الفصل الثامن

تحديات إنتاج الخيار ووسائل التغلب عليها

تحديات الظروف البيئية القاسية ووسائل التغلب عليها

تتضمن تحديات الظروف البيئية القاسية التغيرات الحادة فى العوامل الجوية وشدِّ العوامل الأرضية غير المناسبة، إضافة إلى شدِّ ملوثات البيئة.

التأثير الفسيولوجى لدرجة الحرارة والضوء على نمو وتطور الخيار

يتأثر نمو نباتات الخيار بدرجة الحرارة والضوء على النحو التالى:

١- يأخذ نمو الورقة الواحدة شكل منحنى النمو الزيجمويد S curve، ولكنه يتأثر بشدة الإضاءة.

٢- يكون معدل استطالة الساق أكبر فى فترة إضاءة طولها ٨ ساعات يوميًّا عما فى إضاءة مدتها ١٦ ساعة. وتنتج النباتات عددًا أكبر من العقد والأوراق فى فترة الإضاءة القصيرة عما فى الإضاءة الطويلة، ولكن النمو الجذرى والمساحة الورقية الكلية يكونان أقل فى فترة الإضاءة القصيرة مما فى الفترة الطويلة.

٣- عند ارتفاع مستوى النيتروجين فإن الطول الكلى لساق النبات قد يزيد فى النهار الطويل عما فى النهار القصير.

٤- عند انخفاض مستوى النيتروجين فإن محتوى النباتات من المواد الكربوهيدراتية فى مرحلة تفتح الأزهار يكون أعلى فى الفترة الضوئية الطولية عما فى الفترة القصيرة، بينما يحدث العكس عند نضج الثمار.

٥- توجد علاقة طردية خطية بين درجة الحرارة فى المدى المناسب للنمو (بين ٢٠ و٣٠ °م) وبين كل من معدل استطالة الساق ومعدل نمو المساحة الورقية، ولكن تأخذ العلاقة بين درجة الحرارة والوزن الجاف للنبات شكل المنحنى الزيجمويد فى مدى حرارى يتراوح بين ١٧ و ٢٤ °م.

حقوق الطبع محفوظة للمؤلف: أحمد عبد المنعم حسن

٦- عند ارتفاع درجة الحرارة عن المستوى المثالى ينخفض معدل نمو الأوراق فى النباتات الصغيرة، بتوجه الغذاء المصنع تحت هذه الظروف إلى السيقان.

٧- عند انخفاض درجة الحرارة عن المستوى المثالى لا يرتبط معدل النمو النسبى للورقة بدرجة الحرارة، ويعتمد — حينئذ — على شدة الإضاءة.

٨- يزداد معدل استطالة السيقان عن المستوى العادى حينما ترتفع حرارة الليل عن حرارة النهار.

٩- يقل معدل تكوين البراعم القمية فى الحرارة المنخفضة (عن Robinson & Decker-Walters ١٩٩٧).

١٠- يفضل للنمو الجيد لنبات الخيار أن تكون حرارة النهار أعلى بمقدار ٤-٦ °م عن حرارة الليل.

١١- يؤدى انخفاض حرارة وسط نمو الجذور إلى ١٦ °م أو أقل من ذلك إلى موت الجذور وضعف النمو الخضرى، ويكون ذلك مصاحبًا بانخفاض فى معدل تنفس الجذور.

١٢- تتوفر اختلافات وراثية كبيرة بين أصناف وسلالات الخيار فى قدرة النباتات على النمو والعقد الجيد للثمار فى الحرارة المنخفضة، وقد أُنتجت أصناف من خيار الصوبات قادرة على النمو والعقد الجيدين فى حرارة ٢٠ °م نهارًا، و١٥ °م ليلاً.

١٣- يؤدى ارتفاع درجة الحرارة عن المدى المناسب (وهو ١٨-٢٤ °م) إلى زيادة سرعة استطالة السيقان، والتبكير فى الحصاد، ولكن مع نقص فترة الحصاد ونقص المحصول الكلى (عن Wein ١٩٩٧).

١٤- وقد وجد Lee وآخرون (١٩٩٧) أن رفع حرارة التربة (بإمرار ماء ساخن على حرارة ٤٥ °م فى أنابيب تحت سطح التربة بنحو ٣٥ سم) كانت له تأثيرات إيجابية على النمو النباتى ومحصول الثمار، وحصل الباحثون على أفضل النتائج عندما رفعت حرارة التربة من ١٥,٧ °م فى الكنترول إلى ٢٢,٥ °م فى مرحلة الإنبات وبزوغ البادرات، ثم خُفِّضت إلى ٢٠ °م ابتداء من اليوم العاشر فى نهاية الشهر الأول بعد الزراعة، ثم إلى ١٨ °م خلال الشهر الثانى من الزراعة.

حقوق الطبع محفوظة للمؤلف. أحمد عبد المنعم حسن

شدِّ التجمد والبرودة

أضرار التجمد

تحدث أضرار التجمد فى أوراق الخيار عندما تتكون البللورات الثلجية فى المسافات التى تقع بين الخلايا، وتتباين درجة الحرارة التى تتكون عندها تلك البللورات باختلاف الأوراق. وقد حفَّز تواجد البكتيريا النشطة فى تكوين نوايا البللورات الثلجية ice nucleation-active bacteria على سطح الأوراق.. حفز تواجدها تكوين البللورات الثلجية، مما أدى إلى زيادة أضرار التجمد. وعندما عوملت النباتات بنوعين من هذه البكتيريا – هما: *Pseudomonas syringae*، و *Erwinia herbicola*– ازدادت أضرار التجمد مع زيادة أعداد هذه البكتيريا عند أى درجة حرارة تحت الصفر. ووجدت علاقة خطية بين لوغاريتم أضرار التجمد ولوغاريتم أعداد البكتيريا (Feng ١٩٩٠). ولمزيد من التفاصيل عن هذه البكتيريا ودورها فى إحداث أضرار التجمد فى النباتات.. يراجع حسن (١٩٩٨).

أضرار البرودة

تعرف أضرار البرودة بأنها الأضرار التى تنتج عن تغيرات فسيولوجية وكيميائية حيوية يحدثها التعرض لحرارة منخفضة تزيد عن درجة التجمد وتقل عن ١٢ °م.

ومن أهم أضرار الحرارة المنخفضة فى الخيار – والقرعيات بصورة عامة – ضعف إنبات البذور، وما يترتب على ذلك من غياب نسبة كبيرة من الجور (مواضع الزراعة)، وضعف النمو النباتى، والذبول، والتحلل necrosis، وتأخير الحصاد.

وتعتبر جذور البادرات النابتة شديدة الحساسية للحرارة المنخفضة، حيث تقل قدرتها على امتصاص الماء، بسبب الضعف الذى يحدث فى قدرة توصيل الجذور فى الحرارة المنخفضة، ويزداد فيها التسرب الأيونى بسبب الخلل الذى يحدث فى وظائف الأغشية الخلوية، ويضعف نموها بسبب الاختلال الذى يحدث فى التوازن القائم بين إنتاج الخلايا وتميزها (عن Reyes & Jennings ١٩٩٤).

حقوق الطبع محفوظة للمؤلف د. أحمد عبد المنعم حسن

وتوصل Russo & Biles (١٩٩٦) من دراستهما على صنفين من الخيار أن انخفاض نسبة إنبات البذور فى الحرارة المنخفضة قد يكون مرده إلى التسرب الأيونى للعناصر، أو عدم تمثيل البروتينات، أو حدوث تغير فى طبيعة البروتينات المرتبطة بالإنبات ونمو الجذير، أو كل هذه العوامل مجتمعة.

وتتوفر اختلافات وراثية بين أصناف وسلالات الخيار فى قدره بذورها على الإنبات فى الحرارة المنخفضة.

وقد أوضحت دراسات Hariyadi & parkin (١٩٩٣) – التى عرَّضا فيها بادرات الخيار وهى فى عمر أسبوع واحد لحرارة ٤ °م لمدة يوم واحد إلى ستة أيام – أن فقد بادرات الخيار لحيويتها بدأ بعد يومٍ واحدٍ من التعرض للحرارة المنخفضة، واكتمل خلال أربعة أيام، واتضح أن لأضرار البرودة علاقة بشدٍّ أكسدة Oxidative stress ينشأ لدى التعرض للحرارة المنخفضة.

كما وجد أن تركيز حامض الأبسيسيك Abscisic Acid ازداد تلقائيًّا فى نباتات الخيار لدى تعرضها لظروف قاسية سواء أكانت حرارة عالية (٣٨ °م لمدة يوم واحد)، أم حرارة منخفضة (١٠ °م لمدة خمسة أيام)، أم ملوحة عالية (٠,٩ أو ١,٦٪ محلول كلوريد صوديوم لمدة ٢٤ ساعة) (Talanova & Titov ١٩٩٤).

وكانت بادرات الخيار – وكذلك الكوسة – أكثر حساسية لأضرار البرودة على حرارة ٢، و٦ °م عنها فى حرارة ١٠، و١٥ °م، وتبين ذلك من مدى قدرة البادرات على استعادة نموها الطبيعى لدى نقلها لحرارة ٢٦ °م بعد معاملة البرودة. وقد نقص النمو الجذرى بعد ٤٨ ساعة من التعرض لمعاملات البرودة. وتمكنت البادرات التى عرضت لحرارة ١٠، و١٥ °م من استمرار النمو الجذرى فى تلك الدرجات، وبعد نقلها لحرارة ٢٦ °م، هذا إلا أن البادرات التى عرضت لحرارة ١٠ °م ظهر بها تلون بنى فى القمة النامية للجذور؛ الأمر الذى لم يحدث عندما عرضت البادرات لحرارة ٢ °م. وبعد ٩٦ ساعة من معاملات البرودة حدثت أضرار دائمة فى حرارة ٢، و٦ °م، ولم يمكن للبادرات استعادة نموها الطبيعى لدى إعادتها لحرارة ٢٦ °م. وقد ازداد التسرب الأيونى من جذور كل من الخيار والكوسة بعد

حقوق الطبع محفوظة للمؤلف د. أحمد عبدالمنعم حسن

٤٨ ساعة من تعريضها لحرارة ٢ °م، وكان الفقد أكبر فى البوتاسيوم، والصوديوم، والفوسفات، عما فى المغنيسيوم، والكلورين، والكبريتات، بينما لم يحدث تسرب لأيون الكالسيوم، كما لم يحدث أى تسرب أيونى يختلف عن الكنترول فى حرارة ١٠ أو ١٥ °م (Reyes & Jennings ١٩٩٤).

كذلك وجد Dang وآخرون (١٩٩٧) أن التسرب الأيونى ازداد من أوراق الخيار بانخفاض درجة الحرارة، وخاصة بانخفاضها عن ٤ °م وحتى الصفر المئوى، وكان التسرب أكبر فى الأوراق الأبعد عن قاعدة النبات عما فى الأوراق القاعدية.

ويتراكم البرولين الحر free proline فى أوراق بادرات الخيار عند تعرضها لأضرار البرودة، ويزداد التراكم باضطراد الانخفاض فى الحرارة من ٦ °م إلى صفر °م، وبزيادة فترة التعرض للحرارة المنخفضة من ١٢ إلى ٧٢ ساعة. وكان تراكم البرولين فى أوراق الخيار التى عرضت لحرارة صفر أو ٣ °م أعلى مما حدث فى أوراق الجورد *Cucurbita ficifolia* التى عرضت لنفس الظروف. ويبدو مما تقدم بيانه أن تراكم البرولين يرتبط بعملية تأقلم النبات على شدِّ البرودة (Wang & Cui ١٩٩٦).

وقد صاحب تعريض بادرات الخيار لحرارة ٦ °م لمدة خمسة أيام مع إضاءة ٥ كيلولكس klx لمدة ١٦ ساعة يوميًّا إلى تثبيط عملية البناء الضوئى بصورة نهائية فى نهاية فترة المعاملة، التى أدت — كذلك — إلى نقص محتوى الأوراق من الرطوبة ونقص عدد الثيلاكويدات thylakoids لكل جرانا granum، بينما ازداد محتوى السكر، وتضاعفت المساحة التى احتلتها حبيبات النشا فى مقاطع البلاستيدات الخضراء خمس مرات.

يؤدى تعرض المجموع الجذرى للخيار لحرارة تتراوح بين ١٢ و١٤ °م إلى تثبيط نموه بشدة، بينما لا يحدث ذلك فى الجورد *Cucurbita ficifolia* — الذى يعرف بالاسم الإنجليزى figleaf gourd، والذى يشيع استخدامه كأصل للخيار فى اليابان. ففى هذا النوع، تحدث زيادة فى النمو الجذرى عند انخفاض حرارة الجذور عن ٢٠ °م، بينما يقل النمو الجذرى فى الخيار جوهريًّا تحت هذه الظروف. ويتم التغلب على هذا التأثير السلبى للحرارة المنخفضة على الخيار — إلى حد كبير — بتطعيم الخيار على *C. ficifolia*.

حقوق الطبع محفوظة للمؤلف د. أحمد عبدالمنعم حسن

وتوجد ارتباطات معنوية سالبة بين النمو الجذرى ومحتوى الأوراق من كل من النيتروجين، والفوسفور، والبوتاسيوم. وينخفض امتصاص جذور الخيار من الماء والعناصر المغذية فى الحرارة المنخفضة، بينما لا يحدث ذلك فى الجورد. كما وجد أن محتوى الجذور من الدهون الكلية والفوسفور المرتبط بالدهون يزداد بانخفاض درجة حرارة الجذور فى كل من الخيار والجورد، ولكن تلك الزيادات كانت أكبر دائمًا فى الجورد عما فى الخيار فى كل درجات الحرارة. وازدادت نسبة حامض اللينولينك linolenate بانخفاض درجة حرارة الجذور فى الجورد *C. ficifolia* إلى أن وصلت إلى ٥٧٪ من الأحماض الدهنية الكلية فى حرارة ١٢ °م، بينما لم تحدث فى الخيار سوى زيادة طفيفة فى نسبة هذا الحامض عن نسبته الطبيعية فى حرارة ١٥ °م. وبذا.. فإنه يبدو أن تمثيل الفوسفوليبيدات phospholipids ودرجة عدم تشبع الأحماض الدهنية ترتبطان بالاختلافات فى قدرة جذور كل من الخيار والجورد على تحمل الحرارة المنخفضة.

وبالإضافة إلى ما تقدم بيانه فإن محتوى الجذور من السيتوكينين يزداد فى الحرارة المنخفضة فى الجورد، بينما ينخفض فى الخيار (عن Kanahama ١٩٩٤).

كما أوضحت دراسات Reyes & Jennings (١٩٩٧) أن الجذور التى عرضت لحرارة ٢ °م كان امتصاصها للأكسجين أقل جوهريًّا من تلك التى عرضت لحرارة ١٠ أو ١٥ °م. وأدى تعريض النباتات لحرارة ٢٦ °م لمدة ٢٤ ساعة عقب تعريضها لحرارة ٢ °م إلى زيادة امتصاص جذورها للأكسجين، وازداد تأثير المعاملة الحرارية مع زيادة فترة معاملة البرودة التى سبقتها حتى ٩٦ ساعة.

ولقد كان نمو نباتات الخيار أفضل ما يمكن عندما كانت حرارة الجذور (فى مزرعة لا أرضية) ٢٨ °م أو أعلى حتى ٣٦ °م، وكان الانخفاض فى الوزن الجاف للنباتات عند تباين حرارة الجذور – مقارنة بالوزن الجاف عند حرارة جذور ٢٨ °م – كما يلى: ٨٨,٩٪ عند ١٢ °م، و٢٦,٨٪ عند ٢٠ °م، و٥٪ (غير جوهرى) عند ٣٦ °م، وكان النقص فى مساحة الأوراق ٩٢,٢٪ عند ١٢ °م، و٣٠٪ عند ٢٠ °م، و٦,٩٪ عند ٣٦ °م، والنقص فى طول الجذور ٩٩,٥٪ عند ١٢ °م، و٦٧,٦٪ عند ٢٠ °م، و٤٤,٣٪ عند ٣٦ °م،

حقوق الطبع محفوظة للمؤلف: أحمد عبد المنعم حسن

وذلك مقارنة بالوضع عند ٢٨ °م. وقد ازدادت مساحة أوعية الخشب وأعدادها بالجذور مع ارتفاع حرارة بيئة نمو الجذور من ١٢ إلى ٣٦ °م (Daskalaki & Burrage ١٩٩٧).

معاملات الحد من أضرار البرودة

تتأقلم بادرات الخيار على الحرارة المنخفضة الأقل من ١ °م بتعريضها مسبقًا لحرارة منخفضة تتراوح بين ٣، و١١ °م، وأفضل حرارة للأقلمة ليلاً هى ٦ °م عندما تكون الحرارة نهارًا ٢٠ °م؛ ففى هذه الظروف.. كانت النباتات المؤقلمة أقل تعرضًا للأضرار عندما عرضت بعد أقلمتها لحرارة تقل عن ١ °م لمدة ٤٠ ساعة؛ حيث قل فيها التسرب الأيونى، وأخر ذبول أوراقها، وازداد فيها معدل البناء الضوئى عما فى النباتات التى لم تسبق أقلمتها (Tang & Shen ١٩٩٢). كما وجد أن النباتات التى أقلمت فى حرارة منخفضة ٦ °م كانت أقل طولاً، وأسرع إزهارًا بمقدار ٥ أيام، وأعلى محصولاً من النباتات التى لم تؤقلم (Singer وآخرون ١٩٩٣).

وأدى تعريض نباتات الخيار – بدءًا من مرحلة الورقة الحقيقية الثانية – لخفض تدريجى فى الحرارة من ٢٥ °م إلى ١٢ °م على مدى ٥–٦ أيام، قبل نقلها إلى ٦ °م، إلى الحد من إصابتها بأضرار البرودة مقارنة بالأضرار التى حدثت بها عندما نقلت النباتات – مباشرة – من ٢٥ °م إلى ٦ °م (Helmy وآخرون ١٩٩٩).

كما أدت تقسية نباتات الخيار بالبرودة cold acclimation بتعريضها لحرارة ١٥ °م لمدة ثلاثة أيام مع إضاءة ٥٠ ميكرومول/م^{٢} فى الثانية و٧٠٪ رطوبة نسبية، ثم تعريضها لحرارة ٨ °م لمدة ثلاثة أيام، ثم لحرارة ٢٥ °م لمدة ثلاثة أيام أخرى.. أدى ذلك إلى جعل الأوراق أقل تأثرًا بالبرودة مقارنة بما حدث فى أوراق نباتات الكنترول التى كان تعرضها – ابتداء – لحرارة ٢٥ °م لمدة ثلاثة أيام (أى لم تؤقلم بالبرودة). ولقد كانت استعادة أوراق النباتات التى تعرضت لمعاملة التقسية أسرع، واستُحِثَ فيها نشاط الإنزيمات المضادة للاكسدة catalase، و ascorbate peroxidase (Kuk وآخرون ٢٠٠٣).

كذلك وُجد أن ارتفاع الحرارة إلى ٢٤ أو ٢٥ °م نهارًا خلال منتصف الفترة الضوئية – بحيث يكون متوسط الحرارة اليومى ١٥ أو ١٦ °م – يمكن أن يعوض التأثير السلبى

لانخفاض الحرارة ليلاً إلى ١٠ أو ١١ °م على كلٍ من نمو الثمار والمحصول (Klaring & Schmidt ٢٠١٧).

كما وجد أن رش النباتات بمحلول ملحى من كلوريد الصوديوم أو كلوريد البوتاسيوم بتركيز ٥٠ ملى مول، أو كلوريد الكالسيوم بتركيز ٢٥ ملى مول، أو كلوريد الزنك بتركيز ١٠ ملى مول قبل تعريض النباتات لحرارة ٦ °م ليلاً ونهارًا لمدة ٧ أيام أدى إلى زيادة تحملها لأضرار البرودة، حيث أدت المعاملات إلى خفض التسرب الأيونى من الأوراق، كما احتوت النباتات المعاملة على تركيزات أعلى من الكلوروفيل عن النباتات غير المعاملة.

وأدت معاملة شتلات الخيار لمدة يوم واحد بمحلول سكروز بتركيز ٥٠ ملى مول إلى جعلها أكثر تحملاً لشد البرودة (٨/١٥ °م لمدة ثلاثة أيام)؛ حيث أحدثت المعاملة زيادة فى السكروز الداخلى، وفى نشاط الإنزيمات المضادة للأكسدة،كذلك كانت الزيادة فى تحمل شدِّ البرودة التى أحدثتها المعاملة مصاحبة بزيادة فى كل من محتوى البرولين، والسكريات الذائبة، ونشاط كل من الـ soluble acid invertase، والـ neutral invertase (Cao وآخرون ٢٠١٤).

وأدى تعريض بادرات الخيار لأبخرة عدد من الكحولات (٣٢٠ ملى مول ميثانول، وإيثانول، وبروبانول، وبيوتانول، وبنتانول) أثناء تعرضها للبرودة على حرارة ٢,٥ °م لمدة خمسة أيام.. أدى ذلك إلى زيادة تحملها لأضرار البرودة، وكانت السويقة الجنينية السفلى هى أكثر أجزاء النبات حساسية لأضرار البرودة. ويبدو أن الكحول يقلل أضرار البرودة من خلال إغلاقه للثغور (Saltveit ١٩٩٤).

كذلك أدى تعريض بذور الخيار بعد ٢٤ ساعة من إنباتها – لحرارة منخفضة مقدارها ٢,٥ °م لمدة ٦٠ ساعة، ثم نقلها بعد ذلك إلى حرارة مقدارها ٢٥ °م لمدة ٧٢ ساعة إلى ضعف شديد فى نمو الجذير حيث ازداد طوله من ٠,٢ سم عند بداية معاملة التعريض لحرارة ٢,٥ °م إلى ٠,٤–٠,٦ سم عند نهاية فترة الحضانة على ٢٥ °م، مقارنة بزيادة فى نمو جذير نباتات المقارنة من ٠,٢ سم عند البداية إلى ٦,٣ سم فى نهاية فترة

حقوق الطبع محفوظة للمؤلف د. أحمد عبدالمنعم حسن

حضانة مدتها ٧٢ ساعة على حرارة ٢٥°م. وقد أدى تعريض البادرات للكحول الإيثيلى بتركيز ٠,٤ مولار لمدة ٤ ساعات، أو لحرارة ٤٠°م لمدة ساعة واحدة إلى زيادة كبيرة فى تحمل البادرات للبرودة، حيث وصل نمو جذورها النهائى إلى ٤,١، و٣,١ سم فى المعاملتين، على التوالى. كذلك كان لهاتين المعاملتين تأثيرات إيجابية فى تحمل معاملة البرودة التى صاحبتها ظاهرة التسرب الأيونى، وهى تعريض البذور بعد ٢٤ ساعة من إنباتها لحرارة ٢,٥°م لمدة ١٤٤ ساعة. وقد أدت إضافة المركب المانع لتمثيل البروتين سيكلوهكسيميد cyclohexemide فى بيئة معاملة البرودة إلى إلغاء التأثير المفيد لمعاملتى التعريض للكحول الإيثيلى والحرارة العالية، ويبدو أن الحماية التى وفرتها المعاملتان تضمنت تمثيل بروتينات جديدة (Jennings & Saltveit ١٩٩٤).

كما أدى تعريض بادرات الخيار وهى بعمر خمسة أيام لحرارة ٢°م لمدة ٧٢ ساعة إلى ظهور أعراض أضرار البرودة التى تمثلت فى جفاف السويقة الجنينية السفلى وانهيارها، ثم موت البادرة. وقد أدى تعريض البادرات لنقص فى الأكسجين إلى تراكم الكحول الإيثيلى والأسيتالدهيد فيها، وصاحب ذلك زيادة تحملها لأضرار البرودة عندما تعرضت لها بعد ذلك، وتمثل ذلك فى استمرار نمو السويقة الجنينية السفلى وانعدام أضرار البرودة. كذلك أمكن جعل النباتات أكثر تحملاً لأضرار البرودة بمعاملتها بأبخرة الكحول الإيثيلى، بينما كان تأثير الأسيتالدهيد ضعيفاً؛ الأمر الذى يفيد بأن التأثير الذى أحدثه تعريض البادرات لنقص فى الأكسجين كان مرده إلى تراكم الكحول الإيثيلى وليس إلى تراكم الأسيتالدهيد. كذلك أمكن زيادة القدرة على تحمل البرودة فى البادرات بتعريضها لأبخرة أى من الـ n-propanol، والـ n-butanol، والكلوروفورم chloroform، والهالوثين halothane؛ مما يفيد احتمال إحداث الكحول الإيثيلى لتأثيره من خلال زيادته لسيولة دهون الأغشية الخلوية. ويتفق ذلك مع ما هو معروف عن ارتباط نشاط الكحول الإيثيلى بأيض الدهون (Frankel & Erza ١٩٩٦).

وقد وجد أن قدرة تحمل بادرات الخيار للبرودة (٣°م لمدة ٤ ساعات) ترتبط بنشاط مضادات الأكسدة، حيث ازدادت أضرار البرودة عند معاملتها بالمركبات المحفزة للأكسدة (كبريتات الحديدوز + حامض الأسكوربيك بتركيز ٥٠٠ ميكرومول لكل منهما)

حقوق الطبع محفوظة للمؤلف د. إسماعيل عبد المنعم حسن

أثناء معاملة البرودة، بينما قلت أضرار البرودة عند معاملتها بأى من مضادات الأكسدة: حامض الأسكوربيك بتركيز ٧٥٠ ميكرومول، والجلوتاثيون glutathione بتركيز ١٠٠ ميكرومول، وحامض البنزويك benzoic acid بتركيز ٥٠ ميكرومول (Lukatkin & Levina ١٩٩٧).

كذلك وجد Boese وآخرون (١٩٩٧) أن الخيار كان أكثر حساسية لأضرارالبرودة عن كل من الفاصوليا والذرة السكرية، وأن زيادة تركيز ثانى أكسيد الكربون أدت — فى النباتات الصغيرة — إلى تحسين العلاقات المائية أثناء التعرض للبرودة، وإلى تخفيف الأثر الضار للنقص فى معدل البناء الضوئى الذى كان مصاحبًا لها.

وقد ازداد التسرب الأيونى من الأوراق الفلقية للخيار لدى تعريضها لحرارة ٢,٥ °م لمدة ٦ أيام، بينما لم يحدث هذا التسرب فى حرارة ١٣ °م. وأدى تعريض الأوراق الفلقية لحرارة ٣٧ °م لمدة ٦ ساعات قبل معاملة الحرارة المنخفضة إلى خفض التسرب الأيونى منها بنسبة ٤٠٪ لدى تعريضها لحرارة ٢,٥ °م لمدة ١٥ يومًا، بينما أدت معاملتها بالحرارة العالية لمدة ١٨ ساعة مع ١٥٪ ثانى أكسيد كربون إلى خفض التسرب الأيونى منها بنسبة ٥٠٪. وقد حدثت تغيرات فى محتوى الأوراق الفلقية من البولى أمينات من جرّاء معاملة البرودة: فمثلاً.. ازداد محتواها من البوتريسين putrescine بمقدار الضعف، ونقص محتواها من الاسبرمين spermine، بينما ظل محتواها من الاسبرميدين spermidine ثابتًا فى حرارة ٢,٥ °م لمدة ١٥ يومًا. وأدى تعريض الأوراق الفلقية لحرارة ٣٧ °م إلى إحداث زيادة ملحوظة فى محتواها من البوترسين والاسبرميدين، مع زيادة طفيفة فى محتواها من الاسبرميدين (Sanchez وآخرون ١٩٩٥) وقد حصل Fan وآخرون (١٩٩٦) على نتائج مماثلة لتلك التى أسلفنا بيانها فى دراسة أجريت على ثمار الخيار، وتبين منها أن مستوى البوترسين ازداد فى الثمار بعد ثلاثة أيام من تعريضها لحرارة ٢ °م، وأن تلك الزيادة ارتبطت بظهور أعراض البرودة.

ووجد Yu وآخرون (١٩٩٧) أن نباتات الخيار المطعمة على أصل من *Cucurbita ficifolia* تحملت التعرض لحرارة ٥ °م لمدة أطول من النباتات غير المطعومة، وكان التسرب الأيونى من الأوراق والجذور أعلى فى النباتات غير المطعومة عما فى النباتات

حقوق الطبع محفوظة للمؤلف أحمد عبد المنعم حسن

المطعومة بعد ٤ أيام من التعرض لحرارة ٥ °م. وبالمقارنة.. كان محتوى الكلوروفيل، ومعدل التنفس، ومقاومة الثغور أعلى فى النباتات المطعومة، بينما كان معدل نتح الأوراق ونشاط إنزيم succunic dehydrogenase – فى الجذور – أقل فى النباتات المطعومة على الجورد مقارنة بالنباتات غير المطعومة.

هذا إلا أن *Sicyos angulatus*– كأصل للخيار – كان أكثر تحملاً للحرارة المنخفضة (١٢ °م) عن *Cucurbita ficifolia* (Bulder وآخرون ١٩٩١).

شد الحرارة العالية

أدى رفع حرارة الجذور إلى ما بين ٣٥، و٣٨ °م إلى نقص الوزن الجاف للجذور، ومساحة الأوراق ومحتواها من معظم العناصر المغذية، مع زيادة واضحة فى معدل تنفس الجذور، وفى محتواها من السكريات، وخاصة سكر الرافينوز raffinose، ونقص فى محتواها من البكتين، وحمضى الماليك والفيوماريك. ويعتقد بأن ضعف نمو جذور الخيار وتردّيها فى أداء وظائفها فى الحرارة العالية مرده إلى تردى أيض المواد الكربوهيدراتية فى تلك الظروف (Du & Tachibana ١٩٩٤).

وكانت أفضل حرارة للمحاليل المغذية فى المزارع المائية (غير الدوارة non circulating) للخيار هى ٢٨ °م حيث أعطت أقل وزن جاف ووزن طازج لكل من الجذور، والسيقان، والأوراق، وذلك مقارنة بدرجات الحرارة الأقل من ذلك (١٢، و٢٠ °م)،ولكن لم يختلف تأثير حرارة ٢٨ °م للمحلول المغذى عن حرارة ٣٦ °م. وكان الانخفاض فى دلائل النمو – مقارنة بالنمو عند حرارة جذورها مقدراها ٢٨ °م – كما يلى:

الوزن الجاف: ٨٨,٩٪ عند ١٢ °م، و٢٦,٨٪ عند ٢٠ °م، و٥,٠٪ عند ٣٦ °م.

المساحة الورقية: ٩٢,٢٪ عند ١٢ °م، و٣٠,٠٪ عند ٢٠ °م، و٦,٩٪ عند ٣٦ °م.

طول الجذور: ٩٩,٥٪ عند ١٢ °م، و٦٧,٦٪ عند ٢٠ °م، و٤٤,٣٪ عند ٣٦ °م.

هذا وقد ازدادت أعداد أوعية الخشب ومساحتها فى الجذور بزيادة حرارة المحلول المغذى (Daskalaki & Burrage ١٩٩٧).

حقوق الطبع محفوظة للمؤلف د. أحمد عبد المنعم حسن

وأدى تعريض جذور الخيار فى مزرعة مائية لحرارة عالية (٢٥، أو ٣٥، أو ٣٨°م لمدة ١٠ أيام) إلى إحداث انخفاض حاد فى تركيز السيتوكينين، وكان التغير تدريجيًّا عند ٣٥°م، ولكنه كان سريعًا جدًّا فى حرارة ٣٨°م، وأكثر وضوحًا فى الجذور عما فى الأوراق. وبعد ٥ أيام من تعريض الجذور لحرارة ٣٨°م كان تركيز السيتوكينينات فى الجذور منخفضًا جدًّا، أما بعد ١٠ أيام فإن تركيزها لم يكن ملحوظًا لا فى الجذور ولا فى الأوراق. وكان السيتوكينين Zeatin riboside فى الأوراق أكثر حساسية لحرارة الجذور العالية عن السيتوكينينات الأخرى. ويعتقد بأن تثبيط تمثيل السيتوكينين فى الجذور فى الحرارة العالية، وما يترتب عليه من انخفاض فى مستوى السيتوكينين فى الأوراق هو العامل الأساسى المسئول عن تثبيط نمو نباتات الخيار التى تتعرض جذورها لحرارة عالية (Tachibane وآخرون ١٩٩٧).

ويتأثر معدل البناء الضوئى فى الخيار كثيرًا بدرجة حرارة الهواء. وقد وجد Xu وآخرون (١٩٩٣) أن أعلى معدل للبناء الضوئى فى الزراعات المحمية حدث فى حرارة تراوحت بين ٢٥، و٣٣°م، بينما تراوح المجال الحرارى الذى حدثت فيه عملية البناء الضوئى بين ٣ و ٦°م فى حده الأدنى إلى ما بين ٤٢ و٤٤°م فى حده الأقصى، وكان المتوسط العام لمعدل البناء الضوئى على مدى عامين هو ٩–٢٢ ميكرومول ثانى أكسيد كربون/م^{٢}/ثانية. وأوضحت الدراسة أن معدل البناء الضوئى تراوح فى الأوراق الصغيرة (بعد ١٠ أيام من ظهورها) بين ١٥، و٢١ميكرومولاً من ثانى أكسيد الكربون/م^{٢}/ثانية بمعامل حرارى (Q_{10}) يتراوح بين ١,٦، و٢,١، وكان هذا المعدل أعلى عما فى الأوراق الكبيرة (بعد أكثر من ٢٠ يومًا من ظهورها). وقد ازداد معدل التنفس، ونقطة التعويض الضوئى Compensation point، ونقطة التشبع الضوئى Light Saturation point.. ازدادت جميعها بارتفاع درجة الحرارة. وبارتفاع الحرارة عن ٤٠°م تناقص معدل التنفس، ولم تزدد نقطة التشبع الضوئى عندما وصلت الحرارة إلى الدرجة المثلى. وقد كانت نسبة البناء الضوئى إلى التنفس أعلى ما يمكن بين ١٥، و٣٠°م.

وقد أوضحت دراسات Oda وآخرون (١٩٩٣) أن استشعاع أو تفلور الكلوروفيل Chlorophyll Fluorescence انخفض قليلاً عندما تعرضت نباتات الخيار لحرارة

٤٢، أو ٤٤ °م لمدة ساعتين إلى ثلاث ساعات، ولكنه انخفض بوضوح لدى تعريض النباتات لحرارة ٤٦ °م للفترة ذاتها، وذلك مقارنة بمستوى التفلور فى حرارة ٢٥ °م. كذلك قلَّ تفلور الكلوروفيل جوهريًّا فى النباتات التى تعرضت لفرق فى ضغط بخار الماء Vapor Pressure Deficit قدره ٠,٣ كيلوباسكال kPa على حرارة ٤٦ °م، مقارنة بتلك التى تعرضت لفرق فى ضغط بخار الماء قدره ٤,٨ كيلوباسكال. وقد نقصت شدة التفلور إلى ٥٪ من مستواها على ٢٥ °م بمجرد تعرض النباتات للرطوبة العالية فى حرارة ٤٦ °م. وعلى الرغم من أن شدة التفلور عادت إلى ٥٥٪ من الكنترول بعد يومين من انتهاء المعاملة، إلا أنها لم تستعد سوى ٧٠٪ من شدتها الطبيعية حتى بعد انقضاء خمسة أيام على حرارة ٢٥ °م. وقد أُرجع النقص فى تفلور الكلوروفيل إلى الارتفاع فى درجة حرارة الأوراق مع الارتفاع فى الرطوبة النسبية التى أوقفت النتح. كذلك نقصت شدة تفلور الكلوروفيل جوهريًّا فى البادرات التى عرضت لحرارة ٤٦ °م مع رطوبة أرضية مقدارها ٥٥٪ لمدة ساعة إلى ثلاث ساعات، بينما كان النقص فى التفلور بسيطًا عندما كانت الرطوبة الأرضية ٩٧٪، مع التعرض لدرجة الحرارة ذاتها. ففى ظروف الرطوبة الأرضية المنخفضة ارتفعت حرارة الأوراق تدريجيًّا إلى مستويات أعلى عما فى النباتات التى نمت فى ظروف رطوبة أرضية مرتفعة والتى ازداد فيها معدل النتح. ويستفاد من هذه الدراسة أنه يمكن الاعتماد على خاصية تفلور الكلوروفيل فى دراسات الشدِّ الحرارى وتأثيره على جهاز البناء الضوئى، وإمكان تجنب أضار الحرارة العالية بخفض الرطوبة النسبية وزيادة الرطوبة الأرضية.

شد الإضاءة والموجات الضوئية

تأثير شدة الإضاءة

تؤثر شدة الإضاءة التى تتعرض لها ثمار الخيار قبل حصادها تأثيرًا بالغًا على محتواها من الكلوروفيل؛ ومن ثم على سرعة فقدها للونها الأخضر، وقدرتها على التخزين بعد الحصاد (Lin & Jolliffe ١٩٩٦).

حقوق الطبع محفوظة للمؤلف - أحمد عبدالمنعم حسن

تأثير الأشعة فوق البنفسجية والضوء الأزرق

تؤثر الأشعة فوق البنفسجية بى UV-B Radiation على نباتات الخيار من عدة وجوه؛ حيث أدت زيادة شدتها من ٠,٢ إلى ١٥ كيلوجول kJ/م^{٢} يوميًّا إلى نقص النمو الخضرى بنسبة ٤٨٪، والنمو الجذرى بنسبة ٦٣٪، والمساحة الورقية الكلية بنسبة ٣٨٪، والمساحة الورقية الخاصة Specific Leaf Area بنسبة ٢٢٪. وأدت معاملة المحاليل المغذية للمزارع المائية التى تنمو فيها النباتات بالبوترسين Putresine (كبولى أمين Polyamine) بتركيز ٥٠٠ ميكرومولاً إلى زيادة المساحة الورقية الكلية، والوزن الجاف للنمو الخضرى، ولكنها لم تؤثر على الوزن الجاف للجذور، أو المساحة الورقية الخاصة، كما لم تؤثر فى اصفرار الأوراق الذى تحدثه معاملة التعرض للأشعة فوق البنفسجية بى (Krizek وآخرون ١٩٩٧).

وتزداد حساسية نباتات الخيار للأشعة فوق البنفسجية بى بزيادة معدلات التسميد الآزوتى. ففى النباتات التى كان محتواها من النيتروجين أقل من ٣٪ أدت المعاملة بتلك الأشعة إلى إحداث زيادة جوهرية – بنسبة ٧٢٪ – فى المركبات المدمصة للأشعة فوق البنفسجية بى؛ مما يعنى أن تخفيض معدلات التسميد الآزوتى يمكن أن يفيد فى تجنب نباتات الخيار أضرار الأشعة فوق البنفسجية (Hunt & McNeil ١٩٩٨).

وقد أدى تعريض بادرات الخيار للضوء الأزرق بشدةٍ قدرها 30 umol m^{-2} s^{-1} PPF لمدة خمس دقائق قبل التعرض للضوء العادى مباشرة – يوميًّا – لمدة ١٣ يومًا.. أدى ذلك إلى زيادة توصيل الثغور، وزيادة معدلات النتح وزيادة البناء الضوئى بمقدار ٦٠٪، وزيادة الوزن الطازج والجاف للأوراق، والمساحة الورقية، وقطر الساق وطوله، مقارنة بنباتات المقارنة التى لم تعط معاملة التعريض للضوء الأزرق. وكان التعريض للضوء الأزرق لمدة ٥ دقائق يوميًّا أكثر تأثيرًا من التعريض لمدة ٣٠ أو ١٢٠ دقيقة.

التأثير الفسيولوجى للأتربة

تؤثر الأتربة التى تتراكم على أوراق الخيار تأثيرات بالغة على تبادل الغازات، والبناء الضوئى، والنتح، ويتوقف ذلك على حجم جزيئات الأتربة، وما إذا كانت

حقوق الطبعة محفوظة للمؤلف د. إحمد عبد المنعم حسن

الثغور مفتوحة، أم مغلقة عند سقوط الأتربة على الأوراق. ففى دراسة استعمل فيها أتربة خاملة كيميائيًّا، أدى سقوط الأتربة على الأوراق وقت انفتاح الثغور إلى نقص توصيلها للغازات فى الضوء، وزيادة توصيلها فى الظلام، مقارنة بنباتات الشاهد التى لم تتعرض للأتربة، وذلك بسدِّ الأتربة للثغور. وقد ازداد تأثير الأتربة كلما كانت جزيئاتها أصغر حجمًا، بينما كان تأثيرها لا يذكر عندما سقطت الأتربة على الأوراق ليلاً أثناء انغلاق الثغور. كذلك أدت الأتربة إلى انخفاض معدل البناء الضوئى بتظليل الأوراق، وكان الحجم الصغير منها أقوى تأثيرًا فى تظليل الأوراق. وقد أدت زيادة امتصاص الطاقة الشمسية الساقطة بواسطة الأتربة إلى رفع حرارة الأوراق، ومن ثم التأثير على معدل البناء الضوئى حسب درجة الحرارة التى وصلت إليها الأوراق. كذلك أدت الزيادة فى حرارة الأوراق إلى زيادة مقابلة فى معدلات النتح منها.

تأثير الأكسجين فى بيئة نمو الجذور على امتصاصها للماء

تأثر امتصاص جذور الخيار للماء فى المزارع المائية — كثيرًا بتركيز الأكسجين الذائب فى المحلول المغذى؛ ففى تركيزات ٠,٠١، و٠,١، و٠,٢ مللى مول من الأكسجين (تحت ظروف بيئية موحَّدة: ٢٥ °م، و٧٠٪ رطوبة نسبية، وإضاءة ١٢ ساعة) كان امتصاص النباتات اليومى من الماء ١٦٤، و١٨٦، و٢٣٥ جرامًا، على التوالى. ويبدو أن انخفاض امتصاص الجذور للماء عند نقص تركيز الأكسجين الذائب كان مرده إلى تأثير نقص الأكسجين على عمليات التنفس التى تعتمد عليه. وتجدر الإشارة إلى أن امتصاص الماء ازداد بشدة تحت ظروف الإضاءة، مقارنة بالامتصاص فى الظلام، وذلك فى جميع تركيزات الأكسجين فى المحلول المغذى (Yoshida وآخرون ١٩٩٦).

السيلينيم وتأثيره على النمو النباتى

يُعد السيلينيم عنصرًا ضروريًّا للإنسان. وعلى الرغم من أنه غير ضرورى للنبات، فقد وُجد أنه يُحسِّن النمو. وفى الخيار.. وجد أن السيلينيم يؤدى إلى زيادة الوزن الجاف للنمو الجذرى، وكذلك الوزنين الطازج والجاف للنمو الخضرى لدى توفير العنصر بتركيز ٢ مجم/لتر فى المحاليل المغذية، لكن التركيزات الأعلى كان لها تأثير سلبى. كذلك وجد أن

حقوق الطبع محفوظة للمؤلف د. أحمد عبد المنعم حسن

إضافة السيلينيم أنقصت من كل من التركيز الداخلى لثانى أكسيد الكربون فى الجهاز الثغرى ومن قدرة الجهاز الثغرى على التوصيل (Haghighi وآخرون ٢٠١٦).

شد الجفاف

يؤدى نقص الرطوبة الأرضية إلى نقص محصول الخيار بدرجة تتناسب مع مقدار الشدِّ الرطوبى ومدته، وتكون الثمار النامية خلال فترة الشدِّ الرطوبى أصغر حجمًا، وتزداد فيها شدة العيب الفسيولوجى: "الثمار الإسفنجية" pillowy fruits، ويرتبط ذلك بضعف انتقال الكالسيوم إلى الثمار فى ظروف الشدِّ الرطوبى (عن Zitter وآخرين ١٩٩٦).

وقد أدى استعمال الغطاء البلاستيكى الأسود للتربة فى إنتاج الخيار الحقلى إلى زيادة الوزن الجاف الكلى للنباتات، ومحتوى أوراقها من الكلوروفيل ومحصول ثمارها، كما أدى إلى زيادة تيسر البوتاسيوم للنباتات بجعل التربة رطبة بدرجة أفضل عما فى حالة عدم استعمال الغطاء البلاستيكى. كذلك أدى استعمال الغطاء البلاستيكى للتربة إلى زيادة كفاءة استخدام النباتات للماء، وإلى جعل النباتات أقل تأثرًا بشدِ الجفاف عند نقص الرطوبة الأرضية (Kaya وآخرون ٢٠٠٥).

وبينما أحدث خفض الرطوبة الأرضية إلى ٥٠٪ من السعة الحقلية تثبيطًا جوهريًّا فى نمو نباتات الخيار، فإن إضافة الـ biochar والكمبوست للتربة مع معاملة البذور بالبكتيريا *Pseudomonas fluorescens* تغلب على التأثيرات السلبية لخفض الرطوبة الأرضية. ولقد صاحب ذلك تحسنًا فى محتوى الكلوروفيل والرطوبة بالنبات مع خفض فى التسرب الأيونى من الأوراق. كذلك أحدثت المعاملة بالـ biochar والكمبوست معًا أكبر زيادة فى تواجد البكتيريا *P. fluorescens* (Nadeem وآخرون ٢٠١٧).

شد الملوحة الأرضية وملوحة مياه الرى

أوضحت دراسات Jones وآخرون (١٩٨٩) التى قيموا فيها تأثير ٧ تركيزات من الملوحة تراوحت بين صفر، و١٥ مللى موز/سم على ٦ أصناف من الخيار أن الملوحة — فى ذلك المدى — لم تؤثر على نسبة إنبات البذور بعد ٥ أيام من بداية المعاملة، ولكنها أنقصت نمو الجذير. ومع زيادة الملوحة من صفر إلى ١٢ مللى موز/سم نقص طول

حقوق الطبع محفوظة للمؤلف د. أحمد عبدالمنعم حسن

البادرات ووزنها الجاف،وصاحب ذلك زيادة فى محتواها من الكالسيوم والصوديوم، ونقص محتواها من البوتاسيوم والمغنيسيوم. وعندما قورن تأثير مستويين من الملوحة، هما: ١,٦، و٤ مللى موز/سم فى النباتات الكبيرة، وجد أن الملوحة العالية أنقصت المحصول جوهريًّا فى خمسة أصناف من ستة، ولكنها لم تؤثر فى نوعية الثمار. وقد وجد ارتباط فى أحد أصناف الخيار بين طول البادرة عند ملوحة ٩ مللى موز/سم والمحصول النسبى فى ملوحة ٤ مللى موز/سم.

كذلك وجد أن كلاً من الوزن الطازج والجاف للجذور والنموات الخضرية ينخفض فى الخيار النامى فى مزارع تقنية الغشاء المغذى بزيادة تركيز ملوحة المحلول المغذى من ٢,٥ إلى ٨,٥ مللى موز/سم، دون أن تتأثر نسبة الجذور إلى النموات الخضرية، وصاحبت زيادة الملوحة نقص جوهرى فى المحصول الكلى، مع نقص جوهرى فى امتصاص النباتات للماء، ومحتواها النسبى من الرطوبة، ومعدل النتح، وتوصيل الثغور، ونقص فى محتوى الجذور والنموات الخضرية من الكالسيوم والبوتاسيوم، وزيادة فى محتواها من الكلور والصوديوم، بينما لم يتأثر معدل البناء الضوئى بمستوى الملوحة (Al-Harbi & Barrage ١٩٩٣ أ). هذا ولم تؤثر تدفئة المحلول المغذى إلى ٢٧ °م – بصورة دائمة – على النمو النباتى، أو المحصول، أو على استجابة النباتات لمستويين من الملوحة، هما ٢,٥، و٨,٥ مللى موز/سم (Al-Harbi & Barrage ١٩٩٣ ب).

وأدت زيادة الملوحة فى مياه الرى عن ١,٣ مللى موز/سم (حوالى ٨٣٠ جزءًا فى المليون) إلى تأخير الإنبات، ولكن لم تنخفض نسبة الإنبات النهائية حتى مع زيادة تركيز الأملاح إلى ١٦,٢ مللى موز/سم (حوالى ١٠٣٧٠ جزءًا فى المليون). وانخفض معدل نمو الجذور بزيادة تركيز الأملاح، كما قل معدل النمو النباتى بزيادة تركيز الأملاح عن ١,٣ مللى موز/سم، ووصل النقص إلى ٢٠٪، و٥٤٪، و٨٥٪ عندما بلغ تركيز الأملاح فى مياه الرى ٢,٧، و٥,٠، و١٠,٧ مللى موز/سم، على التوالى. وازداد تركيز الكلور عن الصوديوم – فى جميع الأجزاء النباتية – بزيادة تركيز ملح كلوريد الصوديوم فى مياه الرى، وظهرت أعراض أضرار الملوحة بوضوح عندما ازداد تركيز الكلور عن ٠,٤٪، والصوديوم عن ٣,٦٪ على أساس الوزن الجاف. وتبين من هذه الدراسة – التى أجريت

حقوق الطبع محفوظة للمؤلف: أحمد عبد المنعم حسن

على صنف الخيار بيبنكس Pepinex – أن المحصول ينخفض بنسبة ١٥,٩٪ مع كل زيادة قدرها وحدة EC (١ مللى موز/سم، أو ٦٤٠ جزءًا فى المليون) فى مياه الرى عن ١,٣ مللى موز/سم، وكان مرد هذا الانخفاض إلى نقص عدد الثمار التى تم حصادها، بينما لم يكن التأثير على حجم الثمار كبيرًا. وقد بدا واضحًا من الدراسة أن هذا الصنف كان أكثر تحملاً للملوحة أثناء الإنبات عما فى مراحل النمو التالية (Chartzoulakis ١٩٩١، و١٩٩٢).

وقد أوضح Chartzoulakis (١٩٩٤) فى دراسة لاحقة على صنف الخيار ذاته – بيبنكس – أن الرى بمحلول ملحى من كلوريد الصوديوم بتركيز ٨,٥ مللى مولار لم يؤثر على النمو النباتى، ولكن تعريض النباتات إلى درجات أعلى من الملوحة (من ٢٥ إلى ١٩٠ مللى مولار) أدت إلى غلق الثغور وخفض معدل البناء الضوئى بصورة جوهرية، مع تناقص فى الجهد المائى للأوراق، والجهد الإسموزى، وجهد الانتفاخ بتزايد تركيز الملوحة. كذلك نقص معدل زيادة مساحة الورقة ومساحتها النهائية مع زيادة تركيز كلوريد الصوديوم، وانخفض معدل النمو النسبى بمقدار ٢٢٪، و٤٩٪، و٨٠٪ عند مستوى ملوحة ٢٥، و٥٠، و١٢٠ مللى مولار، على التوالى. أى أن الملوحة أثرت على نمو الخيار من خلال تأثيرها السلبى على كل من معدل البناء الضوئى والمساحة الورقية التى يتم فيها البناء الضوئى.

ويستدل من دراسات Ho & Adams (١٩٩٤) أن زيادة درجة التوصيل الكهربائى للمحاليل المغذية من ٣ إلى ٨ مللى موز/سم أدت إلى نقص الوزن الجاف الكلى للنبات، كما أدت إلى نقص امتصاص الكالسيوم، ونقص ما وصل منه إلى الأوراق العليا للنبات، ونقص المحصول.

وحصل Al-Harbi (١٩٩٥) على نتائج مشابهة لما سبق بيانه، حيث وجد أن الوزن الجاف لجذور الخيار ونمواته الهوائية تناقص مع زيادة تركيز الأملاح من ٢,٠ إلى ٨,٠ مللى موز/سم، ومع زيادة نسبة الصوديوم إلى الكالسيوم عند مستوى ملوحة ٤,٠ مللى موز/سم. وصاحب ارتفاع الملوحة تراكم فى كل من الصوديوم والكلور فى النباتات، مع نقص فى تراكم الكالسيوم. وتبعًا لكل من Adams & Ho (١٩٩٥) فإن زيادة

حقوق الطبع محفوظة للمؤلف د. احمد عبدالمنعم حسن

الملوحة من ٣ إلى ٩ مللى موز/سم أدت إلى نقص إنتاج المادة الجافة فى الخيار، ولكن مع زيادة نسبتها فى الثمار على حساب الجزء العلوى من النمو الخضرى، ونقص امتصاص الكالسيوم. وقد أدت زيادة الرطوبة النسبية أثناء النهار إلى نقص تراكم الكالسيوم فى أوراق الخيار. كذلك يستدل من دراسات Chartzoulakis (١٩٩٥) أن زيادة الملوحة فى المياه عن ١٠ مللى مولار كلوريد صوديوم أحدثت نقصًا معنويًّا فى المحصول وعدد الثمار/نبات، مصحوبًا بزيادة فى محتواها من الكلوريد، والصوديوم، والمواد الصلبة الذائبة الكلية، ومن ثم إلى تحسين طعمها فى اختبارات التذوق.

وأوضحت دراسات Tazuke (١٩٩٧) أن معدل النمو النسبى لثمار الخيار كان طبيعيًّا مع زيادة تركيز كلوريد الصوديوم فى المحاليل المغذية حتى ٦٠ مللى مولارًا، ولكن تأثر معدل النمو النسبى للثمار بعد ذلك سلبيًّا بزيادة تركيز الملح، كما بدأت العوامل البيئية الأخرى — عند هذا المستوى المرتفع من الملوحة — فى التفاعل مع الأملاح فى التأثير سلبيًّا على معدل نمو الثمار.

وقد قُدِّر المحصول النسبى — معبرًا عنه كنسبة مئوية — عند تغير درجة التوصيل الكهربائى لمياه الرى بالمعادلة التالية:

$$Y = 16.8x + 115$$

حيث إن x = هى درجة التوصيل الكهربائى EC معبرًا عنها بالمللى موز/سم فى حرارة ٢٥°م.

وقد اقتُرِحَ حد أقصى للملوحة التى يمكن أن تتحملها نباتات الخيار قدره ٣٠ جزءًا فى المليون من الصوديوم، و ٥٠ جزءًا فى المليون من الكلور فى مياه الرى، مع عدم زيادة درجة توصيلها الكهربائى عن ٠,٥ مللى موز/سم. هذا إلا أنه يمكن زيادة تلك المستويات إلى الضِعف بأمان إذا استعملت كميات زائدة من مياه الرى لغسيل الأملاح المتراكمة فى التربة (عن Winsor & Adams ١٩٨٧).

وتبعًا لدراسات Ho & Adams (١٩٩٤) فإنه فيما بين مستويى ملوحة ٣، و٨ مللى موز/سم فى المحلول المغذى لمزارع تقنية الغشاء المغذى انخفض الوزن الجاف

حقوق الطبع محفوظة للمؤلف د. أحمد عبد المنعم حسن

لنباتات الخيار بنسبة ٩٪ مع كل زيادة قدرها وحدة EC كاملة (٦٤٠ جزءًا فى المليون من الأملاح). هذا إلا أن محصول الثمار لم ينخفض إلا عندما زادت درجة التوصيل الكهربائى للمحلول المغذى عن ٥,٥ مللى موز/سم. وقد أدت الملوحة العالية إلى انخفاض نسبة ما وصل إلى النموات الخضرية من المادة الجافة، مقارنة بما وصل إلى الثمار. كذلك أدت كل وحدة EC زيادة عن ٣ مللى موز/سم إلى نقص محتوى الكالسيوم بنسبة ١٦,٦٪ فى الأوراق، و١١٪ فى الثمار.

وقد وجد Lechino وآخرون (١٩٩٧) أن تعريض جذور الخيار لمحلول ملحى من كلوريد الصوديوم بتركيز نهائى (فى المحلول المغذى) قدره ١٠٠ مللى مولار/لتر أدت إلى زيادة نشاط الإنزيمات المضادة للأكسدة: كاتاليز Catalase، وجلوتاثيون ردكتيز Glutathione Reductase، ومحتوى مضادات الأكسدة: حامض الأسكوربيك، والجلوتاثيون المختزل.

وقد وجد أن معاملة بذور الخيار فى ظروف الملوحة بكربيد الكالسيوم CaC_2 يُحسِّن إنباتها؛ الأمر الذى ربما يرجع إلى زيادة معاملة كربيد الكالسيوم لإنتاج الإثيلين ولزيادتها للنشاط المضاد للأكسدة. فلقد وجد أن نسبة إنبات بذور الخيار وإنتاجها للإثيلين ينخفضان كثيرًا مع زيادة تركيز كلوريد الصوديوم فى بيئة الإنبات، مع توقف الإنبات عند تركيز ٢٠٠ مللى مول كلوريد صوديوم، وأدت إضافة كربيد الكالسيوم إلى بيئة استنبات البذور إلى التخفيف من التأثير المثبط للملح. وقد أدت المعاملة بمضادات الاستجابة للإثيلين ($AgNO_3$) أو بمثيله ($CoCl_2$) إلى خفض التأثير الإيجابى لمعاملة كربيد الكالسيوم على الإنبات (Shakar وآخرون ٢٠١٦).

ويؤثر مدى تحمل أصل القرع العسلى للملوحة فى محتوى النموات الخضرية للخيار من الصوديوم، حيث ينخفض المحتوى عند زيادة تحمل الأصل.

ففى دراسة أجريت على ٢٨ أصلاً تجاريًّا و١٦ سلالة مرباة داخليًّا من القرع العسلى أمكن تقسيمها – حسب تحملها للملوحة إلى ثلاث فئات: متحملة (يقل

حقوق الطبع محفوظة للمؤلف: أحمد عبد المنعم حسن

محتوى نمواتها الخضرية من أيون الصوديوم، وتنخفض فيها أضرار الملوحة، ويزيد فيها الوزن الجاف النسبى للنموات الخضرية)، وحساسة (يزيد محتوى نمواتها الخضرية من أيون الصوديوم، وتزيد فيها أضرار الملوحة، وينخفض فيها الوزن الجاف النسبى للنموات الخضرية)، ومتوسطة (يزيد محتوى نمواتها الخضرية من أيون الصوديوم، وتنخفض فيها أضرار الملوحة، ويزيد فيها الوزن الجاف النسبى للنموات الخضرية). وتبين أن الصوديوم يُحصر فى الجذور فى المجموعة المتحملة، وفى السيقان وعروش الأوراق فى المجموعة المتوسطة التحمل، وينتقل الصوديوم إلى النسيج الوسطى (الميزوفيل) بالأوراق فى المجموعة الحساسة. وأظهرت الدراسة أن تركيز أيون الصوديوم فى النموات الخضرية للخيار المطعم على أصل القرع العسلى المتحمل للملوحة كان أقل مما فى حالة التطعيم على القرع العسلى الحساس للملوحة أو المتحمل لها ولكن دون وجود فرق جوهرى فى محتوى الصوديوم بنموات الخيار الخضرية بين المجموعتين الأخيرتين (Niu وآخرون ٢٠١٧).

وأوضحت دراسات Rosendahl & Rosendahl (١٩٩٦) أن تلقيح نباتات الخيار بفطر الميكوريزا *Glomus etunicatum* أدى إلى زيادة تحملها لمستوى ملوحة قدره ٠,١ مولار من كلوريد الصوديوم فى المحلول المغذى.

كما أدى تلقيح الخيار – الذى يُروى بمياه ملحية حتى ١٠٠ مللى مول كلوريد صوديوم – بالميكوريزا بمعدل ١٠٠٠ جرثومة/نبات إلى تحفيز وزن الثمار والبناء الضوئى ومحتوى الأوراق من البرولين (Haghighi وآخرون ٢٠١٧).

وقد وُجد أن معاملة نباتات الخيار بالـ 28-homobrassinolide (اختصارًا: HBL) بتركيز ١، أو ٣، أو ٥ ميكرومول/لتر حسَّن من خصائص النمو النباتى والمحتوى الكلوروفيلى، ونشاط الإنزيمات المضادة للأكسدة بزيادة نشاط السوبر أوكسيد دسميوتيز والبيروكسيديز عند مستوى الملوحة المعتدل (٦٠ مللى مول كلوريد صوديوم/لتر) والمرتفع

حقوق الطبع محفوظة للمؤلف د. أحمد عبد المنعم حسن

(١٢٠ مللى مول كلوريد صوديوم/ لتر) فى كل من الصنف الحساس للملوحة Jinyou 1 والصنف المتحمل Changchun Mici (Ahmad وآخرون ٢٠١٧).

تأثير الرقم الأيدروجينى لوسط الزراعة

درس Xing & Bu (١٩٩١) تأثير رى الخيار فى المزارع الرملية بمحاليل مغذية تراوح رقمها الأيدروجينى (pH) بين ٢، و١٠، ووجدا أن النباتات التى نمت فى pH تراوح بين ٤، و٨ أظهرت تماثلاً فى الزيادة فى وزنها الجاف مع الوقت خلال نحو ١٣٠ يومًا من الزراعة. وبالمقارنة.. فإن نمو البادرات انخفض بمقدار ٥٠٪ عند pH ١٠، وماتت البادرات فى pH ٢. وكانت معدلات البناء الضوئى والتنفس متقاربة مع معدلات نمو البادرات. وفيما بين pH ٤، و٨ انخفض الوزن الجاف النهائى وانخفضت معدلات البناء الضوئى والتنفس مع زيادة الـ pH أثناء مراحل النمو الخضرى، ولكنها ازدادت بزيادة الـ pH بعد الإثمار. كذلك كانت بداية الإزهار والإثمار أكثر تبكيرًا كلما انخفض الـ pH. وقد كان أعلى محصول (٣٣,٧ طن للهكتار) فى pH ٨، وأقل محصول (١٦,٤ طن للهكتار) فى pH ١٠.

ولقد وُجد أن شدِّ القلوية تسبب – جوهريًّا – فى إحداث عدم توازن أيونى، وفى خفض محتوى صبغات البناء الضوئى، وتثبيط نشاط الـ PSII. وصافى معدل البناء الضوئى. ومع إطالة فترة الشدِّ، ازداد التسرب الأيونى ومحتوى الـ MDA، والـ H_2O_2 بالأوراق. وفى المقابل.. أدت المعاملة بحامض السلسيلك بتركيز ٧٥ مللى مول إلى خفض تراكم الصوديوم، وحفظ التوازن الأيونى والبناء الضوئى الطبيعى، والتخفيف من تأثير العناصر المحبة للأكسدة ومن ضرر الأكسدة، والتقليل من أكسدة الدهون؛ مما أدى إلى زيادة تحمل النباتات لشدِّ القلوية (Nie وآخرون ٢٠١٨).

حقوق الطبع محفوظة للمؤلف د. احمد عبدالمنعم حسن

أضرار ملوثات الهواء

تتباين أعراض أضرار ملوثات الهواء تبعًا لنوع الملوثات ونوع النبات، وتؤدى الأضرار إلى نقص المحصول وتدهور نوعية الثمار.

أضرار الأوزون

يعتبر البطيخ والكوسة أكثر القرعيات حساسية للأوزون، بينما يعتبر القاوون والقرع العسلى متوسطين فى تحملهما للغاز، والخيار أكثرها تحملاً. تظهر الأضرار على السطح العلوى للأوراق المسنة على صورة اصفرار شبكى نتيجة لفقد الكلوروفيل بين العروق، ثم تتحول تلك المساحات الصفراء إلى اللون البنى (شكل ٨–١ على أوراق البطيخ).

شكل (٨–١):أعراض أضرار التلوث بالأوزون فى البطيخ.

ينتج الأوزون بتأثير ضوء الشمس على نواتج احتراق المحروقات، وخاصة عوادم السيارات، حيث يمكن أن تنقله الرياح من المدن إلى مسافات بعيدة ليؤثر فى المزروعات، علمًا بأنه يصل إلى داخل الأنسجة النباتية بطريقة سلبية من خلال الثغور.

أضرار ثانى أكسيد الكبريت

يؤدى تعرض النباتات إلى جرعات غير قاتلة من ثانى أكسيد الكبريت لفترات طويلة إلى اصفرار حواف أوراقها وما بين عروق الأوراق، مع بقاء المساحات المتأثرة غير

متحللة إلا فى حالات الإصابة الشديدة، حيث تصبح الأجزاء الصفراء متحللة، ويبدو التحلل واضحًا فى سطحى الورقة. وأقل الأوراق حساسية للغاز هى الصغيرة النشطة فى نموها، بينما تكون أكثرها حساسية الأوراق الصغيرة المكتملة النمو.

ينتج غاز ثانى أكسيد الكبريت عند احتراق الفحم والزيوت، وتزداد أضراره عند ارتفاع الحرارة والرطوبة الجوية (عن Bernhardt وآخرين ١٩٨٨).

فسيولوجيا الإزهار والنسبة الجنسية والعقد والنمو

أدى تطعيم الخيار على الأصل *Cucurbita maxima* × *C. moschata* (صنف شنتوزا ايشوجوا Shintosa-ichigou) إلى منع إزهار الخيار، بينما أزهرت نباتات الكنترول التى لم تطعم على هذا الأصل. واستمر تأثير الأصل فى منع إزهار الخيار حتى مع تواجد جذور الخيار كذلك، ولم يزول التأثير إلا بعد التخلص من جذور الأصل. هذا فى الوقت الذى لم يؤثر فيه هذا الأصل على النمو الخضرى للخيار. ويبدو أن جذور هذا الأصل تفرز مركبات تمنع إزهار نباتات الخيار دون أن تؤثر على نموه الخضرى (Satoh ١٩٩٦).

فسيولوجيا النسبة الجنسية

تأثير الصنف على النسبة الجنسية

تختلف أصناف الخيار كثيرًا فى نسبة الأزهار المذكرة إلى المؤنثة، فبينما تكون هذه النسبة واسعة جدًّا، وتميل بشدة إلى جانب الأزهار المذكرة فى الأصناف الوحيدة الجنس الوحيدة المسكن، نجد أنها تنقلب إلى أقل من ٠,١ : أكبر من ٠,٩ فى الأصناف الأنثوية بدرجة عالية، وإلى صفر : ١ فى الأصناف الأنثوية. كما تختلف الأصناف الوحيدة الجنس الوحيدة المسكن فى مدى التبكير فى ظهور أول زهرة مؤنثة وعدد الأزهار المؤنثة التى تتكون عند العقد الأولى من الساق الرئيسى للنبات كما هو مبين فى جدول (٨–١).

حقوق الطبع محفوظة للمؤلف د. أحمد عبد المنعم حسن

جدول (٨–١): تباين أصناف الخيار وحيدة الجنس وحيدة المسكن فى موعد ظهور الأزهار المؤنثة ونسبتها (George ١٩٧١).

الصنف	عدد الأوراق حتى أول زهرة مؤنثة	عدد العقد التى ظهرت عندها أزهار مؤنثة من الـ ٢٥ عقدة الأولى	النسبة المئوية للعقد التى ظهرت عندها أزهار مؤنثة فى الـ ٢٥ عقدة الأولى
Marketer	٧,٨	٢,٨	١١,٢
Wisconsin	٩,٤	٢,٦	١٠,٤
Marketmore	١٢,٤	٢,٤	٩,٦
Ashley	١٢,٦	١,٤	٥,٦
Spot Free	١٩,٠	١,٦	٦,٤
Tokyo	أكثر من ٢٥,٠	صفر	صفر

تأثير الحرارة، والفترة الضوئية، وشدة الإضاءة

بينما لا تؤثر العوامل البيئية على طبيعة الإزهار فى أصناف الخيار الأنثوية، نجد أن لها تأثير كبير على النسبة الجنسية فى الأصناف الوحيدة الجنس الوحيدة المسكن، فتزيد نسبة الأزهار المذكرة بارتفاع درجة الحرارة، وزيادة الفترة الضوئية (Nitsch وآخرون ١٩٥٢)، وشدة الإضاءة ومعدلات التسميد الآزوتى، والرطوبة الأرضية.

وتتباين أصناف الخيار فى مدى استجابتها لدرجة الحرارة. فيؤدى ارتفاع درجة الحرارة ليلاً إلى نقص فى تكوين الأزهار المؤنثة، بينما تزداد نسبتها فى حرارة ١٧ °م أو أقل، وتصاحب ذلك زيادة فى نسبة الأزهار المذكرة، إلا أن هذه النسبة تنخفض مرة أخرى فى درجات الحرارة العالية. فقد وجد Cantliffe (١٩٨١) أن نسبة الأزهار المذكرة فى خمسة أصناف من خيار التخليل كانت أعلى فى درجة حرارة ١٦، و٢٢ °م عما فى حرارة ٢٦، أو ٣٠ °م. وكان تأثير الحرارة أقوى من تأثير الفترة الضوئية وشدة الإضاءة.

ولقد لوحظ منذ سنوات عديدة مضت أن عدد الأزهار المذكرة يزداد فى الخيار خلال أيام الصيف الطويلة (فى ولاية ميرلاند الأمريكية)، بينما يزداد إنتاج الأزهار المؤنثة خلال أيام الشتاء القصيرة (عن Piringer ١٩٦٢). كذلك وُجد أن عدد الأزهار المذكرة يزداد

حقوق الطبع محفوظة للمؤلف د. أحمد عبد المنعم حسن

بزيادة الفترة الضوئية. وكانت فترة الظلام الحرجة لإنتاج الأزهار المؤنثة فى الصنف Higan-Fushinari هى ٩ ساعات فى حرارة ٣٠–٣٣°م. إلا أن Cantliffe (١٩٨١) لم يجد أى تأثير للفترة الضوئية، أو للتعرض للضوء الأحمر، أو للأشعة تحت الحمراء على النسبة الجنسية. كما لم يكن للفترة الضوئية أى تأثير على النسبة الجنسية فى ثلاث سلالات مذكرة androecious من الخيار، ولكن سلالة رابعة أصبحت وحيدة الجنس وحيدة المسكن تحت ظروف النهار القصير والحرارة المنخفضة (Rudich وآخرون ١٩٧٦).

كما تبين من دراسات Cantliffe (١٩٨١) على خمسة أصناف من خيار التخليل أن إنتاج الأزهار المذكرة ازداد فى إضاءة متوسطة شدتها ١٧٢٠٠ لكس Lux عما فى الإضاءة الأشد (٢٥٨٠٠ لكس)، أو الأقل (٨٦٠٠ لكس). وبالمقارنة.. فقد ازداد إنتاج الأزهار المؤنثة فى كل من الإضاءة المتوسطة والقوية عما فى الإضاءة الضعيفة. ويستفاد من ذلك أن الإضاءة القوية يصاحبها إزهار جيد، كما تزداد فيها نسبة الأزهار المؤنثة.. ولم تتأثر سلالة التربية المؤنثة MSU 713-5 بشدة الإضاءة فلم تنتج أزهارًا مذكرة فى مستويات الإضاءة المختلفة، إلا أن الهجن الأنثوية تأثرت وأنتجت أزهارًا مذكرة.

تأثير التفاعل بين الفترة الضوئية ومنظمات النمو

أوضحت دراسات Jutamanee (١٩٩٤) على النسبة الجنسية فى ثلاثة أصناف من الخيار، ما يلى:

١– أدت الفترة الضوئية القصيرة (ثمانى ساعات) إلى زيادة عدد الأزهار المؤنثة، ونقص عدد الأزهار المذكرة فى أحد الأصناف (صنف Sagami-hanjiro) الوحيدة الجنس الوحيدة المسكن. وأدت إزالة الأوراق إلى زيادة عدد الأزهار المذكرة فى النهار القصير. وبينما أدت المعاملة بالإثيفون إلى نقص عدد الأزهار المذكرة فى النهار القصير، فإنها كانت عديمة التأثير تحت ظروف الإضاءة المستمرة (لمدة ٢٤ ساعة يوميًّا) مع إزالة الأوراق. وأدت المعاملة بحامض الجبريلليك إلى زيادة عدد الأزهار المذكرة فى كل الظروف.

٢- وفى صنف آخر وحيد الجنس وحيد المسكن (هو Otone No.1) أحدثت زيادة الفترة الضوئية إلى ٢٤ ساعة يوميًّا زيادة طفيفة فى عدد الأزهار المذكرة، بينما أدت إزالة الأوراق إلى نقص الأزهار المؤنثة جوهريًّا تحت ظروف النهار الطويل. وأدت المعاملة بالإثيفون إلى نقص عدد الأزهار المذكرة وزيادة عدد الأزهار المؤنثة أيًّا كانت الفترة الضوئية، ولكن تأثير الإثيفون اختفى كلية عندما أزيلت أوراق النباتات. وأدت المعاملة باليونيكونازول Uniconazole إلى إحداث نقص واضح فى عدد الأزهار المذكرة وزيادة مقابلة فى عدد الأزهار المؤنثة فى كل الظروف، كذلك أدت المعاملة باليونيكونازول إلى إنتاج أزهار خنثى.

٣- أنتج الصنف الأنثوى Rensei أزهارًا مؤنثة أيًّا كانت الفترة الضوئية، ولم تتأثر تلك الخاصية بمعاملة إزالة الأوراق، ولكن أدى رش النباتات بنترات الفضة إلى إنتاجها لأزهار مذكرة، ونقص إنتاجها للأزهار المؤنثة فى ظروف النهار القصير، وكذلك فى ظروف النهار الطويل عندما أزيلت الأوراق.

تأثير المعاملات الزراعية

تتأثر النسبة الجنسية بعوامل أخرى، مثل: مستوى التسميد بالآزوت، وكثافة الزراعة، والأضرار التى تحدث للأوراق الفلقية خاصة عندما تكون الظروف البيئية غير مثالية للنمو. فقد وجد Tayel وآخرون (١٩٦٥) أن عدد الأزهار المؤنثة فى الصنف البلدى ازداد بزيادة معدلات التسميد الآزوتى، وبنقص كثافة الزراعة سواء أتحقق ذلك بطريق تضييق المسافة بين النباتات، أم بزيادة عدد النباتات فى الجورة. وتجدر الملاحظة بأن زيادة العدد المطلق للأزهار المؤنثة تحت ظرف ما لا تعنى بالضرورة زيادة نسبتها، بل قد يكون العكس صحيحًا إذا صاحبت الزيادة فى عدد الأزهار المؤنثة زيادة أكبر فى عدد الأزهار المذكرة.

كما قام Cantliffe & Omran (١٩٨١) بمحاكاة الأضرار التى يمكن أن تحدث للأوراق الفلقية، وتأثير ذلك على عدد الأزهار المذكرة والمؤنثة، فقاما بإزالة الأوراق الفلقية جزئيًّا أو كليًّا فى ٣ أصناف من خيار التخليل أثناء مراحل النمو الأولى للبادرات، ووجدا أن

حقوق الطبع محفوظة للمؤلف د. أحمد عبد المنعم حسن

إزالة ١,٥–٢ ورقة فلقية تحت ظروف البيوت المحمية شتاء أدت إلى ضعف نمو البادرات، وزيادة عدد الأزهار المذكرة، ونقص عدد الأزهار المؤنثة المتكونة عند العقد العشر الأولى فى الهجينين Pioneer، وPickmore. أما فى الربيع – حينما كانت الظروف أكثر ملاءمة للنمو النباتى – فإن إزالة الأوراق الفلقية أنقصت نمو البادرات فى البداية، إلا أنها كانت عديمة التأثير على النباتات الكبيرة، ولم تؤثر على النسبة الجنسية.

علاقة النسبة الجنسية بالمستوى الطبيعى للهرمونات فى النبات

تبين من دراسات Atsmon وآخرين (١٩٦٨)، و Hayashi وآخرين (١٩٧١) أن نباتات الخيار الوحيدة الجنس الوحيدة المسكن monoecious وجذورها تحتوى على تركيزات أقل من الجبريللين عن النباتات الأنثوية gynoecious. كما وجد Hemphill وآخرون (١٩٧٢) أن بذور ونباتات الخيار الوحيدة الجنس الوحيدة المسكن، والخيار الذى يحمل أزهارًا خنثى (andromonoecious) تحتوى على كميات أعلى جوهريًّا من الجبريللين عما فى النباتات الأنثوية، وكان أقصى معدل لنشاط الجبريللينات فيهما عند بدء الإزهار. كما أدى "ارتباع" بذور السلالة الأنثوية إلى تكوينها لبعض الأزهار المذكرة، وصاحب ذلك زيادة فى نشاط الجبريللينات.

وقد أوضحت دراسات Rudich وآخرون (١٩٧٢) حدوث انخفاض فى مستويات الجبريللينات، وزيادة فى مثبطات الأوكسين بزيادة نسبة الأزهار المؤنثة فى الخيار، مع نقص فى المستوى الطبيعى لكل من الجبريللين والأوكسين فى النباتات التى عوملت بالإثيفون؛ الذى أحدث – كذلك – زيادة فى محتوى النباتات من حامض الأبسيسيك. وأدت معاملة جذور النباتات الأنثوية بالإثيفون إلى زيادة ميلها نحو تكوين الأزهار المؤنثة فى الظروف التى تحفز – طبيعيًّا – تكوينها للأزهار المذكرة. كذلك أدت المعاملة بالتركيزات العالية من غاز ثانى أكسيد الكربون – الذى يعرف بمضادته للإثيلين – إلى زيادة ميل النباتات المؤنثة إلى تكوين أزهار مذكرة.

كذلك أوضح Rudich وآخرون (١٩٧٦) أن السلالات الوحيدة الجنس الوحيدة المسكن، وتلك التى تحمل أزهارًا مذكرة وأزهارًا خنثى – كان محتواها من الإثيلين أقل مما فى السلالات الأنثوية، أو السلالات الخنثى hermaphroditic. وقد ظل إنتاج الإثيلين منخفضًا فى النباتات التى تنتج أزهارًا مذكرة، وأزهارًا خنثى طوال فترة

التجربة التى دامت شهرًا. أما النباتات الوحيدة الجنس الوحيدة المسكن.. فقد ظهرت بها قفزة فى إنتاج الإثيلين عند بدء ظهور الأزهار المؤنثة.

ومن المعلوم أن زيادة الفترة الضوئية تؤدى إلى ضعف النمو الخضرى فى الخيار، وأن نشاط الجبريللينات يكون أعلى فى النهار القصير، الذى يقل فيه – كذلك – إنتاج الإثيلين، مقارنة بما يحدث فى النهار الطويل. وعلى الرغم من ذلك فإن أعداد الأزهار المؤنثة التى ينتجها نبات الخيار يزداد فى جميع الأصناف فى النهار القصير عما فى النهار الطويل؛ الأمر الذى يعنى عدم وجود علاقة بين تأثيرات الفترة الضوئية على النسبة الجنسية وإنتاج وتأثيرات الجبريللين والإثيلين (عن Kanahama ١٩٩٤).

وتؤيد نتائج أبحاث Yin & Quinn (١٩٩٥) النظرية القائلة بأن هرمونًا واحدًا يتحكم فى النسبة الجنسية، وأن هذا الهرمون هو الإثيلين. فى تلك الدراسة عامل الباحثان نباتات الخيار بكل من حامض الجبريلليك ومنظم النمو بكلوبترازول Paclobutrazole (الذى يثبط تمثيل حامض الجبريلليك)، والإثيفون، ونترات الفضة (التى تثبط فعل الإثيلين). وأوضحت الدراسة أن حامض الجبريلليك يحفز تكوين الأزهار المذكرة فى ذات الوقت الذى يثبط فيه تكوين الأزهار المؤنثة، بينما يحفز الإيثيلين تكوين الأزهار المؤنثة فى ذات الوقت الذى يثبط فيه تكوين الأزهار المذكرة، كما تبين أن الإثيلين كان أقوى تأثيرًا عن حامض الجبريلليك.

تأثير منظمات النمو على النسبة الجنسية

أولا: الجبريللينات

أجرى Wittwer & Bukovac عام ١٩٥٧ أول دراسة عن تأثير المعاملة بالجبريللين على نباتات الخيار الوحيدة الجنس الوحيدة المسكن، اتضح منها أن الجبريللين يؤخر ظهور أول زهرة مؤنثة على النبات. ثم أوضح الباحثان عام ١٩٥٨ أن المعاملة بالجبريللين تؤدى إلى زيادة تكوين الأزهار المذكرة فى الخيار، كما أجرى Peterson & Anhder عام ١٩٦٠ أول دراسة عن تأثير المعاملة بالجبريللين على نباتات الخيار الأنثوية، ووجدا أنها تدفع النباتات إلى تكوين أزهار مذكرة. وأعقب ذلك دراسة مماثلة أجراها Mitchell & Wittwer عام ١٩٦٢ على سلالة الخيار الأنثوية MSU 713-5، والتى تتضح نتائجها فى جدول (٨–٢). وعندما درس Wittwer & Bukovac عام ١٩٦٢ تأثير المعاملة بتسعة أنواع

حقوق الطبع محفوظة للمؤلف د. أحمد عبد المنعم حسن

من الجبريللينات – وهى التى كانت معروفة آنذاك – حصلا على النتائج المبينة فى جدول (٨–٣) (عن Wittwer & Bukovac ١٩٦٢).

جدول (٨–٢): تأثير معاملة سلالة الخيار الأنثوية **MSU 713-5** بالجبريللين(أ).

تركيز الجبريللين بالمولار	أول عقدة تظهر عندها زهرة مؤنثة بعد الأوراق الفلقية	عدد العقد التى ظهرت عندها	
		أزهار مؤنثة	أزهار مذكرة
صفر	١ أ	١٠ جـ	صفر أ
$١٠^{-٧}$	٢ أ	١٠ جـ	صفر أ
$١٠^{-٦}$	٢ أ	١٠ جـ	صفر أ
$١٠^{-٥}$	٢ أ	٩ جـ	١ أ
$١٠^{-٤}$	٦ ب	٥ ب	٤ ب
$١٠^{-٣}$	١١ جـ	صفر أ	٩ جـ

(أ): أُخذت البيانات على العقد العشر الأولى فقط، وتختلف القيم التى تليها أحرف أبجدية مختلفة عن بعضها جوهريًّا على مستوى احتمال ٥٪، علمًا بأن المقارنات تكون بين قيم كل عامود على حدة.

جدول (٨–٣): تأثير تسعة أنواع من الجبريللين على تكوين الأزهار المذكرة فى العقد العشرين الأولى فى الخيار الأنثوى (أ).

الجبريللين	عدد الأزهار المذكرة عندما كان تركيز الجبريللين (بالمولار)	
	٣×١٠^{-٤}	٣×١٠^{-٣}
A_1	١,٢ د هـ	٢,٤ د
A_2	٢,٥ ب جـ	٦,٩ ب
A_3	٢,٠ جـ د	٣,٣ د
A_4	٣,٥ أ ب	١٧,٤ أ
A_5	٠,٧ هـ	١,٧ د هـ
A_6	٠,٩ د هـ	١,٩ د هـ
A_7	٤,٣ أ	٩,٢ أ
A_8	٠,٢ هـ	٠,٦ هـ و
A_9	٢,٦ ب جـ	٤,٩ جـ
المقارنة	صفر هـ	صفر و

(أ) تختلف القيم التى لا تشترك معًا فى أحد الأحرف الأبجدية عن بعضها جوهريًّا على مستوى احتمال ٥٪، علمًا بأن المقارنات تكون بين قيم كل عامود على حدة.

حقوق الطبع محفوظة للمؤلف د. أحمد عبد المنعم حسن

كذلك وجد Globerson & Dagan (١٩٧٣) أن نقع بذور الخيار الأنثوى فى محلول يتكون من GA_{4+7}، مع داى كلوروميثان dichloromethane بتركيز ٥٠٠٠ جزء فى المليون، لمدة ٢–٤ ساعات أدى إلى تكوين أزهار مذكرة فقط فى العقد الست إلى الثمانى الأولى، بينما لم تكن لمعاملة النقع فى الجبريللين فقط أى تأثير. وتؤدى المعاملة بالـ GA_{13} إلى زيادة نسبة الأزهار المذكرة أيضًا (عن Hemphill وآخرين ١٩٧٢). كما أوضح Rodriquez & Lambeth (١٩٧٢) أن حامض الجبريلليك GA_3 بتركيز ١٥٠٠ جزء فى المليون كان فعّالاً فى زيادة نسبة الأزهار المذكرة، إلا أن تأثيره كان أقوى عندما عوملت النباتات – فى الوقت ذاته – بأى من الماليك هيدرازيد Maleic Hydrazide، أو الـ SADH، أو الإثيفون Ethephon.

ويمكن القول إجمالاً بأن معاملة نباتات الخيار بالجبريللين تؤدى إلى زيادة نسبة الأزهار المذكرة، ويكون تأثير المعاملة أقوى ما يمكن فى الأصناف الأنثوية، ثم فى الأصناف التى تنتج أزهارًا مؤنثة، وأزهارًا خنثى gynomonoecious، وبدرجة أقل فى الأصناف الوحيدة الجنس الوحيدة المسكن (Bhattacharya & Tokumasu ١٩٧٠). ويمكن إكثار الأصناف الأنثوية برشها بتركيز ١٠٠ جزء فى المليون من GA_{4+7} لتنتج أزهارًا مذكرة.

هذا.. وتعامل سلالات الخيار الأنثوية gynoecious – المستعملة فى برامج التربية– بالجبريللين حتى تنتج أزهارًا مذكرة؛ ليمكن إكثارها بالتلقيح الذاتى للسلالة ولتكون مصدرًا لحبوب اللقاح عند إنتاج الهجن. وتجرى المعاملة عندما تكون الورقة الحقيقية الأولى فى بداية تكوينها وبقطر ٢,٥ سم، ثم تكرر المعاملة ثلاث مرات فى الأسبوع. وأكثر المعاملات تأثيرًا هى خليط من GA_3، و GA_4، أو من GA_4 مع GA_7، بتركيز ١٠٠٠ جزء فى المليون.

وعند إنتاج الهجن يرش خط واحد من السلالة المراد استعمالها كأب لكل ثلاثة خطوط من السلالة الأنثوية المراد استعمالها كأم، حيث تصبح الأزهار المذكرة المتكونة مصدرًا لحبوب اللقاح التى تلقح نباتات الأمهات غير المعاملة. ويعاب على هذه المعاملة أنها قد تؤثر سلبيًّا على إنبات حبوب اللقاح، وبالتالى على إنتاج البذور (Weaver ١٩٧٢).

حقوق الطبع محفوظة للمؤلف د. أحمد عبد المنعم حسن

ثانيًا: الإثيفون

وجد McMurray & Miller (١٩٦٩) أن رش نباتات الخيار بالإثيفون (2-chloroethyl) phosphonic acid أحدث زيادة جوهرية فى محصول ثلاثة أصناف وحيدة الجنس وحيدة المسكن من خيار التخليل، ووصل عدد العقد التى حملت أزهارًا مؤنثة بصورة متتابعة إلى ١٩ عقدة فى الصنف SC 23. وكانت أكثر التركيزات المستعملة فاعلية هى ١٢٠، و١٨٠، و٢٤٠ جزءًا فى المليون مع الرش مرة واحدة أو أكثر من مرة. ولم تكن هذه المعاملة مصاحبة بأى نقص فى طول السلاميات.

كذلك وجد Rudich وآخرون (١٩٧٠) أن المعاملة بالإثيفون أدت إلى دفع نباتات الخيار الوحيدة الجنس الوحيدة المسكن إلى تكوين أزهار مؤنثة فقط لمدة ٢–٣ أسابيع فى بداية مرحلة الإزهار. وكانت أفضل معاملة هى رش النباتات مرتين فى مرحلتى نمو الورقة الحقيقية الثانية والرابعة بتركيز ٢٥٠، أو ٥٠٠ جزء فى المليون. هذا.. بينما أدى الرش بتركيز ١٠٠٠ جزء فى المليون إلى تثبيط نمو النباتات.

وتبين من دراسات Iwahori وآخرين (١٩٦٩، و١٩٧٠) أن نسبة الأزهار المؤنثة فى نباتات الخيار الوحيدة الجنس الوحيدة المسكن ازدادت بالرش بتركيز ٥٠ أو ١٠٠ جزء فى المليون من الإثيفون فى مرحلة نمو الورقة الحقيقية الأولى أو الثالثة، بينما لم يكن للمعاملة فى مرحلة نمو الأوراق الفلقية أى تأثير، كما تأخرت العقدة التى ظهرت عندها أول زهرة مؤنثة، مع تأخير موعد المعاملة. كذلك ألغت المعاملة بتركيز ١٠٠ أو ٢٥٠ جزءًا فى المليون فى مرحلة نمو الورقة الحقيقية الأولى أى ظهور للأزهار المذكرة فى النباتات المؤنثة بدرجة عالية.

وتُحدث المعاملة بالإثيفون عن طريق التربة تأثيرات مماثلة، فقد وجد Cantliffe & Robinson (١٩٧١) أن معاملة النباتات النامية فى الأصص بطريق التربة أدت إلى دفع النباتات إلى تكوين أزهار مؤنثة لمدة أربع أسابيع. وقد صاحب المعاملة بتركيزات

حقوق الطبعة محفوظة للمؤلف: أحمد عبد المنعم حسن

١٢٥، و٢٥٠، و٥٠٠ جزء فى المليون نقص متزايد فى قوة نمو النباتات إلى أن توقف نمو الأوراق فى المعاملة الأخيرة، لكنها أعطت أعلى نسبة من الأزهار المؤنثة.

وتبين من دراسات Augustine وآخرين (١٩٧٣) أن معاملة نباتات الخيار التى تنتج أزهارًا مذكرة وأزهارًا خنثى andromonecious بالإثيفون تحولها إلى نباتات وحيدة الجنس وحيدة المسكن monoecious. ويتوقف مدى التحول على التركيز المستعمل، ومرحلة النمو التى تجرى عندها المعاملة. وكانت أفضل معاملة تحت ظروف الصوبات هى الرش بتركيز ٥٠ جزءًا فى المليون عند مرحلة نمو الورقة الحقيقية الثالثة أو الرابعة، وهى المعاملة التى لم يصاحبها نقص ظاهرى فى النمو.

ويتوقف مدى فاعلية الإثيفون فى التأثير على النمو النباتى على موعد المعاملة، ويتضح ذلك من دراسات Lower وآخرين (١٩٧٠) التى قارنوا فيها المعاملة بتركيز ١٢٠ جزء فى المليون فى مراحل نمو الورقة الحقيقية الأولى، والثانية، والثالثة، والرابعة، والسادسة، والثامنة، والعاشرة، والثانية عشرة مع تكرار الرش — مرة أخرى — بعد ٤٨ ساعة فى كل معاملة. وقد أحدثت جميع المعاملات زيادة معنوية فى عدد ونسبة الأزهار المؤنثة. ولم يُحدِث الرش فى المراحل المبكرة من النمو سوى توقف بسيط فى النمو، إلا أن الرش فى مراحل النمو التالية أدى إلى نقص كبير فى معدل النمو النباتى، وسقوط البراعم الزهرية والأزهار المؤنثة المتفتحة التى كانت على النباتات وقت المعاملة، واستمر هذا التأثير لمدة أسبوع، ثم عادت النباتات إلى حالتها الطبيعية وأزهرت مرة أخرى بعد ١٥–١٨ يومًا من المعاملة.

ويختلف مدى التأثير الذى تحدثه المعاملة بالإثيفون باختلاف الأصناف. يتضح ذلك مع دراسات George (١٩٧١) التى قام فيها بمقارنة تأثير الإثيفون بتركيز ٥٠٠ جزء فى المليون على الأزهار والنسبة الجنسية فى ستة أصناف من الخيار، والمبينة نتائجها فى جدول (٨–٤).

حقوق الطبع محفوظة للمؤلف د. أحمد عبد المنعم حسن

جدول (٨–٤): تأثير المعاملة بالإثيفون بتركيز ٥٠٠ جزء فى المليون على الإزهار والنسبة الجنسية فى ستة أصناف من الخيار.

الصنف	عدد العقد الخالية من الأزهار	عدد العقد التى تكوّن فيها أزهار مؤنثة	أول عقدة ظهرت فيها زهرة مذكرة	عدد العقد التى لم يتكون فيها أزهار مذكرة
Marketer	٨,٦	١٦,٤	أكثر من ٢٥	صفر
Wisconsin	٢,٠	١٥,٨	١٨,٨	٧,٢
Ashley	٦,٤	٨,٠	١٥,٤	١٠,٦
Spot Free	٧,٠	٣,٦	١١,٦	١٤,٤
Marketmore	٨,٦	١,٨	١٠,٨	١٤,٦
Tokyo	٩,٦	٠,٢	١٠,٨	١٥,٢

هذا.. ويستعمل الإثيفون لزيادة إنتاج الأزهار المؤنثة فى هجن خيار التخليل، وقد سجل لهذا الغرض – فى الولايات المتحدة – المركب فلوريل Florel الذى يحتوى على ٣,٩٪ مادة فعالة، ويستعمل بمعدل ٢,٨ لترًا فى ٤٥٠–١١٠٠ لتر من الماء للهكتار. ترش النباتات بالمحلول جيدًا وهى فى مرحلة تكوين الورقة الحقيقية الثانية، ويكرر الرش إن لم يكن إنبات البذور متجانسًا.

ويستفاد من هذه المعاملة – كذلك – فى إنتاج بذور هجن خيار التخليل لأنها تؤدى إلى زيادة إنتاج الأزهار المؤنثة؛ وبالتالى زيادة محصول البذور. ويراعى فى حالة إجراء هذه المعاملة أن تكون زراعة السلالة الأب (مصدر حبوب اللقاح) مبكرة عن موعد زراعة السلالة الأم بنحو أسبوع، نظرًا لأن المعاملة تؤدى إلى تبكير الإزهار بنحو سبعة أيام (عن Read ١٩٨٢).

ثالثًا: منظمات النمو الأخرى

من أهم منظمات الأخرى المؤثرة على النسبة الجنسية فى الخيار، وتأثيراتها، ما يلى:

١– أدت المعاملة بالأوكسينات إلى تقصير فترة النمو الأولى التى تقتصر على إنتاج الأزهار المذكرة فقط، وإلى إسراع وصول النباتات إلى فترة النمو المختلط التى تنتج فيها أزهارًا مذكرة وأخرى مؤنثة.

حقوق الطبع محفوظة للمؤلف د. أحمد عبد المنعم حسن

٢- أدت المعاملة بمنظم النمو TIBA (أو 2,3,5-triiodobenzoic acid) إلى تحويل نباتات الخيار الوحيد الجنس الوحيد المسكن إلى نباتات مذكرة بصفة أساسية androecious، وبالمقارنة.. فقد أدت المعاملة بالإثيفون منفردًا، أو مع TIBA إلى جعل النباتات مؤنثة بصفة أساسية (Freytag ١٩٧٠).

٣- أدت معاملة نباتات الخيار الأنثوية بمنظم النمو MCEB (أو 5-methyl-7-chloro-4-ethoxycarbonyl methoxy-2,1,3-benzothiazole)، بتركيز ٧٥ جزءًا فى المليون، إلى إنتاجها لبعض الأزهار المذكرة، وتلاشى هذا التأثير عندما عوملت النباتات بالإثيفون أيضًا، ولكنه ظهر مرة أخرى عندما استعمل تركيز ١٥٠ جزء فى المليون من الـ MCEB مع الإثيفون (Augustine وآخرون ١٩٧٣).

٤- يعتبر منظم النمو AVG (أو Aminoethoxyvinylglycine) من مضادات إنتاج الإثيلين، وقد أدى إلى تكوين أزهار مذكرة فى سلالات الخيار الأنثوية عندما استعمل رشًّا بتركيز ٥٠ جزءًا فى المليون.

٥- أدت معاملة نباتات الخيار الوحيدة الجنس الوحيدة المسكن بالماليك هيدرازيد MH (وهو 1,2-dihydropyradizine 3,6-dione)، أو بالـ SADH (وهو Succinic aced 2,2-dimethylhydrazide) إلى إحداث زيادة فى نسبة الأزهار المؤنثة، مع بطء فى النمو (Rodriquez & Lambeth ١٩٧٢).

٦- لم يكن لأى من مثبطات النمو Alar، أو CCC، أو Phosphon D، أو ABA تأثير على النسبة الجنسية فى نباتات الخيار الوحيدة الجنس الوحيدة المسكن (Iwahori وآخرين ١٩٧٠).

٧- أدت إضافة AMAB (أو Allyl trimethyl ammonium bromide) إلى المحاليل المغذية فى المزارع المائية إلى التبكير بظهور الأزهار المؤنثة، وزيادة نسبها فى نباتات الخيار الوحيدة الجنس الوحيدة المسكن (عن Wittwer & Bukovac ١٩٦٢).

حقوق الطبع محفوظة للمؤلف د. أحمد عبد المنعم حسن

تأثير مركبات الفضة على النسبة الجنسية

على الرغم من أن نترات الفضة لا تعد من منظمات النمو، إلا أنها تمنع إنتاج الإثيلين فى النباتات، وتؤدى المعاملة بها إلى إنتاج أزهار مذكرة بنباتات الخيار الأنثوية، ويعد تأثيرها أقوى من تأثير المعاملة بالـ $GA_{4/7}$ (Owens ١٩٨٠).

وقد أدت معاملة الخيار الأنثوى بنترات الفضة $AgNO_3$ بتركيز ٣٠٠ جزء فى المليون مرتان رشًّا – مع بداية الرش فى مرحلة الورقة الأولى – إلى إنتاج النباتات للأزهار المذكرة بأعداد كبيرة، وعمومًا فإن عدد العقد التى تحمل أزهارًا مذكرة يزداد مع الرش ٢–٣ مرات بنترات الفضة بتركيز ٢٠٠–٥٠٠ جزء فى المليون ابتداء من مرحلة الورقة الحقيقية الأولى وعلى فترات أسبوعية (Kasrawi ١٩٨٨).

كذلك تعد ثيوكبريتات الفضة silver thiosulfate $[Ag\ (S_2O_3)_2]$ من مضادات إنتاج الإثيلين، وتؤدى المعاملة بها إلى زيادة إنتاج الأزهار المذكرة على حساب الأزهار المؤنثة.

وتتميز كل من نترات الفضة وثيوكبريتات الفضة عن الجبريللينات بكونهما أرخص من الجبريللينات، وأكثر ثباتًا عنها فى المحاليل، وأكثر فاعلية عنها فى تحويل السلالات الأنثوية إلى إنتاج الأزهار المذكرة. ولكن هذه المركبات قد تكون سامة للنبات إذا استعملت بتركيزات عالية جدًّا، ولكنها ليست سامة فى التركيزات المعتدلة، فضلاً عن أنها لا تؤدى إلى استطالة سلاميات النبات مثلما تؤدى المعاملة بالجبريللينات.

علاقة كثافة تلقيح الأزهار بقوة النمو النباتى فى الجيل التالى للتلقيح

قارن Davis وآخرون (١٩٨٧) قوة نمو النباتات التى نتجت من بذور عقدت فى ظروف توفرت فيها حبوب اللقاح على مياسم الأزهار بغزارة، بتلك التى نتجت من بذور عقدت فى ظروف لم يتوفر فيها سوى القليل من حبوب اللقاح على مياسم الأزهار. وقد أوضحت الدراسة أن النوع الأول من البذور كان أعلى فى نسبة الإنبات وسرعته عن النوع الثانى، كما كانت النباتات الناتجة من بذور النوع الأول أغزر إنتاجًا للأزهار

والثمار عن نباتات النوع الثانى من البذور، وكانت ثماره أكبر حجمًا، واحتوت تلك الثمار على عدد أكبر من البذور، وكانت البذور أكبر حجمًا عما فى نباتات النوع الثانى من البذور.

كذلك وجد Quesade وآخرون (١٩٩١) أن أكثر البذور قوة فى الإنبات وفى نمو بادراتها هى تلك التى تستخرج من الطرف الزهرى لثمرة الكوسة، وهو الجزء الذى تتلقح بويضاته بأسرع حبوب اللقاح إنباتًا وأقواها نموها، حيث تصل إليها أولاً عندما يتواجد على ميسم الزهرة خليط من حبوب اللقاح التى تتفاوت فى قوة إنباتها.

ومن المعتقد أنه عندما يصل إلى ميسم الزهرة عدد قليل من حبوب اللقاح فإنها تشترك جميعها فى إخصاب البويضات سواء أكان إنباتها سريعًا، أم بطيئًا، بينما لا يشترك فى إخصاب البويضات — عند وصول عدد كبير من حبوب اللقاح إلى ميسم الزهرة — إلا حبوب اللقاح السريعة الإنبات فقط، حيث تتوفر — حينئذ — منافسة قوية بين حبوب اللقاح فى المشاركة فى الإخصاب، وهى الظاهرة التى تعرف باسم pollen competition. ويعتقد — كذلك — أن الارتباط الملاحظ بين قوة نمو الطور الجاميطى المتمثلة فى سرعة نمو حبوب اللقاح، وقوة نمو الطور الاسبورفيتى المتمثلة فى قوة نمو النباتات الناتجة من زراعة البذور.. يعتقد بأن هذا الارتباط مرده إلى العدد الكبير من الجينات التى تعرف بتأثيرها فى كل من مرحلتى النمو السالفتى الذكر من دورة حياة النبات.

عقد الثمار وعقد البذور

بداية.. فإن صفة فشل البراعم الزهرية فى التميز إلى زهرة كاملة هو صفة وراثية يتحكم فيها جين واحد سائد أعطى الرمز Fba (من Flower Bud Abortion) (Miller & Quisenberry ١٩٧٨)، ولكن تلك الخاصية تختلف عن خاصية فشل الأزهار فى العقد، والتى تعرف بظاهرة "التنفيل"، وإن كانت كلتاهما تؤديان إلى نتيجة واحدة، ألا وهى عدم تكوّن الثمار.

ولا يعرف على وجه التحديد السبب فى احتياج ثمار الخيار غير البكرية إلى الإخصاب وعقد البذور لكى تعقد وتنمو. وقد وجد أن إزالة مياسم الأزهار بعد ١٢ ساعة

من التلقيح سمح بعقد ٥٠٪ من الثمار على الرغم من أن إخصاب البويضات تطلب حوالى ٣٠–٣٦ ساعة؛ مما يعنى عدم الحاجة إلى إخصاب البويضات لكى يستمر المبيض فى النمو. ويبدو أن تكوين بذور كاذبة pseudoseeds (وهى بذور ذات غلاف بذرى ولكنها تخلو من الجنين) يعد ضروريًّا لنمو الثمار التى تحمل صفة العقد البكرى. وقد أمكن إحداث ذلك بإجراء التلقيح بحبوب لقاح عقيمة سبق تعريضها للإشعاع وكانت قادرة على الإنبات فقط.

ونتناول بالشرح العوامل المؤثرة فى عقد ثمار وبذور الخيار، فيما يلى:

أولاً: تأثير درجة الحرارة

يتأثر عقد ثمار الخيار بدرجة الحرارة المرتفعة، وهو أكثر حساسية من القثاء فى هذا الشأن؛ فقد تبين من دراسات Matlob & Kelly (١٩٧٣) أن درجة الحرارة المثالية لنمو الأنابيب اللقاحية فى البيئة الصناعية كانت ٢١ °م فى صنف الخيار بيت ألفا، و٣٢ °م فى أربعة أصناف من القثاء. أما المدى الحرارى الذى أنبتت فيه حبوب اللقاح على مياسم الأزهار، فقد تراوح من ١٠ إلى ٤٣ °م فى الخيار، ومن ١٠ إلى ٤٨ °م فى القثاء، ولكن نمو الأنابيب اللقاحية فى قلم الزهرة ازداد فى الخيار بارتفاع درجة الحرارة حتى ٣٢ °م، ثم نقص وتوقف نهائيًّا فى حرارة ٣٨ °م، بينما كان أسرع ما يمكن فى أزهار القثاء فى حرارة ٣٨ °م.

ثانيًا: تأثير الرطوبة الأرضية

يؤدى نقص الرطوبة الأرضية إلى درجة فقد الأزهار لنضارتها إلى نقص عقد الثمار إلى ٩٣٪ من العقد فى النباتات التى تتوفر لها الرطوبة الأرضية، ويكون ذلك مصاحبًا بضعف فى نسبة نجاح التلقيح يصل إلى ٥٧٪ مقارنة بالكنترول، وتكون حوالى ٧٠٪ من الثمار العاقدة كمثرية الشكل (Szegedi وآخرون ١٩٩٣).

ثالثًا: تأثير المبيدات المستعملة فى المكافحة

فى دراسة على استنبات حبوب لقاح الخيار ونمو الأنابيب اللقاحية فى البيئات الصناعية التى أضيفت إليها بعض المبيدات أثرت بعض المبيدات (مثل: كلوروثالونيل ٧٥٪

حقوق الطبع محفوظة لمؤلفه د/ أحمد عبد المنعم حسن

Chlorothalonil، ومانكوزب ٨٠٪ Mancozeb، وميتالاكسيل ١٠٪ Metalaxyl، وداى بروم ٨٦٪ Dibrom) سلبيًّا على إنبات حبوب اللقاح، وأثر إحداها (كارتاب ٥٠٪ Cartap) سلبيًّا على نمو الأنابيب اللقاحية، بينما لم يكن لمبيدات أخرى وللمواد الناشرة تأثيرات على حبوب اللقاح (Lacerda وآخرون ١٩٩٤).

رابعًا: تأثير طول مبيض الزهرة

أوضحت دراسات Nijs & Miotay (١٩٩١) أن أصناف الخيار ذات الثمار الطويلة تكون مبايض أزهارها طويلة كذلك، وتستطيل بسرعة أكبر عن سرعة استطالة الأنابيب اللقاحية؛ بحيث لا يمكنها الوصول إلى النصف البعيد من المبيض. ويفسر ذلك قلة عدد البذور فى أصناف الخيار ذات الثمار الطويلة. وحصل Deunff وآخرون (١٩٩٣) على نتائج مشابهة لذلك، حيث وجدوا ارتباطًا سالبًا بين نسبة البويضات المخصبة فى الطرف الساقى (جانب العنق) من الثمرة وطول المبيض وقت التلقيح.

وتعتبر زهرة الخيار protogynous حيث يكون ميسم الزهرة مستعدًا لاستقبال حبوب اللقاح من قبل تفتح الزهرة ذاتها بيومين، ويستمر فى استعداده لاستقبال حبوب اللقاح إلى ما بعد تفتحها بيومين آخرين بالإضافة إلى اليوم الذى تتفتح فيه الزهرة، أى أن ميسم الزهرة يظل مستعدًا لاستقبال حبوب اللقاح لمدة خمسة أيام. هذا إلا أن إنبات حبوب اللقاح ونمو الأنابيب اللقاحية فى نسيج المبيض يتأثر بعمر متاع الزهرة خلال تلك الفترة. وقد وجدت اختلافات جوهرية بين أجزاء ثمرة الخيار فى عدد البذور المكتملة التكوين، وفى حجم الثمرة عند النضج، وارتبطت تلك الاختلافات بمراحل نضج متاع الزهرة المؤنثة عند التلقيح. فقد أعطى التلقيح قبل تفتح الزهرة بيومين أو بعد تفتحها بيومين أصغر الثمار حجمًا، وكانت بذورها المكتملة التكوين أقل عددًا، مقارنة بالثمار التى لُقِّحت فيها الزهرة فى يوم تفتحها أو خلال اليوم السابق أو اليوم اللاحق ليوم تفتحها. وقد وجد ارتباط معنوى موجب بين عدد البذور الكلى فى الثمرة — متضمنًا البذور الكاملة التكوين والفارغة — وطول الثمرة ووزنها عند النضج. وتفيد تلك النتائج أن عقد البذور فى مختلف أجزاء الثمرة، والحجم النهائى للثمرة وطولها يتوقف

حقوق الطبع محفوظة للمؤلف د. احمد عبد المنعم حسن

على مدى استعداد مبيض الزهرة لعملية الإخصاب وليس على استعداد ميسم الزهرة، أو قلمها لاستقبال حبوب اللقاح ونمو الأنابيب اللقاحية فيهما (Deunff وآخرون ١٩٩٣).

وتأكيدًا لما أسلفنا بيانه.. تبين وجود تفاعل بين موسم نمو الخيار – يرتبط بطول مبيض الزهرة – وبين مدى استعداد متاع الزهرة لعملية الإخصاب، وأن ذلك يؤثر بالتالى على نمو الثمرة وعلى محتواها من البذور. ففى الربيع – فى شمال فرنسا – تكون مبايض الأزهار أطول عند تفتح الزهرة، ويزداد فيها العقد البكرى، عما يكون عليه الحال فى الخريف حيث تكون مبايض الأزهار أقصر، ويتأثر فيها عقد الثمار بمرحلة تطور الزهرة المؤنثة عند التلقيح (Deunff & Sauton ١٩٩٤).

العقد البكرى للثمار

يزيد محتوى مبايض أزهار الأصناف ذات القدرة على العقد البكرى من الأوكسين عما فى الأصناف التى ليست لديها تلك القدرة، كما يؤدى التلقيح إلى زيادة محتوى الأوكسين فى السلالات غير البكرية العقد، بينما ينخفض فيها تركيز الأوكسين بدرجة أكبر عندما تترك بدون تلقيح. ولا يعرف على وجه التحديد موقع إنتاج الأوكسين فى المبيض النامى، وربما كان ذلك فى كل من البيريكارب والبويضات.

وعلى الرغم من أن أصناف الخيار الأنثوية البكرية العقد لا تحتاج إلى تلقيح لكى تعقد، فإن الوزن الطازج للثمار كان أكبر بعد ٤–١٢ يومًا من تفتح الزهرة عندما لُقِّحت الأزهار. هذا.. بينما ازداد تركيز كلا من: الزياتين zeatin، وإندول حامض الخليك IAA، والـ isopentenyladenine فى الثمار العاقدة غير الملقحة، كما كان دليل الانقسام الميتوزى أكبر من وقت تفتح الزهرة ولمدة يومين، ثم انخفض تدريجيًّا فى الثمار الملقحة، بينما ازداد دليل الانقسام الميتوزى بعد تفتح الزهرة مباشرة فى الثمار غير الملقحة. وتتعارض هذه النتائج مع الفكرة السائدة من أن التلقيح يُنشط انقسام الخلايا بتحفيز إنتاج السيتوكينيات والأوكسين (Boonkorkaew وآخرون ٢٠٠٨).

حقوق الطبع محفوظة للمؤلف. أحمد عبد المنعم حسن

وقد وجد أن جميع معاملات منظمات النمو التى تحفز عقد الثمار – مثل البنزيل أدنين، وحامض الجبريلليك، والأوكسينات المختلفة – تؤدى إلى زيادة محتوى المبايض النامية من الأوكسين الطبيعى. كذلك أمكن إحداث العقد البكرى فى ثمار الخيار بمعاملتها بالأوكسينات المختلفة، كما حُصل على نتائج مشابهة فى كل من الكنتالوب، والكوسة، وبعض القرعيات الأخرى.

ويعد كلاً من GA_4، وGA_7، وGA_{4+7} أكثر تأثيرًا فى تحفيز نمو ثمار الخيار عن الـ GA_3. ويستدل من وجود تركيزات عالية من الجبريللينات فى نسيج المشيمة على احتمال أن يكون لها دور فى العقد البكرى للثمار.

وقد أدت معاملة خيار التخليل بالكلورفلورينول Chlorfluernol – وهو مركب مثبط لانتقال الأوكسين – إلى زيادة عقد الثمار. ومن منظمات النمو التى تحتوى على هذا المركب مورفاكتين ٧٠٪ Morphactin 70%، وهو: Methylester of 2-chlorfluernol-9-carbonic acid.

كما أوضحت الدراسات التى أجريت فى هذا الشأن أن رش نباتات الخيار بمنظم النمو كلورفلورينول أدى إلى زيادة إنتاج النباتات من الثمار البكرية، وتوقف المحصول على درجة العقد البكرى الوراثية للصنف، وكانت الزيادة من جرّاء المعاملة أكثر عندما كانت حرارة الليل ١٦، أو ٢١ °م مقارنة بما كانت عليه الحال فى حرارة ليل ٢٧ °م (Dean & Barker ١٩٨٣).

وتجدر الإشارة إلى أن المعاملة بالسيتوكينين 1-(2-chloro-4-pyridyl)-3-pheneylurea يحفز عقد الثمار – فى الكنتالوب والبطيخ، ويحفز العقد البكرى للثمار فى البطيخ (عن Robinson & Decker-Walters ١٩٩٧).

ويمكن أحيانًا عقد ثمار بكرية بمجرد حك الميسم بحبوب لقاح من نوع آخر من القرعيات.

وقد توصل Kim وآخرون (١٩٩٢، و١٩٩٤ب) من دراساتهم على الخيار أن إندول حامض الخليك – الذى يتواجد طبيعيًّا فى مبايض الأزهار – هو منظم النمو الرئيسى الذى يتحكم فى العقد البكرى للثمار، وأن المعاملة بمنظمات النمو الأخرى تحفز العقد البكرى من خلال تحفيزها لتراكم إندول حامض الخليك فى مبايض الأزهار. وتأكيدًا لتلك النتائج وجد Takeno & Ise (١٩٩٢) إن إندول حامض الخليك فى مبايض أزهار الخيار التى يتوقع عقدها بكريًّا يبلغ ٣,٥ ضِعف ما تحتويه مبايض الأزهار التى لا تعقد بكريًّا، كما وجدا ارتباطًا موجبًا بين محتوى مبايض الأزهار من إندول حامض الخليك، وبين كل من طول مبيض الزهرة بعد ثلاثة أيام من تفتحها، ونسبة العقد البكرى.

كما وجد Kim وآخرون (١٩٩٤أ) زيادة فى نسبة العقد البكرى للأزهار مع التقدم على الساق الرئيسى للنبات، حيث تكون النسبة ٢,٨٪ قبل العقدة السابعة وتصل إلى ٣٢,١٪ فى العقد التالية للسادسة عشر، كما كان ذلك مرتبط أيضًا بمحتوى مبايض الأزهار من إندول حامض الخليك الذى بلغ فى مبايض الأزهار فى العقد التالية للسادسة عشر خمسة أمثال ما بلعه فى مبايض الأزهار فى العقد قبل السابعة، هذا بينما لم تختلف مبايض تلك الأزهار فى محتواها من بعض الهرمونات الأخرى، منها: حامض الأبسيسيك، والجبريللين. كذلك كان متوسط نسبة العقد البكرى فى جميع مراحل النمو ٧٨٪ فى حرارة ١٥ ْم، بينما كانت أقل من ٣٠٪ فى حرارة ٢٠،و٢٥، و٣٠ ْم، فى الوقت الذى كان فيه محتوى مبايض الأزهار من إندول حامض الخليك فى حرارة ١٥ ْم ضعف محتواها منه فى حرارة ٢٥ ْ.

وبالنسبة للتغيرات فى المحتوى الهرمونى للثمار بعد العقد وجد Kim وآخرون (١٩٩٥ أ، و ١٩٩٥ب) أن تركيز إندول حامض الخليك والجبريللينات يزداد فى كل من الثمار البذرية والبكرية خلال المراحل المبكرة لنموها، وينخفض تركيز حامض الأبسيسيك، بينما يحدث العكس فى المراحل التالية لنمو الثمار. وقد لوحظ أن تركيز إندول حامض الخليك يزداد فى نسيج المشيمة بسرعة أكبر فى الثمار الملقحة البذرية

حقوق الطبع محفوظة للمؤلف د. أحمد عبد المنعم حسن

عما فى الثمار البكرية. كذلك كان تركيز حامض الأبسيسيك فى الثمار البذرية الناضجة ضعف تركيزه فى الثمار البكرية الناضجة.

نمو الثمار

تزداد جميع أجزاء ثمرة الخيار البكرية العقد فى الطول والسمك بمعدل واحد تقريبًا، فيما عدا الأنسجة التى توجد فى طرفى الثمرة، والتى يبطء فيها معدل النمو مبكرًا، مقارنة بأنسجة وسط الثمرة. وتنتج الزيادة فى سمك الثمرة عن الزيادة المستمرة التى تحدث فى كل من المشيمة والبريكارب pericarp خلال جميع مراحل تكوين الثمرة وتزداد الخلايا فى الحجم باستمرار خلال جميع المراحل تكوين المبيض والثمرة. وبالمقارنة.. فإن انقسام الخلايا يتوقف بعد المراحل الأولى من فترة النمو. أما حجم الخلايا فإنه يتناقص من طرف الثمرة المتصل بالعنق باتجاه طرفها الزهرى، كذلك يتناقص حجم الخلايا فى نسيج البريكارب من جانبيه الخارجى والداخلى باتجاه منتصف النسيج. وعمومًا.. فإنه على الرغم من وجود فروق واضحة فى حجم الخلايا بين مختلف أجزاء وأنسجة الثمرة، فإن جميع الخلايا تستمر فى الزيادة فى الحجم، بينما يتوقف انقسامها فى كل الثمرة فى وقت واحد تقريبًا (Marcelis & Hofiman-Eijer ١٩٩٣).

وتكون الزيادة فى نمو ثمرة الخيار لوغاريتمية مع الوقت فى البداية، ثم ينخفض معدل الزيادة بعد ذلك. وترتبط الزيادة فى الوزن الطازج بدرجة عالية مع الزيادة فى حجم الثمرة؛ مما يعنى إمكان تقدير وزن الثمرة بدقة من قياسات طولها ومحيطها.

ويتأثر معدل نمو ثمرة الخيار كثيرًا بالوضع المحيط بها، وخاصة بتواجد ثمار أخرى بالقرب منها، فمثلاً.. وجد أن أعلى معدل نمو لثمرة الخيار البكرية بلغ فى الثمار التى تركت وحدها على النبات ثلاثة أضعاف معدل النمو عندما وجدت خمس ثمار نامية معًا فى وقت واحد. كما ازداد معدل نمو الثمرة بارتفاع الحرارة حتى ٢٥ °م، وبزيادة شدة الإضاءة. وقد أدت زيادة شدة الإضاءة إلى زيادة عدد خلايا الثمرة وحجمها إذا كانت

الزيادة فى شدة الإضاءة خلال المراحل المبكرة لنمو الثمرة، أما زيادة شدة الإضاءة فى المراحل المتأخرة فقد أدت إلى زيادة حجم خلايا الثمرة فقط (عن Wein ١٩٩٧).

وقد وجد Choi وآخرون (١٩٩٧) أن إزالة الثمار الحديثة العقد أدت إلى انخفاض معدل البناء الضوئى فى الأوراق خلال الأيام الثلاثة الأولى التى أعقبت إزالة الثمار. وعندما تركت الثمار العاقدة على النبات فإن الغذاء المجهز فى الأوراق كان يتوزع بنسبة أكثر من ٩٠٪ على الثمار، وبنسبة ٥٪ للسيقان، و٣٪ للجذور، و٢٪ للأوراق، وحصلت أكبر الثمار على أكثر من ٩٨٪ من حصة الثمار من الغذاء المجهز. وبالمقارنة فإن إزالة الثمار الحديثة العقد أدت إلى تحويل الغذاء المجهز إلى السيقان بنسبة ٨٠٪ وإلى الجذور بنسبة ١٥٪، والأوراق بنسبة ٧٪، أى أن قدرة الأوراق على تخزين الغذاء المجهز كانت منخفضة للغاية. كذلك أدت إزالة الأوراق إلى انخفاض معدل البناء الضوئى فى الأوراق الأسفل منها مباشرة خلال الأيام الثلاثة الأولى التى أعقبت إزالة الأوراق، كما انخفض معدل البناء الضوئى فى النباتات الكاملة بالتقليم.

وأدت زيادة المنافسة بين ثمار الخيار على الغذاء المجهز إلى نقص نموها – ومن ثم وزنها – وكذلك نقص نسبة ما تحتويه من المادة الجافة.

وبدا أن المادة الجافة لا تتوزع بانتظام فى ثمرة الخيار؛ حيث كانت أعلى ما يمكن فى حوالى منتصف الثمرة بين طرفيها، وكانت أعلى فى الجلد الأخضر للثمرة عما فى نسيج المشيمة، الذى كان – بدوره – أعلى فى محتواه من المادة الجافة عن لحم الثمرة (Marcelis ١٩٩٣).

كذلك وجد Marcelis (١٩٩٣) أن معدل نمو ثمرة الخيار يزداد بوضوح مع زيادة إمداداتها من الغذاء المجهز، سواء أتم ذلك بزيادة معدل خف الثمار، أم بزيادة شدة الإضاءة التى تتعرض لها النباتات. وعندما انخفضت إمدادات الغذاء المجهز نقص كل من عدد الخلايا وحجمها. وعندما زيدت إمدادات الغذاء المجهز فى مراحل مختلفة من نمو الثمرة، ظهر أن النمو الابتدائى للثمرة ليس حاسمًا فى تحديد حجمها النهائى.

حقوق الطبع محفوظة للمؤلف د. أحمد عبد المنعم حسن

وعندما كان عدد الخلايا صغيرًا – بسبب انخفاض إمدادات الغذاء المجهز فى بداية مرحلة النمو الثمرى – فإن ذلك أمكن تعويضه – فيما بعد – بزيادة معدل نمو الخلايا فى الحجم. ولذا.. فقد استُخلِص من تلك النتائج أن عدد الخلايا ليس عاملاً هامًّا فى تحديد حجم الثمرة فى الخيار، على الرغم من أن حجم الثمرة غالبًا ما يرتبط إيجابيًّا بعدد الخلايا فيها. وفى المراحل المبكرة من النمو الثمرى فإن تأثير شدة الإضاءة على نمو الثمرة يتوقف على وجود ثمرة أخرى سابقة لها ولا تزال نامية من عدمه؛ بسبب سيادة الثمار الأولى على الثمار التالية لها فى الحصول على إمدادات الغذاء المجهز. أما فى المراحل التالية من النمو الثمرى فإن نقص شدة الإضاءة يترتب عليه نقص معدل نمو جميع الثمار بدرجات متساوية أيًّا كانت أعمار الثمار الأخرى النامية أو أعدادها.

كما وجد Marcelis وآخرون (١٩٩٣) أن معدل نمو ثمار الخيار يرتبط كثيرًا بعدد الساعات الحرارية المتراكمة بعد تفتح الزهرة. وقد أثَّرت الحرارة على نمو الثمرة من خلال تأثيرها على زيادة الخلايا فى الحجم، وليس على انقسامها وزيادتها فى العدد عندما لم يتوقف نمو الثمرة على إمداداتها من الغذاء المجهز. أما عندما كانت إمدادات الغذاء المجهز للثمرة محدودة، فإن عدد الخلايا بالثمرة انخفض مع ارتفاع درجة الحرارة من ١٧,٥ إلى ٢٧,٥ °م، ولكن حجم الخلايا لم يتأثر بتلك الزيادة فى درجة الحرارة. وكان للحرارة العالية تأثيرًا كبيرًا على نمو الثمار، وخاصة فى مراحل النمو الأخيرة، وأدى تعريضها لمدة ٤ أيام لحرارة ٢٧,٥ °م خلال أى مرحلة من النمو – حتى ولو قبل تفتح الزهرة – إلى تحفيز نموها بعد ذلك على حرارة ١٧,٥ °م.

وقد درس Marcelis (١٩٩٤) تأثير درجات الحرارة بين ١٧,٥، و٣٠ °م على شكل ثمار الخيار، ووجد أنه فى حرارة ٢٥ °م ازدادت نسبة طول الثمرة إلى محيطها حتى اليوم الرابع من تفتح الزهرة، ثم نقصت النسبة بعد ذلك. وكانت هذه النسبة منخفضة عند العقدة ١٢ وما حولها، بينما كانت عالية فى الثمار المحمولة على الفروع. ولم تكن لإمدادات الغذاء المجهز تأثيرات على نسبة طول الثمرة إلى محيطها، والتى بدا أنها تتحدد بموقع الثمرة على النبات. ومع نقص عدد الثمار بالنبات (عن طريق الخف)

حقوق الطبع محفوظة للمؤلف أحمد عبد المنعم حسن

وصلت الثمار إلى وزن مناسب للتسويق فى مرحلة مبكرة من التكوين؛ مما أدى إلى زيادة نسبة طولها إلى محيطها. وأدى ارتفاع الحرارة إلى سرعة نمو الثمار، ولكن دون أن يؤثر ذلك على نسبة طول الثمرة إلى محيطها.

هذا.. وتؤدى المعاملة بالسيتوكينينات إلى تحفيز نمو الثمار، ويعد البنزيل أدنين أكثر تأثيرًا عن الكينتين. ويزداد تركيز السيتوكينين الطبيعى فى الثمار ابتداء من اليوم الرابع بعد تفتح الزهرة؛ مما يدل على أهميتها فى النمو الأولى للثمار (عن Kanahama ١٩٩٤).

ارتباطات النمو

تبيّن من دراسات McCollum (١٩٣٤) أن للثمار النامية تأثيرًا مثبطًا على تطور نبات الخيار حتى يبدأ نضج وتصلب أغلفة البذور، ولكن هذا التأثير لا تُحدثه الثمار البكرية، فالتلقيح والإخصاب ضروريان لحدوثه. ويزداد التأثير المثبط للثمار النامية، مع ازدياد نمو الثمرة حتى بداية نضج البذور. هذا.. ولم يكن للإخصاب أى تأثير محفز على النمو النباتى فى هذه الدراسة. إلا أن Sharp & Stewart (١٩٣٦) توصلا من دراستهما إلى أن لعملية الإخصاب فى مبايض أزهار الخيار تأثيرًا محفزًا على النبات يمتد أثره على كل من النمو الثمرى والنمو الخضرى على حد سواء، واستمر التأثير المحفز على النمو الخضرى لمدة ١٠–١٤ يومًا بعد التلقيح، ولكن استمرار نمو الثمار بعد ذلك أحدث تثبيطًا للنمو الخضرى.

وقد تأيد من أبحاث Mills & Jones (١٩٧٩) على أصناف الخيار البكرية أن التلقيح، والإخصاب، وتكوين البذور تحدث نقصًا جوهريًّا فى محصول الثمار، وأن لتكوين الثمار تأثيرًا مثبطًا على النمو الخضرى، وكان هذا التأثير أكثر وضوحًا عندما كانت الثمار بذرية، عما لو كانت بكرية.

وفى دراسة أجريت على ١٢ صنفًا من الخيار تحمل صفة القدرة على العقد البكرى، وجد أن إنتاج النباتات من الثمار ازداد بمقدار ١٧٪ عندما تركت لتعقد بكريًّا بصورة طبيعية عما لو لقحت وكانت ثمارها بذرية. وأوضحت هذه الدراسة أن البذور

حقوق الطبع محفوظة للمؤلف د. أحمد عبد المنعم حسن

احتوت على نسبة جوهرية من الوزن الجاف الكلى للنبات بلغت ١٠٪ فى أصناف الزراعات المحمية و٢٠٪ فى أصناف التخليل.

ويعتقد بأن البذور العاقدة تنافس الثمار على الغذاء المجهز، وتكون أقدر على جذب الغذاء إليها. كما يعتقد كذلك فى وجود عوامل هرمونية تجعل الثمار النامية أكثر قدرة على جذب الغذاء المجهز إليها عن الثمار الأحدث منها تكوينًا (عن Wein ١٩٩٧).

وتشكل ثمار الخيار نحو ٦٠٪ من الوزن الجاف الكلى للنبات، أو نحو ٨٠٪ من الوزن الطازج، ولكن تتفاوت تلك النسب كثيرًا خلال مراحل النمو النباتى (عن Marcelis ١٩٩٢).

وقد قام Marcelis (١٩٩٤) بدراسة تأثير درجة الحرارة (١٨، و٢٥ °م)، وشدة الإضاءة (بالتظليل بالشاش لإعطاء ١٠٠٪، أو ٥٠٪، أو ٣٠٪ نفاذية للضوء)، وخف الثمار (بالسماح بنمو ثمرة واحدة عند كل عقدة، أو عند كل ثلاث أو ست عقدات، أو بخف جميع الثمار) على توزيع المادة الجافة على مختلف أجزاء النبات. وقد وجد أن زيادة شدة الإضاءة أدت إلى زيادة الوزن الجاف للنمو الخضرى، ولكن نسبة المادة الجافة التى وصلت إليه نقصت. وأدت زيادة شدة الإضاءة إلى زيادة الوزن الجاف للسيقان بدرجة أقل مما حدث فى أعناق الأوراق أو الأوراق، واللتان كانتا بدورهما أقل فى الزيادة فى المادة الجافة مقارنة بالجذور. وفى النباتات المثمرة، لم تؤثر الزيادة فى درجة الحرارة على توزيع المادة الجافة بين الأوراق، والسيقان، وأعناق الأوراق، ولكنها أنقصت ما وصل منها إلى الجذور. وأدى نمو الثمار إلى نقص الوزن الجاف فى جميع الأجزاء الخضرية للنبات بشدة، ولكن دون أن يؤثر ذلك فى توزيعها فيما بين الأجزاء. وفى حرارة ٢٥ °م لم يؤثر الإثمار على توزيع المادة الجافة بين الجذور والأجزاء الخضرية للنبات، ولكن فى حرارة ١٨ °م انخفضت نسبة الوزن الجاف للجذور إلى الوزن الجاف للنموات الخضرية بزيادة عدد الثمار بالنبات.

موت الجذور

تنتشر ظاهرة تدهور جذور الخيار وموتها، وخاصة فى المزارع المائية، ويحدث ذلك عندما يكون عقد الثمار غزيرًا، حيث تنافس الثمار الجذور على الغذاء المجهز كما قد

يؤثر الإثمار الغزير المبكر على نمو الجذور من خلال تأثيره السلبى على النمو الخضرى. كذلك يؤدى الرى الغزير الزائد إلى نقص الأكسجين المتاح لتنفس الجذور، مما يؤدى إلى موتها (Blancard وآخرون ١٩٩٤).

مبيدات الـ strobilurins المحفزة للنمو

لمجموعة مبيدات الـ strobilurins (مثل azoxystrobin، و pyraclostrobin) تأثيرات فسيولوجية على محصول الحاصلات الزراعية بسبب تحفيزها لتمثيل الكربون ولنشاط الـ nitrate reductase، وتحمل الشدِّ، ولإحداثها التوازن الهرمونى. وتُكمِل الـ carboxamides فعل الـ strobilurins إذا ما عومل بهما بالتبادل أو معًا. ولقد ظهرت فوائد المعاملة المنفردة بالـ pyraclostrobin أو بالـ boscalid للخيار فى صورة زيادة فى إنتاج الثمار، وفى زيادة نشاط النظام المضاد للأكسدة؛ ومن ثم تقليل التعرض للشدِّ. ويبدو أن زيادة المحصول كان مرده إلى زيادة نشاط الـ nitrate reductase، مع زيادة فى صافى تمثيل ثانى أكسيد الكربون (Amaro وآخرون ٢٠١٨).

تحديات العيوب الفسيولوجية ووسائل التغلب عليها

التنفيل

يُعنى بالتنفيل ظاهرة اصفرار مبايض الأزهار والثمار الصغيرة جدًّا وجفافها وموتها (شكل ٨–٣)، وتلك ظاهرة طبيعية، ولكنها قد تزيد إلى درجة غير مقبولة، وحينئذٍ يتعين تجنب أسباب حدوثها. وقد يكون مرد هذه الظاهرة إلى وجود إصابات مرضية وخاصة الفيروسية، أو الانحراف الشديد فى درجة الحرارة بالزيادة أو بالانخفاض، أو إلى أن التسميد غير متوازن أو أن الرى غير منتظم، أو إلى زيادة الأملاح فى التربة أو ماء الرى، أو إلى سوء الصرف.

ولمزيد من التفصيل.. فإن بعض ثمار الخيار تفشل فى إكمال نموها،وخاصة فى الأصناف متعددة الثمار عند العقدة الواحدة. يكثر هذا الفشل فى ثمار العقد الوسطية من النبات عند وجود ثمار نامية فى العقد السفلى. وقد تبين أن مبايض أزهار العقد الوسطية إما أن تستمر فى نموها بعد تفتح الزهرة – كما كانت خلال مرحلة تكوين المبيض قبل التفتح – وذلك فى حالة غياب ثمار نامية عند العقد السفلى، وإما أن نمو

حقوق الطبع محفوظة للمؤلف د. أحمد عبد المنعم حسن

المبايض يتوقف لمدة ١٠–١٤ يومًا بعد تفتح الزهرة ثم تسقط الثمرة، وذلك فى حالة وجود ثمار مستمرة فى نموها عند العقد السفلى، وإما أن نمو تلك المبايض يتوقف لمدة ١٠–١٤ يومًا بعد تفتح الزهرة، ثم تعاود نموها، وذلك عندما تُحصد الثمار السفلى خلال فترة توقف نمو المبايض (Hikosaka& Sygiyama ٢٠٠٣). هذا.. ويفيد خف ثمار العقد السفلى خلال مرحلة توقف نمو ثمار العقد الوسطية (أى خلال ١٠ أيام من عقدها) إلى استعادة ثمار العقد الوسطية لنموها (Hikosaka & Sugiyama ٢٠٠٥).

عدم انتظام شكل الثمار

تكون الثمار أحيانًا غير منتظمة الشكل، كأن تكون غير ممتلئة من طرف الساق، أو من وسطها، ويصاحب ذلك تحزز الثمرة وانبعاجها نسبيًّا من الطرف الزهرى (شكل ٨–٣)، وترجع هذه الظاهرة إلى عدم اكتمال التلقيح بصورة جيدة، أو إلى فشل الإخصاب بسبب عدم ملاءمة الظروف البيئية.وتبقى البذور فى الجزء غير الممتلئ من الثمرة صغيرة وأثرية (شكلا ٨–٤، و٨–٥).

شكل (٨–٣): ظاهرتا التنفيل (فشل الثمار فى العقد) والتواء الثمار Fruit Crooking فى الخيار

شكل (٨-٤): تبقى البذور فى الجزء الملتوى، غير الممتلئ من الثمرة صغيرة وأثرية.

شكل (٨-٥): عدم انتظام نمو ثمار الخيار .

وتحدث هذه الظاهرة فى الأصناف غير البكرية عندما تكون الظروف غير مواتية للتلقيح الجيد كأن تكون غير مناسبة لنشاط الحشرات الملقحة، أو لتكوين حبوب اللقاح وتفتح المتوك

يحتاج عقد ثمار الخيار فى الأصناف التى لا تحمل صفة العقد البكرى إلى التلقيح؛ الأمر الذى يتطلب ملقح للقيام بنقل حبوب اللقاح إلى مياسم الزهرة، حتى فى الأزهار الخنثى؛ ذلك لأن حبوب اللقاح لزجة ولا تنقل بالهواء، كما أن المتوك تتفتح نحو الخارج وليس باتجاه ميسم الزهرة. وعندما يحدث التلقيح الحشرى فإن فرصة حدوث التلقيح الذاتى تكون – عادة – أكبر فى الأزهار الخنثى عما فى الأزهار المؤنثة.

وتؤدى عدم كفاية التلقيح فى الخيار إلى تكوين ثمار مشوهة الشكل. وعلى الرغم من أن وصول الأنابيب اللقاحية إلى البويضات لا يستغرق سوى ساعات محدودة، فإن البويضات التى توجد فى الطرف الآخر للمبيض فى الأصناف ذات الثمار الطويلة قد لا تخصب مطلقًا إذا ازدادت سرعة استطالة المبيض (الثمرة) عن سرعة نمو الأنابيب اللقاحية. ويحدث الأمر ذاته إذا لم يصل إلى ميسم الزهرة سوى عدد محدود من حبوب اللقاح، حيث لا تخصب سوى البويضات الأقرب إلى الميسم. وفى كلتا الحالتين يحفز الإخصاب الطرف الزهرى للثمرة على النمو والزيادة فى الحجم بدرجة أكبر عن الأجزاء الأخرى للثمرة التى لا تحتوى على بذور؛ مما يؤدى إلى تكوين ثمار مشوهة.

ويمكن للثمار التى تحمل صفة العقد البكرى أن تعقد بذورًا إذا ما لقحت. وإذا كان مبيض الزهرة طويلاً جدًّا فإن عقد هذه البذور قد يكون منخفضًا بسبب المسافة التى يتعين على الأنابيب اللقاحية نموها لكى تصل إلى البويضات البعيدة؛ الأمر الذى يترتب عليه تكوين ثمار مشوهة الشكل. ولذا.. يجب عند إنتاج الثمار وضع شبك يمنع دخول الحشرات الملقحة فى البيوت المحمية التى تزرع فيها أصناف بكرية العقد.

وعمومًا.. فإن التشوهات تحدث فى ثمار الخيار – عادة – نتيجة لضعف أو غياب التلقيح، بسبب التعرض لشدٍّ بيئى.

وقد يؤدى شد نقص الرطوبة الأرضية أثناء تكوين الثمار إلى أن تصبح عُجرة nub أو منحنية.

ويؤدى ضعف التلقيح أو نقص النيتروجين إلى تكوين ثمار مستدقة عند طرفها الزهرى.

هذا. بينما قد يؤدى نقص البوتاسيوم إلى جعل الثمار مستدقة عند العنق.

كذلك فإن أى عامل يحد من قوة نمو النباتات قد يؤدى إلى تكوين ثمار مشوهة.

التواء الثمار

يعتبر التواء الثمار Crooking من العيوب الفسيولوجية الهامة فى الخيار، وتزداد شدة الالتواء بزيادة تظليل النباتات، وبزيادة كثافة الزراعة. ويبلغ التواء الثمرة منتهاه قبل حصادها مباشرة (للاستهلاك الطازج)، ولكنه يقل إذا تركت الثمرة على النبات بعد تلك المرحلة. وقد لوحظ أن الكربلة (أو حجرة المبيض أو حجرة الثمرة) Carpel المواجهة للمحلاق (الذى يكون مواجهًا للثمرة) – والتى تكون فى داخل الجزء الملتوى من الثمرة – تكون أصغر حجمًا من حجرتى المبيض الاخرتين (عن Kanahama ١٩٩٤).

ويبدأ التواء الثمرة – عادة – فى مرحلة مبكرة من نموها، وهى بطول ١,٥ سم.

ومن أهم العوامل التى يمكن أن تؤدى إلى التواء وتشوه ثمرة الخيار، ما يلى:

١- سوء التلقيح، كما فى ظاهرة تشوه الثمار.

٢- وجود موانع تعوق النمو الطبيعى للثمرة.

٣- تغذية بعض الحشرات الثاقبة الماصة كالتربس على أحد جوانب الثمرة (وهى صغيرة).

حقوق الطبع محفوظة للمؤلف د/ احمد عبدالمنعم حسن

بهتان لون الثمار عند منتصفها

يبقى لون ثمرة الخيار مكان الجزء الملامس للأرض باهتًا ولا يتحول إلى اللون الأخضر القاتم مثل بقية الثمرة (Light Belly Color)، ويحدث ذلك عندما ترقد الثمار على تربة باردة رطبة، وعندما يكون النمو الخضرى غزيرًا.

الطبقة الشمعية السطحية السميكة

يعتبر تكوين طبقة شمعية سميكة على سطح الثمار (Heavy Bloom) صفة غير مرغوب فيها فى بعض أصناف الخيار، وترجع هذه الطبقة إلى الشعيرات السطحية، ويمكن الحد من سمكها بتطعيم الخيار على أصناف خاصة من الكوسة تعرف باسم "الأصول التى لا تنتج شموعًا" Bloomless Rootstocks. هذا.. علمًا بأن المكوّن الرئيسى للشعيرات السطحية Trichomes هو السيليكون، وأن محتوى النباتات من السيلكيون ينخفض عند تطعيمها على أصول لا تنتج شموعًا؛ مما يدل على وجود علاقة بين امتصاص السيليكون وتكوين الطبقة الشمعية. وإلى جانب تأثير هذه الأصول على امتصاص السيليكون فإنها تؤدى – كذلك – إلى خفض معدل البناء الضوئى، ونسبة الغذاء المجهز التى تصل إلى الثمار فى النباتات المطعمة عليها.

ومن العوامل البيئية التى تؤدى إلى زيادة سمك الطبقة الشمعية بالثمار زيادة الرطوبة النسبية وارتفاع درجة الحرارة. ويؤدى توفر الرطوبة الأرضية بانتظام إلى تقليل سمك الطبقة الشمعية (Kanahama ١٩٩٤).

الثمار المركبة

تبدو بعض الثمار كما لو كانت مركبة من ثمرتين ملتصقتين (شكل ٨–٦)، وهى فعلاً تتكون من نمو مبيضين ملتحمين معًا. وتنشأ تلك الحالة إما بسبب التحام مبيضين لزهرتين متجاورتين، وأما بسبب التحام توأمين من مبيض الزهرة تكونا خلال عمليات الانقسام الخلوى الأولى لتكوين المبيض، وبقيا ملتحمين. وتعرف ظاهرة التحام الأعضاء النباتية المتشابهة معًا باسم "Fasciation".

حقوق الطبعة محفوظة للمؤلف أ.د. أحمد عبد المنعم حسن

شكل (٨-٦): الثمار المركبة فى الخيار (ظاهرة الـ **Fasciation**).

حقوق الطبع محفوظة للمؤلف د. أحمد عبد المنعم حسن

اللب الإسفنجى Pillowy

اقترح Staub وآخرون (١٩٨٨) إطلاق اسم Pillowy (من وسادة Pillow) على عيب فسيولوجى يظهر بثمار الخيار عند تعرض النباتات لنقص الكالسيوم. يتميز هذا العيب بظهور مناطق شبيهة بالاستيروفوم Styrofoam-Like فى جدار الثمرة الوسَطى Mesocarp (اللب)، تكون بيضاء معتمة مسامية القوام Porous-Textured، وتبدو خلاياها البرانشيمية – بالفحص الميكروسكوبى – أكبر حجمًا، بينما تكون المسافات البينية (بين الخلايا) أقل، أو معدومة.

وتبين دراسات Frost & Kretchman (١٩٨٩) أن نقص الكالسيوم يصاحبه كذلك ظهور مناطق متحللة مائية المظهر فى كل من بشرة الثمرة epidermis وجدرها pericarp عند طرفها الزهرى. كما تظهر فى بعض الثمار – التى تعانى نقص الكالسيوم

– جيوب هوائية أسطوانية الشكل بين مساكن الثمرة بالقرب من طرف الثمرة المتصل بالعنق، ويرجع ذلك إلى اختلال فى النمو الطبيعى للثمرة.

وبينما لا يكون هذا العيب الفسيولوجى ملحوظًا فى الثمار التى تستهلك طازجة، فإن هذه المناطق تأخذ لونًا ضاربًا إلى الرمادى بعد تخليل الثمار؛لذا.. فإنه يعد خطيرًا فى أصناف التخليل؛ لأنه يجعل الثمار المخللة غير صالحة للاستهلاك.

وبينما تتبلزم الخلايا البرانشيمية للثمار غير الإسفنجية إذا وضعت فى محلول ذى ضغط إسموزى عال، فإن خلايا الثمار الإسفنجية لا تتبلزم؛ مما يدل على أن أغشيتها الخلوية لا تعمل بصورة طبيعية. كذلك يبدو بعض النسيج الوعائى للثمار الإسفنجية منهارًا ومتحللاً.

وعندما تم توفير الكالسيوم فى المحاليل المغذية بتركيز ٢٠٠ مجم/لتر، مع رطوبة نسبية عالية (٨٩٪ ± ٨٪)، ظهرت حالة الثمار الإسفنجية بنسبة ٦٢٪، مقارنة بنسبة ٤٢٪ فى نباتات الكنترول التى وفر لها الكالسيوم بتركيز مماثل، ولكن مع تعريضها للرطوبة العادية فى الصوبة، والتى بلغت ٧٤٪ ± ٧٪. وقد كان محتوى الكالسيوم فى الجدار الثمرى الخارجى exocarp (القشرة peel) والوَسَطى mesocarp فى الثمار غير الإسفنجية أعلى جوهريًّا مما كان عليه الحال فى الثمار الإسفنجية؛ حيث بلغت نسبة الكالسيوم فى نوعى الثمار – على التوالى – ٠,٥٩٪ مقابل ٠,٤٩٪ فى الجدار الخارجى، و٠,٣٧٪ مقابل ٠,٢٤٪ فى الجدار الثمرى الوَسَطى. وقد احتوت الأجزاء غير الإسفنجية من الثمار الإسفنجية على الكالسيوم بنسبة ٠,٢٥٪ وازدادت نسبة النسيج الإسفنجى خطيًّا مع نقص مستوى الكالسيوم فى كل من القشرة والنسيجين الإسفنجى وغير الإسفنجى.

وقد وجد Thomas & Staub (١٩٩٢) أن تعريض النباتات لنقص فى الرطوبة الأرضية خلال مرحلة الإثمار أدت إلى زيادة نسبة الثمار الإسفنجية بمقدار ١١٠٪ إلى ١٥٠٪، وشدة الإصابة – بكل ثمرة – بمقدار ٥٩٪ إلى ٨١٪ مقارنة مما حدث فى

النباتات التى لم تتعرض لهذا النقص فى الرطوبة الأرضية، وكان ذلك مصاحبًا بزيادة فى المتوسط اليومى لمقاومة الثغور بمقدار ٥٨٪ إلى ٣٨٤٪، وبنقص فى معدل البناء الضوئى قدره ١١٪ إلى ٤٩٪. هذا بينما لم تلاحظ فروق بين معاملات الشدِّ الرطوبى من حيث تأثيرها على ظهور العيب الفسيولوجى بعد التخزين. وبالمقارنة.. كان متوسط الإصابة بالثمار الإسفنجية فى الثمار التى خزنت على ٢٦,٥°م مع رطوبة نسبية ٦٠٪ أو ٧٥٪.. كان أعلى جوهريًّا عما كان عليه الحال فى الثمار التى خزنت على ١٠,٥ أو ١٥,٥°م مع رطوبة نسبية ٨٥٪؛ مما يدل على أن التغيرات الفسيولوجية يمكن أن تستمر فى نسيج الجدار الثمرى الوسطى بعد الحصاد وأثناء التخزين. وقد كان النسيج الإسفنجى فى الثمار "المخللة" أطرى جوهريًّا بمقدار ٣٣٪ إلى ٣٩٪ مقارنة بالنسيج غير الإسفنجى. هذا علمًا بأن Walters وآخرين كانوا قد وجدوا سنة ١٩٩٠ (عن Navazio & Staub ١٩٩٤) أن ثمار خيار التخليل التى خزنت فى ٦٢٪ رطوبة نسبية فقدت نسبة أكبر من وزنها، وأظهرت نقصًا أكبر فى جهدها الأسموزى، وزيادة أكبر فى التسرب الأيونى من الأغشية الخلوية مقارنة بالثمار التى خزنت فى ٩٣٪ رطوبة نسبية، وكان ذلك كله مصاحبًا بزيادة فى شدة الإصابة بالثمار الإسفنجية بعد التخزين فى الرطوبة النسبية المنخفضة، مقارنة بالتخزين فى الرطوبة العالية.

وقد أكدت دراسات Staub & Navazio (١٩٩٣) أن كلًا من الحرارة العالية والرطوبة النسبية العالية قبل الحصاد تؤديان إلى ظهور الثمار الإسفنجية، وأن الأصناف تتباين فى مدى استجابتها لهذين العاملين. وفى دراسة لاحقة (Navazio & Staub ١٩٩٤) وُجِدَ أن زيادة الشدِّ الرطوبى أدت إلى زيادة مظاهر الذبول، وتوصيل الثغور، ونقص الوزن الجاف للنبات، مع زيادة كبيرة فى شدة ظاهرة الثمار الإسفنجية، مقارنة بمعاملة الرى العادى. وازدادت حالات الثمار الإسفنجية بعد الحصاد عندما لم تبرد الثمار أوليًّا بالماء المثلج، وعند ارتفاع درجة الحرارة أو انخفاض الرطوبة النسبية.

فسيولوجيا الطعم والنكهة

النكهة الطبيعية

أمكن التعرف على عديد من المواد القابلة للتطاير فى ثمار الخيار منها ما يلى:

Acetone	Hex-2-enal
Acetaldeyde	Nonanal
Propanal	Non-2-enal
Hexanal	Nona-2,6-dienal

وترجع النكهة المميزة المحبوبة للخيار بدرجة كبيرة إلى مركب nona-3-trans,6-cis-dienal، وبدرجة أقل إلى مركب hex-2-enal. أما مركب Non-2-enal، فهو المسئول عن الطعم القابض غير المرغوب فيه الذى يظهر أحيانًا فى ثمار بعض سلالات الخيار (عن Stevens ١٩٧٠).

وقد أُرجع المذاق المميز للخيار إلى مركبين، هما: 2,6-nonadienal، و 2,6-nonadienol. ويعتقد أن النكهة المحبوبة للخيار مردها أساسًا إلى المركب 2,6-nonadienal بمساعدة من المركب 2-hexenal. أما المذاق القابض فمرده إلى المركب 2-noenal.

ومن بين المركبات القابلة للتطاير التى وجدت فى الخيار كلاً من:

Inonanol
Trans-2-nonen-1-ol
Cis-3-nonen-1-ol
Cis-6-nonen-1-ol
Trans, cis-2-6-nonadien-1-ol
Cis, cis-3,6-nonadien-1-ol
Cis-6-nonenal
C_{10}-C_{15} saturated straight-chain aldehyde
3-alkyl-2-methoxypyrazine

(عن Musmade & Desai ١٩٩٨).

حقوق الطبع محفوظة للمؤلف: أحمد عبد المنعم حسن

وذُكر أن المركب الرئيسى المسئول عن النكهة المميزة فى ثمار الخيار هو: -(E,Z)-2,6-nonadienal، وهو يتواجد بتركيزات أعلى فى كل من الجدارين الثمريين الوسطى mesocarp والداخلى endocarp عما فى الجدار الثمرى الخارجى exocarp (Buescher & Buescher ٢٠٠١).

المرارة

تكون النموات الخضرية للخيار – عادة – مرة الطعم، بينما تخلو الثمار من المرارة، ولكن اكتشف جين يجعل النموات الخضرية خالية من المرارة، وأعطى له الرمز bi. يمنع هذا الجين كذلك الثمار من أن تكون مرة أيًّا كان الشدِّ البيئى الذى تتعرض له النباتات. وقد اكتشف جينًا آخر – أُعطى الرمز bi-2 – يتفاعل مع الجين الأول، ويجعل النمو الخضرى لنباتات الخيار وثمارها خالية من المرارة.

وترجع صفة المرارة – أساسًا – إلى مركب كيكوربتسين جـ Cucucurbitacin C، الذى وجد أن تمثيله يزداد فى نباتات الخيار الصغيرة القوية النمو عما فى النباتات الأكبر سنًّا والأقل نموًّا (Kano وآخرون ١٩٩٧).

أصول الخيار وتأثيراتها الفسيولوجية

تُستخدم عادة الكوسة، واليقطين، والجورد الشمعى، والجركن، والخيار النجمى star cucumber كأصول للخيار.

ويتميز اليقطين بمقاومته العالية جدًّا للذبول الفيوزارى، وبتحمله الجيد لظروف الحرارة المنخفضة، وبقدرته العالية على امتصاص الماء والعناصر من التربة أو من المزارع المائية حتى تحت ظروف انخفاض الحرارة.

أما هُجن الكوسة النوعية مثل شنتوزا Shintozwa فهى أكثر تحملاً للحرارة العالية، ويشيع استخدامها كأصل فى ظروف فصل الصيف.

حقوق الطبعة محفوظة للمؤلف. أحمد عبد المنعم حسن

ويمكن استخدام الأصول الجذرية لغرض تغيير صفات جودة الثمار. فالخيار المطعوم على بعض طُرز الكوسة (طرز الـ butternut) ينتج ثمارًا بجلد لامع خال من الطبقة الشمعية، مقارنة بثمار النباتات غير المطعومة، أو تلك المطعومة على أصول من اليقطين.

وقد استُخدمت أصول الـ bur cucumber (وهو *Sicyos angulatus*) للتغلب على المشاكل التي تنشأ عن التطعيم على أصول أقوى نموًّا عنها، مثل شنتوزا. كذلك يُعطى أصل الـ bur cucumber بعض المقاومة للذبول الفيوزارى. هذا .. إلاّ إنه لم يشع استخدامه كثيرًا كأصل للخيار بسبب انخفاض الزيادة فى محصول النباتات المطعومة عليه مقارنة بمحصول تلك المطعومة على أصول أخرى؛ فضلاً عن بطء وضعف إنبات بذور الـ bur cucumber؛ مما يترتب عليه عدم تجانس نمو النباتات وقت صلاحياتها لإجراء التطعيم؛ ومن ثم يجعل التطعيم صعبًا وأقل كفاءة.

وعادة ما تبقى السويقة الجنينية السفلى لبادرات اليقطين (وهو الأصل الأكثر استخدامًا فى تطعيم الخيار) قصيرة – خاصة فى ظروف الإضاءة القوية والحرارة المنخفضة– وذلك أمر يزيد من صعوبة إجراء عملية التطعيم. ويمكن تلافى ذلك بنقع بذور اليقطين قبل زراعتها فى محلول من الجبريللين، حيث يزيد ذلك من طول السويقة الجنينية السفلى، لكن يجب التقليل من المعاملة لأنها تقلل كذلك – من النمو الجذرى.

ومن الأصناف المستخدمة من مختلف الأصول الجذرية للخيار، ما يلى (عن Lee & Ode ٢٠٠٣).

الأصل	الأصناف
• اليقطين figleaf gourd (أو *Cucurbit ficifolia*)	Heukjong, Black-Seeded Figleaf gourd
• الكوسة Squash (أو *Cucurbita moschata*)	Butternut, Unyong # 1, Super Unyong
• هجن الكوسة النوعية (*Cucurbita maxima* × *Cucurbita moschata*)	Shintozwa, Keumtozwa, Ferro RZ, 64-05 RZ, Gangryuk, Shinwha, Ghulgap Andong
• الجركن African horned cucumber (أو *Cucumis metuliferus*)	NHRI-1

حقوق الطبع محفوظة للمؤلف د. أحمد عبد المنعم حسن

يتميز الخيار المطعوم على اليقطين بنموه الجيد فى ظروف الزراعات المحمية، بينما لا يكون توافقهما (توافق الطعم مع الأصل) تامًّا تحت ظروف الحقل.

ويُعيب تطعيم الخيار حدوث انخفاض فى صفات جودة الثمار، مثل صفات الطعم والشكل، حيث تكون الثمار أقصر قليلاً، كما تقل صلابتها، وتنخفض فترة صلاحيتها للتخزين. ويمكن التغلب على تلك المشاكل بالاختيار المناسب للأصل.

ويبين جدول (٨–٥) تأثير بعض أصول الخيار على جودة الثمار (عن Lee & Oda ٢٠٠٣).

جدول (٨–٥): تأثير الأصل على جودة ثمار الخيار.

الأصل	المواد الصلبة الذائبة (%)	تركيز السكر (مجم/لتر)		
		الفراكتوز	الجلوكوز	المجموع
بدون تطعيم	٤,١٧ أ	٠,٩٠ أ	١,٥٥ أ	٢,٤٥ أ
Sicyos angulatus	٤,١٦ أ	٠,٨٠ ب	١,٤٩ أ	٢,٣٠ ب
اليقطين *Cucurbita ficifolia*	٣,٦٦ ب	٠,٦٥ ج	١,٣٣ ب	١,٩٨ ج

جوهرية الاختلافات عند احتمال ٥٪ باختبار دنكن.

وقد دُرس تأثير ثلاثة أصول من اليقطين *Lagenaria siceraria* على المركبات المتطايرة بثمار الخيار وتبين أن للأصل المستخدم تأثير جوهرى على المركبات المتطايرة الرئيسية فى قشرة الثمرة. وكان أقرب نسب لمكونات المركبات المتطايرة الرئيسية فى كل من قشرة ولب الثمرة مع النسب الطبيعية عندما كان التطعيم على سلالة اليقطين 41-33 (Guler وآخرون ٢٠١٣).

تحديات الأمراض والآفات ووسائل التغلب عليها

سقوط البادرات

يفيد الجمع بين معاملة البذور بالمستخلص الإيثانولى للبكتيريا *Serratia marcescens* ومعاملة التربة بالتريكودرما *Trichoderma virens* فى مكافحة الفطر *Pythium ultimum*

حقوق الطبع محفوظة للمؤلف د. أحمد عبد المنعم حسن

مسبب مرض سقوط البادرات. تؤدى تلك المعاملة المزدوجة إلى مكافحة المرض وإحداث زيادة جوهرية فى نسبة إنبات البذور، أى خفض الإصابة بالذبول الطرى السابق للإنبات، وكذلك التالى للإنبات.

استُخدم فى تلك الدراسة المستخلص الإيثانولى للسلالة البكتيرية N4-5 فى معاملة البذور، ومعلق السلالة GL 21 من التريكودرما فى معاملة التربة، وكانت تلك المعاملة المزدوجة أفضل فى مكافحة المرض فى كل من التربة الرملية الطميية، والرملية، والطميية عن أى من المعاملتين منفردة (Roberts وآخرون ٢٠١٧).

البياض الدقيقى

يُفيد زيت عباد الشمس المعامل بالأوزون ozonized – والذى يُعرف باسم أُوليوزون oleozon – فى مكافحة البياض الدقيقى فى الخيار. ولقد وُجد أن المعاملة بالأُوليوزون بتركيز ٢٪ يثبط بشدة من إنبات الجراثيم الكونيدية ونمو الهيفات وتكوين حوامل الجراثيم الكونيدية conidiophores للفطر *Podosphaera xanthii* دون إحداثه لأى تسمم لنباتات الخيار. وتبين أن هذا المركب له تأثيرات واقية من الإصابة بالإضافة إلى تأثيره المعالج منها (Ma وآخرون ٢٠١٧).

البياض الزغبى

لا يمكن مجرد الاعتماد على المقاومة الوراثية لتحقيق مكافحة كافية للفطر *Pseudoperonospora cubensis* مسبب مرض البياض الزغبى فى الخيار؛ بل يتعين اللجوء إلى المكافحة بالمبيدات كذلك، ولكن بجرعات تختلف حسب مستوى المقاومة المتوفرة فى الأصناف المزروعة. ففى السلالة عالية المقاومة PI 197088 يكفى للمكافحة استعمال أقل المبيدات الفطرية كفاءة لإعطاء محصول عالٍ، بينما يلزم مع الأصناف المتوسطة المقاومة استعمال مبيدات أكثر كفاءة لإنتاج نفس المستوى من المحصول. أما الأصناف القابلة للإصابة فإنها لا تُنتج محصول عالٍ حتى مع استعمال أكثر المبيدات كفاءة فى مكافحة المرض (Call وآخرين ٢٠١٣).

حقوق الطبع محفوظة للمؤلف/ احمد عبدالمنعم حسن

هذا.. ويمكن الحد بشدة من التأثيرات السلبية للفطر *P. cubensis* مسبب مرض البياض الزغبى بالمعاملة بفوسفيت البوتاسيوم potassium phosphite، وذلك بتحفيزها للاستجابات الدفاعية قبل حدوث الإصابة (Ramezani وآخرون ٢٠١٧). ويمكن القول أن معاملة فوسفيت البوتاسيوم تحفز زيادة تعبير جينات الدفاع النباتى، وزيادة نشاط الـ laccase والـ polyphenoloxidase، وهى التى – بدورها – تحفز ترسيب اللجنين فى الأنسجة النباتية (Ramezani وآخرون ٢٠١٨).

ولقد أفادت معاملة الخيار بالسلالة TRS25 من الميكوريزا *Trichoderma atroviride* فى مكافحة البياض الزغبى، سواء أكانت المعاملة عن طريق البذور (seed coating)، أم عن طريق التربة فى حامل عضوى. هذا.. إلاّ أن المعاملة عن طريق التربة أضرت بإنتاجية الخيار بسبب التأثير النباتى السام للحامل العضوى، بعكس معاملة البذور التى حسَّنت من إنبات البذور، والنمو الخضرى. ولقد استحثت المعاملتان دفاع جهازى فى النباتات، كما استعمرت الميكوريزا المحيط الجذرى (Szczech وآخرون ٢٠١٧).

ومن بين ١٦٣ عزلة بكتيرية حُصل عليها من زراعات خيار مختلفة أمكن تعريف ثلاث عزلات – هى DP14 من .sp *Entrobacter*، و HS10 من *Bacillus licheniformis*، وDS22 من *B. pumilus*، ووجد أنها كانت بكتيريا محيط جذرى محفزة للنمو، وفعالة فى مكافحة البياض الزغبى تحت ظروف الحقل، وخاصة عندما كانت المعاملة بأى منها رشًّا على المجموع الخضرى مع سقيًا للتربة، حيث استعمرت جميعها أوراق الخيار ومحيطه الجذرى، وتراوحت كفاءتها فى مكافحة البياض الزغبى – نسبة إلى كفاءة استعمال المبيد propamocarb من ١٠٦,٢٥٪ إلى ١١٧,١٧٪، مقارنة بكفاءة ٧٠,٩٨٪ – ٨٤,٣٪ عندما استعملت رشًّا فقط. وقد تسببت المعاملة المزدوجة فى زيادة محصول الثمار بنسبة ٣٧,٦٠٪ – ٥١,٠٣٪ كما رفعت مستويات العناصر بالثمار (Zheng وآخرون ٢٠١٨).

عفن الثمار الفيتوفثورى

يمكن للفطر *Phytophthora capsici* – مسبب مرض عفن الثمار الفيتوفثورى فى الخيار – إصابة ثمار الخيار فى مدى واسع من درجات الحرارة والرطوبة النسبية، وتزيد الجروح من شدة الإصابة بالمرض (Granke & Hausbeck ٢٠١٠).

تنخفض إصابة ثمار الخيار بالفطر *P. capsici* – مسبب مرض عفن الثمار – بتقليل أو منع تلامس الثمار مع التربة، كما فى الزراعة الرأسية، وكما فى السلالات أو الأصناف ذات النمو الخضرى المندمج compact التى تميل إلى حمل ثمارها بعيدًا عن التربة (كما فى PI 308916)؛ ففى هذه السلالة تقل الإصابة بعفن الثمار – ليس بسبب أى مقاومة وراثية للفطر المرض – ولكن لمجرد أن ثمارها تُحمل على النمو الخضرى المندمج غير ملامسة للتربة (Ando & Grumet ٢٠٠٦).

المكافحة الحيوية لبقع التهديف الورقية

وُجد أن عزلة من الأكتينوميسيت actinomycete (هى: Strain XN-1) عُزِلت من المحيط الورقى phyllosphere للخيار كانت فعَّالة فى مكافحة *Corynespora cassiicola* مسبب مرض بقع التهديف الورقية target leaf spot فى الخيار (Wang & Ma ٢٠١٠).

فيرس ذبول الطماطم المتبقع

يُصاب الخيار بفيرس ذبول الطماطم المتبقع الذى ينتقل بواسطة التربس. يُعد الصنف Marketer متحملاً للمرض، وتقلل الأغطية البلاستيكية الفضية والشفافة للتربة من أعداد التربس (Rapando وآخرون ٢٠٠٩).

نيماتودا تعقد الجذور

أدت زراعة الخيار – مباشرة – بعد حصاد صنف الطماطم Celebrity القاوم لنيماتودا تعقد الجذور – وعلى نفس خطوط الزراعة – إلى إنتاج محصول أعلى عما لو كانت زراعته بعد صنف الطماطم Heatwave القابل للإصابة، علمًا بأن إصابة الخيار بالنيماتودا كانت أشد عندما كانت زراعته بعد صنف الطماطم Heatwave (Hanna ٢٠٠٢).

خنافس الخيار

أحدثت معاملة الخيار ببكتيريا المحيط الجذرى المنشطة للنمو – plant growth promoting rhizobacteria خفضًا جوهريًّا فى أعداد كل من خنفساء الخيار المبقعة

spotted وخنفساء الخيار المخططة striped، كما كان نمو ومحصول نباتات الخيار المعاملة أعلى، وكانت المكافحة أفضل جوهريًّا فى مكافحة الخنافس عن المعاملة الأسبوعية بالمبيد الحشرى esfenvalerate. وتبع مكافحة الخنافس حدوث خفض جوهرى فى إصابة النباتات بالذبول البكتيرى الذى تنقله الخنافس (Zhender وآخرون ١٩٩٧).

تحديات الحصاد والتداول والتخزين ووسائل التغلب عليها

العوامل السابقة للحصاد التى تؤثر فى القدرة التخزينية لثمار الخيار

ترتبط القدرة التخزينية للخيار الإنجليزى ذات الثمار الطويلة — إيجابيًّا — بمدى دكنة اللون الأخضر للثمار عند الحصاد؛ الأمر الذى يزداد بخف الثمار، وبزيادة معدلات التسميد، كما تزيد دكنة اللون الأخضر فى الثمار التى تحصد من العقد العليا للنبات عما فى تلك التى تحصد من العقد السفلى (Lin & Ehret ١٩٩١). والسبب فى ذلك الارتباط أن القدرة التخزينية تتوقف على سرعة فقد الثمار للونها الأخضر، وبفرض أن ذلك الفقد يحدث بمعدل ثابت، فإن مدة التخزين سوف تتوقف — تلقائيًّا- على شدة اللون الأخضر للثمار منذ البداية. ويرجع هذا اللون الأخضر إلى صبغة الكلوروفيل التى يزداد تكوّنها بزيادة التعرض للضوء — كما فى أعلى النباتات — وبزيادة شدة الإضاءة. وتفيد نظم تربية الخيار رأسيًّا التى تسمح بمرور الضوء خلال النموات الخضرية فى جعل الثمار أكثر اخضرارًا وأفضل قدرة على التخزين (Klieber وآخرون ١٩٩٣). وقد وجد أن استعمال لمبات الصوديوم ذات الضغط العالى فى زيادة قوة الإضاءة أدى إلى زيادة القدرة التخزينية للثمار (Lin & Jolliffe ١٩٩٥).

ومن المعلوم أن الأوراق التى لا تتعرض لضوء كاف تكون شاحبة اللون ويقل محتواها من الكلوروفيل، كذلك يقل محتوى الأوراق من الكلوروفيل بانخفاض نسبة الضوء الأحمر إلى الأشعة تحت الحمراء، علمًا بأن الضوء الأحمر يرتبط ببطء تحلل الكلوروفيل خلال فترة الشيخوخة.

وعند إنتاج الخيار الإنجليزى (ذات الثمار الطويلة جدًّا) فى الصوبات نجد أن النبات يستمر فى الإنتاج لفترة قد تصل إلى ١٠ شهور أو ١١ شهرًا، وهى فترة طويلة جدًّا تتعرض خلالها النباتات لتغيرات كبيرة فى الفترة الضوئية وشدة الإضاءة. كما أن كثافة النمو الخضرى تختلف باختلاف طريقة تربية المحصول وباختلاف عمر النبات؛ وهى أمور تؤثر بكل تأكيد على شدة الضوء التى تصل إلى الثمار. ونجد فى بداية عمر النبات أنه يربى على ساق واحدة، ثم بعد وصوله إلى السلك العلوى فإنه يقلم قميًّا ويربى على ٤-٦ فروع؛ الأمر الذى يترتب عليه شدة تزاحم النمو الخضرى، وانخفاض شدة الإضاءة فى وسط النموات الخضرية وانخفاض نسبة الأشعة الحمراء إلى الأشعة تحت الحمراء.

وفى زراعات الخيار المحمية أدى نظام التربية الذى سمح بتخلل أكبر للضوء خلال النموات الخضرية بزيادة اخضرار الثمار وزيادة فترة صلاحيتها للتخزين (Klieber وآخرون ١٩٩٣).

وقد وجد Lin & Jolliffe (١٩٩٦) علاقة طردية بين شدة الإضاءة التى تتعرض لها الثمار وبين قدرتها على التخزين، حيث كان متوسط القدرة التخزينية يومًا واحدًا، وخمسة، وثمانية أيام فى الثمار التى تعرضت لـ ٣١٪، و٦٦٪، و١٠٠٪ من الضوء الطبيعى، على التوالى. كما كانت الثمار التى غطيت بفلتر منفذ للأشعة الحمراء أكثر اخضرارًا من تلك التى غطيت بمرشح منفذ للأشعة تحت الحمراء، وتأكد ذلك باستعمال مصادر متنوعة للإضاءة الصناعية تختلف فى نسبة ما يصدر عنها من أشعة حمراء إلى أشعة تحت حمراء. وفى جميع الحالات كان هناك ارتباط إيجابى بين شدة اللون الأخضر فى الثمار وفترة صلاحيتها للتخزين.

كذلك وجد أن القدرة التخزينية لثمار الخيار تنخفض بزيادة عمر الثمار عند الحصاد.

حقوق الطبع محفوظة للمؤلف د. أحمد عبدالمنعم حسن

واقترح بعض الباحثين أن العوامل التى تحفز النمو القوى للثمار يترتب عليها زيادة قدرتها التخزينية. وظهر أن سرعة استطالة الثمار قبل الحصاد ترتبط بزيادة قدرتها التخزينية (Jolliffe & Lin ١٩٩٧).

كما يلعب محتوى ثمار الخيار من الفوسفور دورًا بالغ الأهمية فى قدرة الثمار على الاحتفاظ بجودتها بعد الحصاد وعلى مختلف صفاتها آنذاك. ففى دراسة أُنتِجت فيها ثمار الخيار (الإنجليزى الطويل عديم البذور) فى ظروف انخفاض فى مستوى التسميد الفوسفاتى كان محتوى الثمار من العنصر حوالى ٤٥٪ من محتوى الثمار التى أنتجت فى ظل وفرة العنصر، وقد صاحب انخفاض محتوى الثمار من العنصر انحفاضًا فى محتوى الجدار الثمرى الوسطى mesocarp من الفوسفوليبيدات phospholipids، وانخفاضًا مماثلاً فى درجة تشبع الأحماض الدهنية، ومعدلاً أعلى للتسرب الأيونى عما فى الثمار الغنية بالعنصر. كذلك كان معدل التنفس فى الثمار الفقيرة فى العنصر أعلى بمقدار ٢١٪ عما فى الثمار الغنية به على مدى ١٦ يومًا بعد الحصاد على ٢٣°م. وبالإضافة إلى ما تقدم بيانه، فإن الثمار الفقيرة فى الفوسفور ظهر فيها كلاميكتريك تنفسى بدأ بعد نحو ٤٠ ساعة من الحصاد ووصل إلى أقصاه بعد ٧٢ ساعة من الحصاد، ثم انخفض إلى معدله السابق للكلايمكتيرك بعد ٩٠ ساعة من الحصاد. وقد كان الفرق فى معدل التنفس بين الثمار الفقيرة فى العنصر والغنية فيه ٥٧٪ أثناء الكلايمكتيرك. هذا مع العلم بأن الكلايمكتيرك — الذى ظهر فقط فى الثمار الفقيرة فى الفوسفور — لم يكن مصاحبًا بزيادة فى إنتاج الثمار للإثيلين أو بالنضج. ويعنى ذلك أن التغذية بالفوسفور يمكن أن تؤثر على فسيولوجيا بعد الحصاد فى ثمار الخيار بتأثيرها على كيمياء الدهون بالأغشية الخلوية، وسلامة الأغشية، وأيض التنفس (Knowles وآخرون ٢٠٠١).

كذلك وجد أن قدرة ثمار التخليل على التخزين ونوعية الثمار بعد تخليلها تتحسن كثيرًا برش النباتات — قبل الحصاد — بكل من البوتاسيوم بتركيز ١٠٠ جزء فى المليون مع الكالسيوم بتركيز ٥٠٠٠ جزء فى المليون (Bakr & Gawish ١٩٩٣).

حقوق الطبع محفوظة للمؤلف: أحمد عبد المنعم حسن

هذا.. ويفيد توفير الرطوبة الأرضية للنباتات قبل الحصاد، وتبريد الثمار أوليًّا بالماء البارد على حرارة ٨,٥ °م، وتخزينها فى حرارة ١٥ °م، ورطوبة نسبية عالية (حوالى ٨٥٪).. يفيد ذلك كله فى الحد من ظهور الثمار الإسفنجية فى خيار التخليل بعد الحصاد (Navazio & Staub ١٩٩٤).

ويؤدى إنتاج الخيار فى حرارة مرتفعة نهارًا إلى زيادة تحمل الثمار لأضرار البرودة بعد الحصاد. فعندما كانت الحرارة نهارًا ٣٢ ± ١ °م احتفظت الثمار بجودتها (حتى فقدها لنحو ٧٪ من وزنها الطازج) لمدة ١٦ يومًا على ١٠ °م، ولم تظهر عليها أضرار البرودة، بينما ظهرت أضرار البرودة (ظهور مناطق شفانية مائية المظهر فى الجدار الثمرى الوسطى) على تلك التى كانت نباتاتها نامية فى ٢٧ ± ١ °م، وذلك بعد ١٢ يومًا من التخزين على ١٠ °م. كذلك كان التسرب الأيونى من أقراص من الجدار الثمرى الوسطى بفعل التعرض للحرارة المنخفضة أقل فى الثمار التى أُنتجت فى الحرارة العالية مما كان عليه الحال فى تلك التى أُنتجت فى الحرارة المنخفضة. وأثناء التخزين على ١٠ °م كانت صلابة الثمار ومحتواها من فيتامين أ ونشاط الإنزيمين: سوبر أوكسيد دسميوتيز superoxide dismutase، وكاتاليز catalase أعلى فى الثمار التى أُنتجت فى الحرارة العالية عما كان عليه الحال فى الثمار التى أُنتجت فى الحرارة المنخفضة. وربما أسهم تحفيز النشاط الإنزيمى المضاد للأكسدة فى الثمار المنتجة فى الحرارة العالية فى زيادة تحملها لأضرار البرودة (Kang وآخرون ٢٠٠٢).

هذا.. وإذا تركت ثمار الخيار دون قطف إلى ما بعد مرحلة اكتمال التكوين، فإنها تفقد جزءًا من دكنة لونَها الأخضر. وفى الأصناف القديمة ذات الأشواك السوداء فإن الثمار تبدأ – بعد ذلك – فى التحول إلى اللون الأصفر. أما الأصناف الحديثة نسبيًّا التى يوجد بها أشواك بيضاء، فإنها قد تفقد جزءًا من شدة لونها الأخضر بعد اكتمال تكوينها، ولكنها لا تتحول إلى الأصفر.

عمليات التداول

التدريج

يُدرّج الخيار الذى يؤكل طازجًا على أساس الحجم والشكل والمظهر العام. أما خيار التخليل.. فيدرج على أساس الحجم، مع أخذ الشكل والمظهر العام فى الاعتبار أيضًا.

التشميع والمعاملة بالمطهرات الفطرية

يشمع الخيار الذى يؤكل طازجًا عادة بعد التدريج والغسيل أو التنظيف بالفرش، إذ يعمل التشميع على تأخير انكماش الثمار، وتحسين مظهرها، ويساعد على عدم فقدها لصلابتها أثناء الشحن والتسويق وتستعمل أنواع مختلفة من الشموع والزيوت المعتمدة لهذا الغرض.

ويمكن إطالة مدة حفظ الثمار فى حرارة ٧°م بتغليفها بأغشية خاصة (film wrapping)، أو بتشميعها، أو بمعاملتها بمطهر فطرى. ومع أن التشميع كان أكثر فاعلية من التغليف فى حفظ الثمار، إلا أن الثمار المعاملة حدثت بها نسبة عالية من العفن فى خلال ثلاثة أيام من النقل إلى حرارة ٢١°م، سواء أكان ذلك بعد ١٤ يومًا أم بعد ٢١ يومًا من التخزين فى ٧°م، كذلك ازدادت نسبة العفن فى الثمار المغلفة عما فى غير المغلفة، ولكن ذلك لم يحدث إلا بعد ٢١ يومًا من التخزين فى ٧°م. وقد أدى غمس الثمار فى محلول من المطهر الفطرى إمازاليل imazalil إلى نقص الإصابة بالعفن، حتى ولو كان التخزين لمدة ٢١ يومًا. وقد وجد أن التشميع يؤدى إلى زيادة التنفس اللاهوائى، وظهور مركبات متطايرة تدل عليه، مثل: الاسيتالدهيد، والإيثانول، والميثانول (Risse وآخرون ١٩٨٧).

وأوضحت دراسات Purvis (١٩٩٤) أن الفقد الرطوبى من ثمار الخيار ينخفض عند تشميعها، وأن فاعلية الشموع فى خفض الفقد الرطوبى تزداد بزيادة تركيزها. كذلك أدى التشميع إلى زيادة تحمل الثمار لأضرار البرودة عند تخزينها فى حرارة ٥°م، إلا أن الحرارة المنخفضة (٥°م مقارنة بحرارة ١٥°م) ساعدت على تكوين شقوق فى طبقة الشمع أدت إلى زيادة فقد الرطوبة من الثمار.

حقوق الطبع محفوظة للمؤلف: أحمد عبدالمنعم حسن

التبريد الأولى

لا تجرى عملية التبريد الأوّلى عادة على محصول الخيار المعد للاستهلاك السريع الطازج، ولكنه يُبرد إلى الدرجة المطلوبة فى الحاويات أو فى المخازن المبردة، ويستثنى من ذلك المحصول الذى يُحصد فى وسط النهار أثناء ارتفاع درجة الحرارة، حيث يوصى بتبريده أوليًّا بطريقة الغمر فى الماء البارد (Salunkhe & Desai ١٩٨٤).

ويمكن تبريد الخيار أوليًّا بطريقة الدفع الجبرى للهواء، أو باستعمال ماء مثلج تقل حرارته عن حرارة التخزين الموصى بها للخيار وهى ١٠°م، ولكن لا يجوز أن تنخفض حرارة الماء عن ٦°م، أو تبريد الخيار أوليًّا إلى تلك الدرجة، أو تعريض الثمار لحرارة تقل عن ١٠°م لأكثر من ست ساعات، حتى لا تصاب الثمار بأضرار البرودة (DeEll وآخرون ٢٠٠٠).

فسيولوجيا الخيار بعد الحصاد

تُصنف ثمار الخيار على أنها غير كلايمكترية، إلا إنه تحدث زيادة فى إنتاج الإثيلين تسبق فقد الثمار المكتملة التكوين للكلوروفيل.

تنتج ثمار الخيار الإثيلين بعد حصادها، ويزداد معدل إنتاج الغاز فى الثمار الصغيرة الحجم عما فى الثمار الكبيرة لكل كيلوجرام من الثمار، وفى الثمار التى تحصد آليًّا عما فى الثمار التى تحصد يدويًّا، كما يتأثر معدل التنفس بطريقة مماثلة لتأثير إنتاج الإثيلين (عن Salunkhe & Desai ١٩٨٤).

ويتراوح معدل إنتاج ثمار الخيار للإثيلين بين ٠,١، و١,٠ ميكروليتر/لتر فى الساعة على ٢٠°م.

وثمار الخيار شديدة الحساسية للإثيلين، حيث يؤدى تعرضها لمصدر خارجى من الغاز إلى اصفرارها وتحللها حتى ولو كان التركيز ١–٥ أجزاء فى البليون. ولذا.. يجب عدم تخزين أو شحن الخيار مختلطًا بالثمار المنتجة للغاز مثل الموز والكنتالوب والطماطم.

حقوق الطبع محفوظة للمؤلف. أحمد عبد المنعم حسن

ويتباين معدل تنفس ثمار الخيار حسب درجة الحرارة كما يلى:

الحرارة [°م]	معدل التنفس [مجم ثانى أكسيد كربون/كجم فى الساعة]
١٠	١٢–١٥
١٥	١٢–١٧
٢٠	٧–٢٤
٢٥	١٠–٢٦

كذلك يتباين معدل تنفس الثمار – فى حرارة تزيد عن ١٠°م – حسب مرحلة اكتمال تكوينها، حيث يزداد معدل التنفس فى الثمار الأقل اكتمالاً فى التكوين (Suslow & Cantwell ٢٠٠٧).

ويبقى مستوى المركب 1-aminocyclopropane-1-carboxylic acid (اختصارًا: ACC)، وإنتاج الإثيلين منخفضًا أثناء تعرض الثمار لحرارة ٢٫٥°م، ولكنهما يزيدان سريعًا بعد نقلها لحرارة ٢٥°م (عن Lipton & Wang ١٩٨٧).

وقد أوضحت الدراسات أن تعريض ثمار الخيار – بصفة مستمرة – للإثيلين بتركيز ١٠ ميكروليتر/لتر يستحث أعراضًا شديدة للتشرب المائى water soaking فى الثمار غير المكتملة التكوين، ويُصاحِب ذلك زيادة فى نشاط الـ nucleases وفقد فى البروتين الكلى. ولقد وجد أن تحلل البروتين يحدث بعد يومين – فقط – من التعرض للإثيلين، وأن الفقد الكلى يصل إلى حوالى ٦٠٪ بعد ٦ أيام، وكان ذلك مُصاحبًا بزيادة كبيرة فى نشاط البروتينيز بدءًا من نهاية اليوم الثانى للتعرض للإثيلين، ووصلت إلى ٩٫٣ أضعاف النشاط الابتدائى بعد ستة أيام (Lee وآخرون ٢٠١٥).

معاملات خاصة يُعطاها الخيار قبل وأثناء التخزين والشحن

قد تُعطى ثمار الخيار معاملات معينة قبل التخزين والشحن أو أثناء التخزين؛ بهدف حمايتها من الإصابة بأضرار البرودة، أو المحافظة على جودتها، أو للهدفين معًا. وبينما تطبق بعض هذه المعاملات تجاريًّا، فما زال بعضها الآخر قاصرًا على النطاق البحثى.

حقوق الطبع محفوظة للمؤلف د. أحمد عبد المنعم حسن

المعاملة الحرارية قبل التخزين البارد

وجد أن غمر ثمار الخيار فى ماء تبلغ حرارته ٤٢°م لمدة ٣٠ دقيقة أدى إلى زيادة تحملها لأضرار البرودة فيما بعد، وتمثل ذلك فى نقص التسرب الأيونى منها (McCollum & McDonald ١٩٩٣).

وفى دراسة لاحقة أوضح McCollum وآخرون (١٩٩٥) أن تخزين ثمار الخيار على ٢,٥°م ترتب عليه حدوث زيادة كبيرة فى التسرب الأيونى — الذى يعد أحد أهم دلائل أضرار البرودة — وأن ذلك التسرب نقص جوهريًّا بغمر الثمار — قبل تخزينها فى حرارة ٢,٥ م — فى ماء دافئ أو ساخن لمدة ٣٠ دقيقة. وقد ازداد النقص فى التسرب الأيونى من جرّاء التخزين فى الحرارة المنخفضة مع زيادة درجة حرارة الماء الذى غمرت فيه الثمار مسبقًا من ٢٥ إلى ٤٢°م. وكان إنتاج ثانى أكسيد الكربون والإثيلين فى الثمار التى تعرضت للحرارة المنخفضة لمدة أسبوعين ثم نقلت إلى حرارة ١٢°م أعلى عما فى الثمار التى لم تُعرض للحرارة المنخفضة، ولكن لم تظهر اختلافات بين معاملات الغمر فى الماء الدافئ أو الساخن فيما يتعلق بإنتاج الثمار من غاز ثانى أكسيد الكربون، بينما أدت معاملة غمر الثمار فى الماء الساخن قبل تخزينها فى الحرارة المنخفضة إلى انخفاض إنتاجها من الإثيلين، وازداد هذا الانخفاض بزيادة درجة حرارة الماء الذى غمرت فيه الثمار من ٢٥ إلى ٤٢°م، واستمر هذا التأثير لمدة ٧٢ ساعة بعد نقل الثمار إلى ٢١°م، وتأثر محتوى الثمار من مركب ACC بتلك المعاملات مثلما تأثر إنتاجها من غاز الإثيلين. أما نشاط ACC oxidase فقد كان أعلى فى الثمار التى لم تتعرض لأضرار الحرارة المنخفضة (وهى التى خزنت فى حرارة ١٢°م) — عند بداية نقلها إلى حرارة ٢١°م — عما فى الثمار التى تعرضت للحرارة المنخفضة، كما انخفض نشاط الـ ACC oxidase بزيادة حرارة الماء الذى غمرت فيه الثمار.

كذلك دُرس تأثير غمر ثمار الخيار فى الماء على حرارة ٤٥°م، أو ٥٥°م لمدة خمس دقائق. أعقب المعاملة تخزين الثمار على ٤°م لمدة ٧، و١٤، و٢١ يومًا، ثم على ٢٠°م

لمدة يومين أو أربعة أيام. وأوضحت النتائج أن المعاملة بحرارة ٥٥°م نتج عنها أقل فقد فى الوزن وأقل أضرار برودة وأقل تسرب أيونى وأقل نشاط لإنزيم البيروكسيديز، وأعطت أفضل مظهر للثمار وأفضل لون وطعم وأعلى نشاط لإنزيم الكاتاليز أثناء التخزين البارد، وأفضل قدرة تخزينية، كما لم يظهر بثمارها أى تحلل خلال فترة التخزين (Nasef ٢٠١٨).

التدفئة المتقطعة أثناء التخزين البارد

التدفئة المتقطعة intermittent warming هى تعريض المنتجات المخزنة فى حرارة منخفضة – لفترة واحدة أو أكثر من فترة – فى حرارة مرتفعة. ويجب أن تتم هذه المعاملة قبل أن تتقدم أضرار البرودة إلى مرحلة لا رجوع فيها، لأن ذلك إن حدث فهو يعنى أن معاملة التدفئة تؤدى إلى إسراع ظهور أعراض البرودة؛ لذا.. فإن توقيت معاملة التدفئة يعد أمرًا حيويًّا، ومن الأهمية بمكان التعرف على بدايات حدوث أضرار البرودة.

وقد اتبعت طريقة التدفئة المتقطعة فى تجنب أضرار البرودة فى كل من الليمون الأضاليا، والبامية، والخيار، والفلفل الحلو، والكوسة، والخوخ، والنكتارين. ولكل محصول منها الفترات الحرجة – الخاصة به – المناسبة لمعاملة التدفئة.

فمثلاً.. وجد Cabrera & Saltveit (١٩٩٠) أن تدفئة ثمار الخيار بنقلها من ٢,٥°م إلى ١٢,٥°م لمدة ١٨ ساعة كل ثلاثة أيام قلل من أضرار البرودة التى ظهرت عليها. وبالمقارنة.. فقد ظهرت أضرار شديدة للبرودة – تمثلت فى تنقير شديد وتحلل – عندما حزنت الثمار على حرارة ثابتة مقدارها ٢,٥°م لمدة ١٣ يومًا، وذلك بعد ستة أيام من نقلها إلى ٢٠°م، بينما لم تظهر أية أعراض لأضرار البرودة عندما خزنت الثمار على حرارة ثابتة مقدارها ١٢,٥°م، ثم نقلت بعد ذلك إلى حرارة ٢٠°م.

وفى دراسة لاحقة (Cabrera & Saltveit ١٩٩١) استعمل الباحثان التدفئة المتقطعة بالنظام السابق بيانه، ولكن على حرارة ٢٠°م بدلاً من ١٢,٥°م، ووجدا أنها منعت تمامًا ظهور أية أضرار للبرودة من جرّاء التخزين على حرارة ٢,٥°م لمدة ١٣ يومًا، علمًا بأن الثمار التى لم تعامل بالتدفئة المتقطعة ظهرت عليها أضرار البرودة بعد أسبوع

حقوق الطبع محفوظة للمؤلف: أحمد عبد المنعم حسن

من نقلها من حرارة ٢,٥ °م – التى ظلت فيها لمدة ٧ أيام – إلى حرارة ٢٠ °م، وأن شدة هذه الأضرار ازدادت بزيادة فترة بقاء الثمار فى الحرارة المنخفضة. كذلك ظهرت نموات فطرية على الثمار التى خزنت على ٢,٥ °م بعد أربعة أيام من نقلها إلى ٢٠ °م، بينما لم يحدث ذلك فى الثمار التى أعطيت معاملة التدفئة المتقطعة. وقد لوحظ حدوث زيادة مؤقتة فى معدل تنفس الثمار وإنتاجها من الإثيلين خلال فترات التدفئة المتقطعة، وكانت تلك الزيادات أعلى فى دورة التدفئة الأولى عما كان عليه الحال فى دورتى التدفئة الثانية والثالثة.

كذلك وجد أن أضرار البرودة ازدادت فى ثمار الخيار بزيادة فترة تخزينها فى حرارة ٢ أو ٤ °م، وكان معدل التنفس والنشاط الأيضى فى تلك الثمار أعلى مما فى الثمار التى خزنت على حرارة ٢٠ °م. وقد أدى تعريض الثمار للهواء الدافئ على حرارة ٤٠ °م لمدة ٤٨ أو ٧٢ ساعة قبل تخزينها فى حرارة ٤ °م إلى استمرار معدل التنفس فيها بصورة طبيعية، وحصل على نتيجة مماثلة بتدفئة الثمار على فترات أثناء التخزين البارد. كذلك ازداد إنتاج الإثيلين والتسرب الأيونى بزيادة فترة التخزين البارد، وأمكن تجنب ذلك بتعريض الثمار لدورتين على الأقل من التدفئة على فترات. هذا بينما لم تؤثر معاملة الثمار بكلوريد الكالسيوم معنويًا على حساسيتها لأضرار البرودة (Imani وآخرون ١٩٩٥).

ومن بين النظريات الافتراضية التى اقترحت لتفسير تأثير التدفئة المتقطعة أن رفع درجة الحرارة فى وسط معاملة البرودة يحفز النشاط الأيضى؛ الأمر الذى يسمح للأنسجة النباتية بتصريف المركبات الوسطية أو المركبات السامة التى تتراكم خلال فترة التعريض للبرودة؛ بتحويلها إلى مركبات غير ضارة. كذلك قد تسمح تدفئة الأنسجة لفترات قصيرة بمعالجة الأضرار التى تحدث للأغشية الخلوية، وعضيّات الخلية، والمسارات الأيضية خلال فترة التعريض للبرودة. كما قد تفيد التدفئة فى إعادة توفير المركبات التى تستنفذ أو التى لا يمكن تمثيلها خلال معاملة البرودة. وقد تلعب تلك التغيرات الحرارية الفجائية (من البرودة إلى الدفء ثم إلى البرودة) دورًا فى زيادة تمثيل الأحماض الدهنية غير المشبعة؛ الأمر الذى يجعل الأغشية الخلوية أكثر مرونة، ويزيد من تحملها للحرارة المنخفضة (عن Wang ١٩٩٤).

حقوق الطبع محفوظة للمؤلف: أحمد عبد المنعم حسن

معاملة الصدمة بالماء البارد (التقسية)

أحدثت معاملة الصدمة بالماء البارد cold shock treatment لثمار الخيار على ٣°م لمدة ٤٠ دقيقة خفضًا فى معدل فقد الثمار لوزنها وصلابتها، وزيادة فى نشاط الإنزيمات المضادة للأكسدة (SOD، و CAT، و POD) فيها، وذلك أثناء تخزينها بعد ذلك على ١٢°م و٩٠٪ رطوبة نسبية (Chen وآخرون ٢٠١٥).

كما أفاد تعريض الثمار لحرارة ١٠°م، لمدد تتراوح بين ٦، و٧٢ ساعة فى خفض أضرار البرودة والتسرب الأيونى، وذلك عند تخزينها على ٥°م بعد ذلك، ويتناسب هذا التأثير طرديًّا مع فترة التقسية على ١٠°م.

كذلك أدت التقسية على ١٠°م إلى زيادة محتوى الثمار من المواد الصلبة وحامض الأسكوربيك، وقللت من كل من الـ malondialdehyde، و $O_2^{\cdot-}$ والـ H_2O_2؛ بما يفيد تحسينها للجودة بتثبيطها للعناصر المحبة للأكسدة والمحافظة على سلامة الأغشية الخلوية. ولقد أدت المعاملة إلى زيادة فى تعبير الجينات التى تتحكم فى إنتاج الإنزيمات المضادة للأكسدة: سوبر أوكسيد دِسميتوز، وبيروكسيديز، وأسكوربيت بيروكسيديز، وكاتاليز؛ فضلاً عن زيادتها لمضادات الأكسدة غير الإنزيمية: حامض الأسكوربيك، والجلوتاثيون (Wang & Zhu ٢٠١٧).

المعاملة بالخميرة

وجد أن معاملة الخيار بسكريات الخميرة yeast saccharides بعد الحصاد يُفيد فى تقليل أضرار البرودة التى يمكن أن تتعرض لها الثمار، كما وجد أن تلك القدرة على التحمل التى تستحثها سكريات الخميرة ترتبط بحثِّها لإنتاج وتراكم أكسيد النيتريك nitric oxide داخليًّا بالثمار (Dong وآخرون ٢٠١٢).

المعاملة بالبوترسين

وجد أن معاملة ثمار الخيار بالبوترسين putrescine بعد الحصاد يُفيد فى احتفاظها بجودتها عند تخزينها على ٢٠°م. كانت المعاملة بالبوترسين بتركيز ٤ مللى

مول، ثم خزنت الثمار على ٢٠°م مع رطوبة نسبية ٨٥٪–٩٠٪ لمدة ١٠ أيام، وأدت إلى خفض الفقد فى وزن الثمار وفى محتواها من الـ malondialdehyde، كما منعت الانخفاض فى محتوى المواد الصلبة الذائبة الكلية وفيتامين C، وحفزت المعاملة من الخصائص الكلية التى تضمنت الصلابة واللون، وتحسَّن أثناء تخزين الثمار المعاملة نشاط كلاً من البيروكسيديز والأسكوربيت بيروكسيديز والكاتاليز (Jia وآخرون ٢٠١٨).

المعاملة بالمثيل جاسمونيت وأكسيد النيتروجين

أدت معاملة ثمار الخيار بعد الحصاد بأى من المثيل جاسمونيت MeJA، أو أكسيد النيتروجين NO إلى خفض إصابتها بأضرار البرودة عندما كان تخزينها على ٥°م، وذلك من خلال تثبيط المعاملة لتراكم فوق أكسيد الأيدروجين بالثمار (Liu وآخرون ٢٠١٦).

المعاملة بالـ 1-MCP

بينما أدى تعريض ثمار الخيار (الإنجليزى الطويل عديم البذور) لمصدر خارجى من الإثيلين بتركيز ٣–٥ ميكروليتر/لتر إلى إسراع تحلل محتواها من الكلوروفيل، فإن تبخيرها بالـ 1-MCP — قبل تعرضها المستمر للإثيلين – أدى إلى منع تحلل ما بها من كلوروفيل لمدة تراوحت بين ٩، و١٤ يومًا، ولكن لم تكن للمعاملة بالـ 1-MCP فوائد أخرى (Nilsson ٢٠٠٥).

المعاملة بحامض السلسيلك

كانت معاملة ثمار الخيار بحامض السلسيلك بتركيز ٠,٥ ملى مول قبل تخزينها لمدة ١٨ يومًا على ١°م عالية الكفاءة فى خفض حساسيتها لأضرار البرودة. كذلك أدت تلك المعاملة إلى المحافظة على صلابة الثمار وعلى مستوى منخفض من محتواها من الـ maloniadehyde مقارنة بما حدث فى ثمار الكنترول. هذا فى الوقت الذى أدت فيه المعاملة بحامض السلسيلك إلى تأخير الانخفاض فى محتوى الثمار من حامض الأسكوربيك ومحتوى جلدها من الكلوروفيل، كما ازداد فى الثمار المعاملة نشاط إنزيمات الـ superoxide dismutase، والـ catalase، والـ peroxidase، والـ ascorbate

حقوق الطبع محفوظة للمؤلف/ أحمد عبد المنعم حسن

peroxidase، والـ peroxidase، والـ phenylalanine ammonia lyase تحت ظروف شدِّ حرارة التخزين المنخفضة. ويعنى ذلك أن معاملة الخيار بحامض السلسيلك بتركيز ٠,٥ مللى مول تحميها بكفاءة عالية من الإصابة بأضرار البرودة على ١°م، وأن تلك الحماية تحدث من خلال زيادة المعاملة لنشاط الإنزيمات المضادة للأكسدة وللـ phenylalanine ammonia lyase (Cao وآخرون ٢٠٠٩).

المعاملة بالأوزون

أدى تعريض ثمار الخيار والكوسة الزوكينى للأوزون – بانتظام – بعد الحصاد بتركيز ٠,١ ميكرومول/مول $0.1\ umol\ mol^{-1}$ إلى تحسين فترة الصلاحية للتخزين (Glowacz وآخرون ٢٠١٥).

التخزين

التخزين البارد العادى وأضرار البرودة

يخزن الخيار على ١٠–١٢,٥°م و٩٥٪ رطوبة نسبية لمدة ١٤ يومًا، يتدهور بعدها سريعًا فى كل من مظهره وطعمه. فبعد هذه الفترة يظهر على الثمار أعراض الانكماش والاصفرار والتحلل. وعلى حرارة أقل من ١٠°م تظهر على الثمار أعراض الإصابة بأضرار البرودة فى خلال ٢–٣ أيام.

ومن أهم مشاكل الثمار بعد حصادها اصفرارها؛ الأمر الذى يزداد معدله فى الثمار التى تحصد فى عمر متقدم، ولدى التعرض للإثيلين – ولو بتركيز ٠,١ جزءًا فى المليون لمدة ٤٨ ساعة – والتخزين فى حرارة منخفضة (Suslow & Cantwell ٢٠٠٧). كذلك تكون فترة التخزين أقصر فى الثمار ذات اللون الأخضر الفاتح عما فى الثمار ذات اللون الأخضر الداكن (عن Mattsson ١٩٩٣).

أما أصناف التخليل التى تُخزن ثمارها مؤقتًا لحين تخليلها فإنها توضع فى حرارة ١٠°م ورطوبة نسبية ٩٥٪، وتتفاوت الأصناف كثيرًا فى مدى قدرة ثمارها على الاحتفاظ بنضارتها تحت هذه الظروف؛ فهى تتراوح – مثلاً – من ١٠ أيام فى الصنف Ohio

حقوق الطبع محفوظة للمؤلف د. أحمد عبدالمنعم حسن

MR200 إلى ٤٧ يومًا فى الصنف ماركتر Marketer (عن Robinson & Decker-Walters ١٩٩٧).

وتتعرض الثمار للإصابة بأضرار البرودة إذا خزنت فى حرارة تقل عن ٧°م لمدة أكثر من يومين. وتظهر هذه الأضرار على شكل بقع مائية، ونقر، وانهيار بأنسجة الثمرة، كما تتحلل أنسجة الثمرة بسرعة بعد إخراجها من المخزن. ويؤدى تخزين الثمار — فى حرارة تزيد عن ١٠°م — إلى سرعة اصفرارها، ويبدأ التغير فى اللون فى غضون يومين. وتزداد سرعته إذا وجدت ثمار تفاح، أو غيره من الثمار المنتجة للإثيلين مع الخيار فى المخزن. أما الرطوبة النسبية العالية.. فترجع أهميتها إلى منع الانكماش وذبول الثمار بسرعة أثناء التخزين (Lutz & Hardenhurg ١٩٦٨).

وعلى الرغم من أن جميع أصناف الخيار تُعد حساسة لأضرار البرودة، فإنه توجد بعض الاختلافات بين الأصناف والسلالات فى مدى تحملها لتلك الأضرار؛ فمثلاً يعتبر الصنف داشر ٢ Dasher II أكثر تحملاً من الصنف بوينست ٧٦ Poinsett 76 (عن Jenniongs & Saltveit ١٩٩٤).

ويوجد ارتباط قوى بين مدى فقد الثمار لرطوبتها خلال مدة خمسة أيام من التخزين على حرارة ٥°م ورطوبة نسبية ٦٥٪، وبين شدة أضرار البرودة التى تظهر عليها بعد يومين أو أربعة أيام من نقلها — بعد التخزين البارد — إلى حرارة ١٥°م ورطوبة نسبية ٨٥٪ (Purvis ١٩٩٥).

وقد ظهرت اختلافات بين أصناف الخيار فى حساسية ثمارها للإصابة بأضرار البرودة،وكانت الأصناف الأكثر مقاومة أعلى فى محتوى عصيرها (الإفرازات التى تظهر عند قطع الثمار) من المواد الصلبة، كذلك بدا أن ذلك المحتوى من المواد الصلبة يرتبط بدرجة إصابة الثمار بالتنقير (Cabrera & Saltveit ١٩٩٣).

كما تتوفر اختلافات بين أصناف وسلالات الخيار فى حساسيتها لأضرار البرودة على ١°م، وخاصة فى درجتى التنقير pitting والتحلل decay. وقد تبين أن التحلل

والفقد فى الوزن كانتا الصفتان الوحيدتان اللتان ارتبطتا بصفة التنقير التى تسببها الحرارة المنخفضة (Abdul Hakim وآخرون ١٩٩٩).

وقد وجد Fan وآخرون (١٩٩٦) أن محتوى ثمار الخيار من البوترسين putrescine يزداد قبل ظهور أضرار البرودة على الثمار التى خزنت لمدة ثلاثة أيام على حرارة ٢°م. وبينما أحدث وضع الثمار على حرارة ١٣°م قبل تخزينها على حرارة ٢°م نقصًا معنويًا فى أضرار البرودة التى ظهرت عليها، فإن مستوى البوترسين ازداد بالطريقة ذاتها، ولكن محتوى الاسبرميدين Spermidine كان أقل قليلاً فى الثمار التى سبق وضعها فى حرارة ١٣°م قبل تخزينها على ٢°م.

ويجب عند شحن الخيار خفض حرارة الحاويات إلى ١٠°م على ألا ترتفع الحرارة عن ١٣°م مع توفير تهوية بمعدل ٣٠م^3/ساعة (٢٠قدم^3/دقيقة) للحاويات الـ ٢٠ قدم، و٦٠م^3/ساعة (٣٥ قدم^3/دقيقة) للحاويات الـ ٤٠ قدم، هذا مع توفير ٩٠٪–٩٥٪ رطوبة نسبية (Optimal Fresh ٢٠٠١– الإنترنت).

التخزين فى الجو المتحكم فى مكوناته

يؤدى تخزين الخيار فى جو يحتوى على حوالى ٥٪ CO_2، أو ٥٪ O_2 إلى تأخير اصفرار ثمار الخيار، ويزداد هذا التأثير عند الجمع بين نسبتى الغازين. هذا إلا نسبة ثانى أكسيد الكربون المرتفعة — وبدرجة أقل — نسبة الأكسجين المنخفضة — تزيدان من حساسية الخيار لأضرار البرودة. وحتى فى درجات الحرارة العادية، فإن نسبة ثانى أكسيد الكربون يجب ألا تزيد عن ١٠٪، وألا تقل نسبة الأكسجين عن ٢٪. ويفيد الجو الذى يحتوى على ٣٪ O_2، أو ٥٪ – ١٠٪ CO_2 فى تثبيط إنتاج الثمار لغاز الإثيلين، وخاصة عندما تخزن الثمار مختلفة مع غيرها من الثمار المنتجة للإثيلين مثل الكنتالوب، والتفاح، والكمثرى، ويمكن إطالة فترة تخزين الخيار إلى نحو ٢–٣ أسابيع بتخزينها فى جو يحتوى على ٥٪ CO_2، و٥٪ O_2 (عن Salunkhe & Desai ١٩٨٤).

حقوق الطبع محفوظة للمؤلف د. أحمد عبدالمنعم حسن

التعبئة فى أكياس

وجد Fan وآخرون (١٩٩٦) أن محتوى ثمار الخيار من البوترسين putrescine يزداد قبل ظهور أضرار البرودة على الثمار التى خزنت لمدة ثلاثة أيام على حرارة ٢°م. وبينما أحدث وضع الثمار على حرارة ١٣°م قبل تخزينها على حرارة ٢°م.. أحدث نقصًا معنويًّا فى أضرار البرودة التى ظهرت عليها، فإن مستوى البوترسين ازداد بالطريقة ذاتها؛ ولكن محتوى الاسبرميدين Spermindine كان أقل قليلاً فى الثمار التى سبق وضعها فى حرارة ١٣°م قبل تخزينها على ٢°م.

وقد أدى تخزين الثمار على حرارة ٥°م ورطوبة نسبة مقدارها ٩٠٪–٩٩٪ لمدة ١٨ يومًا إلى زيادة محتواها من البوترسين، وكانت تلك الزيادة فى البوترسين أكبر عندما كان تخزين الثمار فى أكياس بلاستيكية غير مثقبة، كما ازداد محتوى الثمار من الاسبرميدين عندما كان تخزينها فى أكياس بلاستيكية مثقبة أو غير مثقبة. ونظرًا لأن أضرار البرودة التى ظهرت على الثمار كانت أقل عند التخزين فى الأكياس البلاستيكية غير المثقبة مما كان عليه الحال عند التخزين فى الأكياس البلاستيكية المثقبة، والتى كانت فيها أضرار البرودة أقل – بدورها – مما فى حالة التخزين السائب؛ لذا.. اقتُرِح أن هذه المستويات العالية من البولى أمينات Polyamines تُسهم فى تحمل الثمار المعبأة فى الأكياس لأضرار البرودة (Wang & Qi ١٩٩٧).

كذلك وجد أن ثمار الخيار التى عبئت فى الأكياس البلاستيكية المصنوعة من البوليثيلين ذى الكثافة المنخفضة، والتى بلغ سمكها ٣١,٧٥ ميكرونًا – سواء أكانت مثقبة، أم غير مثقبة (كانت الأكياس ٣٣,٥ سم × ٣٥ سم وتتسع لثلاث ثمار).. وجد أن أضرار البرودة التى ظهرت على هذه الثمار بعد ١٨ يومًا من تخزينها على ٥°م ورطوبة نسبية ٩٠٪–٩٥٪ كانت أقل مما فى الثمار التى لم تعبأ فى الأكياس. وكانت أضرار البرودة فى الثمار التى عبئت فى أكياس غير مثقبة أقل مما كان عليه الحال فى الثمار التى عبئت فى أكياس مثقبة. وقد وجد أن تركيز ثانى أكسيد الكربون ازداد

داخل الأكياس غير المثقبة إلى ٣٪، بينما انخفض فيها تركيز الأكسجين إلى ١٦٪ وكانت أقل الإصابات الفطرية ظهورًا فى الثمار التى عبئت فى الأكياس غير المثقبة. وبالمقارنة لم يحدث تغير يذكر فى تركيز الأكسجين وثانى أكسيد الكربون داخل الأكياس المثقبة مقارنة بنسبتهما فى الجو العادى. وبينما بلغ الفقد فى وزن الثمار غير المعبأة فى الأكياس ٩٪ فى خلال ١٨ يومًا من التخزين، فإن الفقد فى وزن الثمار المعبأة فى أكياس بلاستيكية مثقبة أو غير مثقبة لم تتعد نسبته ١٪ (Wang & Qi ١٩٩٧).

التخزين مع التعبئة فى الأغشية المعدلة للهواء

أدى تخزين الثمار على حرارة ٥°م ورطوبة نسبية مقدارها ٩٠٪–٩٩٪ لمدة ١٨ يومًا إلى زيادة محتواها من البوترسين، وكانت تلك الزيادة فى البوترسين أكبر عندما كان تخزين الثمار فى أكياس بلاستيكية غير مثقبة، كما ازداد محتوى الثمار من الاسبرميدين عندما كان تخزينها فى أكياس بلاستيكية مثقبة أو غير مثقبة. ونظرًا لأن أضرار البرودة التى ظهرت على الثمار كانت أقل عند التخزين فى الأكياس البلاستيكية غير المثقبة مما كان عليه الحال عند التخزين فى الأكياس البلاستيكية المثقبة، والتى كانت فيها أضرار البرودة أقل – بدورها – مما فى حالة التخزين السائب؛ لذا.. أقتُرح أن هذه المستويات العالية من البولى أمينات polyamines تُسهم فى تحمل الثمار المعبأة فى الأكياس لأضرار البرودة (Wang & Qi ١٩٩٧).

كذلك وجد أن ثمار الخيار التى عبئت فى الأكياس البلاستيكية المصنوعة من البوليثيلين ذى الكثافة المنخفضة، والتى بلغ سمكها ٣١,٧٥ ميكرونًا – سواء أكانت مثقبة، أم غير مثقبة (كانت الأكياس ٣٣,٥ سم × ٣٥ سم وتتسع لثلاث ثمار).. وجد أن أضرار البرودة التى ظهرت على هذه الثمار بعد ١٨ يومًا من تخزينها على ٥°م ورطوبة نسبية ٩٠٪–٩٥٪ كانت أقل مما فى الثمار التى لم تعبأ فى الأكياس. وكانت أضرار البرودة فى الثمار التى عبئت فى أكياس غير مثقبة أقل مما كان عليه الحال فى الثمار التى عبئت فى أكياس مثقبة. وقد وجد أن تركيز ثانى أكسيد الكربون ازداد داخل

حقوق الطبع محفوظة للمؤلف: أحمد عبد المنعم حسن

الأكياس غير المثقبة إلى ٣٪، بينما انخفض فيها تركيز الأكسجين إلى ١٦٪. وكانت أقل الإصابات الفطرية ظهورًا فى الثمار التى عبئت فى الأكياس غير المثقبة. وبالمقارنة لم يحدث تغير يذكر فى تركيز الأكسجين وثانى أكسيد الكربون داخل الأكياس المثقبة مقارنة بنسبتها فى الجو العادى. وبينما بلغ الفقد فى وزن الثمار غير المعبأة فى الأكياس ٩٪ فى خلال ١٨ يومًا من التخزين، فإن الفقد فى وزن الثمار المعبأة فى أكياس بلاستيكية مثقبة أو غير مثقبة لم تتعد نسبته ١٪ (Wang & Qi ١٩٩٧).

وقد وجد Zhang وآخرون (١٩٩٦) أن تغليف الثمار فى أغشية البوليثيلين — مع تخزينها على ١٢°م — أدى إلى تقليل فقدها للرطوبة، وعدم اصفرارها، وتثبيط تحلل البروتينات الذائبة فيها.

كذلك أدى تخزين ثمار الخيار فى أكياس بلاستيك (اسمها التجارى إكستند Xtend) إلى خفض فقدها للوزن، ومنع انكماشها وذبولها، واصفرارها، ومنع إصابتها بأضرار البرودة والأعفان سواء أكان تخزينها فى حرارة مثلى (١٠°م)، أم منخفضة (٧°م)، أم عالية (١٢°م) (Rodov وآخرون ١٩٩٨).

ولدى مقارنة التغليف بأغشية البوليثيلين ذات الكثافة المنخفضة وأغشية السيراميك ceramic film بسمك ٢٠، و٣٠، و٤٠ ميكرونًا، كانت أفضلها فى المحافظة على صفات الجودة أثناء التخزين أغشية السيراميك بسمك ٢٠ ميكرونًا (Park & Kang ١٩٩٨).

وعمومًا.. تتبع طريقة تغليف الثمار بأغشية البوليثيلين فى أصناف البيوت المحمية، وخاصة الأصناف ذات الثمار الطويلة، والتى تكون ذات جلد رهيف وتفقد رطوبتها بسهولة، بينما يكفى تشميع ثمار الأصناف الأخرى.

تغليف وتشميع ثمار أصناف الاستهلاك الطازج

يمكن إطالة مدة حفظ الثمار فى حرارة ٧°م بتغليفها بورق خاص (film wrapping)، أو بتشميعها، أو بمعاملتها بمطهر فطرى. ومع أن التشميع كان أكثر فاعلية من التغليف فى

حقوق الطبع محفوظة للمؤلف د. أحمد عبد المنعم حسن

حفظ الثمار، إلا أن الثمار المعاملة حدثت بها نسبة عالية من العفن فى خلال ثلاثة أيام من النقل إلى حرارة ٢١°م سواء أكان ذلك بعد ١٤ يومًا أم بعد ٢١ يومًا من التخزين فى ٧°م، كذلك ازدادت نسبة العفن فى الثمار المغلفة عما فى غير المغلفة، ولكن ذلك لم يحدث إلا بعد ٢١ يومًا من التخزين فى ٧°م. وقد أدى غمس الثمار فى محلول من المطهر الفطرى إمازاليل imazalil إلى نقص الإصابة بالعفن، حتى ولو كان التخزين لمدة ٢١ يومًا. وقد وجد أن التشميع يؤدى إلى زيادة التنفس اللاهوائى، وظهور مركبات متطايرة تدل عليه، مثل: الأسيتالدهيد، والإيثانول، والميثانول (Risse وآخرون ١٩٨٧).

وأوضحت دراسات Purvis (١٩٩٤) أن الفقد الرطوبى من ثمار الخيار ينخفض عند تشميعها، وأن فاعلية الشموع فى خفض الفقد الرطوبى تزداد بزيادة تركيزها. كذلك أدى التشميع إلى زيادة تحمل الثمار لأضرار البرودة عند تخزينها فى حرارة ٥°م، إلا أن الحرارة المنخفضة (٥°م مقارنة بحرارة ١٥°م) ساعدت على تكوين شقوق فى طبقة الشمع أدت إلى زيادة فقد الرطوبة من الثمار.

التصدير

يكون موسم تصدير الخيار فى مصر إلى أوروبا فيما بين نوفمبر وأبريل.

وينص القانون على ضرورة أن تكون ثمار الخيار المصدرة طازجة منتظمة الشكل، ومتماثلة الصنف والحجم، وغير متقدمة النضج، ذات لون طبيعى، ونظيفة غير لينة، أو ذابلة، وخالية من الجروح وآثار الإصابة بالحشرات والأمراض. ويسمح بالتجاوز فى اختلاف الأحجام فى الطرد الواحد بنسبة لا تزيد عن ٧٪ بالوزن، كما يسمح بنسبة لا تزيد عن ٧٪ من كل طرد من الثمار المختلفة اللون، والتى تظهر عليها تبقعات، وأثر لفحة الشمس، وخدوش وجروح ملتئمة.

حقوق الطبع محفوظة للمؤلف د. أحمد عبد المنعم حسن