(deacclimation) إلى سرعة انخفاض محتواها من السكروز والجلوكوز والفراكتوز إلى أن تعود إلى مستواها السابق للأقلمة فى خلال خمسة أيام. وتصاحب الأقلمة زيادة فى نشاط الإنزيمين sucrose synthase، و sucrose phosphate symthase، لكن هذا النشاط ينخفض ال سابق عهده مع التعرض للحرارة العالية؛ بما يفيد أهمية هذين الإنزيمين فى إكساب النباتات المؤقلمة خاصية تحمل الصقيع؛ هذا .. بينما لم ينطبق ذلك الأمر على الإنزيم acid imvertase الذى انخفض نشاطه تدريجيًّا مع الأقلمة، لكنه لم يرتفع إلى سابق مستواه بعد التعرض للحرارة العالية (Sasaki وآخرون ٢٠١١ب).

تقدمات فى عملية تقسية الشتلات ووقف استطالتها

تعد عملية إبطاء استطالة الشتلات نوعًا من الأقلمة التى تجرى بهدف إبطاء النمو الطولى للشتلة، وإحداث زيادة فى النمو الجذرى، وسمك الساق، وحجم الأوراق المتكونة، وزيادة محتوى النباتات من المادة الجافة بهدف زيادة قدرتها على تحمل الشتل.

ويعتبر وقف نمو الشتلات ضروريًّا فى الحالات التى يتأخر فيها إعداد الحقل للزراعة، أو عندما لا تكون الظروف البيئية مناسبة للشتل، كما تزداد الحاجة إلى وقف نمو الشتلات فى الجو الحار الرطب، وفى الزراعات المكشوفة، وبدونها تصبح الشتلات رهيفة ورفيعة وطويلة، ولا تتحمل الشحن (عند الإنتاج التجارى للشتلات بغرض البيع للغير)، أو الشتل.

ومع إمكانية الحد من نمو الشتلات بوقف الرى، أو بتقطيع الجذور على أحد جانبى النباتات بإمرار آلة حادة فى التربة — كما أسلفنا — إلا أنه غالبًا ما يصاحب تلك المعاملات تقزم للنباتات، وعدم استعادتها لنموها النشيط سريعًا بعد الشتل.

وقد لجأ الباحثون فى البداية إلى استعمال منظمات النمو فى الحد من نمو الشتلات طوليًّا، ولكن — مع زيادة الوعى بأضرار بعض منظمات النمو على صحة الإنسان — اتجه الباحثون إلى الطرق الفيزيائية للحد من نمو الشتلات.

المعاملة بمنظمات النمو

استخدمت مثبطات النمو النباتية على نطاق تجارى واسع؛ بهدف منع استطالة الشتلات والحد من نموها، وكان الآلار Alar (الـ B995، أو B-nine، أو الـ daminozide، أو SADH) أكثرها استعمالاً؛ لأنه يؤدى إلى تقصير السلاميات وزيادة سمك السيقان. ويكفى الرش به مرة واحدة أو مرتين بمعدل ٢,٢٥ كجم لكل ٤٠٠ لتر ماء للمشاتل الحقلية. أما المشاتل المحمية .. فيكفيها الرش بمعدل ١,٢٥ كجم لكل ٤٠٠ لتر ماء. ويكفى ١٠٠–٢٠٠ لتر ماء من محلول الرش لكل فدان من المشتل، مع تغطية الشتلات جيدًا بالمحلول. تعطى الرشة الأولى فى مرحلة نمو الورقة الحقلية الأولى إلى الرابعة، ثم تعطى الرشة الثانية بعد أسبوعين من الأولى.

وبالرغم من أن هذه المعاملة تفيد فى زيادة قدرة الشتلات على تحمل الشحن والشتل، وزيادة تركيز الإزهار والإثمار (نشرة Uniroyal Chemical)، إلا أنه لم يعد يوصى بها، وتوقف استعمال الآلار لهذا الغرض، بعد أن تبين أنه من المركبات التى تساعد على الإصابة بالسرطان.

كذلك أدت المعاملة فى مشاتل الطماطم بأى من منظمى النمو: الإثيفون Ethephon، والكلورمكوات Clormequat إلى تثبيط نمو الشتلات، وخفض معدل النتح، وتأخير عقد الثمار بنحو ١٠ أيام دون التأثير على المحصول الكلى. وبالمقارنة .. فقد أدى تقليم الشتلات إلى تأخير عقد الثمار بنحو ٢٠ يومًا (Pisarczy & Splittstoesser ١٩٧٩). ويذكر أن معاملة شتلات القنبيط بالكلورمكوات أدت إلى زيادة نسبة نجاح الشتل، وتبكير النضج، وزيادة تجانسه (عن McKee ١٩٨١).

ويُذكر أن رش نباتات الطماطم والفلفل بالإثيفون أدى إلى سرعة نمو الجذور بعد الشتل، وسرعة التغلب على صدمة الشتل (عن Wittwer ١٩٨٣).

كذلك وُجد أن رش البادرات بحامض الأبسيسك قبل الشتل مباشرة يؤدى إلى تقليل صدمة الشتل وزيادة المحصول (عن Yamazaki وآخرين ١٩٩٥).

كما أمكن التحكم فى طول شتلات الفلفل فى المشتل ومنعها من الاستطالة الزائدة برى أوعية إنتاج الشتلات بحامض الأبسيسك بمعدل ٢٥٠ مل/لتر مبكرًا وهى فى مرحلة الأوراق الفلقية (Biai وآخرون ٢٠١١).

وبينما تقل أو تنعدم فرص استخدام أى معاملات كيميائية فى الحد من نمو شتلات الخضر (نظرًا لعدم تسجيل أى منها لهذا الغرض حاليًّا)، فإنه يتوفر عديد من تلك المعاملات الكيميائية لمنظمات النمو المصرح باستخدامها لأجل الحد من نمو نباتات الزينة، وخاصة نباتات الأصص، فضلاً عن عديد من المعاملات الأخرى الفيزيائية والتى يصلح بعضها للحد من نمو شتلات الخضر والتى نتناولها بالشرح تحت العنوان التالى (Schnelle وآخرون ٢٠٠٧).

التحكم فى طول الشتلات بالتحكم فى درجة الحرارة ليلاً ونهارًا

يعد طول النبات دالة لكل من تمدد العقد وطول كل سلامية، وكلاهما يتأثر بقوة بدرجة الحرارة. ويعد عدد العقد أو معدل تكوينها دالة لمتوسط درجة الحرارة، حيث يزيد العدد مع ارتفاع درجة الحرارة . ويتأثر طول السلاميات بقوة بالعلاقة بين حرارتى النهار والليل أو بالفرق بينهما، فكلما ازداد هذا الفرق ازداد طول السلاميات. وعلى الرغم من تباين طبيعة ومدى تأثير درجة الحرارة حسب النوع النباتى والصنف والظروف البيئية، فإنه يمكن استخدام درجة الحرارة فى التأثير على نمو الشتلات (Berghge ١٩٩٨).

يفيد تعريض البادرات لحرارة منخفضة نهارًا مع حرارة مرتفعة ليلاً فى إنتاج نباتات مندمجة وأكثر قدرة على تحمل الشتل. كما وُجد أن تعريض بادرات الطماطم والخيار لحرارة منخفضة وقت شروق الشمس أدى إلى وقف استطالتها.

وقد وجد Grimstad (١٩٩٥) أن تعريض بادرات الخيار لحرارة منخفضة فى نهاية الليل كان أفضل من تعريضها للحرارة المنخفضة فى بداية الفترة الضوئية؛ حيث أنقصت طول النباتات بمقدار ٢٤٪ مقارنة بمعاملة الشاهد. ولكن الطماطم كانت أكثر استجابة لمعاملة التعريض للحرارة المنخفضة فى بداية الفترة الضوئية؛ حيث أدت إلى نقص طول

النباتات بمقدار ٢٨٪ مقارنة بالكنترول. ولم يكن لهذه المعاملات أية تأثيرات على المحصول المبكر أو نوعية الثمار فى كل من الخيار والطماطم.

كما تبين أن التطور المورفولوجى فى عديد من الأنواع النباتية يرتبط — بدرجة عالية — بالفرق بين درجتى الليل والنهار فى حدود المجال الحرارى ١٠–٢٦°م. ويعرف هذا التأثير للتباين بين حرارتى الليل والنهار على التطور المورفولوجى للنباتات باسم Thermomorphogensis. (من الأصول اليونانية: therme بمعنى حرارة، و morphos بمعنى النوعية أو الطراز form، و gignesthai بمعنى ولادة to be born).

ويستفاد من هذه المعاملة فى إبطاء استطالة النباتات فى كل من المشاتل، ومزارع الأنسجة، وحجرات النمو (عن Erwin & Heins ١٩٩٥).

التحكم فى طول الشتلات بالتحكم فى طول الفترة الضوئية والموجات الضوئية

أدت المعاملة بالضوء الأحمر، أو زيادة الفترة الضوئية بلمبات فلورسنتية (نيون) — فى نهاية النهار — إلى نقص نمو البادرات فى المشاتل، ولكن اختلفت الأنواع المحصولية فى شدة تأثرها بأطوال الموجات الضوئية، حيث كان تأثر الفلفل — مثلاً — بدرجة أكبر من تأثر الطماطم.

وقد درس Graham & Decoteau (١٩٩٥) تأثير زيادة شد الإضاءة فى نهاية النهار باستعمال لمبات فلورسنتية لمدة ساعة — فى المشتل — على نمو بادرات الفلفل، والنمو الخضرى والثمرى للنباتات بعد الشتل، ووجد أن النباتات المعاملة كانت أقصر وذات أوراق أصغر من نباتات الشاهد. كما أدت المعاملة إلى نقص النمو الخضرى فى الحقل فى مرحلة بداية الإثمار، ولكنها لم تؤثر على المحصول الكلى.

التكيف الميكانيكى للشتلات للتحكم فى طولها

يمكن أن يحل التكيف الميكانيكى mechanical conditioning محل معاملات منظمات النمو فى منع الاستطالة الزائدة للشتلات.

بدأ التكيف الميكانيكى بتعريض صوانى الشتلات لتيارات هوائية من مراوح توضع إما أعلى البنشات أو تحتها؛ الأمر الذى ترتب عليه إحداث اهتزازات بها والحد من نموها، لكن ذلك كان يصاحب أحيانًا بذبول وجفاف بحواف الأوراق؛ الأمر الذى لم يكن مستحبًا. كذلك أعطى الهز الميكانيكى للبنشات بما تحمله من صوانٍ أو أصص تأثير جيدًا فى الحد من استطالة الشتلات إلاّ أن ذلك تطلب بذل طاقة كبيرة مكلفة.

ولقد جاء بعد ذلك دور لمس الشتلات برفق (تفريش brushing)، بهدف الحد من استطالتها. يؤدى التفريش عدد من المرات يوميًّا – إلى جانب الحد من استطالة الشتلات – إلى تقليل المساحة الورقية والوزن الجاف، ولكن مع زيادة فى متانة الساق وطول أعناق الأوراق ومتانتها. وقد تنوعت وسائل التفريش بين استخدام ورق مقوى وقضيب من الألومنيوم وأنبوب من الـ PVC وعصا خشبية وطبقة أو عدة طبقات من الخيش. وتعد هذه الطريقة أكفاء من طريقتى التعريض للرياح والهز فى تقليل طول النباتات .

كذلك استخدمت طريقة الإعاقة الميكانيكية mechanical impedence فى تقليل استطالة الشتلات دون تعريضها للتجريح، وذلك باستخدام شبكة من الفنيل vinyl net كعائق أمام النمو النباتى، أو استخدام شريحة من الـ Plexiglas لمدة ١٥ ساعة خلال الليل لمدة ١٢ يومًا على التوالى.

هذا .. ومن أهم المزايا التى يحققها التكيف الميكانيكى، ما يلى:

١- التحكم فى طول الشتلات فلا تستطيل لأكثر من اللازم، ويكون النقص فى طول الشتلات – عادة – من ٢٠٪ إلى ٥٠٪. وقد أفاد التفريش فى الحد من طول الشتلات مع كل من الباذنجان والخيار والكوسة والبطيخ والبروكولى والكرنب والفلفل والخس والطماطم، لكن مع وجود بعض التباين بين الأصناف فى استجابتها.

٢- إحداث زيادة فى محتوى الأوراق من الكلوروفيل (كما ثبت فى الطماطم والبانجان والخس والكرفس)، والوزن النوعى للورقة، مع تجانس فى نمو الشتلات وتحسين مظهرها العام.

٣- زيادة متانة ساق الشتلة وأعناق أوراقها؛ الأمر الذى يفيد فى نجاح عملية الشتل.

٤- زادة القدرة على تحمل شد الجفاف.

٥- زيادة فرصة تحمل الشتلات لعملية الشتل دون أن تتعرض للموت؛ حيث تتغلب على صدمة الشتل بصورة أفضل، خاصة عندما يتصادف هبوب رياح بعد الشتل؛ ذلك لأن التفريش يزيد من نسبة الجذور إلى النموات الخضرية، ويقلل من أسفنجية نخاع الساق.

هذا .. ولعملية التكيف الميكانيكى تأثير محدود على المحصول وتتباين النتائج فى هذا الشأن.

وفى كل الحالات يجب أن تبدأ المعاملة قبل أن تصبح الشتلات طويلة أو رهيفة، وأن تستمر لمدة وبمعدل يومى كافيين لتحقيق الأهداف المرجوة منها. وهى تبدأ – عادة – عندما تكون البادرات بطول ٦ سم، وبمعدل ١٠-٤٠ لمسة يوميًّا كل ١٠ دقائق.

وتزداد الأضرار التى تحدث للشتلات إذا تأخرت بداية المعاملة، أو عند إجرائها أثناء ابتلال الأوراق. ويتعين أن تكون جميع الشتلات التى تخضع للمعاملة متجانسة فى الطول.

وغالبًا ما يتم إجراء معاملة التفريش فى غير مواعيد العمل، ليتسنى إجراء عمليات الخدمة الزراعية للشتلات (Latimer ١٩٩٨).

لقد أصبح من المعلوم أن تعريض النباتات وهى فى المشتل لظروف قاسية ميكانيكية Mechanical Stress يساعد فى التغلب على مشكلة الشتلات الطويلة الرهيفة.

ويمكن تلخيص الوسائل الفيزيائية التى اتبعها الباحثون بهدف التحكم فى نمو الشتلات، فيما يلى:

١- تعريض البادرات لشدٍّ رطوبى، وقد سبقت مناقشة ذلك.

٢- خفض معدلات التسميد كما أسلفنا بيانه.

٣- ملامسة النموات الخضرية – برفق – brushing بأجسام صلبة.
٤- هز أوانى الشتلات دورانيًّا أو بطريقة ترددية.
٥- حك البادرات.
٦- تعريض البادرات لتيار من الهواء السريع.
٧- رش النباتات بالماء.
٨- المحافظة على حرارة منخفضة ليلاً.
٩- تعريض النباتات لإضاءة ذات نسبة من الأشعة الحمراء إلى الأشعة تحت الحمراء.
١٠- إعاقة نمو البادرات بوضع شريحة من الأكريلك Plexiglas الشفاف فوقها دون أن تحمل عليها (Samimy ١٩٩٣).

ونلقى – فيما يلى – الضوء على اتجاهات الباحثين فى تناولهم لتلك المعاملات.

الاهتزازات والتعريض لتيار من الهواء

لاحظ الباحثون أن النباتات التى تتعرض لدفع الرياح غالبًا ما تكون سيقانها وأوراقها أصغر حجمًا، وأقل فى وزنها الجاف والرطب من النباتات التى لا تكون عرضة للرياح. وقد عزى ذلك إلى ما تحدثه الرياح من زيادة فى معدلات التنفس والنتح، ونقص فى معدل البناء الضوئى والمحتوى المائى للنبات.

وقد دُرس التأثير الميكانيكى للرياح بعدة وسائل عُرِّضت فيها النباتات لتيارات هوائية، أو لاهتزازات، أو للرش بالماء، أو للحك عليها. ووجد أن الاهتزازات الدورانية gyratory shaking للنباتات تُحدث فيها تأثيرات مماثلة للتأثيرات التى تحدثها الرياح. فمثلاً .. كانت نباتات الطماطم التى عُرّضت لمعاملة الاهتزاز الدورانى بمعدل ٢٨٢ دورة فى الدقيقة لمدة ٣٠ ثانية يوميًّا .. كانت أقل نموًّا من غير المعاملة.

وتبعًا لـ Heuchert & Mitchell (١٩٨٣) فإن تعريض بادرات الطماطم للاهتزاز الدورانى – بمعدل ١٧٥ دورة فى الدقيقة لمدة خمس دقائق يوميًّا خلال فصل الشتاء – أدى إلى نقص المساحة الورقية، وطول الساق، والمحتوى المائى للنبات، والوزن الجاف

لكل من السيقان والأوراق، ولكن هذه المعاملة كانت غير فعالة عندما أجريت صيفًا. وكان تعريض النباتات للاهتزاز الدورانى لمدة ٥–٢٠ دقيقة مرتين أو ثلاثة مرات يوميًّا أكثر فاعلية صيفًا وشتاءً.

كما وجد Heuchert وآخرون (١٩٨٣) أن معاملة الاهنزاز الدورانى لشتلات الطماطم النامية فى ظروف إضاءة ضعيفة أدت إلى إبطاء النمو القمى والإبطى لسيقان النباتات، ونقص استطالة أعناق الأوراق، بينما أدت إلى زيادة متانة أنسجتها، ومرونتها، وقللت من قابليتها للتمزق مقارنة بالنباتات التى لم تُعْطَ هذه المعاملة. كما أحدثت المعاملة زيادة فى نسبة السيليلوز فى ألياف السيقان.

حك البادرات أو ملامستها بأجسام صلبة (معاملة التفريش)

تستجيب البادرات لمعاملات حكها أو ملامستها بأجسام صلبة – وكذلك تعريضها للاهتزاز – إلى إحداث ما يعرف باسم thigmotropic response، الذى يؤدى إلى تقليل استطالة السلاميات من خلال تمثيل الإثيلين (عن Erwin & Heins ١٩٩٥).

نذكر فى هذا الشأن دراسات Latimer & Thomas (١٩٩١) التى أجريت فى مشتل تجارى، والتى قام فيها الباحثان بتعريض نباتات طماطم صنف صنى Sunny وهى فى عمر أسبوعين (أى فى مرحلة امتداد الفلقات) لأنبوبة من البولى فينيل كلورايد (PVC) تمر فوقها وملامسة لها برفق (Brushing) لمدة خمسة أسابيع بمعدل ٥٠ مرة يوميًّا ازدادت تدريجيًّا لتصل إلى ٧٠ مرة يوميًّا خلال الأسبوعين الرابع والخامس من عمر الشتلات. أدت هذه المعاملة إلى نقص نمو النباتات وتحسين مظهرها؛ فقد انخفض معدل نمو الساق بنسبة ٣٧٪، والأوراق بنسبة ٣١٪ مقارنة بمعاملة الشاهد، وكانت النباتات ذات لون أخضر أكثر قتامة وأكثر قدرة على تحمل عمليات التداول من النباتات غير المعاملة.

وفى دراسة أخرى قام Latimer وآخرون (١٩٩١) بتعريض بادرات الخيار من عدة أصناف لقضيب معلق (معاملة الـ brushing) لمدة ١,٥ دقيقة مرتين يوميًّا لمدة ١٢ يومًا؛ حيث أدت هذه المعاملة إلى نقص نمو النباتات وزيادة وزنها الجاف، كما أدت إلى نقص

عدد الأزهار المؤنثة والثمار المتكونة على الفروع الجانبية التى نمت من الأجزاء التى تعرضت للمعاملة من الساق الرئيسية، إلا أن ذلك لم يؤثر على المحصول الكلى إلا فى صنف واحد من أربعة أصناف.

كما وجد Tanaka (١٩٩١) فى اليابان أن تعريض بادرات الطماطم الكثيفة الزراعة للاحتكاك بقماش ثقيل عمودى عليها (مثل ستارة ثقيلة متحركة) أدى إلى نقص نسبة طول النباتات إلى وزنها الجاف، وخاصة عندما كانت كثافة المشتل ١٠٠٠ نبات بالمتر المربع، (مقارنة بكثافة ١٥٠٠ أو ٤٠٠ نبات بالمتر المربع). وقد أدت المعاملة إلى إنتاج نباتات لا يزيد طولها على ٢٥ سم، مع زيادة نسبة الشتلات التى تراوح طولها بين ١٥ و ٢٥ سم، مقارنة بمعاملة الشاهد التى أنتجت شتلات تراوح طولها بين ٥ و ٤٠ سم.

وفى دراسة أجريت على الخس والقنبيط وجد Pöntinen & Voipio (١٩٩٢) أن تعريض البادرات لشدٍّ ميكانيكى – بتعريضها للاحتكاك برفق بورق ثقيل لمدة ١,٥ دقيقة يوميًّا، أو بـ :الخيش" لمدة خمس دقائق يوميًّا (معاملات brushing) – كان أفضل من تعريضها لمراوح هوائية من اتجاه واحد، أو للاهتزاز لمدة خمس دقائق يوميًّا؛ حيث أدت معاملات الـ brushing إلى نقص طول النبات وطول وعرض الورقة الأولى فى المحصولين، كذلك أدت هذه المعاملات فى القنبيط إلى نقص الوزن الطازج للنباتات وزيادة وزنها الجاف.

وقد قارن Latimer & Beverly (١٩٩٤) تأثير ملامسة بادرات الخيار والكوسة والبطيخ – برفق – بعارض خشبى (شد ميكانيكى)، أو تعريضها لشدٍّ رطوبى على نموها. أجريت معاملة الشدِّ الميكانيكى بترتيب وضع أحواض الشتلة على ألواح خشبية بحيث تتلامس الـ ٥–١٠ سم العليا من نمواتها الخضرية مع قضيب خشبى يمر فوقها ٤٠ مرة – خلال فترة دقيقة ونصف – مرتين يوميًّا. أما معاملة الشدِّ الرطوبى فقد أجريت بمنع الرى، إلى أن تظهر أعراض الذبول بوضوح على النباتات لمدة ساعتين يوميًّا، واستمرت هذه المعاملات إلى حين الشتل. أدت معاملة الشدِّ الميكانيكى إلى نقص

نمو بادرات الخيار والكوسة، بينما أدت معاملة الشدِّ الرطوبى إلى نقص نمو جميع الأنواع المعاملة. وقد أدت المعاملتان إلى التحكم فى النمو النباتى دون أن يكون لها تأثيرات سلبية على النباتات الكبيرة بعد ذلك.

وفى دراسة أخرى قام Latimer & Oetting (١٩٩٤) بمعاملة بادرات الطماطم، والباذنجان، والبطيخ بالـ brushing؛ وذلك بتمرير قائم خشبى بحيث يلامس النباتات فى ثلثها العلوى فقط ٤٠ مرة، مع تكرار المعاملة مرتين يوميًّا ابتداء من بعد نحو ١٠–١٤ يومًا من الزراعة، أو بتعريضها للعطش بحيث تظهر أعراض ذبول واضحة على النباتات لمدة ساعتين يوميًّا، وبعد انتهاء المعاملات بأسبوع قام بعدوى النباتات إما بالتربس *Frankliniella occidentalis*، وإما بالمن *Myzus persicae* فى محاولة لدراسة تأثير هاتين المعاملتين على الإصابة الحشرية. وقد وجد الباحثان أن كلتا المعاملتين — الـ brushing والشدِّ الرطوبى — أحدثتا نقصًا فى طول النباتات وفى الوزن الجاف لجميع المحاصيل. كما أدت معاملة الـ brushing إلى نقص أعداد التربس فى جميع المحاصيل وأعداد المنّ فى الطماطم. هذا بينما لم يؤثر الشدِّ الرطوبى على أعداد المنّ، ولم يكن تأثيره منتظمًا على أعداد التربس.

هذا .. إلا أن معاملة ملامسة البادرات — برفق — بأجسام صلبة (معاملة الـ brushing) ليست مجدية مع كل النباتات؛ ففى الفلفل .. أحدثت معاملة الـ brushing ٨٠ مرة يوميًّا زيادة كبيرة جدًّا فى نسبة الشتلات التى ظهرت عليها أضرار ميكانيكية؛ حيث تراوحت بين ٤٨٪ و ٩٣٪. وبرغم أن تخفيض عدد الاحتكاكات إلى ٤٠ مرة يوميًّا صاحبه نقص فى معدل الأضرار الميكانيكية التى لحقت بالبادرات، إلا أن النقص فى معدل نموها — حينئذٍ — لم يكن ذا قيمة فى تحسين صلاحية الشتلات للشتل (Latimer ١٩٩٤).

ومن معاملات الشدِّ الميكانيكى الأخرى ما وجده Samimy (١٩٩٣) من أن إعاقة نمو بادرات الطماطم بوضع شريحة شفافة من الأكريلك Plexiglas فى طريق نموها ١٥ ساعة ليلاً لمدة ١٢ يومًا، (انتهت المعاملة عندما كانت النباتات بعمر شهر، وكانت الشريحة

محملة على قوائم، وليس على النباتات) .. أدت هذه المعاملة إلى نقص نمو البادرات بنسبة ٢١٪ وزيادة سمك الساق بنسبة ٢٠٪ مقارنة بمعاملة الشاهد. وبعد انتهاء معاملة إعاقة النمو بنحو شهر ونصف الشهر كانت النباتات المعاملة مازالت أقصر بنسبة ١٨٪، وأسمك بنسبة ٩٪ عن النباتات غير المعاملة.

وقد وجد أن الطول النهائى لشتلات الطماطم التى عوملت باللمس (أو التفريش) brushing انخفض بنسبة حوالى ٢٠٪ عندما أجريت المعاملة ١٠ مرات يوميًّا، وكان التأثير الإضافى لزيادة عدد مرات المعاملة حتى ٤٠ مرة يوميًّا – قليلاً. بدأت المعاملة عندما كان طول البادرات ٦ سم واستمرت حتى وصل طول بادرات الكنترول ١٣ سم. كذلك أعطت معاملة التفريش مرة كل ١٠ دقائق نفس تأثير المعاملة المستمرة طالما كان عدد معاملات التفريش اليومى ثابتًا. كما أن المعاملة لم تختلف فى تأثيرها حينما أجريت فى الصباح أو بعد الظهيرة. وقد أثرت المعاملة على معدل النمو بنفس الدرجة سواء بدأت عندما كان ارتفاع البادرات ٦ سم (مرحلة ملأ البادرات للفراغات بينها) أو ٨ أو ١٠ سم؛ فكان نموها فى كل الحالات بمعدل ٣ مم يوميًّا، مقارنة بمعدل نمو ٦ مم يوميًّا فى حالة عدم المعاملة. ويعنى ذلك وجود مرونة كبيرة فى تطبيق المعاملة لتحدث تأثيرها المرغوب فيه (Garner & Bjorkman ١٩٩٦).

وأدى لمس بادرات الطماطم بالتفريش بدءًا من اليوم الحادى عشر بعد زراعة البذور بمعدل ٤٠ لمسة مرتان يوميًّا لمدة ٣٠ يومًا إلى تقليل طولها بنسبة ٣٢٪، ووزن نموها القمى الجاف بنسبة ٢٩٪، مقارنة بما حدث فى نباتات الكنترول. هذا ولم يؤثر التفريش على تبادل الأوراق للغازات، كما لم يبد أن للتفريش تأثير واضح على تحمل النباتات لشدِّ الجفاف (van Iersel ١٩٩٧).

كما أدى تعريض شتلات الخيار لمعاملة التفريش بمعدل ١٠ لمسات يوميًّا لمدة أربعة أيام إلى تقليل الطول النهائى للسويقة الجينينية السفلى بالبادرات بمقدار ٢٥٪، ولم يكن للعدد الأكبر من الملسات تأثير إضافى فى هذا الشأن. هذا .. ولم يكن الانخفاض فى الوزن الجاف جراء المعاملة (١٠٪) ضارًّا بالشتلات مقارنة بالفائدة التى عادت عليها

جراء التحكم فى طولها. وقد كان تأثير لمسات التفريش ثابتًا على الرغم من الاختلافات الموسمية التى ظهرت فى مدى استطالة السويقة الجينينة السفلى (Björkman ١٩٩٩).

ولقد كان تأثير لمسات التفريش واحدًا سواء أجريت صباحًا أم بعد الظهر. وبينما نمت النباتات ستة ملليمترات يوميًّا عندما لم تعامل، فإنها نمت ٣ ملليمترات فقط — يوميًّا خلال فترة المعاملة. وبعد الشتل كانت النباتات المعاملة أكثر تحملاً للرياح، ففى إحدى الزراعات الحقلية تعرضت النباتات بعد الشتل لرياح سرعتها ٧٠ كم/ساعة؛ الأمر الذى أدى إلى موت ١٢٪ من الشتلات غير المعاملة، بينما لم يفقد سوى ٢٪ من تلك التى سبقت معاملتها. هذا ولم تكون للمعاملة أية تأثيرات على فترة التغلب على صدمة الشتل (التى عاودت بعدها النباتات نموها) أو على النمو الخضرى أو المحصول (Björkman ١٩٩٨).

ومن أهم عيوب معاملات حك البادرات أو ملامستها بأجسام صلبة — بهدف تقليل معدل استطالتها —احتياج هذه الطريقة إلى أيد عاملة كثيرة، بالإضافة إلى ما تحدثه من أضرر للنباتات.

وقف الزيادة فى طول الشتلات بالإعاقة الفيزيائية

وجد أن الإعاقة الفيزيائية لشتلات الطماطم تتحكم فى طول البادرات بقدر مساوٍ لما تحدثه معاملة التفريش الأكثر تكلفة. وقد تساوى فى هذا الشأن استخدام غشاء ميلار Mylar مثبت فى إطار بلاستيكى مع الشرائح الأكريلكية المكلفة من حيث تأثيرها فى الحد من طول الشتلات، وهى التى كانت أقصر بمقدار ٤٠ مم عن طول الشتلات غير المعاملة، حيث انخفض معدل استطالة الشتلات المعاملة بمعدل ٤٠٪ خلال فترة المعاملة، وازداد سمك ساق البادرة بنسبة ١٨٪ وكتلتها البيولوجية بنسبة ١٤٪ عندما أجريت المعاملة عند ضغط ٦٦ نيوتن/م^{٢}. ولم تؤثر الضغوط الأقل من ذلك (٢٥ أو ٥٠ نيوتن/م^{٢}) فى طول الشتلات. وقد تساوت كفاءة غشاء الميلار مع شباك من الفيبرجلاس فى التحكم فى طول الشتلات؛ بما يعنى أن الحد من حركة الهواء ليس عاملاً هامًّا فى استجابات النمو. وقد أعطت المعاملة أثناء الليل فقط تأثيرًا مقبولاً فى التحكم فى طول

الشتلات (كانت أقصر بمقدار ٢٧ مم مع انخفاض قدره ٣٠٪ فى معدل الاستطالة) (Garner & Björkman ١٩٩٧) ولم تكئن للمعاملة تأثيرات سلبية على أى من النمو النباتى بعد الشتل، أو المحصول، أو العيوب الثمرية فى العنقود الأول (Garner & Björkman ١٩٩٩).

هذا .. ولم تؤثر معاملة تفريش الشتلات على محصول ثمار طماطم التصنيع ولا على المحصول المبكر أو المحصول الكلى لطماطم الاستهلاك الطازج على الرغم من أن الإزهار المبكر لطماطم الاستهلاك الطازج يجعلها أكثر حساسية لأضرار التجريح التى تحدث بالشتلات جراء عملية التفريش. كذلك فإن الشتلات التى تعرضت لمعاملة التفريش أو إعاقة النمو impeding قاومت سيقانها الانحناء بدرجة أكبر من الشتلات التى لم تعامل، وذلك عندما تعرضت لرياح بقوة ٤–٦ كم/ساعة بعد الشتل. وبينما تسبب تعرض الشتلات بعد الشتل لرياح قوتها ٧٠ كم/ساعة إلى موت ١٢٪ من تلك التى لم تعامل، فإنها أدت إلى موت ٢٪ من تلك التى عوملت بالتفريش أو الإعاقة (Garner & Björkman ١٩٩٩).

تقليم الشتلات

يتم – أحيانًا – التحكم فى حجم الشتلات بإزالة أجزاء من الجذور، أو من الساق، أو من كليهما، إما أثناء إنتاج النباتات، وإما قبل شتلها مباشرة. وتعرف هذه العملية بـ "التقليم" pruning.

وتجرى عملية التقليم بإحدى ثلاث طرق كما يلى:

١– إزالة قمة النباتات Topping

يتضمن ذلك إزالة البرعم الطرفى، وبعض البراعم الإبطية، والأوراق الطرفية، ولا تجرى هذه العملية إلا على شتلات الطماطم والفلفل. وتؤدى المعاملة التى تجرى أثناء نمو البادرات فى المشتل إلى إنتاج نباتات قصيرة قوية وأكثر تجانسًا وأكثر صلاحية للحصاد الآلى. كما أنها تسمح بتأخير شتل النباتات إن لم تكن الظروف مواتية للشتل.

ويتبين من نتائج الدراسات التى أجريت فى هذا الشأن أن إزالة قمة نباتات الطماطم قبل شتلها بأسبوعين لم يؤثر على نسبة نجاح الشتل أو محصول الثمار، لكنها أدت إلى نقص المحصول المبكر. ولكن إذا تأخر الشتل كثيرًا فإن إزالة قمة النباتات تؤدى إلى زيادة المحصول المبكر كذلك. وقد أدت إزالة قمة النباتات قبل الشتل بيومين إلى نقص المحصول بنسبة ٣٣٪، ولذا .. يجب أن يمر وقت كاف بين إزالة القمة النباتية والشتل للسماح بالتئام الجروح وبدء تكوين نموات جديدة. وقد حصل على نتائج مماثلة فى الفلفل (عن Mckee ١٩٨١).

وقد قام Kraus (١٩٤٢) بتقليم جزء من المجموع الخضرى لشتلات كل من: الخس، والقنبيط، والكرفس، والفلفل، والبصل، وتوصل إلى النتائج الآتية:

أ- لم تحدث أية زيادة فى نسبة نجاح النباتات فى عملية الشتل نتيجة لتقليم الشتلات.

ب- أدى التقليم الجائر إلى تأخير تكوين الرؤوس فى الخس، وإلى تقليل المحصول المبكر فى القنبيط، ولم يتأثر المحصول فى باقى الخضراوات التى دُرست.

جـ- كان فقد الماء بالنتح من النبات أكثر – فى النباتات غير المقلمة – منه فى النباتات المقلمة، وكان ذلك راجعًا إلى الأسباب الآتية:

(١) كان النمو الخضرى أكبر فى النباتات غير المقلمة.

(٢) كان لدى النباتات غير المقلمة مخزون أكبر من المواد الكربوهيدراتية بالأوراق؛ ساعد النبات على تكوين جذور جديدة بسرعة بعد الشتل؛ مما زاد من مقدرة النبات على امتصاص الماء؛ ومن ثم أدى إلى زيادة النتح. كما كانت النباتات غير المقلمة أكثر قدرة على تمثيل المواد الغذائية اللازمة لنمو الجذور.

ويتبين من ذلك أن تقليم الشتلات بإزالة قمتها النامية يضر بالنباتات، ولا يوصى به.

كما وجد أيضًا أن تقليم جذور وأوراق البصل أدى إلى نقص كبير فى المحصول.

وبالنسبة للطماطم .. فإن عملية التقليم تضر أيضًا بكل من المحصول المبكر والمحصول الكلى. وبرغم أن إزالة القمة النامية وجزءًا من الساق يؤديان إلى تشجيع نمو الأفرع الجانبية مبكرًا، إلا أنه ثبت بالدراسة أن إجراء هذه العملية فى وقت مبكر – والنباتات فى عمر ٦ أسابيع – لا ينتج عنها أى تأثير جوهرى على المحصول الكلى أو المحصول المبكر، وأن إجراءها فى وقت متأخر – والنباتات فى عمر ٧–٨ أسابيع – يحدث نقصًا جوهريًّا فى كل من المحصول المبكر والمحصول الكلى.

وقد يساعد تقليم النباتات الكبيرة الطويلة الرفيعة leggy على تسهيل عملية الشتل – خاصة فى حالة الشتل الآلى – كما يساعد على تجنب الأضرار التى تحدث للنباتات بفعل هزّ الرياح لها، لكن هذه العملية لا ينصح باتباعها أيضًا إلا إذا كانت النباتات زائدة الطول ورفيعة بشكلٍ ملحوظ؛ لأن الجزء المزال من النبات يحتوى على مخزون هام من المواد الكربوهيدراتية يكون النبات فى أمس الحاجة إليه بعد الشتل؛ لتكوين جذور جديدة بسرعة، خاصة عندما لا تكون النباتات قد سبق تفريدها؛ وبالتالى لم تكوّن مجموعًا جذريًّا كثيفًا متفرعًا.

٢– التشذيب Trimming

يعنى بذلك إزالة أجزاء من الأوراق العليا للنبات، مع ترك البراعم دون الإضرار بها. ويستدل – من الدراسات التى أجريت فى هذا الشأن – على أن عملية التشذيب تؤدى إلى نقص المحصول المبكر والكلى، أو أنها تكون عديمة التأثير ولا فائدة منها، كما أنها لا تؤثر على نسبة نجاح الشتل. كذلك أدى تشذيب أو تقليم الجذور إلى زيادة صدمة الشتل وتأخير النضج، ولكن تشذيب الأوراق كان أكثر تأثيرًا على المحصول من تشذيب الجذور.

٣– التوريق الجزئى Partial Defoliation

يقصد بهذه العملية إزالة أوراق كاملة دون الإضرار بالبرعم الطرفى أو البراعم الإبطية. وهى تجرى – أحيانًا – وقت الشتل؛ بهدف زيادة نسبة نجاح الشتل، وخاصة فى

الجو الجاف؛ حيث تؤدى إلى نقص كمية الماء المفقودة بالنتح مقارنة بالفقد المائى من النباتات غير المورقة. وقد تفيد عملية التوريق فى تسهيل إجراء عملية الشتل، ولكن إجراءها لتحقيق هذا الهدف وحده لا يكون اقتصاديًّا؛ لأنها تؤدى – كذلك – إلى نقص المحصول (عن McKee ١٩٨١).

تأثير عمر الشتلة – عند الشتل – على النمو والمحصول

يختلف تأثر النمو النباتى بعمر الشتلة باختلاف المحصول، ومن أمثلة ذلك ما يلى:

١- أدى استعمال شتلات خس بعمر سبعة أسابيع إلى زيادة المحصول المبكر مقارنة باستعمال شتلات عمرها ٣-٦ أسابيع، وقل التباين فى وزن الرؤوس عندما كانت الشتلات فى عمر ١٣ أو ١٦ يومًا، مقارنة بعمر ٢٥ يومًا.

٢- تساوى محصول الكرنب الصينى عندما كان عمر الشتلات ٣-٦ أسابيع.

٣- لم يختلف محصول القنبيط الصالح للتسويق عند استعمال شتلات عمرها ٥-٨ أسابيع.

٤- أنتجت شتلات الأسبرجس التى كانت فى عمر ٨,٥ أسبوعًا نباتات أقوى نموًّا خضريًّا من تلك التى كان عمرها ٦ أو ٧ أسابيع، ولكنها تساوت مع الشتلات التى كان عمرها ١٠ أسابيع.

٥- أعطت شتلات الفلفل – التى كان عمرها ٦٠ يومًا – محصولاً مبكرًا أعلى من الشتلات التى كانت أصغر عمرًا.

٦- لم يختلف محصول الطماطم المبكر أو الكلى عندما استعملت شتلات يتراوح عمرها بين أسبوعين وستة أسابيع؛ ولذا .. أوصى باستعمال شتلات صغيرة لتقليل صدمة الشتل، ولتخفيض تكلفة إنتاج الشتلات (Leskovar وآخرون ١٩٩١).

وبالمقارنة .. حصل Weston & Zandstra (١٩٨٩) على أعلى محصول كلى من الطماطم عندما استعملت شتلات عمرها ٤-٥ أسابيع.

ويتضح من دراسات Leskovar & Cantliffe (١٩٩١) فى هذا الشأن أن نمو نباتات