية محصول ونوعية ثمار الطماطم. ووجدا أن الكثافة النباتية العالية صاحبتها زيادة قدرها ٨٪ فى المحصول المبكر، و ١٥٪ فى المحصول الكلى عن الكثافة المنخفضة. كما أدت الكثافة العالية إلى نقص المتوسط العام لوزن الثمرة، ونقص محصول الثمار الكبيرة (الدرجة C التى يزيد قطرها على ٥٧ ملليمترًا)، وزيادة محصول الثمار الصغيرة (الدرجة E التى يقل قطرها عن ٤٧ ملليمترًا).

وفى دراسة أجريت على طماطم زرعت بكثافة ٢,٠٤ نبات/م٢، وسُمح فيها بنمو فرع جانبى لنبات من كل نباتين. بحيث ازدادت الكثافة الفعالة إلى ٣,٦ نبات/م٢، وجد أن ذلك الإجراء سمح بإنتاج عددًا أكبر من الثمار من المتر المربع الواحد، مقارنة بإنتاج الثمار فى كثافة ٢٠٤ نبات/م٢. إلاّ أن تلك الزيادة فى محصول الثمار لم تحصد إلا بعد مرور ٨٠ يومًا على السماح بنمو الفرع الجانبى، وكان ذلك مناسبًا عندما سُمح للفرع الجانبى بالنمو بعد ٣ أسابيع من الشتل هذا إلاّ أن تلك الزيادة فى الفروع الجانبية التى سمح لها بالنمو أدت إلى خفض عدد الثمار الصالحة للتسويق بكل عنقود ثمرى وقد ساعد السماح بنمو الفرع الجانبى لنبات من كل نباتين على زيادة كلٍّ من دليل المساحة الورقية والمحصول الكلى جوهريًا. وقد ساعدت الزيادة فى المساحة الورقية فى تظليل الثمار وحمايتها من أشعة الشمس، كما ساعدت المعاملة على خفض نسبة المحصول الذى خُفِّضت درجته إلى الدرجة الثانية (Cockshull وآخرون ٢٠٠١)

يكون شتل النباتات على عمق أكبر من الذى كانت عليه البادرات فى المشتل بنحو ٢.٥ سم (تغطى — عادة — السويقة الجنينية السفى بالتربة — عند الشتل — حتى قريبا من مستوى الأوراق الفلقية)، مع الضغط على الجذور (يوجه الضغط نحو الجذور وليس حول قاعدة ساق الباردة)، حتى تتصل بشكل جيد مع التربة. فلا تتعرض النباتات للذبول

الرى عقب الشتل بالأسمدة الباذئة

يجرى الرى عقب الشتل مباشرة بمحلول بادئ غنى فى الفوسفور، كأن يكون تحليله ١٠-٢٠-١٠، ويفضل إضافة نحو ١٥٠ مل (سم^3) من محلول سمادى بادئ فى حفرة (جورة) الزراعة بعد وضع الشتلة فيها، وقبل الترديم عليها، ويعد ذلك بديلاً لرية الشتل.

احتياجات الزراعة من ساعات العمل

يذكر Van de Vooren (١٩٨٦) أن زراعات الطماطم المحمية – فى هولندا – يلزم لها نحو ٥٨٠ ساعة عمل لكل ١٠٠٠م^2، يخصص نحو ٣٨٪ منها للحصاد، و ٣٠٪ منها للتربية الرأسية، و ١١٪ منها لإزالة الأوراق السفلية، و ١١٪ أخرى منها للتلقيح، أما الـ ١٠٪ المتبقية (حوالى ٥٨ ساعة عمل). فتلزم لباقى العمليات الزراعية، وهى الزراعة. ومكافحة الآفات. والتخلص من النباتات بعد الحصاد. ويُستفاد من هذه الأرقام فى تعرف العمليات الزراعية التى تحتاج إلى تكثيف العمالة أكثر منها التعرف على العدد المطلق من ساعات العمل لكل عملية زراعية.

الرى

من الضرورى العناية بعملية الرى بتوفير الرطوبة الأرضية بالقدر المناسب. ويفيد استعمال الغطاء البلاستيكى للتربة فى تقليل التقلبات الكبيرة فى الرطوبة الأرضية. وفى حالة الرى بالتنقيط. فإن عدد مرات الرى اليومية لا يهم، ما دامت النباتات تعطى كل احتياجاتها من الرطوبة (Snyder & Bauerle ١٩٨٥). هذا .. ويكفى خط واحد من خطوط الرى بالتنقيط لكل خط مزدوج من خطوط الزراعة.

تكون الرية الأولى بعد رية الزراعة بيوم واحد إلى سبعة أيام حسب طبيعة التربة ودرجة الحرارة السائدة، حيث تقصر المدة فى الجو الحار وفى الأراضى الرملية، وتطول فى الجو المائل إلى البرودة وفى الأراضى الثقيلة. وكثيرًا ما يحتاج الأمر إلى الرى مرتين يوميًا فى الأراضى الرملية، خاصة فى الجو الحار. ويتم فى هذه الحالة توزيع مياه الرى بالتساوى على الريتين اللتين تكونان حوالى الساعة التاسعة صباحًا والساعة الثالثة بعد الظهر.

وفى الأراضى الرملية يكون معدل الرى — عادة — لترًا واحدًا لكل نبات فى اليوم الواحد (يوزع بالتساوى على ريتى اليوم) فى بداية حياة النبات، مع زيادة الكمية المضافة تدريجيًا، إلى أن تصل إلى لترين إلى ثلاثة لترات من الماء لكل نبات فى اليوم الواحد، ابتداءً من الأسبوع التاسع بعد الشتل وإذا جاء موعد الرى وكانت الطبقة السطحية للتربة مازالت رطبة . تعين تأجيل الرى إلى يوم تالٍ، مع إنقاص كمية مياه الرى إلى النصف إذا دعت الضرورة إلى ذلك

أما فى الأراضى الثقيلة فإن معدل الرى يجب إلا يزيد عن لتر واحد إلى لتر ونصف اللتر لكل نبات فى كل رية؛ حتى لا تتعجن التربة. ويراعى عدم إعطاء الرية التالية قبل جفاف الطبقة السطحية من التربة حتى عمق ٥ سم، مع مراعاة أن تكون الطبقة التى تليها — وعلى امتداد خطِّ الزراعة فى كل مصطبة — رطبة دائمًا، لضمان حصول النباتات على حاجتها من الرطوبة الأرضية

ولكن من نقص الرطوبة الأرضية وزيادتها عن الحدود المناسبة أضرارها على نباتات الطماطم فنقص الرطوبة يؤدى إلى نقص معدل النتح، وارتفاع درجة حرارة الأوراق، وانغلاق الثغور، مما يؤدى إلى ضعف نمو النباتات ونقص المحصول (عن Romero-Aranda & Longuenesse ١٩٩٥). وفى المقابل تؤدى زيادة الرطوبة الأرضية إلى غزارة النمو الخضرى على حسب الإثمار، مع تعرض النباتات للإصابة بأعفان الجذور ويؤدى تعرض النباتات إلى شدّ رطوبىّ معتدل (يتراوح بين Ψ_L "الـ Leaf Water Potential" مقدارها −١ ، ميجا باسكال من الزراعة إلى مرحلة تكوين العنقود الزهرى الثالث، و − ٥ ، ميجا باسكال بعد ذلك) إلى حفظ التوازن المطلوب بين النمو الخضرى والنمو الثمرى (Araki ١٩٩٤)

وقد قورن إنتاج الطماطم واستهلاك نباتاتها للماء فى ثلاثة نظم للإنتاج فى البيوت المحمية. هى الزراعة فى التربة، وفى تقنية الغشاء المغذى (مزرعة مائية مغلقة). وفى الصوف الصخرى (مزرعة مائية مفتوحة)، وقد وجد أن نظاما المزارع

المائية كانا فى موسمى الشتاء/الربيع، والخريف/الشتاء — على التوالى — أبكر بمقدار ١٠، و ٨ أيام، وأعلى محصولاً بمقدار ١١٪، و ٧٪، وذلك مقارنة بالوضع فى الزراعة الأرضية. وكانت الزراعة الأرضية أكثر كفاءة فى استخدام المياه فى كلتا الزراعتين (شتاء/ربيع، وخريف/شتاء)؛ بسبب الاعتماد على أجهزة قياس الشد الرطوبى tensiometers فى التربة، والرى بكميات مياه مناسبة، واستخدام الأغطية البلاستيكية للتربة. وبمقارنة نوعا المزارع المائية المستخدمتين كانت تقنية الغشاء المغذى أعلى محصولاً، وأقل استهلاكًا للماء والأسمدة، وأقل تأثيرًا فى البيئة (Valenzano وآخرون ٢٠٠٨).

التسميد

تقديرات احتياجات الطماطم من العناصر السمادية

كميات العناصر الممتصة

اختلفت تقديرات الباحثين بشأن كميات العناصر التى تمتصها نباتات الطماطم من التربة فى الزراعات المحمية. وقد تراوحت التقديرات للهكتار (الهكتار = ١٠٠٠٠م^{٢} = ٢.٣٨ فدانًا) كما يلى: النيتروجين ٣٧٣ — ٣٨٦ كجم، والفوسفور ٣٥ — ١٠٥ كجم. والبوتاسيوم ٥٨٠–٨٩٣ كجم. والكالسيوم ٢٨٠ — ٣٤٠ كجم، والمغنيسيوم ٤٨ — ٨٨ كجم. أما تقديرات العناصر الممتصة فى مزارع البيت موس فى البيوت المحمية، فقد كانت أعلى من ذلك، وبلغت: ٦١٢ كجم/هكتار للنيتروجين، و ٩٠ كجم للفوسفور، و ٩٦١ كجم للبوتاسيوم، و ٢٨١ كجم للكالسيوم، و ١٠٤ كجم للمغنيسيوم. ومن الضرورى توفير هذه الكميات من العناصر على صورة أسمدة؛ وذلك للحصول على أعلى إنتاجية من الزراعات المحمية (عن Adams ١٩٨٦).

وفى نيوزيلندا .. قدر White (١٩٩٣) كميات العناصر التى امتصتها نباتات الطماطم النامية فى مزارع تقنية الغشاء المغذى (متوسطات ١٧ زراعة، بمتوسط عمر ٣٤ أسبوعًا،

على أساس تحليل الماء والمحاليل المغذية وكميات أملاح العناصر المغذية المضافة) على النحو التالى (كجم/هكتار).

النيتروجين ٧٩٠	الفوسفور ١٧٠
البوتاسيوم ١٤١٥	الكبريت ٢٣٧
الكالسيوم ٦٠٦	المغنيسيوم ١١٢
الصوديوم ٧٠	الكلورين ٩٧
الحديد ١٤	المنجنيز ٤,٥
الزنك ٠,٨	النحاس ٠,٥
البورون ١,٥	

وقد ازداد معدل امتصاص العناصر تدريجيًّا بين الزراعة وبداية الحصاد، ثم انخفض لفترة، ثم عاد إلى معدلاته العالية مرة أخرى. وكان مرد الانخفاض المؤقت إلى حدوث موت لبعض الجذور عند بداية مرحلة الحمل الغزير، وتعرض النباتات لحالة من الشدّ stress نتيجة لذلك.

وتمتص نباتات الطماطم كميات كبيرة من الماء والعناصر المغذية يوميًّا، وتزداد كمية الماء المتصة بزيادة النمو النباتى، وبارتفاع درجة الحرارة. ويوضح جدول (٩-١) كميات عناصر النيتروجين، والفوسفور، والبوتاسيوم، وكمية الماء التى يمتصها النبات الواحد من الطماطم يوميًّا فى مزرعة مائية يتضح من الجدول أن النباتات الصغيرة (التى فى مرحلة تفتح أزهار العنقود الأول) لا تختلف عن النباتات الكبيرة (التى فى مرحلة تفتح أزهار العنقود التاسع)، فى الكميات التى تمتصها من عنصرى النيتروجين، والفوسفور، بينما تمتص النباتات الكبيرة كميات أكبر نسبيًّا من عنصر البوتاسيوم ومن الماء إلا أن نتائج دراسات أخرى لا تتفق مع هذه النتائج كما سيأتى بيانه فى موضع لاحق من هذا الفصل

تجدر الإشارة إلى أن هذه الدراسة أجريت فى المملكة المتحدة خلال شهرى أغسطس

وسبتمبر. ومن المتوقع أن تزداد كمية الماء التى يمتصها النبات يوميًا عن ذلك بنحو ٥٠٪ فى المناطق الأكثر حرارة، حتى إذا كانت البيوت المحمية مزودة بوسائل التبريد، ذلك لأن عملية التبريد تؤدى إلى حركة الهواء حول النباتات، وزيادة معدلات النتح تبعًا لذلك.

جدول (٩-١): المعدل اليومى لامتصاص نباتات الطماطم من عناصر النيتروجين، والفوسفور، والبوتاسيوم، ومن الماء فى مزرعة مائية (عن Adams ١٩٨٦)

مرحلة النمو (العنقود ذو الأزهار المتفتحة)	الامتصاص اليومى / نبات			
	النيتروجين (مجم)	الفوسفور (مجم)	البوتاسيوم (مجم)	الماء (مل)
١	١١٦	٢٢	١١٤	٦٠٨
٩	١١٤	٢٥	٢٩٣	٩٢٦

وبينما يتأثر امتصاص عنصرى النيتروجين والبوتاسيوم إيجابيًا بدرجة حرارة الهواء وشدة الإشعاع الشمسى، فإن امتصاص الفوسفور يكون أكثر تأثرًا بدرجة حرارة الجذور (Adams ١٩٩٣، و ١٩٩٤).

كما يتأثر معدل امتصاص نباتات الطماطم من كل من الماء والعناصر الغذائية بشدة الإضاءة، فيتضاعف امتصاص النباتات للماء عدة مرات فى الإضاءة الجيدة بالمقارنة بالامتصاص الحادث فى الإضاءة الضعيفة. ومع أن امتصاص النباتات لعنصرى النيتروجين والبوتاسيوم يزداد فى الإضاءة الجيدة أيضًا بنحو ٦٥٪-٧٠٪، إلاّ أن نسبة الكمية الممتصة من الماء تكون فى الإضاءة الضعيفة أكبر بكثير منها فى الإضاءة القوية وتتضح هذه العلاقة بين شدة الإضاءة، وامتصاص النبات للماء والعناصر الغذائية فى جدول (٩-٢). وتبين هذه النتائج مدى أهمية أخذ عامل شدة الضوء فى الحسبان عند تحضير المحاليل المغذية وتجديدها لمزارع الطماطم المائية (عن Adams ١٩٨٦).

جدول ٩-٢: العلاقة بين شدة الإضاءة، وامتصاص نباتات الطماطم للماء وعنصرى النيتروجين والبوتاسيوم.

		الامتصاص اليومى / نبات				
	شدة الإضاءة	النيتروجين	البوتاسيوم	الماء	النسبة	
الشهر	($MJm^{-2}h^{-1}$)	(مجم)	(مجم)	(مل)	N / ماء	K / ماء
مارس	منخفضة: ٠,٢٤	٨,١	١٥,٧	٤٣,٢	٠,١٨٨	٠,٣٦٣
يونية	مرتفعة: ١,٩٦	١٣,٧	٢٥,٦	١٤٠,٩	٠,٠٩٧	٠,١٨٢

وتمتص نباتات الطماطم - فى مزارع تقنية الغشاء المغذى - ١٢٪ فقط من احتياجاتها اليومية من الماء، وبين ٢٨٪ إلى ٤٥٪ من احتياجاتها اليومية من مختلف العناصر المغذية خلال الليل (والرقم المقابل بالنسبة لامتصاص العناصر فى الخيار ليلاً هو من ١٨٪-٤٦٪). ويعنى ذلك أن نسبة امتصاص العناصر إلى امتصاص الماء تكون أعلى ليلاً منها نهارا (عن Kanahama ١٩٩٤).

توزيع العناصر الممتصة على مختلف الأجزاء النباتية

يوضح جدول (٩-٣) كميات العناصر التى تصل إلى مختلف الأجزاء النباتية، ونسبة ما يصل منها إلى الثمار. ويتضح من الجدول أن الثمار يصل إليها نحو ٦٠٪ من الكميات التى تمتصها النباتات من العناصر الأولية، وهى: النيتروجين، والفوسفور، والبوتاسيوم، بينما يصل إليها نحو ثلث الكمية الممتصة من المغنيسيوم، وأقل من ٥٪ من الكمية الممتصة من الكالسيوم وفى دراسات أخرى بلغ الوزن الجاف لثمار الطماطم من ٥١٪-٦٣٪ من الوزن الجاف الكلى للنبات؛ وذلك يدل على أن المخزون بالثمار أكثر من نصف كمية الغذاء الموجودة فى النبات، سواء أكانت تلك المواد التى يقوم النبات بتجهيزها، أم تلك التى يمتصها من التربة

وتؤثر الرطوبة النسبية على محتوى الأوراق والثمار من عنصرى الكالسيوم والبوتاسيوم، حيث تؤدى زيادة الرطوبة إلى نقص مستوى العنصرين فى الأوراق وإلى زيادتهما فى الثمار (Adams ١٩٩٣، و ١٩٩٤).

جدول (٩-٣) توزيع العناصر التى تمتصها الطماطم فى الزراعات المحمية على مختلف الأجزاء النباتية (جم/نبات)

الجزء النباتى	النيتروجين	الفوسفور	البوتاسيوم	الكالسيوم	المغنيسيوم
أنصال الأوراق	٣,٧٧	٠,٧٥	٥,٨٥	٨,٥٦	٠,٥٧
أعناق الأوراق	٠ ٦٨	٠,١٧	٤,٠٧	١,٨٩	٠,٣٤
الأزهار وأعناق الثمار	٠,٢٢	٠,٠٤	٠,٠٣٧	٠,١٤	٠,٠٣
السيقان	٠,٨٧	٠,٢٥	٢,٣٤	٠,٩٠	٠,١٩
الجذور	٠,٠٦	٠,٠١	٠,٠٨	٠,٥	٠,٠٢
الثمار	٨,٥٥	١,٨٢	١٦,٧٠	٠,٥٨	٠,٦١
المجموع الكلى	١٤,١٥	٣,٠٤	٢٩,٤١	١٢,١٢	١,٧٦
نسبة ما يصل إلى الثمار	٦٠,٤٪	٥٩,٩٪	٥٦,٨٪	٤,٨٪	٣٥,٢٪

تعرف الحاجة إلى التسميد من تحليل النبات

يفيد تحليل النبات فى التعرف على احتياجاته السمادية، علمًا بأن تركيز العناصر فى النباتات التى لا تعانى نقص العناصر يقل تدريجيًا مع تقدمها فى العمر. ويبين جدول (٩-٤) هذه الحالة بالنسبة لزراعات الطماطم المحمية، كما يعطى الجدول التركيزات الطبيعية لعناصر النيتروجين، والفوسفور، والبوتاسيوم فى المراحل المختلفة للنمو معبرا عنها برقم العنقود ذى الأزهار المتفتحة. ويلاحظ أن محتوى الأوراق من جميع العناصر يتناقص مع تقدم النبات فى العمر، ويصل مقدار النقص فيما بين مرحلتى إزهار العنقودين الثانى والثانى عشر إلى ٣٥٪ فى حالتى النيتروجين، والبوتاسيوم، و ٢٢٪ فى حالة الفوسفور (عن Adams ١٩٨٦).

ويذكر Coltman & Riede (١٩٩٢) أن الاختبارات السريعة لمحتوى العصير الخلوى لأعناق الأوراق من البوتاسيوم — باستعمال دلائل ورقية خاصة (colorimetric paper test strips) — يفيد كثيرًا فى تقدير حاجة النباتات إلى التسميد بالبوتاسيوم وقد حصل الباحثان على أعلى محصول صالح للتسويق (٢,٧٥

كجم/نبات). عندما تراوح تركيز البوتاسيوم فى المحلول المغذى (للمزارع اللاأرضية) بين ١٩٠ و ٢٠٠ مجم/لتر، حيث كان محتوى العصير الخلوى لأعناق الأوراق من العنصر ٩ ٥ مجم/مل.

جدول (٩-٤) محتوى أوراق الطماطم فى الزراعات المحمية من عناصر النيتروجين، والفوسفور، والبوتاسيوم فى المراحل المختلفة من النمو الساتى[1]

عمر النبات معبرًا عنه برقم آخر عنقود تفتحت أزهاره	محتوى الأوراق من العنصر (٪ على أساس الوزن الجاف)		
	النيتروجين	الفوسفور	البوتاسيوم
٢	٤,٨	٠,٣٢	٥,٠
٣	٤,٠	٠,٢٤	٤,١
٥	٣,٥	٠,٣٠	٤,٢
٧	٣,٦	٠,٢١	٣,٦
٩	٣,١	٠,٢٠	٣,١
١٢	٣,١	٠,٢٥	٣,٢

[1] أجريت التحاليل على الورقة التى توجد أسفل آخر العناقيد الزهرة مباشرة

وتكون حدود الكفاية لتحليل مختلف العناصر فى الطماطم بأول الأوراق المكتملة النمو من القمة النامية — على أساس الوزن الجاف — كما يلى:

العنصر	قبل الإثمار	أثناء الإثمار
النيتروجين (٪)	٥,٠-٤,٠	٤,٠-٣,٥
الفوسفور (٪)	٠,٨-٠,٥	٠,٦-٠,٤
البوتاسيوم (٪)	٤,٥-٣,٥	٤,٠-٢,٨
الكالسيوم (٪)	١,٨-٠,٩	٢,٠-١,٠
المغنيسيوم (٪)	٠,٨-٠,٥	١,٠-٠,٤
الكبريت (٪)	٠,٨-٠,٤	٠,٨-٠,٤
الحديد (جزء فى المليون)	٢٠٠-٥٠	٢٠٠-٥٠

العنصر	قبل الإثمار	أثناء الإثمار
الزنك (جزء فى المليون)	٢٥-٦٠	٢٥-٦٠
المنجنيز (جزء فى المليون)	٥٠-١٢٥	٥٠-١٢٥
النحاس (جزء فى المليون)	٨-٢٠	٨-٢٠
البورون (جزء فى المليون)	٣٥-٦٠	٣٥-٦٠
الموليبدنم (جزء فى المليون)	١-٥	١-٥

أما المستويات السامة للعناصر بالأوراق، فهى (بالجزء فى المليون): ١٥٠ للبورون، و ٥٠٠ للمنجنيز، و ٣٠٠ للزنك (عن Oregon State University ٢٠٠٢).

تعرف الحاجة إلى التسميد من أعراض نقص العناصر

على الرغم من أن هذا الموضوع سبق أن تناولناه بالتفصيل فى كتاب "أساسيات وفسيولوجيا الخضر". حسن ١٩٩٧أ، وبإيجاز عام فى الفصل السابع من هذا الكتاب .. إلا أننا نورد – فى هذا المقام – أعراض نقص مختلف العناصر كما تظهر على نباتات الطماطم بوجه خاص.

أولاً: العناصر المتحركة فى النبات

العناصر المتحركة هى تلك التى تتحرك فى النبات من الأوراق السفلى – عند بلوغها مرحلة الشيخوخة. أو عند تعرض النبات لنقص العنصر – إلى الأوراق العليا التى تكون ما زالت نشطة فسيولوجيا، ولذا فإن أعراض نقص هذه العناصر تظهر أولاً على الأوراق القاعدية، ثم تتقدم تدريجيًا نحو الأوراق العليا، ولكنها نادرًا ما تظهر على أحداث الأوراق التى تكون فى قمة النبات.

وتضم العناصر المتحركة ما يلى:

١- النيتروجين

فى حالات نقص العنصر يكون النبات ضعيفًا، وتكتسب الأوراق السفلى لونًا أخضر

مصفرًا وفى حالات النقص الشديد تكون معظم أوراق النبات ذات لون أخضر شاحب، وتأخذ العروق الرئيسية فى الأوراق لونًا قرمزيًا، وتكون الثمار صغيرة الحجم

٢- الفوسفور

فى حالات نقص العنصر يقل معدل النمو النباتى (الخضرى والجذرى) وتكون السيقان رفيعة وفى حالات النقص الشديد تكون الأوراق صغيرة، وصلبة أو شبة متيبسة. وملتفة لأسفل ويأخذ السطح العلوى للأوراق لونًا أخضر ضاربًا إلى الزرقة، بينما يكتسب سطحها السفلى – بما فى ذلك العروق – لونًا قرمزيًا وتظهر بالأوراق المسنة بقعا قرمزية جافة. وتتعرض للسقوط المبكر.

٣- البوتاسيوم

فى حالات نقص العنصر تبدو الأوراق السفلية وكأنها محترقة، وتلتف حواف الوريقات، ويظهر بها اصفرار بين العروق، وبقع صغيرة جافة متحللة وتقتصر أعراض نقص العنصر فى الأوراق الوسطية على ظهور الاصفرار ما بين العروق والبقع الصغيرة الجافة كذلك يقل معدل النمو النباتى وتبقى الأوراق صغيرة. وفى المراحل المتأخرة ينتشر الاصفرار والتحلل فى مساحات كبيرة من الورقة مع تقدم ظهور الأعراض على الأوراق الأحدث. وتظهر على الثمار ظاهرة النضج المتبقع أو غير المنتظم، حيث تكثر بالثمار الناضجة المساحات الخضراء والصفراء والحمراء الباهتة اللون.

٤- المغنيسيوم

يظهر – عند نقص العنصر – اصفرار فى حواف الأوراق السفلى، يتقدم نحو الداخل فيما بين العروق الرئيسية تاركًا العروق خضراء اللون، ثم تظهر بقع متحللة فى المناطق الصفراء بين العروق، كما تفقد العروق الصغيرة – كذلك – لونها الأخضر. وفى حالات النقص الشديد تموت الأوراق السفلى، ويأخذ النبات كله لونًا مصفرًا، ويقل إنتاج الثمار

٥- الزنك

الزنك من العناصر الصغرى المتحركة فى النبات عند نقص العنصر تكون جميع

أوراق النبات أصغر من حجمها العادى. وتظهر بقع صغيرة بنية اللون ذابلة (بها كرمشة) غير منتظمة الشكل على أعناق الوريقات، وعلى عروق الورقة وفى المساحات بين العروق. كما تنحنى أعناق الأوراق إلى أسفل وتلتف الأوراق الكاملة بطريقة حلزونية. وفى حالات النقص الشديد ينتشر التحلل والجفاف فى معظم النمو الخضرى.

ثانيًا العناصر غير المتحركة فى النبات

نظرًا لأن هذه المجموعة من العناصر تثبت فى الأنسجة التى تصل إليها ولا تتحرك منها بعد ذلك. ونظرًا لأن المراحل الأولى للنمو النباتى تستنفذ — فى حالات نقص العناصر — القليل الموجود منها فى بيئة الزراعة، لذا .. فإن أعراض نقص هذه العناصر تظهر أولاً على الأوراق العليا من النبات.

وتضم العناصر غير المتحركة ما يلى:

١ – الكالسيوم

الكالسيوم من العناصر الكبرى غير المتحركة فى النبات، ويؤدى نقصه إلى اصفرار حواف الأوراق العليا. وتحول سطحها السفلى إلى اللون البنى الضارب إلى القرمزى، وخاصة عند الحواف، وتبقى الوريقات صغيرة، ومشوهة،وتلتف حوافها إلى أعلى. ومع استمرار النقص تجف قمة الورقة وحوافها، وتلتف أعناق الأوراق وتموت، كما تموت القمة النامية وفى النهاية تصفر كذلك الأوراق السفلية وتظهر فيها بقع متحللة. ومن أهم أعراض نقص العنصر إصابة الثمار بتعفن الطرف الزهرى.

ويؤدى نقص الكالسيوم فى الزراعات المحمية للطماطم إلى صغر حجم الأوراق الصغيرة وظهور تحللات بها، وزيادة نسبة الثمار المصابة بتعفن الطرف الزهرى، وكذلك إلى نقص المحصول فى الحالات الشديدة، كما تؤدى زيادة الكالسيوم إلى ظهور بقع أو بثرات ذهبية اللون goldspot أو goldspec بالثمار بسبب تجمع تكتلات حبيبية من بللورات صغيرة جدًا من أوكسالات الكالسيوم بالخلايا فى موقع تلك البقع، وهى ظاهرة

لا تؤثر فقط على مظهر الثمار، ولكن تؤثر – كذلك – فى قدرتها على التخزين. وقد وجد أن أفضل تركيز للكالسيوم فى المحلول المغذى كان ٣٠٠ جزء فى المليون، كما كان أفضل تركيز للمغنيسيوم ١٨٠ جزءًا فى المليون (Hao & Papadopoulos ٢٠٠٤)

٢- الكبريت

الكبريت – كذلك – من العناصر الكبرى غير المتحركة فى النبات. تبدو الأوراق العليا عند نقص العنصر صلبة أو شبه متيبسة. وتلتف إلى أسفل، ومع استمرار النقص تظهر بها بقع متحللة. وتصبح صفراء اللون. بينما تكتسب السيقان والعروق وأعناق الأوراق لون قرمزيًا ويظهر على الأوراق السفلية بقع متحللة عند قمة الوريقات وحوافها، وبقع صغيرة قرمزية بين العروق.

٣- الحديد

الحديد من العناصر الصغرى، ويعد الاصفرار أهم أعراض نقصه. يبدأ ظهور الاصفرار عند حواف الوريقات القمية، ثم ينتشر فى كل الورقة وفى البداية تكون أصغر العروق خضراء اللون. الأمر الذى يعطى الورقة مظهرًا شبكيًا من العروق الصغيرة الخضراء فى خلفية صفراء اللون. ولكن سرعان ما تكتسب الورقة كلها لونًا أصفر شاحبًا، ولكن لا يظهر أى تحلل فيها ومع استمرار النقص تظهر الأعراض على الأوراق التى تلى القمة النامية. فالأدنى منها .. وهكذا يكون النمو النباتى متقزمًا، والسيقان رفيعة، والأوراق صغيرة. كما تفشل الأزهار فى العقد.

٤- البورون

البورون من العناصر الصغرى التى يؤدى نقصها إلى ضعف النمو الخضرى، وجفاف وموت القمة النامية للنبات ويظهر على الأوراق العليا للنبات المتأثر بنقص العنصر اصفرار بين العروق، وتبرقشات فى الوريقات التى تبدو أصغر من حجمها الطبيعى، وتلتف إلى أعلى، وتتشوه، ثم تكتسب لونًا بنيًا وتموت وتكتسب الأوراق الوسطية لونًا برتقاليًا ضاربًا إلى الصفرة، وتصبح العروق صفراء أو قرمزية اللون أما الأوراق السفلية

فيكون لونها أخضر ضاربًا إلى الصفرة وتموت القمم النامية للفروع الجانبية للنبات وتكون أعناق الأوراق سهلة الكسر. وتحدث انسدادات فى الأنسجة الوعائية للنبات.

٥- النحاس:

النحاس من العناصر الصغرى التى يؤدى نقصها إلى التفاف حواف الأوراق الوسطية والعلوية على شكل اسطوانى نحو العرق الوسطى. ولا يظهر أى اصفرار أو تحلل، ولكن يظهر لون أخضر ضارب إلى الزرقة، وتكون الأوراق الطرفية صغيرة، وصلبة أو شبه متيبسة، وتلتف إلى أعلى. تنحنى أعناق الأوراق إلى أسفل، وتتقزم الساق ومع استمرار نقص العنصر تظهر بقع متحللة قريبًا من العرق الوسطى والعروق الكبرى وعليهما.

٦- المنجنيز:

المنجنيز – كذلك – من العناصر الصغرى الذى يؤدى نقصه إلى اكتساب الأوراق الوسطى والقاعدية – ثم الأوراق العليا – لونًا باهتًا. ومن أهم ما يميز نقص العنصر ظهور اصفرار واضح بين العروق مع بقاء العروق خضراء اللون، ثم ظهور بقع متحللة فى المساحات الصفراء. ويكون الاصفرار أقل حدةً مما فى حالة نقص الحديد، كما لا يكون مقصورًا على الأوراق العلوية فقط مثلما تكون عليه الحال فى حالة الحديد.

٧- الموليبدنم:

الموليبدنم من العناصر الصغرى التى يحتاج إليها النبات بكميات قليلة جدًا. ويؤدى نقصه إلى ظهور لون أخضر شاحب وتبرقشات مصفرة فى المساحات بين العروق فى جميع أوراق النبات. كما تفقد العروق الصغيرة لونها الأخضر. ويبدأ ظهور التحلل فى المساحات الصفراء وعند حواف وقمة الوريقات، ثم يظهر – فى نهاية الأمر – على كل الورقة التى تجف وتنكمش. ويحدث تقدم الأعراض من الأوراق المسنة إلى الأوراق الأحدث، ولكن تبقى الأوراق الفلقية خضراء اللون لفترة طويلة (عن Resh ١٩٨٥).

برنامج التسميد للزراعات الأرضية

نُذكّر – بداية – بكميات الأسمدة التى سبقت إضافتها فى باطن مصاطب الزراعة أثناء إعداد التربة للزراعة. وهى كما يلى (لكل صوبة مساحتها ٥٠٠م٢ تقريبًا)

٥م٣ سمادا بلديًا. أو ٢,٥م٣ سماد أغنام أو خيول، أو ١م٣ زرق دواجن

٢٠ كجم نيتروجينًا (أى حوالى ١٠٠ كجم سلفات نشادر).

١٥ كجم P_2O_2 (أى حوالى ١٠٠ كجم سوبر فوسفات عادى)

٢٥ كجم K_2O (أى حوالى ١٠٠ كجم سلفات بوتاسيوم).

٢٥ كجم MgO (أى حوالى ٢٥ كجم سلفات مغنيسيوم).

٥٠ كجم كبريتًا زراعيًا.

أما برنامج التسميد التالى للزراعة فإنه يتعين أن يأخذ فى الحسبان استمرار إمداد النباتات باحتياجاتها من جميع العناصر الضرورية – الكبرى والصغرى – مع مراعاة التوازن فيما بينها. واختلاف حاجة النباتات من كل منها باختلاف مرحلة النمو النباتى.

توصى وزارة الزراعة المصرية (مشروع الزراعة المحمية – وزارة الزراعة واستصلاح الأراضى – جمهورية مصر العربية ١٩٨٩) بالتسميد بالعناصر الكبرى مع ماء الرى بالتنقيط. مع تخصيص يومين للتسميد بكل من نترات النشادر، وحامض الفوسفوريك، وسلفات البوتاسيوم، وسلفات المغنيسيوم معًا، ويخصص يوم ثالث للتسميد بنترات الكالسيوم. ويترك اليوم الرابع دون تسميد، ثم تعاد الدورة . وهكذا حسب البرنامج التالى (فى الأراضى الصحراوية).

كمية السماد بالجرام/م٣ من مياه الرى خلال شهور

السماد	نوفمبر	ديسمبر	يناير	فبراير	مارس	أبريل	مايو	يونيه
نترات النشادر	٤٠٠	٥٠٠	٤٠٠	٣٠٠	٢٠٠	١٥٠	١٥٠	١٠٠
حامض الفوسفوريك	١٠٠	١٥٠	٢٠٠	٢٥٠	٢٥٠	٢٥٠	٢٠٠	١٥٠
سلفات البوتاسيوم	٣٥٠	٦٠٠	٨٥٠	٨٥٠	٧٠٠	٧٠٠	٦٠٠	٥٠٠
سلفات المغنيسيوم	٥٠	٧٥	١٢٥	١٢٥	١٢٥	١٠٠	٧٥	٧٥
نترات الكالسيوم	—	—	٣٠٠	٣٠٠	٣٠٠	٣٠٠	٢٠٠	١٥٠

ومن الطبيعى أن كميات الأسمدة الكلية التى تضاف إلى كل صوبة تتوقف — تبعًا لهذا البرنامج — على كمية مياه الرى المستعملة، وهى التى تتوقف على كل من مسامية التربة، ومرحلة النمو النباتى. ودرجة الحرارة السائدة. وقد سبق أن تناولنا موضوع الرى بالشرح فى الفصل السابع. وأوضحنا أن كمية مياه الرى المستعملة يوميًا تكون فى الأراضى الصحراوية حوالى ١/٣م صوبة مساحتها ٤٠٥م٢ فى بداية حياة النباتات (بعد الشتل مباشرة) تزداد تدريجيًا، إلى أن تصل إلى حوالى ٥م٣/صوبة وقت الذروة

ويفترض هذا البرنامج أن الشتل يجرى حوالى منتصف شهر نوفمبر أو قبل ذلك بقليل، وتعد كميات الأسمدة الموضحة هى الحدود القصوى للتسميد بالعناصر الكبرى، وإذا لوحظت أعراض غير طبيعية ناشئة عن زيادة معدلات التسميد، فإن التسميد يمكن تقليله بزيادة عدد أيام الرى بدون تسميد، أو بخفض كميات السماد المبينة/م٣ من مياه الرى بنسبة معينة حسب الحالة، أو بتقصير فترة الرى اليومية بالسماد مع إكمال الرى بدون سماد.

أما العناصر الصغرى فإنها تضاف رشًا بنسبة ٠,٢٪ (٢٠٠ جم من سماد العناصر الصغرى/١٠٠ لتر ماء) كل أسبوعين.

ونقدم — فيما يلى — برنامجًا آخر للتسميد التالى للشتل — فى الأراضى الصحراوية — يُعدّ وسطًا بين التوصيات المتحفظة وتلك المغالى فيها يعتمد التسميد فى هذا البرنامج — كالعادة — على إضافة أسمدة العناصر الكبرى مع مياه الرى بالتنقيط، مع الاعتماد على المصادر التالية لمختلف العناصر:

العنصر	(مجم)
النيتروجين	نترات النشادر بصورة أساسية
	اليوريا فى بداية حياة النبات وفى الجو البارد، ولكن يفضل — عند استعمالها — أن يكون ذلك بالتبادل مع المصادر الآزوتية الأخرى
	سلفات النشادر: يكون استعمالها مع نترات النشادر واليوريا أو بالتبادل معهما
	حامض النيتريك يستعمل فى إذابة سلفات البوتاسيوم
	نترات الكالسيوم: قد تستعمل عند الحاجة إلى التسميد بالكالسيوم

العنصر	(جم)
	فوسفات أحادى الأمونيوم: يؤخذ فى الحسبان ما يضاف من الآزوت عند استعمال السماد كمصدر للفوسفور
	فوسفات ثنائى الأمونيوم: يؤخذ فى الحسبان ما يضاف من الآزوت عند استعمال السماد كمصدر للفوسفور
الفوسفور	حامض الفوسفوريك هو المصدر المفضل للفوسفور لأجل خفض pH مياه الرى، والمساعدة على دوبان الأملاح المترسبة فى شبكة الرى
	فوسفات أحادى الأمونيوم
	فوسفات ثنائى الأمونيوم
البوتاسيوم	سلفات البوتاسيوم. يستعمل رائق السماد أو يذاب السماد بواسطة حامض النيتريك كما سبق بيانه فى الفصل السابع

وباستثناء سماد نترات الكالسيوم — الذى يجب أن يُسمد به منفردًا — فإن جميع الأسمدة الأخرى يمكن إضافتها مجتمعة. كذلك لا يجوز استعمال أملاح السلفات (الكبريتات) والفوسفات عند احتواء مياه الرى على تركيزات عالية — طبيعية — من الكالسيوم، ذلك لأن كايتون الكالسيوم يتفاعل مع الأنيونات الأخرى؛ ليكون أملاحًا غير ذائبة مثل الجبس (كبريتات الكالسيوم)، وفوسفات ثلاثى الكالسيوم (عندما يكون pH مياه الرى أكثر من ٧٠)

يكون التسميد (لكل صوبة مساحتها ٥٠٠م٢) كما يلى:

تعطى كل جورة (حفرة زراعة) — عند الشتل (بعد وضع الشتلة فى الحفرة وقبل الترديم عليها) — حوالى ١٢٥ مل (سم٣) — أى ملء نصف كوب ماء — من سماد بادئ يُحضر بإذابة سماد مركب (ورقى) — غنى بكل من النيتروجين الأمونيومى والفوسفور — فى الماء بنسبة ٢ ٠٪ (٢٠٠جم من السماد/ ١٠٠ لتر ماء)

وإذا أخذنا فى الحسبان كميات العناصر السمادية المضافة قبل الزراعة، وما تعطاه كل صوبة من عناصر سمادية مع مياه الرى بالتنقيط بعد الشتل . فإننا نجد أن توزيع إضافة

العناصر السمادية (بالكيلو جرام) يكون - أسبوعيًا، وعلى مدى خمسة شهور بعد الشتل - على النحو التالى:

الأسبوع بعد الشتل	عدد الأسابيع	N	P_2O_5	K_2O	MgO
قبل الزراعة	—	٢٠	١٥	٢٥	٢,٥
الثانى إلى الرابع (نمو خضرى قوى)	٣	١,٥	٠,٧٥	١,٠	٠,٢
الخامس إلى السابع (الإزهار والعقد)	٣	٢,٠	١,٥	١,٥	٠,٢
الثامن إلى الثانى عشر	٥	٢,٥	١,٠	٢,٥	٠,٢٥
الثالث عشر إلى السادس عشر	٤	٢,٠	٠,٧٥	٢,٥	٠,٢٥
السابع عشر إلى العشرين	٤	١,٥	٠,٥	٢,٥	٠,٢
الحادى والعشرون إلى الثانى والعشرين	٢	—	—	—	—
إجمالى الكمية المضافة	—	٥٧	٣٢	٦٠	٦

تحسب كميات الأسمدة المطلوبة لكل أسبوع، وتتم إضافتها على مدى ٥-٦ أيام، مع تخصيص يوم واحد أو يومين غير متتابعين - أسبوعيًا - للرى فقط بدون إضافة أسمدة، بهدف خفض تركيز الأملاح فى منطقة نمو الجذور. وقد تُجزأ كميات الأسمدة بالتساوى على أيام التسميد وتضاف معًا - وهذا هو الإجراء المفضل - أو يخصص يومين لكل من الأسمدة الآزوتية، والأسمدة الفوسفاتية، والأسمدة البوتاسية، مع إضافة سلفات المغنيسيوم مع أية مجموعة منها.

وإذا كان استعمال الأسمدة المركبة اقتصاديًا .. فإنه يمكن الاستعانة بها، مع خفض كميات الآزوت والبوتاسيوم التى تُعطاها النباتات إلى نحو ٦٠٪-٧٥٪ من الكميات الموصى بها، ذلك لأن النباتات تستفيد منها بكفاءة أعلى من الأسمدة التجارية البسيطة. وأما الكميات المخصصة من الفوسفور فإنها لا تُخفض، لأن كفاءة استفادة النباتات من حامض الفوسفوريك - الموصى به للتسميد مع مياه الرى بالتنقيط - تكون عالية أصلاً

وتحتاج الطماطم - بالإضافة إلى ما سبق بيانه من عناصر صماديه – إلى ما يلى:

١– الكبريت

تحصل عليه النباتات من الكبريت الزراعى المضاف قبل الزراعة، وكذلك من كل من السوبر فوسفات العادى، وسلفات الأمونيوم، وسلفات البوتاسيوم.

٢– الكالسيوم:

تحصل النباتات على جزء كبير من احتياجاتها من الكالسيوم من سوبر فوسفات الكالسيوم المضافة قبل الزراعة، لكن يلزم – كذلك – التسميد بنترات الكالسيوم، أو برائق نترات الكالسيوم الجيرية، ابتداء من الأسبوع السابع بعد الشتل، ولمدة ١٤ أسبوعًا على النحو التالى (لكل صوبة مساحتها ٥٠٠م٢)

الأسبوع بعد الشتل	عدد الأسابيع	CaO (كجم/أسبوع)
السابع إلى الثامن	٢	٠,٣
التاسع إلى العاشر	٢	٠,٤
الحادى عشر إلى الرابع عشر	٤	٠,٦
الخامس عشر إلى الثامن عشر	٤	٠,٤
التاسع عشر إلى العشرين	٢	٠,٣
المجموع	—	٦,٠

وبذا تحصل كل صوبة على نحو ٤٠ كيلو جرامًا من نترات الكالسيوم (تحتوى على حوالى ٦ كجم من النيتروجين)

لا تجب – أبدًا – إضافة نترات الكالسيوم مع أى من الأسمدة الأخرى، ولكن يخصص لإضافتها يومين غير متتابعين أسبوعيًا

٣– العناصر الدقيقة

تضاف العناصر الدقيقة بطريقة الرش - مرة واحدة أسبوعيًا – بمعدل ٥٠ -١٠٠ جم من مخلوط سماد العناصر الدقيقة، تُذاب فى ٥٠–١٠٠ لتر ماء لكل صوبة. يستخدم المعدل

المنخفض فى مراحل النمو الأولى، مع زيادة كمية السماد المستعملة مع تقدم نمو النباتات.

ويمكن إضافة العناصر الدقيقة مع مياه الرى بالتنقيط إذا كانت فى صورة مخلبية؛ لأن الصور غير المخلبية للعناصر الدقيقة (خاصة الحديد، والزنك، والنحاس، والمنجنيز) يمكن أن تثبت فى الأراضى القلوية.

الزراعات اللاأرضية

تتضمن الزراعات اللاأرضية — كما أسلفنا — كلا من الزراعات المائية والزراعات التى تتطلب بيئات صلبة لنمو الجذور لا تدخل التربة ضمن مكوناتها. ونقدم تحت هذا العنوان بعض الأمور التى لم يسبق تناولها بالتفصيل — بالنسبة لمحصول الطماطم فى الفصول الخاصة بالزراعات اللاأرضية.

زراعات الصوف الصخرى

نظرًا لارتفاع أسعار الصوف الصخرى، مما يجعل إنتاج الطماطم محدودة العدد من العناقيد الزهرية على بلوكات الصوف الصخرى القياسية (٧,٥ × ٧,٥ × ٦,٣سم؛ و ١٠ × ١٠ × ٦,٣سم) أمرًا غير اقتصادى. فقد جُرِّب استخدام بلوكات صغيرة الحجم (٤ × ٤ × ٤سم، و ٥ × ٥ × ٤سم) وُضعت على مادة من الرايون بوليستر rayon polyster material، كانت — بدورها — مبطنة للبنشات. وقد تبين أن محصول الثمار لم يختلف بين بلوكات البوليستر القياسية والصغيرة. وفى وجود مادة الرايون بوليستر فإن جذور النباتات اخترقتها، وتكونت حصيرة mat من الجذور الكثيفة عليها، وازداد محصول النباتات جوهريًا مقارنة بالمحصول باستعمال البلوكات الصغيرة التى لم تستعمل معها مادة الرايون بوليستر، وذلك بسبب حدوث زيادة فى حجم الثمار وعددها. وعندما سُمح بتكوين عنقودين ثمريين بدلاً من عنقود واحد كان المحصول — عند استعمال بلوكات الصوف الصخرى الصغيرة — مع مادة الرايون بوليستر — أعلى بمقدار ٤٠٪ عما فى حالة السماح بتكوين عنقود زهرى واحد؛ بسبب زيادة عدد الثمار. على الرغم من أن الثمار كانت أصغر حجمًا. ولم يختلف المحصول جوهريًا

فى هذه الحالة عما كان فى حالة استعمال بلوكات الصوف الصخرى الكبيرة (Logendra وآخرون ٢٠٠١)

مواصفات المحاليل المغذية للزراعات اللاأرضية

العناصر الكبرى

يتفق كثير من الباحثين على أن أنسب تركيز للنيتروجين فى المحاليل المغذية للطماطم فى الزارع المائية هو ٢٠٠ جزءً فى المليون ولكن تستعمل فى فلوريدا خمسة تركيزات من النيتروجين فى المحاليل المغذية، تبدأ بتركيز ٧٠ جزءًا فى المليون فى مراحل النمو الخضرى الأولى. وتزداد تدريجيًا مع تقدم نمو وتطور النباتات، إلى أن يصل تركيز النيتروجين إلى ١٥٠ جزءا فى المليون أثناء مرحلة الإثمار الغزير ويفيد ذلك فى خفض معدلات إصابة الثمار بتعفن الطرف الزهرى، الذى يصاحب — عادة — حالات النمو الخضرى المبكر الغزير، الذى قد يحدث نتيجة لزيادة امتصاص النباتات للنيتروجين فى مراحل نموها الأولى (عن Schon وآخرين ١٩٩٤).

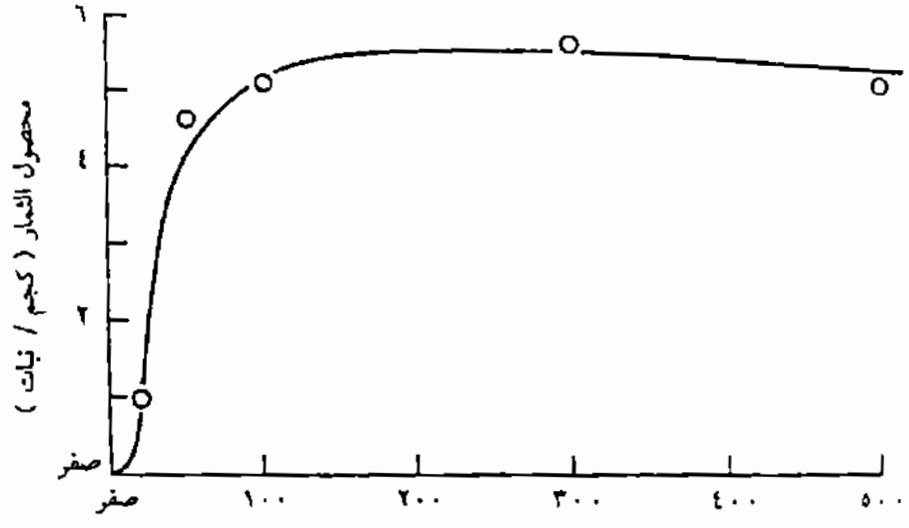
ويذكر Chi & Han (١٩٩٤) أنه بجعل تركيز النيتروجين فى المحلول المغذى ٤ ملى مكافئ/لتر (مقارنة بتركيزات ١ و ٢ و ٨ و ١٦ ملى مكافئ/لتر) أمكن تجنب النمو الخضرى الغزير دون التأثير على محصول الثمار

ويزداد محصول الطماطم تدريجيًا بزيادة مستوى البوتاسيوم أو الكالسيوم فى المحلول المغذى. إلى أن يصل تركيز أى منهما إلى حوالى ١٢٥ جزءًا فى المليون. وتتوقف الزيادة فى المحصول بعد ذلك على زيادة تركيز أى منهما

ويتأثر نمو الطماطم — بشدة — بنقص الكالسيوم فى مراحل النمو الأولى، حيث تظهر الأعراض على الأوراق القمية وعلى الثمار الصغيرة فى خلال أسبوعين من التعرض لنقص العنصر وأكثر الثمار حساسية لنقص الكالسيوم هى التى يتراوح عمرها بين ٧ أيام و ١٠ أيام من العقد، حيث تكون أكثر تعرضًا للإصابة بتعفن الطرف الزهرى. ويزداد تأثر النباتات بنقص الكالسيوم فى ظروف الإضاءة القوية عنه فى ظروف الإضاءة الضعيفة

ويؤدى نقص الكالسيوم فى مراحل النمو المبكرة إلى تأخير ظهور أعراض نقص المغنيسيوم، بينما يؤدى نقصه فى مراحل النمو التالية إلى منع ظهور أعراض نقص المغنيسيوم، أو خفض حدة أعراض نقصه التى قد تكون متواجدة بالفعل (Sonneveld & Voogt ١٩٩١)،

ويوضح شكل (٩-٣) تأثير تركيز الكالسيوم فى المحلول المغذى على محصول الطماطم، ويتبين منه زيادة المحصول بزيادة تركيز العنصر حتى ١٠٠ جزء فى المليون (١٠٠ مجم/لتر).



شكل (٩-٣): تأثير تركيز الكالسيوم فى المحلول المغذى على محصول الطماطم (عن Adams ١٩٨٦).

العناصر الدقيقة

تؤثر العناصر الدقيقة تأثيرًا مباشرًا على محصول الطماطم. وتبدو هذه العلاقة واضحة بالنسبة لعنصر البورون فى جدول (٩-٥) الذى يبين تأثير تركيز البورون فى المحلول المغذى على عدد الثمار التى ينتجها النبات، والمحصول فى مزرعة رملية، كما يبين جدول (٩-٦) تأثير نقص عناصر النحاس، والحديد، والمنجنيز، والزنك — كل على

انفراد — على النمو النباتى والمحصول. ويتضح من الجدول أن نقص أى من هذه العناصر يؤثر بشدة على نبات الطماطم وقد تراوح النقص فى المحصول بين ٥٦٪ فى حالة نقص الزنك، و ٩٥٩٪ فى حالة نقص النحاس (عن Adams ١٩٨٦)

جدول (٩-٥) تأثير تركيز البورون فى المحلول الكلى، وعدد الثمار التى ينتجها النبات فى مزرعة رملية

تركيز البورون فى المحلول المغذى (جزء فى المليون)	عدد الثمار التى ينتجها النبات	وزن الثمار/نبات (جم)
٠,٠٠٨	٢٠	١٧٨٦
٠,٠١٥	٢٨	١٩٩١
٠,٠٣٠	٣٦	٢٦٧٤
٠,٠٦٠	٥٠	٢٧٠٤
٠,٢٠٠	٥٨	٣٥٨٩

جدول (٩-٦) تأثير نقص عناصر النحاس، والحديد، والمنجنيز، والزنك — كل على انفراد — من المحلول المغذى على النمو الخضرى، والمحصول فى الطماطم

المحلول المغذى	طول النبات (سم)	الوزن الجاف للنبات (جم)	عدد الثمار/نبات	المحصول/نبات (جم)
يحتوى على جميع العناصر	٣٠٧	٣٣٩	٣٦	١٧٤٧
به نقص فى النحاس	١٦٣	٢٨	٢	٧٢
به نقص فى الحديد	١٧٢	٧٨	١٠	٤٠١
به نقص فى المنجنيز	١٧٩	٩٩	٨	٤٤٧
به نقص فى الزنك	٢٣٠	١٧٩	١٢	٧٦٠

تركيز أملاح العناصر المغذية وعلاقته بالنمو والمحصول والجودة

التركيز الكلى

نجد فى المزارع المائية المغلقة أن استمرار إعادة استعمال المحاليل المغذية يؤدى إلى

تراكم أيون الكبريتات؛ الأمر الذى قد يتسبب فى حالة من عدم التوازن الأيونى؛ مما قد يؤثر فى المحصول. ولدراسة تأثير تركيز أيون الكبريتات على الطماطم عُومل بأربعة تركيزات، هى: صفر، و ٥,٢ (الكنترول) و ١٠,٤، و ٢٠,٨ ملل مول/ لتر فى المحلول المغذى وقد وجد أن غياب أيون الكبريتات أدى إلى نقص الوزن الجاف للنباتات، ومعدل البناء الضوئى، والمحتوى الكلوروفيلى، والعدد الكلى للثمار، مقارنة بالكنترول، وذلك مع زيادة فى محتوى الأوراق من كل من الفوسفور والكالسيوم والمغنيسيوم، ولكن مع انخفاض فى محتواها من الكبريت. وبالمقارنة .. فإن أعلى تركيز من الكبريتات فى المحلول المغذى لم يؤثر فى الوزن الجاف للنباتات، أو فى معدل البناء الضوئى، أو كمية المحصول، أو جودة الثمار، ولكنه أدى إلى انخفاض محتوى الأوراق من كل من المغنيسيوم والكالسيوم والفوسفور. ويعنى ذلك أن نباتات الطماطم تأثرت سلبيًا بنقص الكبريتات، ولكنها تحملت زيادة تركيزه حتى ٢٠,٨ ملل مول/لتر فى المحلول المغذى دون أن تظهر عليها أى تأثيرات ضارة (Lopez وآخرون ١٩٩٦).

وارتبطت زيادة تركيز النيتروجين فى المحلول المغذى لمزارع تقنية الغشاء المغذى فى الطماطم سلبيًا بتركيز الفوسفور وإيجابيًا بتركيز كل من الكالسيوم والحديد والزنك فى النباتات وازداد محتوى النباتات من الحديد والمنجنيز وانخفض محتواها من النيتروجين والبوتاسيوم والكالسيوم والمغنيسيوم بزيادة تركيز الفوسفور فى المحلول المغذى أما زيادة تركيز البوتاسيوم فى المحلول المغذى فقد صاحبتها زيادة فى تركيز كل من البوتاسيوم والنيتروجين والفوسفور والزنك، وانخفاض فى تركيز كل من الكالسيوم والحديد بالنباتات وأدت المعاملة بالكالسيوم إلى زيادة محتوى النباتات من كل من الكالسيوم والنيتروجين، وانخفاض محتواها من كل من الفوسفور والمغنيسيوم والحديد والزنك والمنجنيز. ومع زيادة تركيز المغنيسيوم بالمحلول المغذى انخفض محتوى النباتات من كل من البوتاسيوم والكالسيوم والحديد والزنك، بينما لم يتأثر محتواها من كل من النيتروجين والفوسفور والمنجنيز وأما زيادة الحديد فقد تسببت فى خفض محتوى النباتات من كل من المغنيسيوم والزنك والمنجنيز. وبينما حدث تفاعل تداؤبى

synergism بين نترات والحديد، فإن محتوى النباتات من الفوسفور والبوتاسيوم والكالسيوم والمغنيسيوم والمنجنيز لم يتأثر بمستوى الزنك فى المحلول المغذى كذلك لم يستجب محتوى النباتات من كل من البوتاسيوم والكالسيوم والمغنيسيوم والحديد لزيادة تركيز المنجنيز بالمحلول المغذى، إلاّ أن محتوى النباتات من كل من النيتروجين والفوسفور انخفض فى المستويات العليا من المنجنيز فى المحلول المغذى (Gunes وآخرون ١٩٩٨)

وقد دُرس تأثير مستويات مختلفة من درجة التوصيل الكهربائى للمحلول المغذى (EC) تراوحت بين ٣، و ٩ ملى سمينز mS لكل سم على جودة ثمار الطماطم فى مزارع الصوف الصخرى، مع استعمال كلوريد الصوديوم أو توافيق مختلفة من عناصر الصوديوم والبوتاسيوم والكالسيوم والمغنيسيوم والكلوريد والنيتروجين النتراتى والفوسفور والكبريتات كمصادر للملوحة أدت زيادة الملوحة فى منطقة نمو الجذور إلى زيادة تركيز المادة الجافة، والسكريات، والحموضة المعايرة، وحامض الأسكوربيك، والكاروتين الكلى فى ثمار الطماطم، وكان ذلك مستقلاً عن مصدر الملوحة، إلا إنه وجد باختبار للتذوق أن كلوريد الصوديوم حسن "حلاوة" ثمار الطماطم أكثر مما أثرت المصادر الأخرى للملوحة. وقد ازدادت صلابة الثمار بزيادة الملوحة (Peterson وآخرون ١٩٩٨).

كما وجد أن زيادة درجة التوصيل الكهربائى EC للمحلول المغذى فى تقنية الغشاء المغذى لمزارع الطماطم من ١٥٠٠ ميكروسمينز/سم إلى درجة مناسبة للنمو المحصولى بإضافة كبريتات البوتاسيوم أو كلوريد الصوديوم لم تؤثر على محصول الثمار، ولكن المعاملة بكلوريد الصوديوم حسنت من pH الثمار؛ وبذا .. قد يُستفاد من تلك المعاملة فى تقليل كلفة المحاليل المغذية (التى تكون تركيزات العناصر فيها أقل مما فى المحاليل المغذية القياسية)، وفى تقليل التلوث البيئى بكل من النترات والفوسفات (Papadopoulos وآخرون ١٩٩٩)

وأدت زيادة معدل إضافة كبريتات البوتاسيوم لطماطم البيوت المحمية النامية فى

التربة إلى تقليل الإصابة بعيوب النضج الفسيولوجية وإلى خفض نسبة الثمار المجوفة، وزيادة حموضة عصير الثمار وصلابتها. وفى الطماطم النامية بتقنية الغشاء المغذى لم تؤثر مستويات كبريتات البوتاسيوم على محصول الثمار، إلا أن عدد الثمار ازداد بزيادة تركيز أيون البوتاسيوم. كذلك ازدادت الكتلة البيولوجية للثمار وحموضة عصيرها بزيادة تركيز أيون البوتاسيوم (Papadopoulos وآخرون ١٩٩٩).

وقد دُرس تأثير زيادة الأشعة النشطة فى البناء الضوئى photosynthetic photon flux density (اختصارًا: PPF) من ٤٠٠ إلى ٦٢٥ ميكرمول µM/م^{2} فى الثانية، وكذلك استجابة نباتات الطماطم فى الزراعات المائية بزيادة درجة التوصيل الكهربائى للمحلول المغذى (الـ EC) – بزيادة تركيز العناصر به، وليس بإضافة كلوريد الصوديوم إليه – من ١٢٥ إلى ٨٧٥ ديسى سمينز/م وقد وجد أن زيادة الـ PPF حفزت من كل من نمو الطماطم ومعدل البناء الضوئى، إلا أن زيادة الـ EC قللت منهما. وتراوح النقص فى الوزن الجاف للنباتات بين ١,٩٪، و ٧,٣٪، وفى معدل البناء الضوئى لكامل النبات بين ١,٧٪، و ٤,٥٪ لكل زيادة فى الـ EC بمقدار وحدة واحدة، ولكن هذا النقص كان مرده إلى النقص فى المساحة الورقية، وليس لنقص فى نسبة المادة الجافة، أو لانخفاض فى معدل البناء الضوئى بوحدة المساحة من الأوراق (Schwarz وآخرون ٢٠٠٢).

كما دُرس تأثير المعاملة بتركيزات صفر (الكنترول)، و ٠,٥، و ١,٠، و ٢,٠ جزءًا فى المليون من السيلنيم selenium فى مزرعة مائية للطماطم ابتداء من مرحلة ازدياد حجم الثمار فى العنقود الأول، ووجد أن المعاملة بتركيز ٠,٥ أعطت أكبر وزن وعدد للثمار، بينما كانت أعلى نسبة للمادة الجافة وأعلى حموضة معايرة بثمار معاملة الكنترول. كما وجد اتجاه نحو زيادة صلابة الثمار بزيادة تركيز السيلنيم، بينما لم يتأثر محتوى الثمار من المواد الصلبة الذائبة الكلية بتركيز العنصر فى المحلول المغذى. وبالمقارنة انخفض محتوى السكريات الحرة بزيادة تركيز السيلنيم وقد ازداد محتوى الثمار من كل من السيلنيم والليكوبين بزيادة تركيز العنصر بالمحلول المغذى (Lee وآخرون ٢٠٠٧).

ووجد أنه فى حالة الرى تحت السطحى لنباتات الطماطم فى نظام مغلق للرى (مزارع أغوار) أن استعمال محلول مغذٍ ملحى (ماء مطر ذات درجة توصيل كهربائى مقدارها ٠٫٥ ديسى سيمنز/م مضافا إليه جرام واحد من كلوريد الصوديوم لكل لتر) يحتوى على ٧٠٪ فقط من العناصر المغذية الضرورية أن المحصول كان مساويًا لذلك الذى حُصل عليه فى نظام مفتوح للرى تحت السطحى مع استعمال محلول مغذٍ كامل، إلا أن استعمال محلول مغذٍ كامل (١٠٠٪) مع وجود الأملاح (١ جم كلوريد صوديوم/لتر) أدى إلى نقص المحصول (Montesano وآخرون ٢٠١٠).

النيتروجين ومصاوره

فى محاولة لمقارنة دور التسميد باليوريا كمصدر عضوى للنيتروجين — بدور كل من النترات والأمونيوم كمصادر غير عضوية فى مزرعة مائية للطماطم، مع تثبيت تركيز النيتروجين فى المحلول المغذى عند ١٦٨ مجمN/لتر، وجد أن الوزن الجاف الكلى للنباتات التى أعطيت يوريا + نترات كان أعلى جوهريًّا عما فى النباتات التى تلقت يوريا فقط. وكان مساويًا — تقريبًا — للوزن الجاف للنباتات التى أعطيت نترات فقط أو نترات + أمونيوم. وقد انخفض امتصاص النيتروجين واستخدامه بالنبات عندما كان النيتروجين فى صورة يوريا، مقارنة بما كان عليه الحال فى النباتات التى تلقت النيتروجين فى صورة نترات أو أمونيوم ولقد قُدِّر أن عدم الامتصاص والاستخدام الكافيين للنيتروجين كانا السببين الرئيسين المسئولين عن نقص نمو نباتات الطماطم التى أعطيت يوريا فقط. هذا إلا أن الجمع بين اليوريا والنترات يُعد مفيدًا للنمو النباتى الجيد دون إحداث خفض لامتصاص الكاتيونات، فى الوقت الذى يُحافظ فيه على ثبات pH المحول المغذى (Ikeda & Tan ١٩٩٨).

ودُرس تأثير نسبة النيتروجين الأمونيومى إلى النيتروجين النتراتى فى المحلول المغذى على قراءة جهاز قياس الكلوروفيل (SPAD)، وعلاقة القراءة بكل من حالة النيتروجين فى النبات والتنبؤ بالمحصول فى الزراعة المحمية. وقد وجدت زيادة فى كل من المحصول

وقراءة الـ SPAD مع زيادة نسبة النيتروجين الأمونيومى حتى ٢٥٪، ثم حدث نقص فى كلتا الصفتين المقيستين مع زيادة نسبة النيتروجين الأمونيومى عن تلك الحدود. وقد ازداد تركيز النيتروجين فى أوراق الطماطم بزيادة نسبة النيتروجين الأمونيومى فى المحلول المغذى، وازداد محصول الثمار بزيادة قراءة الـ SPAD. وأظهرت قياسات قراءة الـ SPAD. والنيتروجين الكلى بالأوراق. والوزن الطازج للنمو الخضرى، ومحصول الثمار استجابات تربيعية quadratic لزيادة النيتروجين الأمونيومى فى المحلول المغذى حتى بلغت نسبته ٢٥٪ أو ٥٠٪ (Sandoval-Villa وآخرون ١٩٩٩).

وكان محصول ثمار الطماطم النامية فى مزرعة لاأرضية وسمدت بالأمونيوم كمصدر للنيتروجين أقل بمقدار ٢٥٪ عن محصول تلك التى سمدت بالنترات فقط، بينما كان محصول النباتات التى حصلت على نترات وأمونيوم بنسبة ١:٤ أعلى بمقدار ٢٠٪ عن محصول النباتات التى سُمدت بالنترات فقط كمصدر للنيتروجين. وأدت إضافة البيكربونات HCO_3^- لبيئة الزراعة إلى تحفيز حمل الثمار، إلاّ أن النتيجة توقفت على نسبة النترات الأمونيوم؛ فقد أدت إضافة البيكربونات مع التسميد بالنترات فقط أو بالأمونيوم فقط إلى زيادة المحصول بنسبة ٢٨٪، و ١١٪ – على التوالى – مقارنة بالمحصول فى حالة إضافة البيكربونات. كذلك أدى التسميد بالنترات والأمونيوم بنسب ٤ : ١، و ١ : ١ مع البيكربونات إلى زيادة المحصول بنسبة ١٦٪، و ١٠٪ – على التوالى – مقارنة بالمحصول فى حالة عدم إضافة البيكربونات وقد وجد أن التسميد بالأمونيوم كمصدر للنيتروجين خفض تراكم السكريات المختزلة فى الثمار بنسبة ٢٠٪ مقارنة بتراكمها فى الثمار التى سمدت بالنترات كمصدر للنيتروجين. وأدت إضافة البيكربونات إلى بيئة الزراعة إلى زيادة تركيز السكريات فى الثمار بنسبة ٢٨٪ فى تلك التى سمدت بالنترات فقط، وبنسبة ١٠٪ فى تلك التى سمدت بالأمونيا فقط. وعلى الرغم من أن صورة النيتروجين المسمد بها لم تؤثر على محتوى الثمار من الحامضين الكربكسوليين الرئيسيين. حامض الماليك وحامض الستريك، فإن إضافة البيكربونات إلى بيئة الزراعة أدت إلى زيادة تراكم الأحماض الكربوكسيلية بنسب تراوحت بين ٢٢٪، و ٣٠٪،

حسب صورد لنيترجين لى سعملت فى التسميد أما لأحماض الأمينية . فقد ازداد تركيزها فى ثمار النباتات التى سُمدت بالأمونيوم، مقارنة بتركيزها فى حالة التسميد بالنترات. وكان هذك ارتباط بين تركيزها فى الثمر ومستوى الأمونيوم فى بيئة الزراعة وأحدثت إضافة البيكربونات إلى بيئة الزراعة زيادة فى تركيز الأحماض الأمينية فى الثمار بمقدار ٩٪ عندما كان التسميد بالنترات، و ٢١٪ عندما كان التسميد بالأمونيوم (Bıalczyk وآخرون ٢٠٠٧).

وتتأثر شدة إصابة الطماطم بالذبابة البيضاء. وشدة تكاثرها عليها بكل من تركيز النيتروجين فى المحلول المغذى. ونسبة النيتروجين النتراتى إلى النيتروجين الأمونيومى فيه. ففى دراسة أجريت حول هذا الموضوع كانت الإصابة بالذبابة أشد عندما كان تركيز النيتروجين ٢٠٥، أو ٣٣٥ جزءًا فى المليون، مقارنة بالإصابة عند تركيز ٧٥ جزءًا فى المليون. بينما انخفضت شدة الإصابة بزيادة نسبة النيتروجين النشادرى من ٢٥٪ إلى ٤٥٪ من النيتروجين الكلى (Zanic وآخرون ٢٠١١).

البوتاسيوم

أدت زيادة مستوى البوتاسيوم فى المحلول المغذى للطماطم إلى زيادة محتوى الثمار من مضادات الأكسدة (البيتا كاروتين والليكوبين) فى مرحلة النضج الأحمر التام، كما حدثت زيادة أقل عند زيادة المغنيسيوم، وكانت أقل القيم لمضادات الأكسدة عند زيادة الكالسيوم وقد وجد ارتباط موجب بين محتوى الثمار من البوتاسيوم والليكوبين، وآخر سالب بين محتوى الثمار من الكالسيوم ومحتواها من الليكوبين (Fanasca وآخرون ٢٠٠٦)

الكالسيوم

أدى تباين مستوى الكالسيوم فى المحاليل المغذية بين ٠,٢، و ٢٠ ملى مول إلى ما يلى:

١- ماتت النباتات مبكرًا ولم تُثمر عند تركيز كالسيوم قدره ٠,٢ ملى مول.

٢- ظهرت إصابة بتعفن الطرف الزهرى وكانت البذور المتكونة فى الثمار العاقدة صغيرة ومشوهة وسوداء اللون عند مستوى كالسيوم قدره ٢,٥ ملى مول.

٣- ازداد تركيز الكالسيوم فى الثمار بزيادة تركيز الكالسيوم فى المحلول المغذى، وبلغ أقصاه (١٧ ديكاجرام dag كالسيوم/كيلوجرام من الثمار) عند تركيز كالسيوم قدره ١٩,٧٩ ملى مول.

٤- انخفض محتوى الثمار الكلى من الليكوبين والكاروتين بزيادة تركيز الكالسيوم فى المحلول المغذى، الأمر الذى ربما حدث بسبب نقص امتصاص البوتاسيوم فى المستويات العالية من الكالسيوم (Paiva وآخرون ١٩٩٨).

التركيز الكلى للأملاح وعلاقته بالنمو والمحصول والجودة

الاستجابة العامة لزيادة تركيز الأملاح

تؤدى زيادة تركيز الأملاح فى المحلول المغذى إلى نقص الوزن الجاف الكلى للنبات، ونقص المحصول، وصغر حجم الثمار، دون أن تتأثر كمية المادة الجافة فى الثمرة الواحدة، فتزيد نسبة المادة الجافة فى الثمار تبعًا لذلك. ويستفيد بعض منتجى الطماطم فى مزارع تقنية الغشاء المغذى nutrient film technique من هذه الظاهرة بزيادة تركيز المحلول المغذى كل مدة لتحسين نوعية الثمار بجعلها أصغر حجمًا (تبعًا لرغبات المستهلكين)، وأكثر احتواءً على المواد الصلبة الذائبة (عن Ehert & HO ١٩٨٦).

ويحدث هذا التأثير سواء أكانت الزيادة فى تركيز الأملاح فى المحلول المغذى مردها إلى محتوى الماء المرتفع من كلوريد الصوديوم، أم إلى زيادة تركيز الأملاح السمادية فى المحلول المستخدم فمثلاً . وجد Cerda & Martinez (١٩٨٨) نقصًا جوهريًا فى محصول الطماطم ونموها الخضرى والثمرى بزيادة تركيز كلوريد الصوديوم فى المحلول المغذى، وكان التأثير أكبر مع زيادة تركيز الملح، علمًا بأن التركيزات المستخدمة كانت: ٤ و ٢٥ و ٥٠ و ١٠٠ ملليمول كلوريد صوديوم/لتر.

ويبدو أن زيادة تركيز الأملاح فى المحاليل المغذية — بإضافة كلوريد الصوديوم إليها

حتى تصل درجة توصيل الكهربائى إلى ٥,٥ ملليموز/سم – ليست لها تأثيرات سلبيه على محصول الطماطم فى الوقت الذى تؤدى فيه إلى زيادة محتوى الثمار من المواد الصلبة الذائبة الكلية. لكن مع التأثير سلبيًا على محتواه من الكالسيوم وقد انخفض تركيز الكالسيوم فى الثمار عندما زيد تركيز الأملاح ليلاً. بينما لم تكن لزيادة تركيز الأملاح نهارًا تأثير مماثل. ومرد ذلك إلى أن نسبة الكالسيوم الممتص – التى تنتقل إلى الثمار – تكون أعلى ليلاً منها نهارًا.

ويذكر Adams (١٩٩٣) ازدياد حالات الإصابة بتعفن الطرف الزهرى عند زيادة التركيز الكلى للعناصر المغذية عما فى حالة زيادة تركيز ملح كلوريد الصوديوم منفردًا

وقد وجد Adams & Ho (١٩٨٩) أن زيادة تركيز الأملاح بزيادة أى من العناصر المغذية (البوتاسيوم، أو المغنيسيوم، أو النيتروجين النتراتى)، أو كلوريد الصوديوم أحدثت تأثيرات متشابهة، فكان المحصول دائمًا منخفضًا عندما كانت درجة التوصيل الكهربائى تابتة عند ٨ ملليمور/سم وكان مرد ذلك إلى نقص وزن الثمرة خلال الأربعة أسابيع الأولى من الحصاد. وإلى نقص عدد الثمار – أيضًا – بعد ذلك. وكان لتبادل استعمال محاليل ملحية بتركيزات مرتفعة (٨ ملليموز/سم) نهارًا، ومنخفضة (٣ ملليموز/سم) ليلاً تأثيرات سلبية على النباتات أكثر وضوحًا من تأثير استعمال محلول ملحى واحد بتركيز متوسط (٥,٥ ملليموز/سم).

كما قارن Adams (١٩٩١) تأثيرات مستويات ملوحة ٣، و ٨، و ١٢ ملليموز/سم فى المحاليل المغذية فى مزارع الصوف الصخرى (حيث زيدت الملوحة فى التركيزات العالية، إما بزيادة تركيز العناصر المغذية. وإما بإضافة كلوريد الصوديوم)، ووجد أن زيادة الملوحة قد صاحبها نقص متزايد فى المحصول، ولكن مع زيادة مقابلة فى نسبة الثمار العالية الجودة. وكانت استجابة الطماطم متماثلة لمصدرى الأملاح عند مستوى ملوحة ٨ ملليموز/سم ولكن عند مستوى ملوحة ١٢ ملليموز/سم كان استعمال العناصر

المغذية فى الوصول إلى هذا المستوى من الملوحة أشد تأثيرًا على إنقاص وزن الثمرة وخفض وزنها الجاف ومحتواها من السكر عما كان لاستعمال كلوريد الصوديوم. كذلك ازدادت حموضة عصير الثمار ومحتوى الثمار الكلى من الأحماض عند مستوى الملوحة ٨. و ١٢ ملليموز/سم، ولكن التأثير كان أوضح عند استعمال العناصر المغذية لأجل الوصول إلى هذه المستويات العالية من الملوحة فى المحاليل المغذية مقارنة باستعمال كلوريد الصوديوم

كما وجد أن زيادة تركيز المحلول المغذى من نصف التركيز القياسى إلى التركيز القياسى، وإلى ضعف التركيز القياسى (كان التوصيل الكهربائى للمحاليل المستعملة ١٢. و ٢٤. و ٤٠ ملليموز/سم على التوالى، علمًا بأن تركيز الأيونات فى المحلول القياسى بالملى مكافئ/لتر كانت كما يلى: NO_3 ١٦، و NH_4 ١,٣، و P ٤، و K ٨، و Ca ٨. و Mg ٤) أدت إلى زيادة معدل تشقق ثمار الطماطم الكريزية، مع نقص وزن الثمرة ونقص الجهد المائى للأوراق والثمار، وزيادة نسبة المواد الصلبة الذائبة الكلية فى الثمار (Ohta وآخرون ١٩٩٣ و ١٩٩٤).

وتؤدى زيادة ملوحة المحلول المغذى إلى نقص محتوى الأوراق والثمار من البوتاسيوم وإلى نقص محتوى الثمارمن كل من الكالسيوم والمغنيسيوم (Adams ١٩٨٦).

ويمكن — بزيادة تركيز البوتاسيوم فى المحلول المغذى — تقليل الآثار الضارة التى تحدثها زيادة تركيز كلوريد الصوديوم فيها. فمثلاً .. أحدث وجود ملح كلوريد الصوديوم فى المحلول المغذى بتركيز ٥٠ ملى مول نقصًا جوهريًا فى كل من ذبول النبات، ووزن الثمرة، والوزن الجاف الكلى للنبات، ولكنه أحدث — كذلك — زيادة فى عدد الثمار/نبات، ومحتوى الثمار من المواد الصلبة الذائبة الكلية. وأدت إضافة نترات البوتاسيوم — إلى هذا المحلول المغذى الملحى — بتركيز ٤ أو ٨ ملى مول إلى إحداث تحسن جوهرى فى طول الساق،ونسبة عقد الثمار، وعدد الثمار/نبات، ووزن الثمرة، والوزن الجاف الكلى للنبات. دون التأثير على نسبة المواد الصلبة الذائبة الكلية المرتفعة

التى أحدثتها زيادة تركيز كلوريد الصوديوم (Satti & Lopez ١٩٩٤). كما أدت إضافة البوتاسيوم أو الكالسيوم إلى المحلول المغذى الملحى إلى زيادة تراكم البوتاسيوم فى النباتات بنسبة ٣٠٠٪ إلى ٧٠٠٪ فى مختلف أصناف الطماطم. وأحدثت إضافة البوتاسيوم تحسنا واضحًا فى نمو وتطور النباتات. كذلك أحدثت إضافة الكالسيوم تحسنًا مماثلاً، ولكن بدرجة أقل مما فى حالة البوتاسيوم (عن Satti وآخرين ١٩٩٤).

ونجد فى نظم الزراعات المائية المغلقة — مثل تقنية الغشاء المغذى — أن النباتات تستبعد — بكفاءة — امتصاص أيون الصوديوم؛ مما قد يسبب تراكمًا فى بيئة الجذور. وهذه الملوحة الزائدة يمكن أن تثبط النمو النباتى بزيادتها للضغط الأسموزى الخارجى حول الجذور، مما يعرضها لشدٍّ مائى، وكذلك فإن الملوحة الزائدة قد تحدث تسممًا أيونيًا، أو عدم توازن أيونى ولقد أدت زيادة تركيز كلوريد الصوديوم فى المحلول المغذى بمزارع تقنية الغشاء المغذى من صفر إلى ٢٠٠ جزء فى المليون إلى إنتاج ثمار صغيرة، مع ازدياد هذا التأثير بزيادة تركيز الملح. ومن ناحية أخرى .. أدت زيادة درجة التوصيل الكهربائى للمحلول المغذى من ٢٥٠٠ إلى ٥٢٠٠ ميكروسيمنز/سم — بإضافة ١,٢١ جم كلوريد صوديم إلى كل لتر من المحلول المغذى — أدت إلى تحسين نوعية ثمار الطماطم والخيار والفلفل الحلو، مع زيادة القدرة التخزينية لتلك الثمار وحموضتها، ولكن مع زيادة فى نسبة ثمار الطماطم والفلفل التى أصيبت بتعفن الطرف الزهرى (عن Papadopoulos وآخرين ١٩٩٩).

ووجد أن زيادة الملوحة تؤدى إلى نقص فى نمو النباتات ومحصول ثمار الطماطم، وانخفاض فى كمية المادة الجافة التى تصل إلى الثمار، وفى حجم الثمار، ولكنها تزيد من تركيز المادة الجافة بالثمار، وهى تزيد — كذلك — من حالات الإصابة بتعفن الطرف الزهرى، وتؤدى إلى نقص امتصاص الكالسيوم وضعف انتقاله للثمار من خلال نسيج الخشب (Van Ieperem وآخرون ١٩٩٦).

وأدت زيادة درجة التوصيل الكهربائى EC فى مزرعة مائية مغلقة بين ١,٠، و ٩,٠

ديسى سيمنز dS/م إلى ضعف نمو نباتات الطماطم وانخفاض محصولها وعند EC مقدارها ٦,٠ dS/م انخفض المحصول بمقدار ٥٠٪ مقارنة بالمحصول الذى حُصل عليه عند EC ١,٠ dS/م. هذا إلا أن محتوى الثمار من المادة الجافة ازداد بزيادة الـ EC. كذلك انخفض امتصاص النباتات للماء بزيادة الـ EC. وعند EC ٩,٠ dS/م انخفض امتصاص الماء إلى ٦٠٪ من الامتصاص عند EC ١,٠ dS/م، وكان مرد هذا النقص الأخير – أساسًا – إلى حدوث نقص فى المساحة الورقية، وهى التى كانت عند EC ٩,٠ dS/م أقل بمقدار ٢٠٪ عما فى النباتات التى تعرضت لـ EC ١,٠ dS/م (Schwarz & Kuchenbuch ١٩٩٨).

وأدت زيادة درجة التوصيل الكهربائى للمحلول المغذى فى تقنية الغشاء المغذى بمقدار ٤٠٪ أكثر من EC المحلول القياسى، أى حتى ٤,٦ ملليسيمنز mS/سم إلى تحسين جودة ثمار الطماطم دون حدوث فقد فى المحصول. ولم يختلف الأمر عند زيادة الـ EC بزيادة تركيز العناصر الكبرى، أم باستعمال كلوريد الصوديوم، أم باستعمال مخلوط من كلوريد الصوديوم مع كلوريد البوتاسيوم. لذا .. فإن زيادة EC المحلول المغذى بنسبة ٤٠٪ باستعمال كلوريد الصوديوم قد تعد طريقة عملية لتحسين جودة الثمار (Hao وآخرون ٢٠٠٠).

كما وجد أن محصول الطماطم الصالح للتسويق انخفض بمقدار ٥,١٪ مقابل كل زيادة فى درجة التوصيل الكهربائى بمقدار وحدة واحدة تزيد عن ٢,٠ ديسى سمينز dS/م حتى ٩,٠ dS/م. وفى الوقت الذى لم يتأثر فيه عدد الثمار بدرجة التوصيل الكهربائى، فإن الانخفاض فى المحصول كان مرده إلى النقص فى وزن الثمرة والذى بلغ ٣,٨٪ مع كل زيادة بمقدار وحدة EC. وقد أمكن الحد من تلك الانخفاضات فى المحصول بتغيير بيئة النمو كى تصبح أقل دفعًا للنبات على النتح (Li وآخرون ٢٠٠١).

وعندما زرعت نباتات الطماطم فى مزرعة مائية بطريقة قسمت فيها جذور كل نبات لتنمو فى محلولين مغذيين مختلفين أو متشابهين فى درجة توصيلهما الكهربائى حتى ٦

ديسى سيمنز/م وجد أن تقسيم المجموع الجذرى بين محلولين أحدهما ذات درجة EC قدرها ٦ والآخر ذات درجة EC شديدة الانخفاض أعطى محصولاً من الثمار أعلى مما فى حالة استعمال محلول ذات EC قدره ٣ مع كلا المجموعين الجذريين، وهى المعاملة التى أعطت — بدورها — محصولاً من الثمار أعلى مما فى حالة نمو كلا المجموعين الجذريين فى محلول ذات EC قدره ٦ ديسى سيمنز/م، وقد كان ذلك مصاحبًا بزيادة فى نسبة إصابة الثمار بتعفن الطرف الزهرى من ١٢٪ فى المعاملة الأولى إلى ٨٨٪ فى المعاملة الأخيرة (Tabatabaei وآخرون ٢٠٠٤).

وأدت زيادة تركيز كلوريد الصوديوم فى مزرعة مائية للطماطم إلى ٦٠ مللى مول إلى خفض المحصول الكلى والمحصول الصالح للتسويق، الأمر الذى كان مرده — أساسًا إلى نقص حجم الثمار كما أدت المعاملة بالأمونيوم إلى إعطاء أقل محصول، الأمر الذى كان مرده إلى كل من نقص حجم الثمار، وزيادة تلك التى أصيبت بتعفن الطرف الزهرى (Navvarro وآخرون ٢٠٠٥)

كذلك أدت زيادة تركيز كلوريد الصوديوم فى المحاليل المغذية لمزرعة طماطم مائية إلى ٥ ديسى سمينز/م، مقارنة بـ ١٤ ديسى سمينز/م فى الكنترول إلى زيادة حلاوة الثمار، وحموضتها، وجودة طعمها، وقبولها العام، وذلك فى اختبارات التذوق. وازداد فى ثمار النباتات التى تعرضت للملوحة العالية تركيز الهكسوز جوهريًا، وكذلك تركيز الأحماض العضوية والأمينية، مقارنة بالوضع فى ثمار الكنترول. وقد تأثر قبول المستهلك للطماطم ليس فقط بتركيز السكر، ولكن كذلك بتركيز الأحماض العضوية والأمينية (Sato وآخرون ٢٠٠٦).

الاستفادة من تأثير الملوحة العالية بالتحكم فى الرطوبة النسبية

دُرس تأثير رى الطماطم بصفر أو ٥٠ مللى مول كلوريد صوديوم مضاف إلى المحلول المغذى، مع نمو النباتات إما تحت ظروف الصوبة الطبيعية (فى مالاجا Málaga فى إسبانيا). وإما مع المعاملة برذاذ دقيق كل ٨ دقائق أثناء النهار وقد وجد أن التضبيب

بالرذاذ فى منتصف النهار أحدث خفضًا فى الفرق فى ضغط بخار الماء مقداره ١–١,٥ كيلو باسكال، وخفضًا فى حرارة هواء الصوبة قدره ٥–٧ درجات. وقلل الرذاذ امتصاص الجذور للماء من بيئة الزراعة بنحو ٤٠٪ فى النباتات غير المعاملة باللوحة، وبنحو ١٥٪ فى ظروف الملوحة العالية. وكان محتوى الأوراق من الصوديوم أقل فى النباتات المعاملة بالتضبيب واللوحة عما فى تلك التى لم تعامل بالتضبيب فى ظروف الملوحة. كذلك قل الشدّ المائى للأوراق وازداد امتلاءها مع التضبيب فى منتصف النهار فى كل من النباتات المعاملة وغير المعاملة باللوحة. وكانت درجة توصيل الثغور وصافى معدل تمثيل ثانى أكسيد الكربون فى النباتات المعاملة بالتضبيب واللوحة أعلى بمقدار ثلاثة وأربعة أضعاف — على التوالى — مقارنة بتلك القيم فى النباتات التى لم تُعامل بالتضبيب فى ظروف الملوحة. وقد ازدادت كفاءة استخدام المياه فى النباتات التى عوملت بالتضبيب بمقدار ٨٤٪–١٠٠٪، وذلك كما قدر من نسبة كفاءة تمثل ثانى أكسيد الكربون إلى النتح. وفى النباتات التى لم تُعامل باللوحة ولكن عوملت بالتضبيب ازدادت فيها المساحة الورقية الكلية ٣٨٪، والمادة الجافة ١٠٪، والمحصول ١٨٪ مقارنة بالوضع فى النباتات التى لم تعامل بالتضبيب أما النباتات التى عوملت باللوحة والتضبيب فقد ازدادت فيها المساحة الورقية الكلية ٥٠٪، والمادة الجافة ٨٠٪، والمحصول ١٠٠٪. وقد أفاد تضبيب الصوبة فى توفير إجمالى الماء المستعمل بمقدار ٣١ لتر/نبات فى الظروف غير الملحية، وفى زيادة المحصول وحجم الثمار أيًا كانت حالة الملوحة (Romero-Aranda وآخرون ٢٠٠٢).

وأمكن الحد من أضرار الملوحة العالية (٨٠ ملللى مول كلوريد صوديوم) على نمو أحد أصناف الطماطم الحساسة (نعومى Naomi) بزيادة الرطوبة النسبية إلى ٧٠٪، وذلك مقارنة بما حدث فى رطوبة ٣٠٪ (An وآخرون ٢٠٠٥).

الاستفادة من تأثير الملوحة العالية بتوقيت زيادتها بين الليل والنهار

دُرس تأثير مستويات مختلفة من ملوحة المحلول المغذى نهارًا وليلاً — فى تقنية الغشاء المغذى — على نمو ومحصول وجودة ثمار الطماطم. وكانت المعاملات هى

مستويات EC للمحلول المغذى (نهارا/ليلا)، كما يلى ٥/٥، و ٩/٩، و ٩/١، و ١/٩ ديسى سيمنز/م. ووجد ما يلى.

١- تأثر محصول الثمار بوضوح بمعاملة الملوحة، فقد ازداد المحصول كثيرًا فى معاملة ملوحة ٩/١، وانخفض فى معاملة ١/٩، وكان الانخفاض فى المحصول أشد فى ٩/٩

٢- كان مرد الانخفاض فى المحصول — أساسًا إلى اختلافات فى متوسط وزن الثمرة، فيما عدا فى معاملة ٩/٩، وهى التى انخفض فيها عدد الثمار — كذلك — بعد ١٢ أسبوعا من المعاملة

٣- باعتبار الثمر غير الناضجة التى يحملها النبات، فإن عدد الثمار انخفض فى معاملة ١/٩. وارداد قليلاً فى معاملة ٩/١، مقارنة بالعدد فى معاملة ٥/٥ كان مرد تلك الاختلافات فى عدد الثمار إلى وجود تباينات بين المعاملات فى تطور النمو النباتى. واختلافات فيما بينها فى عقد الثمار وفى فشل الثمار العاقدة فى إكمال نموها

٤- قبل وصول النباتات إلى بدية مرحلة الحصاد انخفض النمو الخضرى لنباتات الطماطم الصغيرة فى معاملة ٩/٩، وانخفض بدرجة أقل فى ١/٩، مقارنة بالنمو فى معاملة ٥/٥. ولكن النمو لم يتأثر بمعاملة ٩/١.

٥- حُصل على نتائج مماثلة فيما يتعلق بالمساحة الورقية.

٦- لم يتأثر تطور النمو وتوزيع المادة الجافة فى النباتات بمعاملات الملوحة.

٧- بعد ١٢ أسبوعًا من الحصاد كانت الاستجابة للمعاملات كما حدث قبل ذلك، وذلك بالنسبة لمعدل النمو والمساحة الورقية

٨- انخفض عدد العناقيد الثمرية فى معاملة ٩/٩، و ١/٩.

٩- كان توزيع المادة الجافة فى معاملتى ٩/٩، و ١/٩ فى صالح توجهها نحو الجذور على حساب ما وصل منها للأوراق.

١٠- ازداد اتجاه توزيع المادة الجافة نحو الثمار فى معاملة ٩/١، وانخفض فى ٩/٩. وذلك مقارنة بالوضع فى ٥/٥

١١- تأثرت جودة الثمار كثيرًا بمعاملات الملوحة، حيث ازدادت نسبة المادة الجافة

فى الثمار فى معاملة ٩/٩، وانخفضت قليلاً فى معاملة ٩/١، مقارنة بالوضع فى ٥/٥؛ بينما كانت النسبة فى ١/٩ وسطًا بين ٥/٥، و ٩/٩.

١٢- حدثت تغيرات فى الوزن الجاف للثمار كانت مشابهة فى الاتجاه للتغيرات فى الوزن الطازج للنباتات. ولكنها كانت أقل وضوحًا.

١٣- تأثرت الإصابة بتعفن الطرف الزهرى كثيرًا بمعاملات الملوحة، حيث اختفت الإصابة تقريبًا فى معاملة ٩/١، بينما ازدادت فى كل من معاملتى ١/٩، و ٩/٩ مقارنة بالإصابة فى ٥/٥ (Van Ieperen ١٩٩٦).

وتؤدى زيادة ملوحة المحلول المغذى ليلاً، مع بقاءها عادية نهارًا إلى زيادة قوة نمو نباتات الطماطم الصغيرة، ومن المحتمل أن يكون ذلك النظام مفيدًا - كذلك - فى مرحلة الإثمار. فمن المحتمل أن انخفاض الملوحة نهارًا - حينما يكون النتح عاليًا - يُحسِّن من وضع النبات المائى - ومن ثم معدل نموه - بالتأثير فى إنتاج المادة الجافة ومعدل زيادة الخلايا فى الحجم - ولذا .. فمن المحتمل أن هذا النظام يزيد من زيادة الثمار فى الحجم، دون أن يكون له - غالبًا - تأثيرات سلبية بالنسبة للإصابة بتعفن الطرف الزهرى، ذلك لأن انخفاض الملوحة نهارًا يحفز امتصاص الجذور للكالسيوم. فبسبب ضَعْف الجهد المائى السلبى فى نسيج الخشب، ينتقل الكالسيوم عن طريق الخشب إلى الثمار. ومن ناحية أخرى .. فإن التأثير السلبى لهذا النظام (ارتفاع ملوحة المحلول المغذى ليلاً وبقاءه عاديًا نهارًا) على نسبة المادة الجافة بالثمار يكون أمرًا متوقعًا. هذا إلا أن ذلك التأثير السلبى ربما يكون صغيرًا إذ يقابله تحفيز لإنتاج المادة الجافة نهارًا، وانخفاض فى زيادة الخلايا ليلاً (عن Van Ieperen ١٩٩٦).

وبالتحكم فى درجة التوصيل الكهربائى للمحلول المغذى لنباتات الطماطم (EC) بين ٢. و ٨ ملى سيمنز/سم، مع تباينه بين الليل والنهار، أو تماثله على امتداد اليوم، وجد أن خفض الـ EC إلى مستوى منخفض نهارًا، ورفعه ليلاً أظهر إمكانية لتحسين جودة ثمار الطماطم على صورة زيادة فى وزنها الجاف ومحتواها من السكر وحموضتها

وفي قدرتها على التخزين، وذلك مع أقل نقص في الإنتاج، وهو الذى تمثل — عند زيادة الـ EC نهارًا أو طوال اليوم — في صور انخفاض في متوسط وزن الثمرة، وفي محتواها من الكالسيوم، مع زيادة في معدل إصابتها بتعفن الطرف الزهرى (Nederhoff ١٩٩٩).

وأدى رفع EC المحلول المغذى ليلاً (٦ ديسى سيمنز/م) وجعله عاديًا نهارًا في المزارع المائية للطماطم إلى زيادة نسبة المواد الصلبة الذائبة الكلية بالثمار، دون التأثير على محصول الثمار. وذلك مقارنة بالوضع عند استعمال محلول مغذٍ ذات EC عادى ليلا ونهارا (Santamaria وآخرون ٢٠٠٤)

الاستفادة من تأثير الملوحة العالية بتوقيت زيادتها في مراحل النمو النباتي

استخدم في إنتاج الطماطم في مزرعة بتقنية الغشاء المغذى محلولاً مغذيًا بدرجة توصيل كهربائى ١٨ أو ٣,٠ ديسى سيمنز/م، وأضيف كلوريد الصوديوم إلى المحلول المغذى المنخفض التركيز لتصبح درجة توصيله الكهربائى إما متدرجة إلى ٢,٤ ديسى سيمنز/م بعد ٣٠ يومًا، ثم إلى ٣,٠ ديسى سيمنز/م بعد ٦٠ يومًا من الشتل، وإما لتصبح ٣٠ ديسى سيمنز/م من بداية وقت الشتل، أو ترك دون زيادة عند تركيزه الأصلى ١.٨ ديسى سيمنز/م أدت الزيادة التدريجية في كلوريد الصوديوم إلى تحسين النمو الجذرى والخضرى. ولكن مع نقص في المحصول، إلا أن هذا النقص تلاشى عند استعمال كلوريد الصوديوم ليصل EC المحلول المغذى المنخفض التركيز إلى ٣٠ ديسى سيمنز/م منذ بداية الشتل، وكان ذلك مصاحبًا بزيادة في محتوى الثمار من السكر، مع زيادة في حالات الإصابة بتعفن الطرف الزهرى، ونقص في امتصاص بعض الكاتيونات، ومنها البوتاسيوم والكالسيوم والمغنيسيوم (Hohjo وآخرون ٢٠٠١).

وقد استعادت نباتات الطماطم التي رويت بماء (محلول مغذى) ملحى ذات درجة توصيل كهربائى قدرها ٩ ديسى سيمنز/م ..استعادت نموها الطبيعي الخضرى والثمرى في خلال ثمانية أسابيع من ريها بمحلول مغذى عادى ذات درجة توصيل قدرها ٢

ديسى سيمنز/م. إلا أن الثمار التى كانت فى مرحلة متقدمة من التكوين عند بداية الرى بالمحلول الأخير ظلت على ما هى عليه، كما ازدادت فيها نسبة الإصابة بالتشقق (Li وآخرون ٢٠٠٢).

دُرس تأثير درجة توصيل كهربائى EC للمحلول المغذى – فى مزرعة مائية للطماطم – مقدارها ٤,٥ ديسى سيمنز/م – بدأت المعاملة بها إما بعد تفتح الأزهار مباشرة، وإما بعد أربعة أسابيع من تفتح الأزهار – مع EC للمحلول المغذى مقدارها ٢ ٣ dS/م على مكونات الجودة بثمار الطماطم. ووجد أن كلا من معاملتى الـ EC المرتفعة تسببتا فى زيادة تركيز كلا من الليكوبين والفراكتوز والجلوكوز والمواد الصلبة الذائبة الكلية فى الثمار الحمراء، مقارنة بتركيزات تلك المكونات فى حالة معاملة الـ EC المنخفضة. تراوحت الزيادة فى تركيز الليكوبين بين ٣٠٪، و ٤٠٪ (١,٢٩–١,٣٩ مجم/جم مادة جافة) فى معاملة الـ EC العالى، مقارنة بتركيز ٠,٩٩ مجم/جم فى معاملة الـ EC المنخفضة، هذا إلا إنه لم يظهر فرق جوهرى فى تركيز الليكوبين بين معاملتى الـ EC المرتفعتين. وبالمقارنة .. فإن محتوى المواد الصلبة الذائبة الكلية فى ثمار الطماطم الحمراء الناضجة بلغت فى معاملة الـ EC العالية المبكرة (التى أعطيت بعد تفتح الأزهار مباشرة) ٦,١٪، وكانت أعلى جوهريًا فى الثمار المماثلة لمعاملة الـ EC العالية المتأخرة (التى أعطيت بعد أربعة أسابيع من تفتح الأزهار) والتى كانت ٥,٧٪. وأما تركيز الكلوروفيل بالثمار فإنه لم يتأثر بمعاملات الـ EC وانخفض خطيًا أثناء نمو ونضج الثمار إلى أن وصل إلى مستويات يصعب تقديرها بعد سبعة أسابيع من تفتح الزهرة. ويُستفاد من هذه الدراسة أن الارتفاع فى محتوى الثمار من السكريات والمواد الصلبة الذائبة الكلية كان مرده إلى انخفاض تدفق الماء إلى الثمار، وأن تمثيل الليكوبين ازداد فى ظروف الشدّ الملحى. بينما لم يتأثر تحلل الكلوروفيل بذلك الشدّ (Wu & Kubota ٢٠٠٨).

الاستفادة من تأثير الملوحة العالية بخف الثمار

دُرس تأثير ملوحة بيئة نمو الجذور (EC قدره ٢,٥ أو ٨ ديسى سيمنز/م)، وخف الثمار

(٣ أو ٦ ثمار بالعنقود) على جودة ثمار الطماطم فى الزراعات المحمية، ووجد ما يلى:

١- تحسنت جودة الثمار فى الـ EC العالى، الذى أدى إلى زيادة كل من محتواها من المادة الجافة، والمواد الصلبة الذائبة الكلية، وحموضتها المعايرة، ومحتواها من الجلوكوز والفراكتوز، وحامض الستريك والليكوبين والبيتاكاروتين، إلاّ أن تراكم مختلف المركبات المؤثرة فى جودة الثمار اختلف بين العنقودين الخامس والعاشر. وعلى وجه الخصوص انخفض محتوى الليكوبين، بينما ازداد محتوى البيتا كاروتين فى العنقود العاشر عما فى العنقود الخامس، وربما حدث ذلك بسبب الحرارة العالية التى واكبت نضج ثمار العنقود العاشر

٢- أدى خف ثمار العنقود إلى زيادة وزن الثمرة بنسبة ٤٢٪ والتأثير إيجابيًّا على محتوى المادة الجافة والنشاط الكلى لمضادات الأكسدة، بينما كان له تأثير سلبى على محتوى الثمار من كل من الليكوبين وحامض الستريك.

٣- كان لكل من الـ EC وخف الثمار تأثيرًا قويًا على حجم الثمار

٤- كان للـ EC تأثيرًا أقوى من تأثير الخف على المذاق وصفات الجودة ذات العلاقة بصحة الإنسان.

٥- وجد تفاعل صغير بين الـ EC والخف فى التأثير على كمية المحصول الصالح للتسويق، ومحتوى الثمار من كل من الفراكتوز والجلوكوز، وصلابتها، وتركيز الفوسفور والكالسيوم فيها (Fanasca وآخرون ٢٠٠٧)

الاستفادة من تأثير الملوحة العالية فى إنتاج طماطم العنقود الواحد

يمكن فى حالة إنتاج طماطم العنقود الواحد إخضاع النباتات فى مرحلة نمو هذا العنقود لمعاملة الشدّ الملحى (بهدف زيادة جودة الثمار)، دون أى اهتمام بما قد يكون لهذه المعاملة من تأثيرات ضارة على العناقيد التالية وقد دُرس تأثير تعريض النباتات النامية فى مزارع مائية لمحاليل مغذية بدرجة توصيل كهربائى مقدارها ٥٠ أو ٨٠ ديسى سيمنز/م فى مرحلتين لنضج الثمار، هما الثمار الخضراء غير المكتملة التكوين،

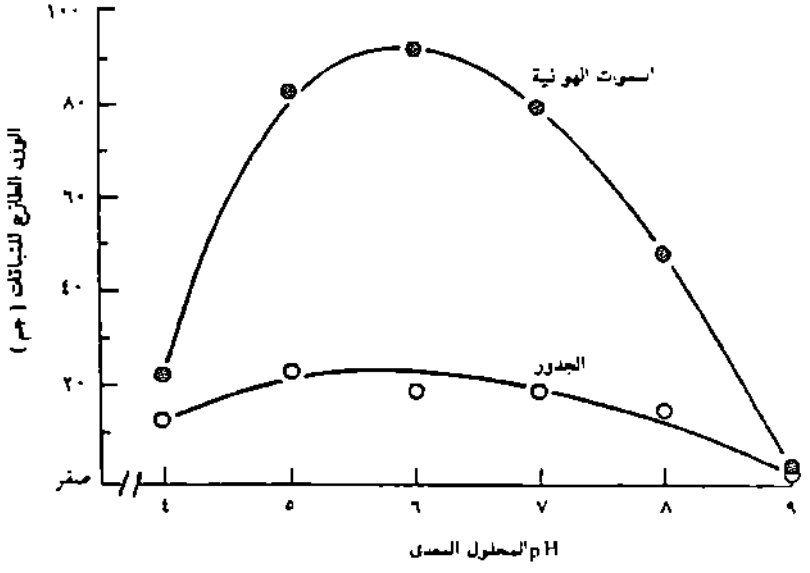
والثمار التى فى مرحلة التحول، وذلك بإضافة كلوريد الصوديوم إلى المحلول المغذى الذى تبلغ درجة توصيله الكهربائى ابتداءً ٢,٤ ديسى سيمنز/م. وقد وجد أن زيادة الملوحة فى مرحلة الثمار الخضراء غير المكتملة التكوين حسَّنت من جودة الثمار عما فى حالة المعاملة فى مرحلة التحول، ولكنها قللت محصول الثمار بدرجة أكبر. وكان النقص فى محصول الثمار مرده إلى النقص فى وزن الثمرة، وليس فى أعداد الثمار. وأدت الملوحة إلى زيادة تركيز المواد الصلبة الذائبة، وحامض الستريك، وحامض الأسكوربيك، والبوتاسيوم. وكلوروفيل أ. وكلوروفيل ب، والليكوبين، والكاروتين فى الثمار، ولكن الكميات المطلقة من تلك المكونات بالثمرة الواحدة انخفضت أو لم تتأثر. ويستدل من تلك النتائج أن التحسن فى جودة الثمار — جراء زيادة الملوحة — مرده إلى خفض وصول الماء للثمار (Sakomoto وآخرون ١٩٩٩أ).

كذلك دُرس تأثير زيادة درجة ملوحة المحلول المغذى ذات الـ EC ٢,٤ ديسى سيمنز dS/م إلى ٥,٠ أو ٨,٠ ديسى سيمنز/م بإضافة كلوريد الصوديوم — وذلك خلال مرحلتين للنضج. هما: مرحلة نضج ثمرتين بالعنقود، ومرحلة الثمار الخضراء غير المكتملة التكوين — على جودة ثمار الطماطم ذات العنقود الواحد single-truss tomato فى مزرعة مائية. وقد وجد أن زيادة الملوحة فى مرحلة الثمار الخضراء غير المكتملة التكوين حسَّن جودة الثمار أكثر من تأثير زيادتها فى مرحلة نضج ثمرتين بالعنقود، ولكن صَاحَبَ ذلك نقصًا أكبر فى المحصول (بنحو ٥٠٪-٦٠٪)، وكان النقص فى المحصول مرده إلى النقص فى وزن الثمرة وليس فى أعداد الثمار. هذا إلاّ أن الوزن الجاف للثمرة لم يتأثر تأثرًا يذكر بالملوحة، ولكن ازدادت فى الثمار نسبة المادة الجافة. وأدت زيادة الملوحة إلى زيادة نسبة المواد الصلبة الذائبة الكلية، وحامض الستريك، وحامض الأسكوربيك، وكذلك نسبة كل من كلوروفيل أ، وكلوروفيل ب، والليكوبين، والكاروتين بالثمار. ولكن الكميات المطلقة من تلك المكونات إما أنها نقصت، وإما أنه لم تتأثر. ويعنى ذلك أن التحسن الذى يطرأ على جودة الثمار جراء زيادة الملوحة يكون مرده إلى نقص وصول الماء إلى الثمار، كما يعنى زيادة تأثير كلا من مستويى الملوحة فى المرحلة

المبكرة لتكوين الثمار وهى خضراء غير مكتملة التكوين — وعدم حساسية الثمار الحمراء لزيادة الملوحة (Sakamoto وآخرون ١٩٩٩ب)

رقم الحموضة (الـ pH)

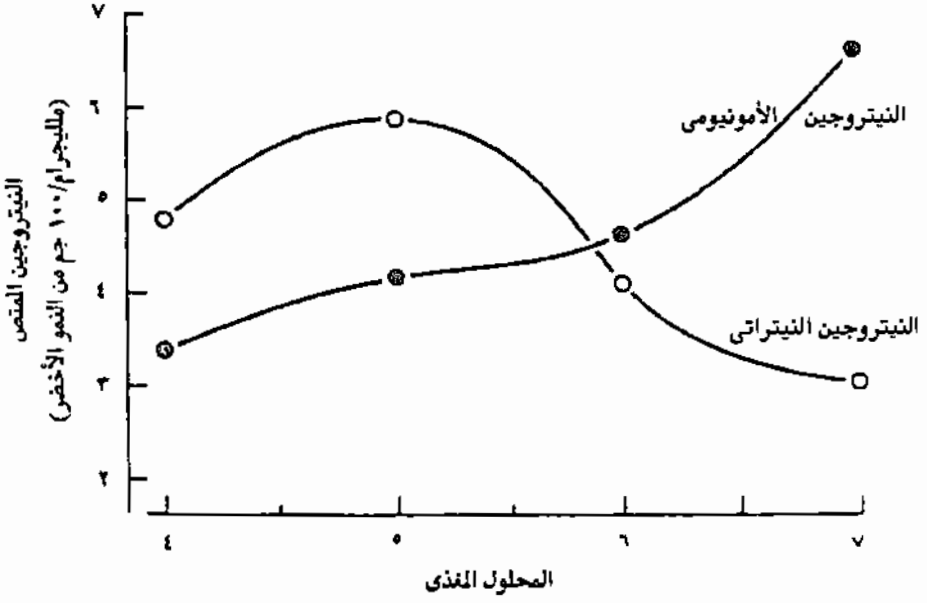
يؤثر pH المحلول المغذى تأثيرًا مباشرًا على نبات الطماطم، بينما يتأثر النمو الخضرى بدرجة أكبر بكثير من النمو الجذرى. وتبدو هذه العلاقة واضحة فى شكل (٩-٤) ويتراوح أفضل pH لنبات الطماطم بين ٥,٥، و ٦,٥؛ كما يؤدى ارتفاع أو نقص الـ pH عن ذلك إلى تدهور كبير فى النمو النباتى



شكل (٩-٤) تأثير pH المحلول المغذى على النمو الخضرى والجذرى لنبات الطماطم

كما يؤثر pH المحلول المغذى أيضًا على امتصاص النيتروجين فى صورتيه النتراتية، والأمونيومية (شكل ٩-٥). فينما تزداد كمية النيتروجين الأمونيومية التى يمتصها نبات الطماطم بزيادة pH المحلول المغذى تدريجيًا من ٤ إلى ٧، فإن كمية النيتروجين النتراتية الممتصة تكون أعلى ما يمكن فى pH ٥,٠، وتقل بزيادة أو نقص الـ pH عن ذلك (عن Adams ١٩٨٦).

وتؤدى — كذلك — زيادة pH المحلول المغذى إلى نقص تيسر كل من. الفوسفور، والبورون. والنحاس، والحديد (Adams ١٩٩٤).



شكل (٩–٥): تأثير pH المحلول المغذى على امتصاص عنصر الآزوت بصورتيه النتراتية والأمونيومية.

وعندما دُرس تأثير pH المحلول المغذى (٤,٥، و ٥، و ٥,٥، و ٦,٠، و ٦,٥) ونوع بيئة الزراعة [قش الراى (الجاودار) المعزق والبيت والصوف الصخرى)] على محصول الطماطم ومحتوى نباتاتها من مختلف العناصر، وجد ما يلى:

١– لم يتأثر المحصول المبكر بأى من معاملات الـ pH أو بيئات الزراعة.

٢– ازداد المحصول الكلى والمحصول الصالح للتسويق فى الصوف الصخرى عما فى بيئتى قش الراى والبيت.

٣– كان أعلى محصول للطماطم عندما كان pH المحلول المغذى ٥,٥.

٤– لم يؤثر مدى pH للمحلول المغذى من ٤,٥ إلى ٦,٠ على محتوى نباتات الطماطم من أى من عناصر النيتروجين والبوتاسيوم والمغنيسيوم.

٥- انخفض محتوى نباتات الطماطم من كل من الفوسفور والحديد والمنجنيز بزيادة pH المحلول المغذى

٦- ازداد محتوى نباتات الطماطم النامية فى بيئة عضوية فى كل من النيتروجين والكالسيوم والمغنيسيوم مقارنة بالمحتوى فى النباتات النامية فى الصوف الصخرى

٧- ازداد محتوى أوراق الطماطم النامية فى الصوف الصخرى فى كل من الفوسفور والمنجنيز مقارنة بالمحتوى فى النباتات النامية فى بيئات عضوية

٨- احتوت نباتات الطماطم النامية فى بيئة قش الراى تركيزات أقل من كل من البوتاسيوم والحديد عما فى النباتات النامية فى بيئة البيت (Dysko وآخرون ٢٠٠٩)

التهوية

تعد تهوية المحاليل المغذية أمرًا ضروريًا لتوفير الأكسجين اللازم لتنفس الجذور. ويؤدى سوء التهوية إلى ضعف النمو النبتى. وقلة امتصاص العناصر. ويتضح ذلك جليا من جدول (٩-٧) الذى يعطى مقارنة بين كميات أيونات البوتاسيوم. والنترات. والفوسفات. والكالسيوم. والمغنيسيوم التى تمتصها نباتات الطماطم من المحاليل المغذية المهواة جيدا وغير المهواة (عن Adams ١٩٨٦).

جدول (٩-٧) تأثير pH محلول هوجلاند المغذى على امتصاص الطماطم لبعض الأيونات (ملى مكافى)

الأيون	الكمية الممتصة من المحاليل المغذية	
	غير المهواة	المهواة جيدًا
البوتاسيوم K^+	٥٠٦	٧٣٨
النترات NO_3^-	٧٧٦	١٠٧٤
الفوسفور $H_2PO_4^-$	١١٨	١٦٠
الكالسيوم Ca^{++}	٣٢٩	٤٤٥
المغنيسيوم Mg^{++}	١٤١	١٩٧

برنامج التسميد للزراعات اللاأرضية

نظرًا لأن الزراعات اللاأرضية تعتمد فى تغذيتها على المحاليل المغذية (وهى التى تناولناها بالشرح المفصل فى الفصل الرابع)؛ لذا .. فإنه لا يمكن الحديث عن برامج التسميد فى المزارع المائية بالمعنى المفهوم لذلك فى الزراعات الأرضية. وأهم ما يرغب المنتج فى الإلمام به — فى هذا الخصوص — هو حاجة النباتات اليومية من مختلف العناصر، والتى يمكن الاسترشاد بها فى تحضير المحاليل المغذية. وحساب كميات الأسمدة التى تجب إضافتها إليها أسبوعيًا لتعويض ما تمتصه النباتات منها ويجد القارئ فى جدول (٩-٨) هذه المعلومات — بصورة تقريبية — بالنسبة لمحصول الطماطم فى مزارع تقنية الغشاء المغذى. وقد أوردنا هذا الجدول للاسترشاد به بالنسبة للاتجاه العام فقط، مع الأخذ فى الحسبان أن الأرقام التى وردت فيه يمكن أن تختلف كثيرًا عن ذلك فى الظروف المختلفة ومع الأصناف المختلفة.

وتقدم فى جداول (٩-٩) إلى (٩-١٣) مزيدًا من المعلومات إلى تتعلق بتسميد الطماطم فى الزراعات اللاأرضية، والتى تشمل: تحضير المحاليل المغذية التى تلزم لفرتجة مزارع الصوب الصخرى والبرليت وتقنية الغشاء المغذى فى مختلف مراحل النمو (جدول ٩-٩). وتحضير محلول العناصر الدقيقة الذى يلزم لنفس المزارع (جدول ٩-١٠)، وكميات الأسمدة التى تلزم لتحضير ١٠٠ لتر من محلول مغذٍ يناسب الزراعات المفتوحة والمغلقة خلال مراحل النمو (جدول ٩-١١). وطريقة تحضير نصف لتر من محلول العناصر الدقيقة (جدول ١٩-١٢)، وتركيز مختلف العناصر الضرورية للنبات — بالجزء فى المليون — فى المحلول المغذى النهائى (جدول ٩-١٣).

جدول (٩-٨) كميه العناصر التى تمتصها نباتات الطماطم بالملليجرام/نبات أسبوعيًا فى مزارع تقنية الغشاء المغذى (عن Cooper ١٩٨٢)

الأسبوع	النيتروجين	الفوسفور	البوتاسيوم	الكالسيوم	المغنيسيوم	الحديد	المنجنيز	البورن	النحاس
١	١٤	٥٦	٤٩	٧	٤	٢	٠,٠٦	٠,٠١	٠,٠١
٢	١٤	٥٦	٤٩	٧	٤	٢	٠,٠٦	٠,٠١	٠,٠١
٣	١٤	٥٦	٤٩	٧	٤	٢	٠,٠٦	٠,٠١	٠,٠١
٤	١٤	٥٦	٤٩	٧	٤	٢	٠,٠٦	٠,٠١	٠,٠١
٥	١٤	٥٦	٤٩	٧	٤	٢	٠,٠٦	٠,٠١	٠,٠١
٦	١٤	٥٦	٤٩	٧	٤	٢	٠,٠٦	٠,٠١	٠,٠١
٧	١٤	٥٦	٤٩	٧	٤	٢	٠,٠٦	٠,٠١	٠,٠١
٨	١٤	٥٦	٤٩	٧	٤	٢	٠,٠٦	٠,٠١	٠,٠١
٩	٣٨٥	٤١٣	٤٣٤	٨٤	٢٠	١٠	٠,٣٠	٠,١٣	٠,١٧
١٠	٤٧٦	٤٩٧	٧٣٥	٢١٧	٥٨	١٥	٠,٥٨	٠,١٥	٠,٢١
١١	٧١٤	٥١٨	٩٧٣	٤٤٨	٧٤	٢٠	٠,٨٠	٠,٧٤	٠,٤٥
١٢	٦٧٢	٧٠٧	١٠٥٧	٤٢٠	٦٢	١٨	٠,٨٥	٠,٤٧	٠,٣٩
١٣	٩٥٢	٩١٧	١٥٦١	٦٠٩	١٢٢	٢٤	١,١٤	٠,٥٠	٠,٥٥
١٤	٨٧٥	٩١٧	١٧١٥	٤٥٥	٨٨	٢٤	١,١٢	٠,٦٥	٠,٥٢
١٥	١٢٣٢	١٠٥٠	٢٩٦٨	٥٠٤	٨٠	٤٨	٠,٠٩	٠,٥٣	٠,٤٩
١٦	٩٧٣	١٠٥٠	٢٣٨٠	٤٩٧	٦٤	٤٨	٠,٩٤	٠,٦٤	٠,٠٧
١٧	٨٥٤	٩٥٢	٢٠٥١	٣٧١	١٨	٣٣	٠,٦٥	٠,٤١	صفر
١٨	٩٧٣	١٢٢٥	٢١٨٤	٤٦٢	٦٢	٦٤	٠,٧٩	٠,٦٣	صفر
١٩	١١٦٢	١٢٧٤	٢٢٤٧	٥٦٧	١٠١	٧٨	٠,٩٧	٠,٥٩	٠,٠٩
٢٠	١١٥٥	١٢٩٥	٢٤٠٨	٦٥٨	٦٤	٦٨	٠,٦٧	٠,٧٥	٠,٠٤
٢١	١١٩٠	١٢٦٧	٢٢٥٤	٧٨٤	١٦١	٦٩	١,٣٠	٠,٦٠	٠,٤٤
٢٢	١١٣٤	١٥٤٠	٢١٨٤	٦٧٩	١٣٠	٧٥	١,٠٤	١,٠٨	٠,١٧
٢٣	١٠٩٩	١٢٦٧	٢١١٤	٧٤٢	١٣١	٦٧	١,١٢	٠,٦٥	٠,٢٧
٢٤	١٠٩٩	١٢٦٧	٢١١٤	٧٤٢	١٣١	٦٧	١,١٢	٠,٦٥	٠,٢٧

جدول (٩-٩) تحضير المحلول المغذى الذى يستعمل فى فرتجة الطماطم فى مزارع الصوف الصخرى والبرليت وتقنية الغشاء المغذى، وذلك فى مختلف مراحل النمو. الكميات المبينة هى لكل ١٠٠ لتر من المحلول المغذى النهائى (عن Hochmuth ٢٠٠١ب).

السماد	مرحلة النمو				
	من الشتل إلى أول عنقود	من أول إلى ثانى عنقود	من ثانى إلى ثالث عنقود	من ثالث إلى خامس عنقود	من خامس عنقود إلى نهاية الموسم
حامض فوسفوريك (٥٤٪)	١٤ مل	١٤ مل	١٤ مل	١٤ مل	١٤ مل
كلوريد البوتاسيوم	٢٤ جم	٢٤ جم	٢٤ جم	٢٤ جم	٢٤ جم
سلفات المغنيسيوم	٤٠ جم	٤٠ جم	٤٠ جم	٤٨ جم	٤٨ جم
نترات البوتاسيوم	صفر	صفر	٨ جم	٨ جم	٢٤ جم
نترات الأمونيوم	صفر	صفر	صفر	صفر	٤ جم
محلول العناصر الدقيقة المركز[أ]	١ لتر	١ لتر	١ لتر	١ لتر	١ لتر

[أ] يستخدم لذلك المحلول المبين تحضيره فى جدول (٩-١٠).

جدول (٩-١٠): كميات الأسمدة التى تلزم لتحضير ١٠٠ لتر من محلول العناصر الدقيقة المركز الذى يستعمل مع مزارع الصوف الصخرى والبرليت وتقنية الغشاء المغذى (عن Hochmuth ٢٠٠١ ب).

السماد	الكمية (جم/ ١٠٠ لتر)
سلفات المنجنيز (٢٥٪ منجنيز)	٣٢,٠
سولوبور Solubor (٢٠٪ بورون)	٣٥,٠
كبريتات النحاس (٢٥٪ نحاس)	٧,٠
كبريتات الزنك (٢٣٪ زنك)	٨,٠
موليبدات الصوديوم (٣٩٪ موليبدنم)	١,٣

جدول (٩-١١) كميات الاسمدة البسيطة التى تدرم لتحضير ١٠٠ لتر من محلول مغذ يناسب الطماطم - فى المزارع المائية المفتوحة والمغلقة - خلال مراحل النمو (جم ١٠٠ لتر) (عن Hochmouth ٢٠٠١ ب)

السماد	من البادرة حتى أول الثمار عقدًا (A)	من أول الثمار عقدًا حتى نهاية الموسم (B)
سلفات المغنيسيوم	٥٠٠	٥٠٠
فوسفات أحادى البوتاسيوم	٢٧٠	٢٧٠
نترات البوتاسيوم	٢٠٠	٢٠٠
سلفات البوتاسيوم	١٠٠	١٠٠
نترات الكالسيوم	٥٠٠	٦٨٠
حديد مخلبى (Fe 330)	٢٥	٢٥
محلول العناصر الدقيقة المركز	١٥٠ مل	١٥٠ مل

جدول (٩-١٢) طريقة تحضير نصف لتر من محلول العناصر الدقيقة المركز

السماد	الكمية (جم)[أ]
حامض البوريك (H_3BO_3)	٧,٥٠
كلوريد المنجنيز ($MnCl_2.4H_2O$)	٦,٧٥
كلوريد النحاسيك ($CuCl_2.2H_2O$)	٠,٣٧
ثالث أكسيد الموليبدنم (MoO_3)	٠,١٥
سلفات الزنك ($ZnSO_4.7H_2O$)	١,١٨

[أ] يُستخدم الماء الساخن للمساعدة فى إذابة تلك الكميات فى نصف لتر ماء، ويستعمل ١٥مل من هذا المحلول المركز مع كل ١٠٠ لتر من المحلول المغذى النهائى.

يحتوى المحلول المغذى النهائى على ما يلى بالجزء فى المليون:

١٠٥ نيتروجين فى المرحلة الأولى، و ١٣٣ فى الثانية		٦٢ فوسفور	١٩٩ بوتاسيوم
٩٥ كالسيوم فى المرحلة الأولى، و ١٣٠ فى الثانية		٥٠ مغنيسيوم	٧٠ كبريت
٢,٥ حديد		٠,٤٤ بورون	٠,٠٥ نحاس
٠,٦٢ منجنيز		٠,٠٩ زنك	٠,٠٣ موليبدنم

جدول (٩-١٣): تركيز مختلف العناصر بالجزء فى المليون فى المحلول المغذى النهائى الذى يستعمل فى رى المزارع المائية للطماطم[أ] (عن Hochmuth ٢٠٠١ ب).

العنصر	مرحلة النمو				
	من الشتل إلى أول عنقود	من أول إلى ثانى عنقود	من ثانى إلى ثالث عنقود	من ثالث إلى خامس عنقود	من خامس عنقود إلى نهاية الموسم
النيتروجين	٦٥	٧٥	٩٥	١١٤	١٤٨
الفوسفور	٥٠	٥٠	٥٠	٥٠	٥٠
البوتاسيوم	١٢٠	١٢٠	١٥٠	١٥٠	٢٠٨
الكالسيوم[ب]	٨٠	٩٢	١٠٤	١٢٧	١٢٧
المغنيسيوم[ب]	٤٠	٤٠	٤٠	٤٨	٤٨
الكبريت[ب]	٥٦	٥٦	٥٦	٦٦	٦٦
الحديد	٢,٨	٢,٨	٢,٨	٢,٨	٢,٨
البورن	٠,٧	٠,٧	٠,٧	٠,٧	٠,٧
النحاس	٠,٢	٠,٢	٠,٢	٠,٢	٠,٢
المنجنيز	٠,٨	٠,٨	٠,٨	٠,٨	٠,٨
الزنك	٠,٢	٠,٢	٠,٢	٠,٢	٠,٢
الموليبدنم	٠,٠٥	٠,٠٥	٠,٠٥	٠,٠٥	٠,٠٥
الـ EC (ملليمول/سم)	٠,٨	١,٠	١,٤	١,٦	٢,٠

[أ] يُعنى بذلك المحلول المغذى المبينة مكوناته فى جدول (٩-٩). يضبط الـ pH عند ٥,٥ لجميع مراحل النمو.

[ب] قد يتباين تركيز العنصر (الكالسيوم والمغنيسيوم والكبريت) حسب تركيز الكالسيوم والمغنيسيوم فى مصدر الماء، وكمية حامض الكبريتيك التى استعملت فى خفض الـ pH.

تقليم الجذور

تجرى عملية تقليم الجذور — فقط — فى حالة مزارع تقنية الغشاء المغذى، بهدف منع الجذور الكثيفة من سدّ مجارى المحلول المغذى (Hochmuth ١٩٩٠).

استعمال المنشطات الحيوية

يحظى موضوع المنشطات الحيوية Biostimulants باهتمام متزايد — من قبل لباحثين والمنتجين — فى مجال إنتاج الخضر ولا تخفى أهمية الاستفادة من تلك التقنيات الحديثة فى مجال الزراعات المحمية، سواء أكانت أرضية، أم لاأرضية، وسواء أكانت لاأرضية صلدة، أم مائية وكمثال على ذلك . وجد Gangé وآخرون (١٩٩٣) أن إضافة البكتيريا المنشطة للنمو النباتى *Pseudomonas fluorescens* (سلالة رقم ٦٣-٢٨) إلى البيت موس فى مزرعة طماطم لاأرضية قوامها البيت موس — عندما كانت الظروف البيئية غير مواتية للنمو النشط للطماطم — أحدثت زيادة قدرها ١٣,٣٪ فى المحصول الكلى، و ١٨,٢٪ فى محصول ثمار الدرجة الأولى، و ١١,١٪ فى متوسط وزن الثمرة

التغذية بغاز ثانى أكسيد الكربون

تعتبر التغذية بغاز ثانى أكسيد الكربون أمرًا بالغ الحيوية فى الدول الباردة التى تُوقف فيها عملية تهوية البيوت المحمية لفترات طويلة، (بسبب برودة الهواء الخارجى)، الأمر الذى يترتب عليه استنزاف غاز ثانى أكسيد الكربون الموجود فى هواء البيت وحتى فى المناطق المعتدلة التى تبدأ فيها تهوية البيوت — شتاءً — الساعة العاشرة صباحًا، أو التى قد تتأخر فيها تهوية البيوت المحمية إلى ما بعد الظهر فى الأيام الباردة فقد ظهر اتجاه نحو محاولة تعويض النقص الذى يحدث فى تركيز الغاز فى البيوت المحمية خلال تلك الفترات، أو حتى زيادة تركيزه عن المعدل الطبيعى، فى محاولة لاستثمار فترة التوقف عن التهوية فى زيادة معدل البناء الضوئى

ففى دول مثل هولندا والمملكة المتحدة يقل محصول الطماطم فى البيوت المحمية بنسبة تصل إلى ١٧٪ بسبب استنزاف غاز ثانى أكسيد الكربون، على الرغم من توفير كميات من الغاز نتيجة لحرق الغاز الطبيعى فى عملية التدفئة ويؤدى تزويد الصوبات بالغاز، إلى أن يصل إلى المستوى الطبيعى (٣٤٠ جزءًا فى المليون) — خلال فترة الإضاءة

نهارًا – إلى تجنب الفقد فى المحصول، مع استمرار تزايد المحصول باستمرار زيادة تركيز الغاز إلى حتى ١٠٠٠ جزء فى المليون، دون التأثير على متوسط وزن الثمرة (جدول ٩-١٤).

جدول (٩-١٤): تأثير زيادة تركيز غاز ثانى أكسيد الكربون فى هواء البيوت المحمية على محصول الطماطم ومتوسط وزن الثمرة (Van de Vooren ١٩٨٦).

تركيز الغاز	المحصول		وزن الثمرة
(جزء فى المليون)	(% من الشاهد)	(كجم / م٢)	(جم)
١٥٠	٧٢	٣,٩٢	٤٣
٢٤٥	١٠٠	٥,٤٢	٥٠
٤٣٠	١٢٢	٦,٦٢	٥١
٧٩٠	١٣١	٨,١٢	٥٦
١٥٠٠	١٣٢	٨,١٦	٥٥
٢٨٧٠	١٠٠	٥,٤٤	٥١

ولذا .. يوصى عند إحكام إغلاق الصوبات وتوقف التهوية بزيادة تركيز ثانى أكسيد الكربون حسب شدة الإضاءة ومرحلة النمو كما يلى (Oregon State University ٢٠٠٣):

الحالة	تركيز ثانى أكسيد الكربون بالجزء فى المليون
الجو الصحو	١٠٠٠
الجو الغائم	٧٥٠
النباتات الصغيرة	٧٠٠
فى وجود تهوية معتدلة	٣٥٠

ونقدم – فيما يلى – استعراضًا لعدد من الدراسات التى أجريت فى هذا الشأن:

○ فى المملكة المتحدة .. وجد Clack وآخرون (١٩٨٨) أن استجابة الطماطم لزيادة

– تركيز الغاز – صيف -- كانت خطية، حيث قدرت الزيادة فى محصول الثمار الصالحة للتسويق – فى المتوسط – بنحو ٢,٦٥ ± ٠,٢٠١ كجم/م^{2} من مساحة الصوبة لكل زيادة مقدارها ١٠٠ جزء فى المليون من الغاز فيما بين التركيزين ٣٢٠، و ٥٢٦ جزءا فى المليون

● وجد Lindhout & Pet (١٩٩٠) أن متوسط الزيادة الناشئة عن زيادة تركيز الغاز من ٣٢٠ إلى ٧٥٠ جزءًا فى المليون – مقدرة خلال ٥٥ يومًا من الزراعة فى ٩٦ صنفًا وسلالة من الطماطم، على أساس النسبة بين الوزن الجاف عند التركيز المرتفع من الغاز إلى الوزن الجاف عند التركيز المنخفض – كانت ٢,٣. وقد تباينت التراكيب الوراثية – معنويًا – فى تأثرها بزيادة تركيز الغاز.

● أدت زيادة تركيز الغاز (من ٣٤٠ جزءًا فى المليون إلى ٧٠٠ أو ١٠٠٠ جزء فى المليون) إلى خفض معدل النتح من الأوراق. وزيادة معدل البناء الضوئى فيها. ولكن لم يزدد إنتاج النبات من المادة الجافة إلا فى تركيز ٧٠٠ جزء فى المليون، مع توفر حرارة ٢٥°م نهارًا. و ١٦°م ليلاً (Behboudian & Lai ١٩٩٤).

● ويستدل من دراسات Lee & Lee (١٩٩٤ ب) أن زيادة تركيز الغاز إلى ٨٠٠ جزء فى المليون أدت إلى خفض معدل البناء الضوئى فى المراحل المبكرة من المعاملة بالغاز، ولكن البناء الضوئى انخفض إلى أقل من معدله الطبيعى (تحت ظروف التركيز الطبيعى للغاز) بعد ٣٠ يومًا من زيادة تركيز الغاز.

● كما تتأثر الاستجابة لزيادة تركيز غاز ثانى أكسيد الكربون بدرجة حرارة الجذور، ففى دراسة عرضت فيها نباتات الطماطم للغاز بتركيز ٣٣٠ أو ٨٠٠ جزء فى المليون (ميكرولتر/لتر). وعرضت فيها الجذور لحرارة ١٢°م، أو ١٨°م، أو ٢٤°م، أو ٣٠°م، أو ٣٦°م. وجد ما يلى (Yelle وآخرون ١٩٨٧):

١- كانت الزيادة فى النمو الخضرى – بزيادة تركيز الغاز – أكثر مع زيادة حرارة الجذور حتى ٣٠°م.

٢- أدى تركيز ٨٠٠ جزء فى المليون من الغاز إلى زيادة امتصاص النيتروجين بنسبة ٥٨٪ والبوتاسيوم بنسبة ٤٥٪

٣- حدث أعلى امتصاص للفوسفور فى تركيز ٨٠٠ جزء فى المليون من الغاز، مع تعريض الجذور لحرارة ٣٦°م.

٤- عندما كانت حرارة الجذور منخفضة أدت زيادة تركيز الغاز إلى زيادة النمو، ولكنها لم تؤثر على انتقال النترات إلى الأوراق.

٥- كان أفضل تأثير لزيادة تركيز الغاز على حرارة ٣٠°م هو زيادة انتقال النترات إلى النموات الخضرية.

● تزداد — كذلك — الاستجابة لزيادة تركيز ثانى أكسيد الكربون عندما يكون مستوى التغذية مثاليًا. دون زيادة مفرطة، أو نقص مؤثر على النمو (عن Yelle وآخرين ١٩٨٧).

● دُرس تأثير زيادة تركيز ثانى أكسيد الكربون من ٣٢٠ إلى ٧٥٠ جزءًا فى المليون على نمو نباتات الطماطم الصغيرة لستٍ وتسعين تركيبًا وراثيًا خلال الـ ٥٥ يومًا الأولى من الزراعة، ووجد أن تلك الزيادة أحدثت — كمتوسط عام — زيادة مقدرها ٢٣٠٪ فى نمو البادرات، إلا أن الاستجابة تباينات باختلاف التركيب الوراثى، حيث وجد تفاعل جوهرى للتركيب الوراثى × تركيز ثانى أكسيد الكربون (Lindhout & Pet ١٩٩٠).

● أدت زيادة تركيز غاز ثانى أكسيد الكربون فى هواء الصوبات المزروعة بالطماطم من التركيز الطبيعى (٣٥٠ جزء فى المليون) إلى ١٠٠٠ جزء فى المليون إلى زيادة محصول الثمار. إلاّ أن تلك الاستجابة تباينت باختلاف الأصناف وقد كان مرد تلك الزيادة إلى تغيرات فى توجه الغذاء المجهز من الجذور إلى الثمار وأظهرت أوراق نباتات الطماطم فى التركيز العالى لثانى أكسيد الكربون أعراضًا شبيهة بأعراض نقص البوتاسيوم والمغنيسيوم والمنجنيز مع التفاف قوى نحو الداخل وتشوه بنصل الورقة، مع ازدياد فى تلك الأعراض طوال فترة نمو المحصول. ولقد ارتبطت تشوهات الأوراق إيجابيًا مع المحصول الكلى، ومع تركيز البوتاسيوم والمنجنيز بها، هذا فى الوقت الذى انخفض

فيه تركيز البوتاسيوم فى الأوراق مع زيادة شدة تشوهاتها فى التركيز العال لثانى أكسيد الكربون (Tripp وآخرون ١٩٩١)

• وعلى الرغم من توصل عديد من الباحثين إلى أن الاستجابة لزيادة تركيز الغاز تزداد بزيادة مدة المعاملة خلال الفترة الضوئية، إلا أنه يبدو أن النباتات تتأقلم — فسيولوجيًا — خلال فترة زيادة الغاز، بحيث يتأثر معدل البناء الضوئى فيها — سلبيًا - خلال الفترات الأخرى من النهار التى لا تستمر خلالها المعاملة بالغاز (Longuenesse ١٩٩٠) هذا إلا أن دراسات Peet وآخرين (١٩٩١) أوضحت أن معدل البناء الضوئى — فى الطماطم خاصة — لا يتأثر بزيادة تركيز الغاز، أو بزيادة شدة الإضاءة (إلى ٤٠٠ ميكومول/م^{2} فى الثانية)، وأن ما يحدث هو إعادة توزيع نواتج البناء الضوئى تحت ظروف التركيز المرتفع من الغاز، بحيث تحصل النموات الخضرية — خاصة الثمار — على نصيب أوفى منها على حساب الجذور

• وجد — كما أسلفنا — أن الاستجابة لزيادة تركيز الغاز (إلى ١٠٠٠ جزء فى المليون) مردها إلى حصول النموات الخضرية على قدر أكبر من نواتج البناء الضوئى على حساب الجذور، مقارنة بما يحدث عند التركيز الطبيعى (٣٥٠ جزءًا فى المليون). وقد وجد الباحثون أن تلك الحالة أدت إلى ظهور التفاف إلى الداخل بالأوراق مصحوبًا بأعراض شبيهة بأعراض نقص الكالسيوم، والمغنيسيوم، والمنجنيز، ازدادت مع تقدم موسم النمو. وكانت مرتبطة إيجابيًا بالمحصول، وسلبيًا بتركيز البوتاسيوم فى الأوراق. وقد أرجع الباحثون ذلك إلى ضعف النمو الجذرى تحت ظروف التركيز المرتفع من ثانى أكسيد الكربون، بسبب انخفاض نسبة ما تحصل عليه الجذور من نواتج البناء الضوئى فى هذه الظروف (Tripp وآخرون ١٩٩١، و Peet وآخرون ١٩٩١).

• كما تؤكد دراسات Nederhoff وآخرون (١٩٩٣) أن زيادة تركيز الغاز خلال فترة الصيف تُحدث تشوهًا بالأوراق، وتؤدى إلى قصر طولها، ونقص مساحتها، وزيادة محتواها من النشا والمادة الجافة. وهى الظاهرة التى اطلقوا عليها اسم " Short Leaf

Syndrome" وقد اقترحوا معالجة هذه الحالة بزيادة الكثافة النباتية؛ ليكون لزيادة تركيز الغاز تأثير إيجابى على المحصول

● وتأكيدًا لذلك .. وجد Behboudian & Lai (١٩٩٤) أن زيادة تركيز الغاز إلى ١٠٠٠ جزء فى المليون أحدثت نقصًا فى تركيز العناصر الكبرى والصغرى بالأوراق عما فى معاملة الشاهد.

● وتعرَّض بادرات الطماطم — التى تنتج فى البيوت المحمية شتاءً لكى تشتل مبكرًا فى الحقل بعد ذلك – لمدة ثلاثة أسابيع قبل شتلها — لتركيز ٩٠٠ جزء فى المليون من غاز ثانى أكسيد الكربون (مع توفير إضاءة إضافية مقدارها ١٠٠ ميكرومول/م^{٢} فى الثانية فى المناطق التى تنخفض فيها شدة الإضاءة)؛ لأجل تحسين نموها بعد الشتل؛ حيث يزداد تراكم المادة الجافة بنسبة حوالى ٥٠٪ فى نمواتها الخضرية والجذرية، ويزداد محصولها المبكر بنسبة ١٥٪.

● كذلك يستدل من دراسات Tripp وآخرين (١٩٩٢) على أن زيادة تركيز الغاز إلى ١٠٠٠ جزء فى المليون لمدة ٨,١ ساعة يوميًا خلال النهار خفضت أعداد ذبابة البيوت المحمية البيضاء *Trialeurodes vaporariorum*. ولم يُرجع الباحثون هذا التأثير إلى زيادة تركيز الغاز بصورة مباشرة، وإنما إلى تأثير الغاز على مستوى الكربون والنيتروجين بالأوراق؛ حيث أدت زيادة تركيز الغاز إلى زيادة نسبة الكربون إلى النيتروجين، بينما تناسبت أعداد الذبابة سلبيًا مع تركيز الكربون وإيجابيًا مع تركيز النيتروجين.

● وتحت الظروف شبه الاستوائية يكون لوقف عملية التهوية شتاءً — بهدف زيادة تركيز غاز ثانى أكسيد الكربون صناعيًا — تأثير سيئ على محصول الطماطم. كما يكون للتظليل الجزئى للبيوت المحمية (بهدف الاستغناء عن عملية التهوية ليمكن زيادة تركيز الغاز) تأثير سيئ مماثل على المحصول. ففى دراسة ظللت فيها البيوت بدرجة أدت إلى حجب ٥٠٪ من الأشعة الشمسية (١٦٠–١٩٠ ميكرومول/م^{٢} فى الثانية)، أو تركت دون تظليل (٤٥٠–٥٥٠ ميكرومول/م^{٢} فى الثانية)، وأبقى فيها على تركيز ثانى

أكسيد الكربون الطبيعي (٣٠٠-٣٣٠ جزءًا في المليون)، أو زيد تركيزه بدرجة كبيرة (١٤٠٠-١٥٠٠ جزء في المليون) حُصِلَ على النتائج التالية (Carmi ١٩٩٣).

الصفة المقيسة	٥٠٪ تظليل و Co_2 عادي	٥٠٪ تظليل و Co_2 عال	إضاءة عادية و Co_2 عادي	إضاءة عادية و Co2 عال
معدل البناء الضوئي للورقة في وسط النهار (Co_2/م^2 في الثانية)	٥,٩	٩,٦	١٠,٧	١٥,٢
تراكم المادة الجافة في النموات الهوائية خلال ١٤٥ يومًا (جم)	٣٩٨	٢٣٥	٥٨٠	٣٤٧
المحصول المبكر محصول العناقيد السبعة الأولى (كجم/نبات)	٥,٧	٣,٢	٦,٨	٤,٦

• كانت زيادة تركيز ثاني أكسيد الكربون إلى ٨٠٠ جزء في المليون فعالة في زيادة المحصول المبكر للطماطم، وفي نقص نسبة الثمار المجوفة puffy إلى الثمار الطبيعية. وذلك مقارنة بالوضع في التركيز العادي لثاني أكسيد الكربون (Lee & Lee ١٩٩٤)

• درس Behboudian & Tod (١٩٩٥) تأثير زيادة تركيز غاز ثاني أكسيد الكربون إلى ١٠٠٠ جزء في المليون قبل الحصاد على نوعية الثمار وخصائصها الفسيولوجية بعد الحصاد. ووجدا أنها أحدثت تغيرات مرغوبة تمثلت في بطء نضج الثمار، ونقص معدل تنفسها ومعدل إنتاجها من الإثيلين، وزيادة محتواها من السكروز، والجلوكوز، والفراكتوز، والمواد الصلبة الذائبة الكلية، والنيتروجين، والفوسفور، والبوتاسيوم، ولكن محتواها من الكبريت، والكالسيوم، والمغنيسيوم كان أقل مما في الثمار التي تعرضت للتركيز الطبيعي من الغاز قبل الحصاد.

• توضح دراسات Longuensse (١٩٩٠) عدم وجود فرق في التأثير على الطماطم بين التغذية بغاز ثاني أكسيد الكربون النقي بتركيز ١٠٠٠ جزء في المليون لمدة ٦ ساعات يوميًا. وبين الزيادة في تركيز الغاز التي تحدث نتيجة إطلاق عوادم المحروقات

المستعملة للتدفئة، والتى يترتب عليها زيادة تركيز الغاز إلى نحو ٢٥٠٠ جزء فى المليون لمدة ٢-٣ ساعات فى الصباح الباكر

● أحدثت زيادة تركيز ثانى أكسيد الكربون فى هواء البيت المحمى لمزرعة طماطم بتقنية الغشاء المغذى زيادة جوهرية فى وزن الثمار، وفى محتواها من كل من السكريات الكلية والمختزلة أثناء تطورها، مقارنة بالوضع فى ثمار الكنترول. ولقد كان نشاط إنزيم الـ sucrose synthase أعلى جوهريًا فى ثمار معاملة التركيز العالى لثانى أكسيد الكربون، وذلك حتى ٥٠ يومًا من تفتح الزهرة؛ بينما حدث انخفاض تدريجى لنشاط هذا الإنزيم فى ثمار الكنترول وقد رافق هذا الانخفاض فى نشاط الإنزيم انخفاض فى تركيز السكروز. هذا فى الوقت الذى استمر فيه نشاط إنزيم الـ sucrose-phosphate synthase ثابتًا نسبيًا أثناء نمو الثمرة فى مختلف المعاملات ولم تختلف جوهريًا بينها (Islam وآخرون ١٩٩٥)

● أدت زيادة تركيز ثانى أكسيد الكربون فى البيوت المحمية أثناء إنتاج الطماطم إلى انخفاض محتوى الثمار جوهريًا من كل من أحماض الستريك، والماليك، والأوكساليك، ولكن مع زيادتها جوهريًا فى كل من السكريات المختزلة ونشاط الـ acid invertase، وذلك عند الحصاد وأثناء التخزين على ٢٠°م. كذلك أدت معاملة زيادة تركيز ثانى أكسيد الكربون إلى زيادة دكنة اللون الأحمر بالثمار وأثناء التخزين (Islam وآخرون ١٩٩٥)

● وُجد أن زيادة تركيز غاز ثانى أكسيد الكربون فى هواء البيوت المحمية لزارع تقنية الغشاء المغذى للطماطم -- إلى ٧٠٠-٩٠٠ جزء فى المليون أدت إلى خفض محتوى الثمار من أحماض الستريك والماليك والأوكساليك، وإلى ارتفاع محتواها من حامض الأسكوربيك والفراكتوز والجلوكوز، وإلى زيادة نشاط إنزيم الـ sucrose synthase بها عما فى ثمار الكنترول ولقد حفزت زيادة تركيز ثانى أكسيد الكربون من نمو الثمار وتلونها أثناء تطورها هذا بينما لم تكن هناك فروقًا جوهرية بين المعاملات فى صلابة الثمار، أو فى تركيز السكروز بها (Islam وآخرون ١٩٩٦).

● أدت زيادة تركيز ثانى أكسيد الكربون أثناء النهار (إلى ١٢٠٠ ميكرومول/مول) إلى زيادة نمو نباتات الطماطم فى المراحل المبكرة لنموها، إلا أن هذا التحسن فى النمو بزيادة تركيز الغاز لم يستمر إلا عندما نُميت النباتات تحت شدٍّ ملحى قدره ٧ ديسى سيمنز/م. وهو التركيز الذى يستخدم لتحسين نوعية ثمار الطماطم. ففى غياب معاملة زياده تركيز ثانى أكسيد الكربون انخفض النمو العام بالشدِّ الملحى إلى ٥٨٪ وانخفض محصول الكتلة الحيوية بمقدار ٥٣٪. مقارنة بما حدث فى نباتات الكنترول، إلاّ أنه بزيادة تركيز الغاز لم تنخفض الكتلة الحيوية الكلية جراء التعرض للملوحة العالية وأدت معاملة زيادة ثانى أكسيد الكربون للنباتات النامية تحت ظروف الشدِّ الملحى إلى زيادة الوزن الطازج الكلى بنحو ٤٨٪، مع المحافظة على جودة الثمار فيما يتعلق بالمواد الصلبة الذائبة الكلية، والجلوكوز، والحموضة، كما كان نضج الثمار أبكر بمقدار ١٠ أيام لدى زيادة تركيز الغاز ولذا . فإنه يعتقد أن الجمع بين زيادة تركيز غاز ثانى أكسيد الكربون مع الرى بالماء الملحى يؤدى إلى إنتاج ثمار مبكرة عالية الجودة دون أن يتأثر المحصول الكلى جراء معاملة الملوحة (Li وآخرون ١٩٩٩أ).

● استجابت الطماطم لزيادة تركيز ثانى أكسيد الكربون فى المراحل المبكرة لنموها (ثلاثة أسابيع من الزراعة) بحدوث زيادة كبيرة فى معدل بنائها الضوئى. ولكن تلك الزيادة توقفت بعد ١٠ أسابيع من الزراعة فى النباتات التى لم تتعرض لشدٍّ ملحى، حيث انخفضت بشدة معدلات البناء الضوئى، وكفاءة الـ carboxylation بالأوراق. هذا إلاّ أن تلك الظواهر كانت أقل حدوثًا عندما كانت النباتات نامية تحت ظروف شد ملحى عالٍ (٧ ديسى سيمنز/م)؛ ومن ثم زاد محصولها — تحت ظروف الملوحة — عما فى النباتات التى لم تتعرض لتركيز عالٍ من ثانى أكسيد الكربون (Li وآخرون ١٩٩٩ ب).

● أمكن إنتاج الطماطم بنجاح — فى ظروف حجرات النمو — فى مستوى ملوحة (خليط من الأملاح) قدره ٠ ديسى سيمنز/م عندما ضُخ ثانى أكسيد الكربون ليصل تركيزه إلى ١٢٠٠ ميكرومول/مول أثناء النهار؛ حيث لم يتأثر النمو النباتى الكلى سلبًا بالملوحة،

وإنما ازداد فى ظروف التركيز العالى لثانى أكسيد الكربون مع الملوحة، وازداد المحصول بنسبة ٤٨٪، وحافظت الثمار على جودتها فيما يتعلق بكل من المواد الصلبة الذائبة الكلية والجلوكوز والحموضة وقد أدت زيادة تركيز ثانى أكسيد الكربون إلى تبكير الحصاد بنحو ١٠ أيام دون أن يكون لمعاملة الملوحة أية تأثير. وقد اقترح أن الجمع بين استعمال الماء الملحى فى الرى وزيادة تركيز غاز ثانى أكسيد الكربون ربما يعمل على إنتاج ثمار طماطم جيدة النوعية دون أن يحدث نقص فى المحصول جراء استعمال الماء الملحى فى الرى (Li وآخرون ١٩٩٩).

● وجد أن معدل البناء الضوئى لنباتات الطماطم يزداد بزيادة تركيز ثانى أكسيد الكربون بين ٤٠٠، و ١٠٠٠ جزء فى المليون، وذلك عند وضع الأنابيب البلاستيكية المثقبة فى مستوى عالٍ بالنسبة للنمو النباتى (Elıngs وآخرون ٢٠٠٧).

● أدت زادة تركيز ثانى أكسيد الكربون فى البيوت المحمية المهواة إلى التركيز الخارجى الطبيعى (٣٥٠-٤٥٠ جزءًا من المليون)، أو زيادة حركة الهواء داخل الصوبة المهواة إلى ١,٠م/ثانية، أو كلا المعاملتين معًا إلى زيادة البناء الضوئى جوهريًا فى الطماطم (Thongbai وآخرون ٢٠١٠).

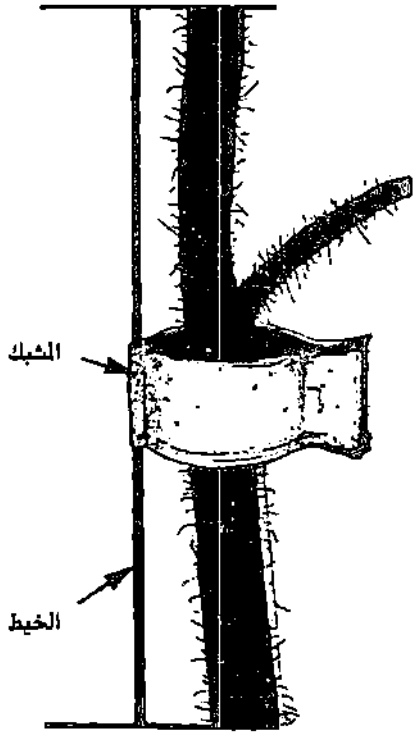
تربية وتقليم (سرطنة) النباتات

يمكن أن يصل طول نبات الطماطم فى الزراعات المحمية إلى ١٠ أمتار أو أكثر خلال فصل النمو الذى يمتد لعشرة شهور، إلا أن المترين أو الثلاثة أمتار العلوية فقط من النبات هى التى تحمل أوراقًا وأزهارًا وثمارًا، كما تجرى معظم العمليات الزراعية على هذا الجزء. لذا .. يجب أن يكون وضعه فى متناول اليد وتعرف عملية توجيه النبات لكى يصبح الجزء العلوى منه دائمًا فى متناول اليد باسم التربية Traıning.

تُربط نباتات الطماطم وهى صغيرة فى خيوط تتدلى من الأسلاك الأفقية التى تمتد أعلى خطوط الزراعة، وقد يستبدل بذلك ربط الخيوط المدلاة هذه مع خيوط أخرى افقية تمتد على سطح التربة بطول خط الزراعة أو بربطها فى قطع سلكية قصيرة

تغرس فى التربة بجوار النباتات. وفى كل الحالات يربى النبات رأسيًا على ساق واحدة بتوجيهه على الخيط على فترات متقاربة، على أن يكون ذلك فى اتجاه واحد. حتى لا يحدث ارتخاء لساق النبات فى مرحلة متقدمة من النمو عندما يزيد حمل الثمار

ويفضل ربط النباتات إلى الخيط فى ٣-٤ مواضع على امتداد الساق باستعمال مشابك خاصة، مع جعلها تحت أعناق الأوراق مباشرة للعمل على زيادة تثبيت النباتات فى مكانها بالخيوط (شكل ٩-٦). هذا .. ويراعى عدم وضع هذه المشابك أسفل العناقيد الزهرية، حتى لا يؤدى ذلك إلى كسر العنقود تحت ثقل الثمار عند نضجها.



شكل (٩-٦): مكان وضع المشابك Clamps أسفل عنق الورقة للعمل على زيادة تثبيت النباتات فى مكانها بالخيوط.

ومن الضرورى إزالة جميع الأفرع الجانبية التى تنمو فى آباط الأوراق فى المراحل المبكرة من نموها؛ حتى يمكن تربية النباتات على ساق واحدة. وتعرف هذه العملية باسم "السرطنة". تُزال هذه الأفرع عندما يصل طولها إلى نحو ٢,٥ سم؛ حيث يكون من السهل قطعها. ويؤدى تركها لتنمو أكثر من ذلك قبل التخلص منها إلى إهدار غذاء النبات فيما لا طائل من ورائه؛ فضلاً على زيادة المسطحات النباتية المجروحة عند إزالة الأفرع بعد كبر حجمها. ويفضل إجراء هذه العملية فى الساعات المبكرة من الصباح فى يوم مشمس؛ لأن ذلك يساعد على سهولة نزع الأفرع الجانبية وجفاف والتئام مكان الجرح بسرعة. وفى حالة وجود إصابة بفيرس موزايك التبغ يفضل وضع الأيدى فى محلول الصابون بعد سرطنة النباتات المصابة؛ لأن هذا الفيرس ينتقل ميكانيكيًا بالملامسة.

وبدراسة تأثير طول الفترة بين كل عملية سرطنة (للتخلص من النموات الجانبية) وأخرى فى الطماطم على قوة نمو النباتات ومحصول الثمار، وجد ما يلى:

١- عندما أجريت السرطنة كل ٢١ يومًا حدث انخفاض فى كل من قوة النمو وقطر الساق. وكذلك عدد الثمار المنتجة بالمتر المربع؛ وبالتالى انخفض المحصول جوهريًا. كذلك تأخر الحصاد عما فى معاملة الكنترول.

٢- عندما أجريت السرطنة أسبوعيًا — حتى مع إزالة النموات الجانبية القريبة من القمة النامية — انخفضت قوة النمو، ولكن لم يتأثر المحصول.

ولذلك .. فإن إجراء عملية السرطنة يفضل أن يكون ما بين كل ٧، و ١٤ يومًا تبعًا لظروف المناخ، وموسم النمو، وقوة نمو الصنف المزروع (Navarrete & Jeanneqùin ٢٠٠٠).

إن نباتات الطماطم تبدأ فى النمو السمبوديل sympodial growth بمجرد تفتح الأزهار الأولى فى التكوين، وتكون عديدًا من النموات الجانبية التى تنافس الثمار النامية على الغذاء المجهز والعناصر المتصة، وربما تعمل على تظليل الأوراق الأساسية، فتقلل

بذلك من عملية البدء سنوئى. وعقد الثمار ولذا يستوجب الأمر التخلص من تلك النموات كل ٧ أيام وبحد أقصى ١٤ يوم حتى لا يتأثر المحصول

تجرى عملية إزالة النموات يدويًا. وهى عملية مكلفة. وقد تؤدى إلى الإضرار بالنباتات. فضلاً عن نشرها للإصابات المرضية.

وقد جُرّب استعمال منظمات نمو لأجل الحد من تلك النموات الجانبية، مما يقلل الحاجة إلى عملية "السرطنة" اليدوية، مما يخفض من تكلفتها، وقد تؤدى إلى زيادة المحصول

ومن بين منظمات النمو التى تمت تجربتها، ما يلى:

١- حامض الأبسيسك: يُثبط الحامض نمو البراعم الجانبية، ولكنه لا يكون تام الفاعلية مع الطماطم حتى مع تكرار المعاملة

٢- مثبط تمثيل الإثيلين aminoethoxyvinylglycine (اختصارًا: AVG): يثبط هذا المركب — كذلك — نمو البراعم الجانبية

٣- إندول حامض الخليك indole acetic acid ينتج هذا الهرمون فى البرعم القمى وينتقل إلى أسفل فى الساق، حيث يفرض السكون على البراعم الجانبية فى معظم النباتات وقد وجد أن الحامض الأمينى كانالين canaline — الذى يشبه فى تركيبه المركب AVG — يحفز انتقال إندول حامض الخليك فى الطماطم، مما يثبط نمو البراعم الجانبية.

وبذا فإن المثبطات مثل الـ AVG والكانيلين يمكنها منع نمو البراعم الجانبية مباشرة بتثبيطها لانقسام الخلايا فى تلك البراعم. أو بطريق غير مباشر بزيادتها لانتقال إندول حامض الخليك الذى يفرض السيادة القمية.

وحتى إذا كانت تلك المعاملات تنجح فى تثبيط نمو البراعم الجانبية، فإنه قد يكون لها تأثيرات سلبية على الإزهار وعقد الثمار ونموها، وقد يحتاج الأمر تكرار المعاملة عدة مرات ولذا فإن المركبات التى تعمل على قتل البراعم الجانبية وأنسجتها الميرستيمية قد تكون أكثر فائدة

ولقد استعمل التحضير التجارى Off-Shoot-O — وهو عبارة عن مخلوط من إسترات مثيل أحماض دهنية — بنجاح فى منع النمو الجانبى بعد قطع النمو القمى فى التبغ، وذلك بتعطيله لوظائف الأغشية الخلوية فى خلايا الطبقة السطحية، دون أن نفاذه عميقًا فى النسيج. وكذلك أعطى ذلك المنتج التجارى نتائج جيدة مع الطماطم حيث منع الفروع الجانبية (عن Logendra وآخرين ٢٠٠٤ أ).

وقد أدت معاملة آباط أوراق الطماطم — فقط — ومباشرة — بمخلوط من إسترات أحماض دهنية (C8/C10) إلى منع نمو الفروع الجانبية وتطورها جوهريًا؛ حيث انخفض عدد الفروع الجانبية من ٨,٩/نبات فى الكنترول إلى ٠,٧ فقط/نبات فى النباتات المعاملة. مع انخفاض فى وزن الأجزاء المزالة من ٤٠,٢ جم/نبات إلى ١,٣ جم/نبات. وزيادة المحصول بمقدار ١٤٪. وبينما احتاجت النباتات غير المعاملة إلى سرطنتها ثلاث مرات خلال فترة الإنتاج. فإن النباتات المعاملة لم تُسرطن سوى مرة واحدة وقت إجراء المعاملة. كذلك أعطى استعمال الأحماض الدهنية C8/C10 (وليس إسترات مثيل الأحماض الدهنية C8/C10) نتائج مماثلة (Logendra وآخرون ٢٠٠٤أ).

وفى حالة وجود بعض الجور الغائبة، فإنه يمكن انتخاب أفرع قوية من نباتات "الجور" المجاورة لتحل محل النباتات الغائبة، وتربى رأسيًا على الخيوط الخاصة بها.

ويستمر توجيه النباتات على الخيوط؛ حتى تصل إلى السلك العلوى، ويعرف ذلك بالتربية الرأسية.

ومع تقليم النبات ليصبح على ساق واحدة، يتم لفه حول الخيط الداعم لنموه الرأسى. ويمكن إجراء عمليتى التقليم واللف فى آن واحد قبل الانتقال لنبات جديد ويجب أن يكون اللف دائمًا فى نفس الاتجاه، وإلاّ فإن النبات سوف ينزلق لأسفل على الخيط بعدما يزداد فيه حمل الثمار. وقد تكسر ساقه. ويفضل البعض استعمال كلبسات بلاستيكية توضع تحت مستوى الأوراق لدعم النبات رأسيًا، إما مع اللف أو بدونه.

عند إجراء التربية الرأسية للطماطم يراعى أن يكون السلك العلوى على ارتفاع ٢١٠

سم. وأن تقطع خيوط بطول ٥ ٤م يربط أحد طرفيها ربطة واسعة عند قاعدة الساق، ويترك باقى الخيط ليتدلى من على السلك بعد ربطه به ويستفاد من الزيادة فى طول الخيط للسماح بإمالة النباتات نحو الأرض إلى أن ترقد أجزاء الساق التى حُصدت ثمارها وقلمت أوراقها على الأرض، مع بقاء الجزء العلوى من الساق قائمًا حتى السلك العلوى. يجب أن يكون هيكل الصوبة قادرا على حمل نباتات الطماطم وما بها من ثمار، وأن يكون السلك قادرًا على حمل حوالى ثلاثة أطنان من ذلك الحمل لكل ٦٠٠ نبات.

ويجب الحرص عند إمالة النباتات بعد وصولها إلى السلك العلوى، فيمسك بالساق جيدًا باليد اليسرى فوق النبات مباشرة، ثم تفك عقد الخيط من السلك باليد اليمنى، ويسمح فى الوقت ذاته بإمالة النبات لأسفل حوالى ٦٠ سم تحت السلك مع تحريك الخيط نحو اليمين يجب أن تكون إمالة النبات برفق حتى لا يتكسر، مع إمالة النباتات كلها فى نفس الاتجاه. ويراعى الهبوط بالنباتات إلى نفس الارتفاع حتى لا تظلل بعضها بعضًا وتكرر هذه العملية فى كل مرة تنمو فيها النباتات لأعلى عن مستوى السلك. وذلك أحد الأسباب التى تجعل من الأفضل زراعة محصولين فى السنة عن محصول واحد نخطر فيه لإجراء عملية الإمالة (Snyder ٢٠٠١).

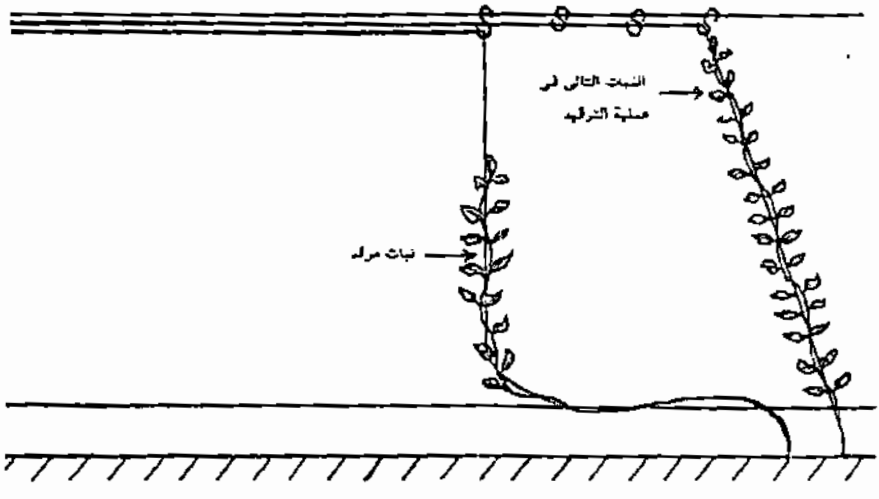
وعلى الرغم من تعدد طرق التربية الرأسية، فإن أبسطها وأكثرها شيوعًا هو ترك النباتات بعد وصولها إلى السلك العلوى، دون إجراء أية سرطنة إضافية. وقد تقطع القمة النامية للنبات بعد ذلك بقليل.

وقد تُربى النباتات بحيث ترفع القمة النامية عن السلك بنحو ٣٠ سم، ثم توجه على الخيط المجاور لأسفل، حتى تصل إلى مسافة ٩٠ سم من الأرض، حيث توجه بعد ذلك إلى أعلى ثانيًا على الخيط الأصلى. وتعرف هذه الطريقة باسم Dutch Back System.

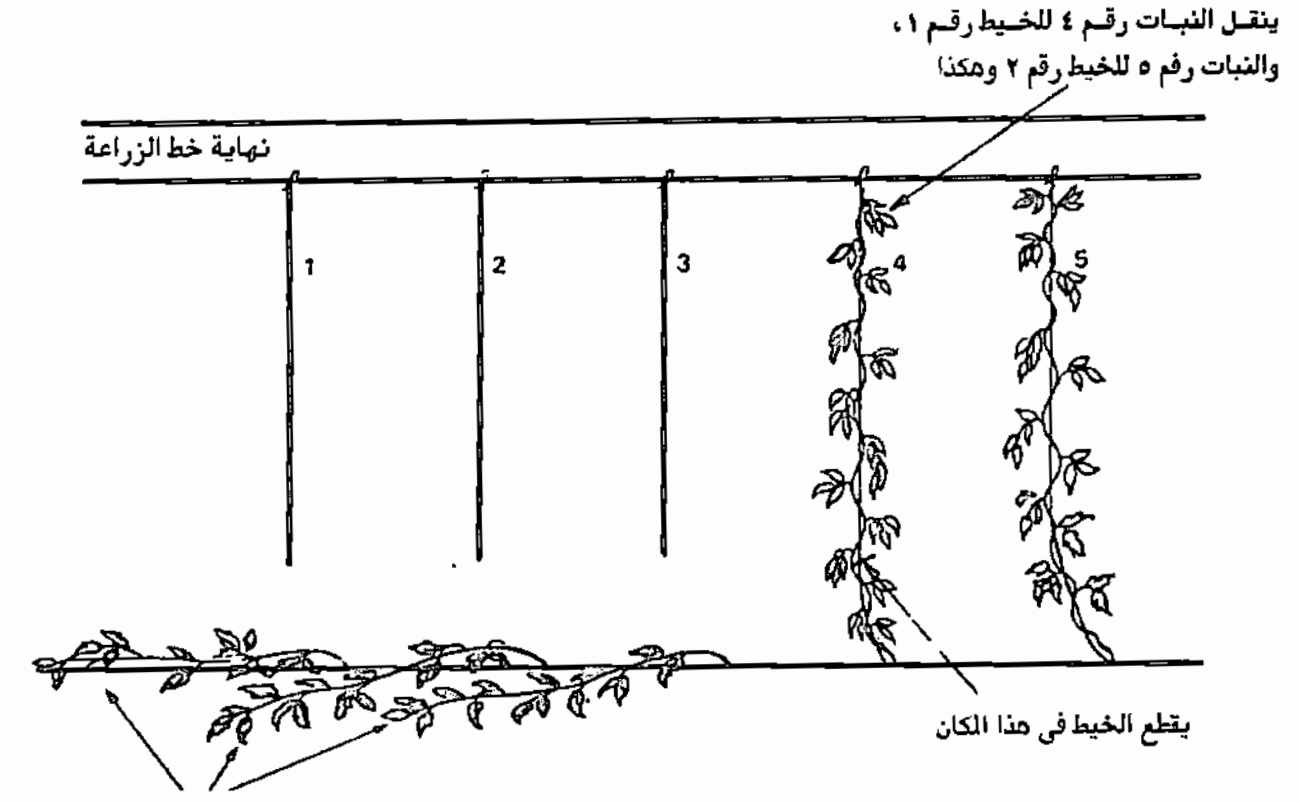
وفى طريقة أخرى للتربية يرخى الخيط عند اقتراب النباتات من السلك العلوى، ويخفض النبات نحو ٨٠ سم. ويكرر ذلك كلما اقتربت القمة النامية من السلك العلوى ويتطلب ذلك استعمال خيط بطول مناسب منذ البداية، ليمكنه استيعاب كل النمو

النباتى. ونظرًا لأن الثمار السفلية يكون قد تم جمعها، والأوراق السفلية تكون قد أزيلت؛ لذلك فإنه يمكن دفن الجزء السفلى من الساق فى التربة، مع الحذر حتى لا تكسر الساق. وإذا حدث وكسرت الساق جزئيًا، فإنه يجب دفنها جيدًا فى التربة لتشجيع تكوين جذور عرضية، مع ضرورة رى التربة جيدًا فى تلك المنطقة. هذا .. ويجب أن يبقى دائمًا نحو ١٢٠ سم من النمو الخضرى والعناقيد الزهرية فى الجزء العلوى من النبات (عن Resh ١٩٨١). وتعرف هذه الطريقة للتربية باسم طريقة الترقيد Layering method. وتوجد منها عدة نظم؛ منها الـ Hook Layering (شكل ٩-٧)، والـ Sorenson method (شكلا ٩-٨، ٩-٩) (عن Fuller ١٩٧٣).

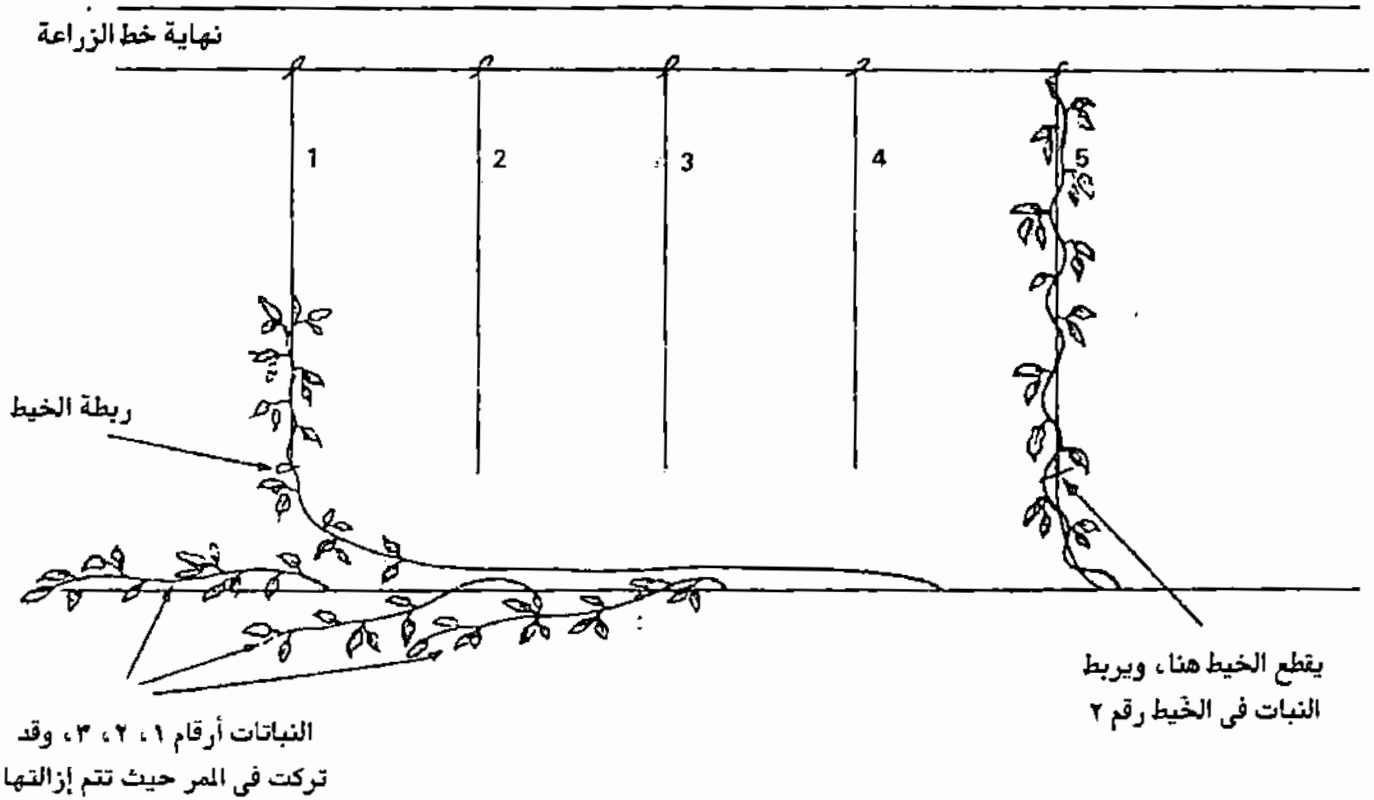
وقد استحدثت فى اليابان طريقة جديدة لتربية وتقليم الطماطم تتلخص فى تكرار إزالة القمة النامية للنبات. تُزال القمة النامية لأول مرة بعد تكوين ورقتين أعلى العنقود الزهرى الثانى. يؤدى ذلك إلى نمو فرع جانبى من البرعم الموجود فى إبط الورقة التى تقع أسفل العنقود الأول مباشرة. يوجه هذا الفرع الجديد على الخيط، ثم تُزال قمته النامية بالطريقة السابقة نفسها ... وهكذا.



شكل (٩-٧): تربية نباتات الطماطم بعد أن تصل إلى السلك بطريقة الـ Hook layering.



شكل ٩-٨) تربية نباتات الطماطم بعد أن تصل إلى السلك بطريقة Sorenson



(شكل ٩-٩): تابع تربية نباتات الطماطم بعد أن تصل إلى السلك بطريقة Sorenson

يؤدى هذا النظام فى تربية وتقليم النباتات إلى زيادة المحصول بنسبة ٣٣٪-٤٩٪، مقارنة بالنظام العادى الذى تُزال فيه جميع الفروع الجانبية. وتكون النباتات المربـاة بهذا الطريقة أقوى نمو وأغزر إنتاجًا (عن Kanahama ١٩٩٤)

هذا ولزيادة عدد الفروع/نبات عيوبها ومزاياها، وعيوبها أكثر من مزاياها، ويفضل عدم اللجوء إلى هذا الإجراء إلا عند غياب الجور المجاورة، أو عندما تكون الكثافة النباتية منخفضه أصلا فقد وجد Cockshull & Ho (١٩٩٥) أن تربية فروع إضافية (إلى جانب الساق الرئيسية للنبات) أدت إلى نقص المحصول المبكر الصالح للتسويق، على الرغم من أنها أدت إلى زيادة عدد الثمار المنتجة/م٢، وزيادة المحصول الكلى الصالح للتسويق ولكن لم تحدث الزيادة الأخيرة إلا عندما كانت الكثافة النباتية منخفضة (٢,٠٤ نبتا/م٢، مقارنة بالكثافة العالية: ٣,٠٦ نبات/م٢). وبصورة عامة .. فإن تربية فروع جانبية إضافية أدت إلى نقص متوسط وزن الثمرة، ونقص نسبة محصول الثمار الكبيرة الحجم المطلوبة، ولكن مع ازدياد تجانس حجم الثمار خلال موسم الحصاد فى حالة الكثافة النباتية المنخفضة.

ومع قرب انتهاء موسم الحصاد يفضل ترك بعض الفروع الجانبية عند مستوى السلك حامل المحصول، لأجل تظليل العناقيد العلوية وحمايتها من الإصابة بلفحة الشمس.

نظام العنقود الثمرى الواحد للتربية

اقترح نظام العنقود الثمرى الواحد لإنتاج الطماطم فى المزارع المائية بهدف الإنتاج على مدار العام، بزراعة المحصول ما لا يقل عن خمس مرات فى السنة. يتميز هذا النظام بسهولة تداول النباتات أثناء التقليم، والتلقيح، والرش، والحصاد، وبتعظيم الاستفادة من الضوء الطبيعى والإضاءة الإضافية، وزيادة كفاءة العمال، وزيادة كفاءة استغلال المكان بالنظر إلى أن النباتات تنمو على بنشات متحركة

وتعد أكبر مساوئ هذا النظام عدم الاستفادة من الحيز الرأسى للبيت المحمى بشكل جيد، نظرًا لأن النباتات تُزال تمامًا بعد حصاد العنقود الأول وبذا . فإن الاستفادة لا

تكون بالقدر الممكن من البذور والصوف الصخرى والأسمدة ... إلخ، وكذلك من الطاقة المستنفذة لإيصال النباتات إلى مرحلة الإنتاج. هذا .. فضلاً عن إنه بمجرد إعداد النبات لإنتاج عنقود واحد، فإن أى ضرر قد يحدث لهذا العنقود أثناء التلقيح أو السرطنة أو أى عملية زراعية أخرى يترتب عليه وجود نبات بدون ثمار. كذلك فإن إدارة الزراعة تكون أكثر تعقيدًا بالنظر لوجود أكثر من محصول فى مراحل مختلفة من تطورها فى الصوبة الواحدة (عن Logendra وآخرين ٢٠٠١).

وفى محاولة لتحديد أفضل عدد من العناقيد التى يسمح بإنتاجها من محصول الطماطم المحدود العدد من العناقيد، وأفضل كثافة نباتية للزراعة، وجد ما يلى:

١- ازداد محصول الثمار عند السماح بإنتاج عنقودين بالنبات بمقدار ٣٠٪-٤٠٪ عن المحصول عند السماح بإنتاج عنقود واحد، ولم يختلف النظامين اختلافًا يُذكر فى تواريخ الحصاد ومدته.

٢- لم يختلف محصول الثمار عند السماح بإنتاج ثلاثة عناقيد بالنبات جوهريًا عن المحصول عند السماح بإنتاج عنقودين، بينما تأخر الحصاد بمقدار خمسة أيام.

٣- أثرت الكثافات النباتية ٥,٥، و ٧,٤، و ٩,٢ نبات/م٢ على محصول كل نبات على حدة لكنها لم تؤثر على المحصول من وحدة المساحة.

وباعتبار تكلفة البذور والعمالة التى تلزم للزراعة الكثيفة، فإنه يوصى بأن تكون كثافة الزراعة ٥,٥ نبات/م٢، مع السماح بحصاد عنقودين ثمريين، والإبقاء على ورقتين أعلى العنقود الثانى (Logendra وآخرون ٢٠٠١).

إزالة الأوراق السفلية

تتم إزالة الأوراق السفلية لنبات الطماطم بطريقة روتينية فى الزراعات المحمية من أجل تقليل احتمالات الإصابة بالأمراض (عن طريق تحسين التهوية بزيادة حركة الهواء حول قاعدة النباتات). وتبكير نضج الثمار، وتسهيل التعامل مع النباتات، وتسهيل عملية الحصاد بكشف العناقيد الثمرية. تتم إزالة الأوراق حتى مستوى العنقود الذى

أوشكت ثماره على النضج؛ ويعنى ذلك أن بعض الأوراق تتم إزالتها قبل أن تظهر عليها أعراض الشيخوخة Senescence بوضوح.

يقل كثيرًا إسهام الأوراق السفلية لنباتات الطماطم فى تجهيز الغذاء؛ لدرجة أن إزالة تلك الأوراق وحتى ثانى عنقودين – بعد العنقود السفلى الذى يحمل ثمارًا فى مرحلة النضج – لم يؤثر على المحصول المنتج مقارنة بالمحصول فى حالة الاكتفاء بإزالة الأوراق التى توجد أسفل العنقود الذى يحمل ثمارًا فى مرحلة النضج، وربما كان مرد ذلك إلى ضعف نفاذية الضوء إلى الأوراق السفلى؛ مما يجعل إسهامها فى البناء الضوئى ضعيفًا (Adams وآخرون ٢٠٠٢).

ومع أن الأوراق السفلية لا يصل إليها القدر الكافى من الإضاءة لجعلها مفيدة للنبات (من خلال عملية البناء الضوئى) أكثر من كونها عالة عليه (من خلال استهلاكها للغذاء بالتنفس)، إلا أن لإزالة الأوراق أكثر مما يجب تأثيراتها السلبية على النبات، فهى تؤخر الإزهار، وتقلل المحصول المبكر والكلى؛ لذا لا ينبغى أن تزال الأوراق لأكثر من مستوى العنقود الحامل لثمار ناضجة

وعموما فإن المستوى يتحدد بكثافة الزراعة، وبمدى النقص فى تركيز غاز ثانى أكسيد الكربون فى هواء البيت؛ فتكون إزالة الأوراق أكثر فاعلية عند زيادة كثافة الزراعة؛ حيث تقل شدة الضاءة التى تصل إلى الأوراق السفلية، وعندما ينخفض تركيز ثانى أكسيد الكربون؛ وهو الأمر الذى يحدث عندما تظل البيوت مغلقة لفترة طويلة أثناء النهار بسبب انخفاض درجة الحرارة فى الجو الخارجى (Slack ١٩٨٦)، وكذلك عند الرغبة فى زراعة عروة جديدة – بين النباتات النامية – لكى تتوفر الإضاءة للشتلات الجديدة.

وينتج نبات الطماطم – عادةً – بين ٦ و ٨ أوراق قبل العنقود الزهرى الأول، وكلما قل العدد (لأسباب وراثية أو بيئية) كان النبات أكثر تبكيرًا فى الأزهار. ويتأثر عدد الأوراق المتكونة قبل العنقود الزهرى الأول بعديد من العوامل البيئية (Dielemsn & Heuvelink ١٩٩٢).

تُزال الأوراق بثنيها — من قاعدتها — سريعًا إلى أعلى، ثم تُرش النباتات بأحد المبيدات الفطرية المناسبة لأجل وقايتها من الإصابة بالفطر *Botrytis cinerae*، الذى ينتشر بكثرة فى وجود الجروح التى تنشأ عن إزالة الأوراق. ويتم التخلص من الأوراق المزالة خارج البيت؛ حتى لا تكون مصدرًا لانتشار الأمراض.

وتتم عملية خف الأوراق فى نفس وقت عملية إمالة وخفض وترقيد الجزء السفلى من سيقان النباتات عند وصول قمتها إلى السلك العلوى. وقبل إمالة النباتات تتم إزالة حوالى ٤–٦ أوراق من تلك التى توجد بقاعدة الساق. ومن المفضل أن تكون إزالة الأوراق بالقص أو بالقصف اليدوى، بحيث لا تترك وراءها قواعد لحمية أو جروح كبيرة تكون منفذًا للإصابات المرضية. كذلك يتعين التخلص من العناقيد التى قطفت منها الثمار بذلك الجزء من الساق. يلى ذلك إما إمالة الساق بحيث تصبح هناك مسافة ٢٠–٢٥سم بين أرضية الصوبة وأول الأوراق. ويعنى ذلك — عادة — خفض النباتات بمقدار ٤٥–٦٠ سم. ويفضل إجراء عملية الإمالة تلك كل نحو ١٠–١٤ يومًا، لكى لا تكون هناك ضرورة لإزالة عدد كبير من الأوراق مرة واحدة.

ويتعين التخلص من الأوراق المزالة فى حفرة خارج الصوبة، مع تنظيف أرضية الصوبة من أى مخلفات نباتية قد تتجمع عليها (Hochmuth ١٩٩٠).

تحسين عقد الثمار

يقل أحيانًا عقد ثمار الطماطم فى الزراعات المحمية بسبب عدم توفر الرياح التى تحدث اهتزازات فى النباتات، وتساعد على انتقال حبوب اللقاح من الأنبوبة السدائية لميسم الزهرة. وتزداد حدة هذه الحالة عند انخفاض شدة الإضاءة، مع انخفاض درجة الحرارة كما فى المناطق الباردة شتاءً حيث يقل إنتاج حبوب اللقاح، وتصبح متكتلة، كما تميل مياسم الأزهار إلى البروز من الأنبوبة السدائية، وجميعها عوامل تقلل من فرصة وصول حبوب اللقاح إلى مياسم الأزهار لإحداث العقد. وتعالج هذه الحالة بعدة وسائل كما يأتى بيانه.

إحداث اهتزازات بتيار قوى من الهواء

يتم توجيه تيار قوى من الهواء من air-blast sprayer أو leaf blower نحو العناقيد الزهرية على فترات لأجل هزها وتحرير وإطلاق حبوب لقاحها. وتلك طريقة سهلة وسريعة

هز أسلاك حمل النباتات آليًا

يتم هز الأسلاك الحاملة للنباتات هزًا شديدًا باستعمال هزاز خاص يتصل بها، وذلك بين العاشرة صباحًا والثالثة بعد الظهر ويتطلب اتباع تلك الطريقة التأكد من متانة أسلاك الحمل ومن ربط النباتات جيدًا بخيوطها ليكون الهز فعالاً تجرى تلك العملية – عادة – أو أتوماتيكيًا بالاستعانة بساعة توقيت ويمكن ضبط الهز لمدة ٥–١٠ ثوان يوميًا. أو لثوان قليلة فى الحادية عشرة صباحًا، ثم مرة أخرى فى الثانية بعد الظهر. ويساعد الهز صباحًا ومساءً فى التغلب على مشاكل كثرة الضباب والرطوبة صباحًا فى بعض الأيام

وعلى الرغم من سهولة إجراء عملية الهز الميكانيكى تلك فإن لها بعض العيوب، مثل:

أ– تؤدى هذه العملية إلى تلقيح جميع الأزهار المتفتحة حتى تلك التى تظهر على الأجزاء السفلى من سيقان النباتات، وهذه الأزهار (وهى التى تترك – عادة – دون تلقيح فى حالة الهز اليدوى) تعطى عند عقدها ثمارًا لا يتوفر لها الوقت الكافى لنضجها، بينما هى تنافس الثمار الأخرى العاقدة المرغوب فيها على الغذاء المجهز

ب– حدوث أضرار فيزيائية لسيقان النباتات حيث يتكرر الاحتاك بين الخيوط والسيقان جراء عملية الهز وهذه الأضرار قد تشكل منافذ للإصابات المرضية.

جـ– قد يؤدى الهز العنيف إلى تقصف النباتات الرهيفة.

د– قد تعانى النباتات – التى تتعرض للهز لأكثر من ٦٠ ثانية يوميًا من الشدّ الميكانيكى الذى يؤدى إلى إبطاء نموها (Hochmuth ١٩٩٠).

استخدام هزاز العناقيد الزهرية الميكانيكى

يتم إحداث اهتزازات سريعة بالعناقيد الزهرية باستخدام آلة يدوية صغيرة تعمل بالبطارية، وتعرف باسم Mechanical Vibrator أو Electric Bee، ويكفى مجرد لمس ذراع الآلة الهزازة لقاعدة العنقود الزهرى لإحداث التأثير المطلوب، وتفيد هذه الطريقة فى المناطق والأوقات التى تنخفض فيها شدة الإضاءة. وتزداد الحاجة إليها فى الجو البارد وفى الرطوبة العالية؛ حيث تكون حبوب اللقاح قليلة العدد ولزجة وملتصقة بعضها ببعض.

وللحصول على أفضل النتائج يفضل إجراء عملية الاهتزاز هذه بين الحادية عشرة صباحًا والثالثة بعد الظهر فى الجو الصحو عندما تكون الأزهار جاهزة للتلقيح. وتعرف هذه المرحلة بانحناء البتلات للخلف. وتكرر هذه العملية مرة كل يومين؛ طالما وجدت أزهار غير عاقدة بالعنقود، علمًا بأن الزهرة يمكن أن تتلقح على مدى ثلاثة أيام عندما تكون كاملة التفتح ولا توجد جدوى من إجراء الهز أكثر من ثلاث مرات أسبوعيًا (Wittwer & Honma ١٩٧٩).

هذا .. وتجدر الإشارة إلى أن حبوب اللقاح تكون فى أفضل حالتها للتلقيح عندما تكون الرطوبة النسبية حوالى ٧٠٪. وفى درجات الرطوبة الأكثر من ذلك فإنها تكون مبتلة ولزجة. فتقل فرصة التلقيح الجيد، بينما تجف حبوب اللقاح فى درجات الرطوبة الأقل من ذلك. ويتراوح المدى الرطوبى المناسب بين ٦٠٪، و ٧٥٪. هذا .. ولا تفيد عملية الهز فى الجو الغائم الذى لا تتحرر فيه حبوب اللقاح (Marr ١٩٩٥). وإذا استمر الجو غائمًا لفترة طويلة، فإن أفضل ما يمكن عمله هو خفض الرطوبة النسبية خلال فترة إجراء عملية التلقيح بالتدفئة، مع التهوية لأجل المحافظة على الحرارة فى المجال المناسب. يُساعد ذلك فى جفاف الهواء والأزهار ومنع تكتل حبوب اللقاح (Snyder ٢٠٠١).

ويذكر Ilbi & Boztok (١٩٩٤) أن استعمال الهزاز فى التاسعة صباحًا مرتين أسبوعيًا لمدة ثانية واحدة، أو ثلاث ثوان، أو خمس ثوان أحدث — فى المتوسط — ٧٥٪ زيادة فى المحصول دون وجود فرق جوهرى فى المحصول بين فترات المعاملة.

إن أفضل حرارة لتلقيح أزهار الطماطم بالهزاز الميكانيكى تتراوح بين ٢١، و ٢٨°م، والرطوبة المثلى هى – كما أسلفنا – ٧٠٪. وعند زيادة الرطوبة النسبية عن ٨٠٪ تلتصق حبوب اللقاح بعضها ببعض ولا تنفرط وعند انخفاض الرطوبة عن ٦٠٪ لفترة طويلة قد تجف المياسم فلا تلتصق بها حبوب اللقاح. وفى الظروف المثلى يحدث الإخصاب بعد التلقيح بنحو ٤٨ ساعة

تُجرى عملية الهز لكل عنقود توجد به أزهار متفتحة – وليس لكل زهرة – لمدة حوالى نصف ثانية بلمس قضيب الهزازة لساق العنقود قبل أول زهرة فيه ويجب الحرص على عدم لمس الأزهار حتى لا تُضار، وهو الأمر الذى يؤدى إلى تكون ثمار مضارة ويتطلب كل فدان من البيوت المحمية (حوالى ١٠٠٠٠ نبات) حوالى ٥–٦ ساعات من العمل لإجراء عملية التلقيح فى كل مرة.

وعند وجود ١٠٠٠٠ نبات طماطم أو أكثر تحت سقف واحد يجب أن يؤخذ فى الاعتبار الاعتماد على النحل الطنّان فى التلقيح (Snyder ٢٠٠١).

استعمال منظمات النمو

يتم رش الأزهار بأحد التحضيرات التجارية من منظمات النمو التى تساعد على تحسين العقد (مثل التوماتين) تجرى المعاملة بمعدل مرتين أسبوعيًا خلال فترة انخفاض درجة الحرارة، مع مراعاة عدم رش الأوراق بمحلول منظم النمو حتى لا تتشوه وتبدأ المعاملة بعد تفتح ٣–٤ أزهار بالعنقود الزهرى.

ومن أكثر المنظمات استعمالا لهذا الغرض ما يلى (عن Weaver ١٩٧٢):

منظم النمو	التركيز المناسب (جزء فى المليون)
Para-chlorophenoxyacetic acid (4-CPA)	١٥
β-naphthoxyacetic acid (βNOA)	٥٠
α-ortho–chloropropionic acid	٤٠

وفى الدول الشمالية التى تُنتج فيها الطماطم فى الزراعات المحمية شتاءً، فإن

النباتات لا تتعرض لانخفاض درجة الحرارة فقط، بل لضعف شديد فى شدة الإضاءة كذلك ومع استمرار انخفاض شدة الإضاءة يضطر المزارعون إلى إبقاء الحرارة منخفضة نسبيًا، حتى لا يكون النمو النباتى رهيفًا وضعيفًا. وفى هذه الظروف .. يكون النقص فى المواد الكربوهيدراتية المجهزة من أكثر العوامل تأثيرًا على الإزهار، والعقد، ونمو الثمار؛ حيث يتحسن ذلك كله عند أية زيادة فى شدة الإضاءة، ولا تجدى المعاملة بمنظمات النمو فى تحسن العقد مع استمرار انخفاض شدة الإضاءة.

وفى محاولة لدراسة جدوى المعاملة بمنظمات النمو تحت هذه الظروف، قام Picken & Grimmett (١٩٨٦) بمعاملة العناقيد الزهرية لصنفى الطماطم ماراثون Marathon، وسوناتين Sonatine بمنظمى النمو: بيتا نفثوكسى حامض الخليك (التحضير التجارى بيتابال Betapal) وباراكلوروفينوكسى حامض الخليك (التحضير التجارى توماتوتون Tomatotone). وقد وجدا أن البيتابال حسن العقد فى حرارة ليل ١٦°م، بينما أدت المعاملة بالتوماتوتون إلى تحسين العقد فى حرارة ليل ١٣°م، إلا أن الزيادة فى المحصول فى كلتا الحالتين كانت قليلة. وتشوهت نسبة عالية من الثمار، حيث كانت غير منتظمة الشكل؛ مما شكك فى الجدوى الاقتصادية لمثل هذه المعاملات فى ظروف كهذه الظروف التى تقل فيها شدة الإضاءة.

ويوصى Varayos وآخرون (١٩٩٢) باستعمال منظم النمو 4-CPA لتحسين عقد الثمار فى حالات عقم حبوب اللقاح، واللجوء إلى الهزاز الكهربائى لمعاملة النباتات الخصبة.

وُوجد عند مقارنة محصول الطماطم لدى معاملة أزهارها بالـ 4-CPA بتركيزات تراوحت بين ١٥، و ٩٠ جزء فى المليون أن أعلى محصول وأحسن جودة للثمار كانا عند رشها مرتين بتركيز ٦٠ جزء فى المليون، علمًا بأنه لم يكن لمنظم النمو أى متبقيات فى الثمار الناضجة (Ozguven وآخرون ١٩٩٨).

استخدام النحل فى التلقيح

قارن Banda & Paxton (١٩٩١) عدة معاملات لأجل تحسين العقد فى صنف

الطماطم كيلوباترا Cleopatra فى الزراعات المحمية الصيفية فى المملكة المتحدة. وقد ازداد كل من نسبة عقد الثمار، وحجم الثمرة، ووزن الثمرة، وعدد البذور/ثمرة — فى مختلف معاملات التلقيح — كما يلى: معاملة الشاهد < نحل العسل منفردًا < الهزاز < نحل العسل + الهزاز < النحل الطنّان منفردًا Bumble bees (*Bombus* spp) < النحل الطنّان + الهزاز

وقد بدأ الاتجاه نحو استعمال النحل بنوعيه (نحل العسل والنحل الطنّان) فى تلقيح الطماطم بعد زيادة الاعتماد على وسائل المكافحة الحيوية فى زراعات الطماطم المحمية.

ويعترض Cribb وآخرون (١٩٩٣) على استعمال النحل الطنّان *Bombus terrestris* فى تلقيح الطماطم لعدة أسباب، منها: صعوبة إدامة خلاياه على مدار العام، وقلة أعداد الشغالات فيها — الأمر الذى يستلزم توفير عدة خلايا منه لتأمين التلقيح اللازم للطماطم بالكفاءة المطلوبة — وحمل هذا النحل للأكاروس المتطفل *Varroa jacobsoni*، الذى يعمل — بدوره — كعائل لفيرس الجناح المشوه deformed wing virus، الذى تؤدى الإصابة به إلى موت نحل العسل *Apis mellifera*. وبالمقارنة .. فإن نحل العسل يخلو تمامًا من جميع هذه العيوب. فى الوقت الذى يقوم فيه بزيارة أزهار الطماطم والمساعدة على تلقيحها بشكل جيد. كما يؤدى إلى زيادة المحصول وتحسين نوعية الثمار.

هذا إلا أنه أمكن تحسين عقد الثمار فى هجين الطماطم Arletta المزروع فى الصوبات — بصورة اقتصادية — وذلك بالاستعانة بنوع النحل الطنّان *Bombus terrestris* خلال موسمى الخريف والشتاء تحت ظروف كاتانيا Catania فى إيطاليا، إلا أن نشاط النحل انخفض مع الارتفاع المنتظم فى درجة الحرارة بدايةمن منتصف شهر مارس (Colombo وآخرون ١٩٩٢).

ولقد أوضحت دراسة قُورن فيها استخدام النحل الطنان باستخدام آلة إحداث الاهتزازات (الـ vibrator أو الـ electric bee) عدم وجود فروق بينهما فيما يتعلق بعقد الثمار، وعدد البذور بالثمرة، وحجم الثمرة، والمحصول، وذلك فى ظروف الجو المعتدل

الحرارة فى صوبات غير مدفأة. أما فى ظروف البرد الشديد فإن النحل الطنّان كان أكثر كفاءة من استخدام آلة إحداث الاهتزازات ٢-٣ مرات أسبوعيًا. وحتى فى وجود كميات قليلة من حبوب اللقاح بالأزهار فإن استخدام النحل الطنّان أحدث نسبة عالية من العقد، ولم يتساوى تأثير آلة إحداث الاهتزازات مع النحل الطنّان فى تحسين العقد فى تلك الظروف القاسية إلاّ عندما استخدمت يوميًا (Pressman وآخرون ١٩٩٩).

وقد قُورنت بعض الطرق لتحسين العقد فى الطماطم (استخدام النحل الطنّان ؛ وهز العناقيد، والرش بالأوكسين) فى كل من الزراعات المحمية المبكرة والمتأخرة كانت جميع الطرق أكثر فاعلية فى الزراعة المبكرة فى الربيع عما كانت عليه فى الزراعة المتأخرة فى الصيف والخريف (فى كاتالونيا بإسبانيا)، وكانت أكثر الوسائل المستخدمة فاعلية فى كلتا الزراعتين هى الاستعانة بالنحل الطنّان ولقد كانت طريقتا هز العناقيد والرش بالأوكسين فعالتين فى زيادة الإنتاج فى الزراعة المبكرة، ولكنهما لم يكونا مؤثرتين فى الزراعة المتأخرة. هذا إلاّ أن معاملة المحصول المبكر بالأوكسين أدت إلى تكوين بعض الثمار بجزء بارز (حلمة) عند طرفها الزهرى. ولم يتأثر التبكير فى النضج بأى من المعاملات، على الرغم من تحسين كل المعاملات للعقد، وظهر أفضل تأثير خلال فترات انخفاض الحرارة فى الزراعة المبكرة، والتى قل فيها إنتاج حبوب اللقاح الخصبة وضعف انطلاقها وتحررها من المتوك (Martın-Closas ٢٠٠٨).

ومن ناحية أخرى فقد تبين أن فيرويد اصفرار وتقزم الطماطم tomato chlorotic dwarf vıroid يتواجد بكثرة فى أزهار نباتات الطماطم المصابة، وأن النحل الطنّان *Bombus ignitus* – المستخدم فى المساعدة فى تلقيح الأزهار فى البيوت المحمية – ينقل هذا الفيرويد من نبات لآخر (Matsuura وآخرون ٢٠١٠).

ويُستفاد – كذلك – من النحلة المخططة بالأزرق blue-banded bee (وهى: *Amegilla* spp.) فى تلقيح الطماطم فى الزراعات المحمية بأستراليا، حيث وجد فى إحدى الدراسات أنها أدت إلى زيادة وزن الثمار بنسبة ١٥٪-٢٠٪، وكانت مماثلة فى

تلقيحها لأزهار الطماطم مع كل من النحل الطنّان bumblebees والنحل "النجار" carpenter bees تعمل تلك النحلة فى حرارة تتراوح بين ٢٠، و ٤٠°م، وبذا فإن نشاطها لا يتوقف نهارًا، حتى ولو ارتفعت حرارة هواء الصوبة إلى الثلاثينيات، هذا فى الوقت الذى ينخفض أو يتوقف فيه نشاط النحل الطنّان عند ٣٠-٣٢°م.

ولهذه النحلة القدرة على التكاثر داخل الصوبات اعتمادًا فى تغذيتها على حبوب لقاح الطماطم فقط وهى شديدة النشاط ويمكنها زيارة حوالى ١٢٠٠ زهرة طماطم فى اليوم الواحد ويلزم نحو ٢٥٠ من إناثها لكل هكتار من البيوت المحمية (١٠٠ لكل فدان) ويجب تثبيت أسلاك على فتحات التهوية، وإلا فإن النحل يمكن أن يتسرب خارج الصوبة (Hogendoorn & Keller ٢٠٠٦).

علاقة حيز النمو الجذرى بالقدرة على العقد فى الحرارة المنخفضة

أدى تقليل حيز النمو الجذرى لنباتات الطماطم إلى ٣ لترات/أصيص، مقارنة بـ ١٠، أو ١٦ لترًا — إلى زيادة خصوبة حبوب اللقاح عندما كانت حرارة الهواء منخفضة. ففى حرارة نهار ليل ٢٠/٤°م. أظهر صنف الطماطم منى ميكر Moneymaker الحساس للحرارة المنخفضة — عند زراعته فى الأصيص الصغيرين (٣، و ١٠ لترات) — زيادة جوهرية فى نمو حبوب اللقاح فى البيئة الصناعية، وفى صبغها بالأسيتوكارمن، وفى عدد حبوب اللقاح المنتجة/زهرة. هذا .. بينما لم تتأثر حبوب لقاح السلالة PE-45 المتحملة للبرودة بحجم الأصيص وبدراسة نمو حبوب اللقاح فى مياسم أزهار النباتات، لم يحدث أى نمو لحبوب لقاح منى ميكر فى حرارة ٢٠/٤°م إلا عندما كانت الأصص بحجم ٣ لترات وبالنسبة لهجين الجيل الأول بين السلالتين فإن تأثير حجم أصيص الزراعة على حبوب لقاحه كان مماثلاً لتأثيره على الصنف منى ميكر باستثناء التأثير على عدد حبوب اللقاح المنتجة الذى لم يتأثر وربما يمكن تفسير انخفاض التأثير السلبى للحراره المنخفضة على حبوب اللقاح عندما تكون زراعة النباتات فى أصص بحجم ٣ لترات — ولو جزئيًا — بالارتفاع الذى يحدث فى حرارة تلك الأصص نهارًا،

مقارنة بما يكون عليه الحال فى الأصص الأكبر حجمًا، بما يعنى أن إنتاج ثمار الطماطم فى ظروف حرارة الليل المنخفضة عند زراعتها فى أصص صغيرة ربما لا يكون دليلاً صحيحًا للتنبوء بمحصول النباتات النامية فى تربة الصوبة شتاءً (Dominguez وآخرون ٢٠٠٢)

خف الثمار

تحتوى عناقيد معظم أصناف الطماطم على نحو ١٠ أزهار. قد يعقد منها من ٦-٨ أزهار لتكون ثمارًا. هذا العدد من الثمار يكون زائدًا فى حالة الأصناف ذات الثمار الكبيرة الحجم؛ لأن ترك الثمار الزائدة يجعل الثمار كلها رديئة التكوين، حيث يقل حجمها، ويسوء شكلها، وتضعف جودتها، وينعدم تجانسها. ويسوء الشكل نظرًا لأن الثمار الكثيرة العاقدة فى العنقود الواحد تكون متضاغطة وتؤثر فى بعضها البعض أثناء نموها كذلك تكون هذه الثمار صغيرة الحجم، وأكثر عرضة للإصابة بالنضج المتبقع

وللتغلب على هذه المشاكل يتعين خف الثمار بالعنقود إلى العدد المناسب، وهو ٣-٤ ثمار فى حالة الأصناف ذات الثمار الكبيرة مع الرغبة فى إنتاج تلك الأحجام، و ٤-٥ ثمار فى حالة الأصناف ذات الثمار المتوسطة الحجم. أما الأصناف العنقودية فلا تُخف منها إلا الثمار المخالفة فى الشكل والصغيرة جدًا، ولكن يفضل أن يتبقى بالعنقود ٥-٧ ثمار ولا تخف أى ثمار من الأصناف العنقودية ذات الثمار الصغيرة.

يتعين إجراء عملية خف العناقيد مرة واحدة أسبوعيًا، فذلك يسمح بعقد عدة ثمار بالعنقود، بما يسمح باختيار الثمار التى يلزم خفها، وتلك التى يتقرر الإبقاء عليها. ويُبنى الاختيار على أساس الإبقاء على أكثر الثمار تجانسًا فى الحجم والشكل، مع خف الثمار المتشققة والمشوهة أيًا كان حجما.

كما يتعين أثناء الخف عدم خدش أو حك الثمار التى يتقرر الإبقاء عليها، علمًا بأن الخدوش الصغيرة التى تحدث بالثمار فى مرحلة مبكرة من نموها تصبح كبيرة وقت

الحصاد ويكون من المفيد فحص العناقيد التى تم خفها بعد أسبوع آخر أو أسبوعين للتخلص من أى ثمار جديدة تكون قد عقدت بها ويعد خف العناقيد ضرورة حتمية عندما تجرى عملية المساعدة على التلقيح بطريقة الهز الأتوماتيكى (Hochmuth ١٩٩٠)

وقد وجد Cockshull & Ho (١٩٩٥) أنه بإزالة الثمار الطرفية من العناقيد الثمرية الثلاثة الأولى. بواقع ٣٠٪ من الثمار المتوفرة فى كل عنقود منها، ازداد متوسط وزن الثمار المتبقية، بينما قل محصول الثمار الصغيرة جوهريًا وعلى الرغم من أن المحصول الكلى لهذه العناقيد الثمرية الثلاثة الأولى انخفض بمقدار ١٦٪، إلا أن محصول العناقيد التالية لها ازداد إلى درجة عوضت هذا النقص

ويكون خف الثمار فى المراحل المبكرة جدًا من نموها، ويفضل إجراء ذلك وهى فى حجم بذرة البسلة تقريبًا كذلك تجب إزالة الثمار التى تتوقف عن النمو لأى سبب كان، والثمار التى تظهر عليها إصابات مرضية أو حشرية واضحة، أو عيوب فسيولوجية تحط من صلاحيتها للتسويق، وكذلك الثمار المشوهة. وأفضل وقت للتخلص من جميع هذه الثمار هو بمجرد ملاحظتها؛ لتوفير حصتها من الغذاء المجهز لغيرها من الثمار التى تصلح للتسويق

العيوب الفسيولوجية والنموات غير الطبيعية

إن من أهم العيوب الفسيولوجية والنموات غير الطبيعية التى تظهر بالطماطم فى الزراعات المحمية. ما يلى

سقوط الأزهار دون عقد

تفشل الأزهار فى العقد إذا لم تلقح بالهز، وفى الجو الغائم باستمرار عند تفتح الأزهار، وعندما تزيد الحرارة عن ٣٥°م أو تقل عن ١٣°م يوم تفتح الزهرة، وعند الأفراط فى التسميد الآزوتى، وبخاصة فى الجو الغائم، وعندما تستمر التربة رطبة أكثر مما يلزم للنمو الجيد

النباتات الطويلة النحيلة

تصبح النباتات طويلة ونحيلة ورهيفة spindly فى أى من الحالات التالية:

١- ارتفاع حرارة الليل بشدة.

٢- عدم مناسبة pH التربة.

٣- عدم كفاية التسميد، وخاصة بالفوسفور.

٤- زيادة التظليل أو الجو الغائم.

٥- زيادة التسميد الآزوتى فى الجو الغائم.

٦- الإفراط فى الرى.

٧- وجود مشاكل بالجذور كالإصابة بالنيماتودا (Marr ١٩٩٥).

الموت الجزئى لجذور النباتات

تتعرض جذور النباتات غير المحدودة النمو — مثل الطماطم — إلى موت جزئى عندما تكون النباتات فى أوج نموها، فى بداية فترة حملها الغزير. ويحدث ذلك — خاصة — فى الأيام الصحوة بعد فترة من الجو الملبد بالغيوم؛ حيث تظهر على النباتات أعراض ذبول جزئى بعد الظهيرة. ويقف المنتج — الذى يرى نباتاته تذبل أما عينيه قبل أن يحصد منها شيئًا يذكر — حائرًا أمام هذه الظاهرة.

وفى مزارع تقينة الغشاء المغذى يمكن رؤية الموت الجزئى للجذور بسهولة، ولكن هذه الظاهرة ليست مقصورة — بأية حال — على مزارع تقنية الغشاء المغذى، وإنما هى تحدث فى جميع أنواع المزارع اللاأرضية التى يكون النمو الجذرى فيها مقصورًا على حيز محدود، كما فى مزارع أكياس البيت، ومزارع الصوف الصخرى. كذلك يحدث هذا الموت الجزئى للجذور — فى هذه المرحلة من النمو النباتى — فى المزارع الحقلية أيضًا، ولكن لا يشاهد فيها الذبول الجزئى؛ نظرًا لتشعب المجموع الجذرى وانتشاره فى التربة.

وتموت الجذور فى هذه المرحلة من النمو؛ نظرًا لقوة النمو الخضرى، وكثرة حملة

الثمار التى تجذب إليها القدر الأكبر من الغذاء المجهز على حساب الجذور التى تضعف ويموت بعضها ولكن الشاهد أن النباتات لا تلبث أن تتغلب على هذه الظاهرة، حيث لا يتوقف فقط موت الجذور. وإنما تتكون جذور جديدة، ويزداد النمو الجذرى — مع تقدم موسم النمو — إلى أكثر مما كان عليه قبل بداية موت الجذور (Cooper ١٩٨٢)

الثمار غير المنتظمة الشكل

تتكون الثمار غير المنتظمة الشكل فى الحالات التالية:

١- الجو الغائم

٢- انخفاض الحرارة أثناء التلقيح

٣- تكون أصناف معينة (خاصة المبكرة ذات الثمار الكبيرة) أكثر حساسية عن غيرها (Marr ١٩٩٥)

التفلق

إن التفلق splitting يختلف عن التشقق cracking، وهو يحدث عند تعرض الثمار لحرارة عالية جدًا، فيتفلق جلد الثمرة نتيجة تعرضها للشد الحرارى. كذلك يمكن أن يحدث التفلق حينما يسود الليل حرارة شديدة الانخفاض، ثم يأتى نهار صحو ترتفع فيه درجة الحرارة

التشققات الدقيقة أو الخشونة

عند حدوث ظاهرة التشققات الدقيقة أو الخشونة russetting يبدو جلد الدرنة خشنًا، خاصة عند الأكتاف ويُظهر الفحص الدقيق لتلك الخشونة وجود آلاف من الشقوق الدقيقة جدًا بسطح الثمرة. وتختلف تلك الظاهرة — تمامًا — عن ظاهرة التشقق بنوعيه (الدائرى والعمودى) تحدث تلك الظاهرة — كذلك — فى الفلفل الحلو، والبطاطس. والكمثرى

وفضلاً عن أن الثمار الخشنة لاتصلح للتسويق، فإنها تكون ضعيفة القدرة على

التخزين، بسبب شدة فقدها للرطوبة من خلال الشقوق الدقيقة التى توجد بجلدها.

هذا . ويمكن أن تزداد حالة خشونة الثمار بعد قطع النموات الخضرية قرب نهاية الموسم، وما يتبع ذلك من تكوين نموات جانبية يحدث معها تنشيط للجذور فى امتصاص الماء والعناصر الغذائية، التى يصل جزء منها للثمار، مما يشكل شدًا على الجلد، فتتكون الشقوق الدقيقة ولذا .. يفضل إما الاستغناء عن عملية قطع النموات الخضرية، وإما الإبقاء على بعض الثمار الصغيرة لخفض الضغط على الثمار التى يُرجى حصادها.

كذلك فإن حرارة الليل المنخفضة مع حرارة النهار المرتفعة تزداد معها حالة الخشونة، ويوصى فى تلك الحالة بالمحافظة على حرارة ليل لا تقل عن ١٨°م (Snyder ٢٠٠١).

ولقد وجد أن ظاهرة الخشونة تزداد تدريجيًا مع خف ثمار العنقود الواحد من ٦ ثمار إلى ثمرتين، أى إنها تتناسب عكسيًا مع الحمل المحصولى. ويصاحب خف الثمار زيادة — ليست فقط فى نسبة الثمار المصابة — وإنما كذلك فى شدة الإصابة بكل ثمرة على حدة هذا ولم تكن لنسبة الأوراق إلى الثمار بالنبات أو الرطوبة النسبية ليلاً أو نهارًا أية علاقة بالظاهرة (Demers وآخرون ٢٠٠٧).

ولتقليل احتمالات إصابة الثمار بالخشونة russeting .. يُراعى ما يلى:

١- تجنب التغيرات المفاجئة فى ظروف النمو من حرارة وإضاءة ورطوبة ودرجة التوصيل الكهربائى EC للمحلول.

٢- جعل EC المحلول المغذى عاليًا بالقدر الذى يسمح بالنمو المستمر.

٣- التأكد من أن مستوى البوتاسيوم عالٍ بالقدر المناسب.

٤- تجنب الظروف التى يحدث معها تكثف لبخار الماء على الثمار، مثل سوء التهوية

٥- زراعة الأصناف الأقل حساسية للإصابة (Snyder ٢٠٠١).

ولمزيد من التفاصيل حول ظاهرة تشقق أديم ثمار الطماطم المنتجة فى الزراعات المحمية يمكن الرجوع لـ Dorais وآخرين (٢٠٠٤).

أثر السوسنة

يظهر أثر السوسنة (المُوزمَلَق) zipper scar، أو أثر المتك anther scar على جانب ثمرة الطماطم شبيهًا بالسوسنة أو كالأثر الذى تتركه غرز الحياكة. ويحدث ذلك نتيجة لالتصاق المتك بحافة المبيض فى بداية تكوين الثمرة. ومع زيادة الثمرة فى الحجم، يتمزق المتك بعيدًا عن الثمرة تاركًا وراءه أثرًا. وهذه الظاهرة وراثية، وليست وراءها أسباب بيئية (Snyder ٢٠٠١)

تعفن الطرف الزهرى

ترتبط الإصابة بتعفن الطرف الزهرى بالعوامل البيئية التى تؤثر على امتصاص الكالسيوم وتوزيعه فى النبات، وكذلك بمعدل نمو الثمار (Adams ١٩٩٤).

الحصاد والمحصول

تُحصد ثمار الطماطم فى جميع الزراعات المحمية — حاليًا — يدويًا، ولكن يحاول العلماء تطوير إنسان آلى متحرك لكى يقوم بحصاد الثمار آليًا وهى فى مرحلة التلوين المناسبة للحصاد

تؤدى معاملة نباتات الطماطم فى الزراعات المحمية بالإثيفون إلى تبكير الحصاد وتركيزه ففى دراسة عُوملت فيها نباتات الطماطم المربأة على عنقود واحد بالإثيفون بتركيز ١٠٠ جزء فى المليون فى مرحلة النضج الأخضر للثمار، أو حينما كانت ٣٥٪ من النباتات حاملة لثمار فى مرحلة التحول، مع حصاد الثمار فى طور النضج الوردى .. أدت المعاملة وقت النضج الأخضر إلى تبكير الحصاد ثلاثة أيام (من ٩٥ يومًا من زراعة البذور إلى ٩٢ يومًا فقط)، وتقصير فترته بمقدار ١١ يومًا (من ٢٢ يومًا فى الكنترول إلى ١١ يومًا فى النباتات المعاملة)، أما إجراء المعاملة عندما كانت ٣٥٪ من النباتات حاملة

لثمار فى مرحلة التحول فلم تختلف نباتاتها فى بداية الحصاد عنه فى نباتات الكنترول، ولكنه تركز فى ١٢ يومًا فقط. وبينما انخفض محصول النباتات التى عوملت بالإثيفون فى مرحلة النضج الأخضر بمقدار ٣٠٪ مقارنة بمحصول نباتات الكنترول، فإن تلك التى عوملت بالإثيفون عندما كانت ٣٥٪ منها حاملة لثمار فى طور التحول لم يتأثر محصولها. هذا .. ولم تتأثر صلابة الثمار ومحتوها من المواد الصلبة الذائبة بمعاملتى الإثيفون، ولكنها كانت أكثر احمرارًا. وبذا .. فإنه بالنسبة لنظم إنتاج الطماطم المحدودة العناقيد فى الزراعات المُحمية تكون المعاملة بالإثيفون فعالة فى تقليص فترة الحصاد دون التأثير على صفات الجودة بعد الحصاد (Logendra وآخرون ٢٠٠٤ب).

ويتراوح متوسط محصول الطماطم فى الزراعات المحمية — فى مختلف الدول العربية — بين ٨ و ٢٠ كجم/م^{٢}، بمتوسط عام قدره ١٣,٣ كجم/م^{٢}. ويبلغ متوسط الإنتاج فى مصر ٩٥ كجم/م^{٢} (المنظمة العربية للتنمية الزراعية — جامعة الدول العربية ١٩٩٥). هذا إلا أن الإنتاج المتميز يمكن أن يصل إلى ٢٠ كجم/م^{٢} فى الزراعات الأرضية العادية (حوالى ١١ طنًا لكل صوبة مساحتها ٥٤٠م^{٢})، وإلى ٣٠ كجم/م^{٢} فى مزارع تقنية الغشاء المغذى (حوالى ١٦ طنًا لكل صوبة مساحتها ٥٤٠/م^{٢}).

الأمراض والآفات ومكافحتها

تصاب الطماطم فى الزراعات المحمية بالأمراض والآفات نفسها التى تصيب الزراعات المكشوفة، إلا أن الظروف البيئية الخاصة للصوبات، ونظم الزراعة بها، وعمليات الخدمة المتبعة فيها، تزيد من فرصة الإصابة ببعض الأمراض. ومن أمثلة ذلك ما يلى:

١- تتميز بيئة البيوت المحمية بارتفاع الرطوبة النسبية، وانخفاض شدة الإضاءة مع سوء التهوية (شتاءً)، وتلك ظروف تساعد على انتشار الإصابة بأمراض تعفن الأوراق الرمادى. وتبقع الأوراق. والندوة المتأخرة، والبياض الدقيقى.

٢- يؤدى استمرار زراعة المحصول — مع عدم إجراء عملية تعقيم التربة بصورة

جيدة — إلى زيادة الإصابة بالذبول الفيوزارى، ونيماتودا تعقد الجذور، وتزداد الإصابة فى الجو البارد بأمراض الجذر الفلينى. وعفن الجذور (فيتوفثورا)، وذبول فيرتسيليم

٣- تؤدى كثرة تداول النباتات أثناء الزراعة، والتربية، والتقليم، وعمليات الخدمة الأخرى إلى زيادة الإصابة بأمراض عفن الساق (دايدميللا)، والعفن التاجى (فيوزاريم)، والتقرح البكتيرى، وفيرس موزايك التبغ (Watterson ١٩٨٦)

ونتناول تحت هذا العنوان بعض ما يتعلق بوسائل مكافحة أمراض وآفات الطماطم فى الزراعات المحمية. وكنا قد تناولنا بعض جوانب المكافحة المتكاملة لبعض أمراض الطماطم فى الفصل السابق. ولمزيد من التفاصيل حول أمراض وآفات الطماطم ومكافحتها — بصورة عامة — يمكن الرجوع إلى حسن (١٩٩٨).

إجراءات يتعين مراعاتها من قبل العاملين بالصوبة

يتعين قبل دخول الصوبة غسيل الأيدى بالماء الدافئ والصابون. وبالنسبة للمدخنين ومن يمضغون التبغ عليهم قبل دخول الصوبة شطف أيديهم بمحلول ١٪-٣٪ فوسفات ثلاثى الصوديوم. ثم غسيلها بالماء الدافئ والصابون حتى لا ينتقل فيرس موزايك التبغ عن طريقهم

ونظرًا لأن فيرس موزايك التبغ يمكن أن يعيش على الملابس لفترة طويلة يمكن أن تصل إلى ثلاث سنوات فى الظلام، فإنه من الضرورى تغيير الملابس يوميًا مع غسيلها وتجفيفها فى حرارة عالية

ويفيد غسيل الأحذية بالمرور — قبل الدخول فى الصوبة — على حشية أو ممسحة مشبعة بمطهر ويحسن أن يكون ذلك فى مدخل صغير بين باب خارجى وآخر داخلى للصوبة (Dodson وآخرون ٢٠٠٢).

تعقيم التربة بالتشميس لمكافحة الأمراض الفطرية

أمكن مكافحة الفطر *Pyrenochaeta lycopersici* — مسبب مرض الجذر الفلينى فى

الطماطم — عن طريق تعقيم التربة بالتشميس solarization، وكانت تلك الطريقة مماثلة فى كفاءتها للتبخير ببروميد الميثايل، وأكثر كفاءة من استعمال أى من الميتام صوديوم، والميتام بوتاسيوم (Vitale وآخرون ٢٠١١).

مكافحة الإصابات الفيروسية

لمكافحة الأمراض الفيروسية فى الطماطم فى الزراعات المحمية تجب مراعاة ما يلى:

١- الحصول على بذور للزراعة من مصادر موثوق بها، مع التأكد من أن البذور قد استخلصت بطريقة التخمر أو أنها عوملت بالحامض أو بالكلوراكس عند منتج البذور. وإن لم تكن البذور قد سبقت معاملتها، فإنه يتعين معاملتها كما يلى: يُحضر محلول مخفف من مبيض غسيل تجارى يحتوى على ٥,٢٥٪ هيبوكلوريت صوديوم — مثل الكلوراكس — بتركيز ٢٠٪ (لتر من الكلوراكس مع ٤ لتر ماء)، ويستعمل كل ٤ لتر من هذا المحلول المخفف فى معاملة ½ كجم من بذور الطماطم الجافة لمدة ٤٠ دقيقة ترج خلالها البذور بلطف باستمرار، ثم تُنشل البذور وتنشر على الورق لكى تجف فى الهواء فى الحال. ويستعمل محلول كلوراكس حديث التحضير فى معاملة أى كمية من البذور يُراد معاملتها. ويراعى تجربة هذه الطريقة — فى البداية — على بذور رخيصة الثمن، علمًا بأنها تتسبب — مع بعض البذور — فى خفض نسبة الإنبات. وقد وجد أن تلك المعاملة تزداد فاعليتها عند سبق معاملة البذور بالغسيل لمدة ١٥ دقيقة فى محلول من ثلاثى فوسفات الصوديوم (٣٠ جم/لتر ماء). ويتعين عدم إعادة تلويث البذور بعد تطهيرها. فلا يُعاد وضعها فى عبوات مستعملة.

٢- مكافحة المنّ والذبابة البيضاء مبكرًا خلال الموسم، لكى لا تحدث إصابات مبكرة، ولمنع انتشارها. تشمل المكافحة الحشائش التى قد تتواجد فى محيط الصوبة، وكذلك النباتات التى تتواجد خارجيًّا والتى قد تشكل مصدرًا خطيرًا للمنّ والذبابة البيضاء، مثل الخيار، والكوسة، والبطاطس، والفلفل.

٣- تطهير كل القوائم الخشبية والأدوات التى تُستعمل فى الصوبة إما بالبخار على ١٥°م لمدة ٣٠ دقيقة، وإما بالنقع فى محلول فورمالدهيد بتركيز ١٪ أو كلوراكس

بتركيز ١٠٪ لمدة ١٠ دقائق. وإما بالغسيل لمدة كافية بالماء مع استعمال منظف عادى

٤- رش المشاتل قبل نقل الشتلات منها بأربع وعشرين ساعة باللبن كامل الدسم أو اللبن الفرز، بمعدل لترين لكل ١٠م٢ من مساحة المشتل، مع ضرورة تغطية النباتات جيدًا بمحلو الرش

٥- يراعى عدم لمس أو تداول الشتلات قبل شتلها، مع التخلص من كافة الأوعية التى تحتوى على شتلات يظهر بها التواء أو موزايك أو أى نمو غير طبيعى، مع عدم لمس الشتلات الأخرى أثناء إزالة تلك التى يجب التخلص منها.

٦- غمس الأيدى فى اللبن أثناء تداول النباتات مرة كل خمس دقائق، وفى كل مرة يتم فيها تداول مجموعة جديدة من النباتات.

٧- التخلص من النباتات المصابة بالأمراض مبكرًا خلال موسم النمو، مع مراعاة عدم ملامسة النباتات السليمة للنباتات المصابة أثناء إزالتها.

٨- تطهير المعدات والأدوات والأيدى بانتظام بعد التخلص من النباتات المصابة وأثناء التقليم والتوجيه على الخيط والحصاد والرش، وعند الانتقال من خط أو مكان لآخر

٩- التخلص من النباتات المتبقية فى المشتل، وبعد الحصاد فى الصوبة والحقل دون أى تأخير

١٠- مراعاة عدم زراعة طماطم بعدأى من محاصيل الفلفل والباذنجان والقرعيات (Averre & Gooding ٢٠٠٠).

زراعة الأصناف المقاومة لنيماتودا تعقد الجذور

أدى إدخال صنف الطماطم Monika المقاوم لنيماتودا تعقد الجذور فى الزراعات المحمية إلى منع الزيادة فى أعداد النيماتودا *M incognita* بنسبة أكثر من ٩٠٪، مقارنة بإدخال الصنف القابل للإصابة Durinta. ولقد كان متوسط محصول الطماطم على مدى ثلاث سنوات ٢.٦ كجم/م٢ فى الدورات التى تضمنت زراعة واحدة للصنف المقاوم،

بينما بلغ ٦،١ كجم/م^{٢} فى الدورات التى تضمنت زراعتين متعاقبتين لصنف مقاوم (Talavera وآخرون ٢٠٠٩).

إجراءات إنهاء الزراعة

يجب قطع النمو القمى لنباتات الطماطم قبل الموعد المتوقع للانتهاء من المحصول بنحو ٦–٨ أسابيع. ويجب أن يكون موعد الانتهاء قريبًا من نهاية ديسمبر للمحصول الخريفى، وخلال النصف الثانى من يونيو بالنسبة للمحصول الربيعى. وعند قطع النموات القمية topping تُزال جميع النموات التى يقل فيها قطر الثمار عن ٢سم والتى تظهر فى قمة النبات؛ لأن هذه الثمار لا تتمكن من استكمال نموها قبل الانتهاء من المحصول. وتترك ورقة أو ورقتان فوق أعلى عنقود يُنتظر حصاد ثماره، فذلك يساعد على تظليل الثمار ومنع إصابتها بلفحة الشمس (Snyder ٢٠٠١). ويتم جذب جذور النباتات قبل إزالتها بعدة أيام، ويوقف ضخ الماء والمحاليل المغذية، وتترك النباتات على الخيط حتى تفقد جزءًا كبيرًا من رطوبتها، فيقل الجهد اللازم للتخلص منها.