وسائل الحد من أضرار البرودة

حاول الباحثون جعل المنتجات البستانية الاستوائية وتحت الاستوائية أكثر تحملاً لأضرار البرودة؛ حتى يمكن تخزينها فى درجات حرارة أكثر انخفاضًا؛ وبذا .. تزداد فترة تخزينها. ومن أهم الوسائل التى اتبعت لتحقيق هذا الهدف ما يلى:

التعريض لحرارة منخفضة

يؤدى تعريض المنتجات البستانية الحساسة لأضرار البرودة لحرارة منخفضة تزيد قليلاً على الحرارة الحرجة – قبل تخزينها مباشرة – إلى خفض حساسيتها لتلك الأضرار. وقد أثبتت هذه الطريقة جدواها فى كل من الخيار، والباذنجان، والفلفل، والطماطم، والكوسة، والجريب فروت.

ويتم التعريض – السابق للتخزين – للحرارة المنخفضة إما مرة واحدة، وإما بصورة تدريجية وهى الطريقة الأفضل. فمثلاً .. أظهرت ثمار الباذنجان التى عوملت بحرارة ١٥°م لمدة يومين، ثم بحرارة ١٠°م لمدة يوم واحد نُقِرًا أقل بعد تخزينها على ٦.٥°م عن تلك التى لم تعامل – قبل تخزينها – إلا بحرارة ١٥°م لمدة يومين.

وقد تبين أن المعاملة بالحرارة المنخفضة قبل التخزين البارد صاحبتها زيادة فى مستويات الليبيدات الفوسفاتية فى الأغشية الخلوية، وفى درجة عدم التشبع للأحماض الدهنية التى توجد بالأغشية. وتثبيط للزيادة التى يسببها التخزين البارد فى نسبة الاستيرول إلى الليبيدات الفوسفاتية. وزيادة فى البولى أمين والألدهيدات ذات السلاسل الطويلة. وربما تؤدى جميع هذه التغيرات إلى خفض أضرار البرودة.

التعريض لحرارة مرتفعة

عرف تأثير المعاملة بالحرارة المرتفعة قبل التخزين البارد فى خفض أضرار البرودة منذ عام ١٩٣٦؛ حينما وُجد أن تعريض ثمار الجريب فروت لحرارة ٣٨°م لمدة ١٧–٢٢ ساعة قلل جوهريًا من ظهور النقر بها؛ عندما خزنت بعد تلك المعاملة على حرارة ٤,٥°م. ومنذ ذلك الحين ثبتت أهمية هذه المعاملة فى تقليل أضرار البرودة فى عديد

من الخضر الاستوائية وتحت الاستوائية؛ مثل: الخيار، والبطاطا، والطماطم، والبطيخ (عن Wang ١٩٩٤).

هذا إلا أن الحدود المأمونة لمعاملة التعريض للحرارة العالية تختلف من محصول لآخر؛ فبينما تستجيب الزبدية لحرارة ٣٦°م، وتزهر بها أضرار الحرارة العالية عند تعريضها لحرارة ٣٨°م، فإن الطماطم تستجيب لحرارة تتراوح بين ٣٦ و ٤٠°م (عن Klein & Lurie ١٩٩٢).

كما أدى تعريض ثمار الطماطم لحرارة ٣٨°م – لمدة ثلاثة أيام قبل تخزينها – إلى المكافحة الكاملة للفطر *Botrytis cinerea* الذى يصيب الثمار بالعفن والتحلل أثناء تخزينها (Fallik وآخرون ١٩٩٣).

وفى الكوسة أدت معاملة الثمار بالماء الدافئ على حرارة ٤٢°م لمدة ٣٠ دقيقة إلى تقليل أضرار البرودة عندما خزنت الثمار بعد ذلك على حرارة ٥°م، ثم نقلت إلى ٢٠°م، وقد ازدادت الفائدة من معاملة الحرارة العالية عندما تركت الثمار لمدة يومين على حرارة ١٥°م بعد معاملة الحرارة العالية وقبل تخزينها على حرارة ٥°م (Wang ١٩٩٤).

وبالمقارنة .. وجد Whitaker (١٩٩٤) أن إنضاج ثمار الطماطم جزئيًا على حرارة ٢٠°م لمدة ثلاثة أيام – قبل تخزينها على حرارة ٥°م لمدة ٢٠ يومًا – كان أكثر كفاءة فى خفض أضرار البرودة من تعريضها – قبل التخزين – لحرارة عالية مقدارها ٣٨°م لنفس فترة الثلاثة أيام.

ولا تقتصر فائدة معاملة الحرارة العالية على المحاصيل الحساسة للبرودة فقط، بل تتعداها كذلك إلى بعض محاصيل المناطق الباردة. ففى البروكولى .. وُجد أن غمس البراعم فى الماء على حرارة ٤٥°م لمدة ١٤ دقيقة أدى إلى تأخير اصفرارها – على حرارة ٢٠°م – لمدة ٢–٣ أيام. كما أدت المعاملة – كذلك – إلى إبطاء فقد البروتينات الذائبة، وحامض الأسكوربيك. وخفض معدل التنفس، ومعدل إنتاج غاز الإثيلين. وفى دراسة أخرى وجد Forney (١٩٩٥) أن غمس البروكولى فى الماء على حرارة ٥٠

°م لمدة دقيقتين كان أفضل معاملة لتأخير الاصفرار والتحلل، مع تجنب ظهور الروائح غير المرغوبة، والفقد فى الوزن.

وقد أرجعت الحماية التى توفرها معاملة التعريض للحرارة المرتفعة قبل التخزين البارد إلى أسباب مختلفة؛ منها: تكوين بروتينات معّينة (heat shock proteins) فى الطماطم، وزيادة فاعلية عملية المعالجة فى البطاطا، وتكوين مركبات مضادة للفطريات – مثل الاسكوبارون scoparone – فى الليمون الأضاليا.

التدفئة المتقطعة

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؛ ولذا .. فإن توقيت معاملة التدفئة يعد أمرًا حيويًا. 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 الحار، 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 خزنت الثمار على حرارة ثابتة مقدارها ٢,٥°م لمدة ١٣ يومًا، وذلك بعد ستة أيام من نلقها 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.

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 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).

التخزين فى الجو المعدل

لا يكون للتخزين فى الجو المعدل تأثير متساوٍ على أضرار البرودة فى كل الثمار الاستوائية وتحت الاستوائية؛ فهو يقلل من أضرارها فى البامية، والزبدية، والأناناس، والجريب فروت، ويزيد من أضرارها فى الخيار، والفلفل، والليمون البنزهير، ولا تأثير له على أضرار البرودة فى الليمون الأضاليا، والباباظ، والطماطم.

كذلك تفيد التعبئة فى عبوات الجو المعدل MAP، والتخزين تحت تفريغ فى تقليل احتمالات التعرض للإصابة بأضرار البرودة.

المعاملات الكيميائية

من بين المعاملات الكيميائية التى أثبتت جدواها فى خفض أضرار البرودة ما يلى:

الكالسيوم	الزيوت المعدنية
زيت القرطم	الزيوت المعدنية
الاسكوالين squalene	إيثوكسى كوين ethoxyquin
بنزوات الصوديوم	

إيمازليل imazalil، وهو: 1-(2-(2,4-dichlorophenyl)-2-(2-propenyloxylethyl) - 1-H-imidazole.

ثيابندازول thiabendazole، وهو: 2-(4-thiazolyl) benzimidazole.

يبدو أن الكالسيوم يعمل على تقوية الجدر الخلوية والأغشية الخلوية، ويجعل الأنسجة أكثر قدرة على تحمل الشدّ الناتج من التعرض للبرودة. وقد قللت المعاملة بالكالسيوم أضرار البرودة فى الزبدية والبامية.

وتعمل بنزوات الصوديوم والإثيوكسى كوين على منع حدوث الأكسدة peroxidation فى الأحماض الدهنية غير المشبعة فى ليبيدات الأغشية الخلوية؛ الأمر الذى يحافظ على سلامة الأغشية الخلوية حال تعرضها للبرودة. وقد أثبتت تلك المركبات فاعليتها مع كلٍ من الخيار والفلفل.

أما المبيدات الفطرية thiabendazole، و imazalil فإنها تمنع الإصابات الكامنة، وتقلل تكوين النقر، وتؤخر شيخوخة القشرة فى البرتقال والجريب فروت.

وتمنع الزيوت المعدنية وزيت القرطم التغيرات فى اللون التى تحدث تحت القشرة فى الموز عند تعرضه للبرودة، وقد يكون لهما وللزيوت النباتية دور فى تقليل الفقد الرطوبى وخفض أضرار الأكسدة.

أما الاسكوالين squalene فهو شمع طبيعى يوجد فى قشرة الجريب فروت. وقد وجد أن إضافة المزيد منه إلى القشرة يحمى ثمار الجريب فروت من أضرار البرودة.

معاملات منظمات النمو

من أهم معاملات منظمات النمو التى كان لها تأثير إيجابى فى خفض أضرار البرودة ما يلى:

١- حامض الأبسيسيك فى كل من الجريب فروت والكوسة.

٢- الإثيلين فى شهد العسل.

٣- تعمل الترايازولات triazoles (مثل: البكلوبترازول paclobutrazol، ويونى كونازول uniconazole، والترايادميفون triadimefon) على حماية المركبات التى توجد فى الأغشية الخلوية من أضرار الأكسدة؛ وبذا .. فإنها تزيد من مقاومة النباتات –

وخاصة العشبية منها – لأضرار الصقيع، ولكن لا يوصى بالمعاملة بأى منها، لأسباب صحية.

٤- كذلك تعمل البولى أمينات polyamines على حماية ثمار الكوسة من أضرار البرودة. وربما يحدث ذلك من خلال نشاطها المضاد للأكسدة (عن Wang ١٩٩٤).

وقد أوضحت دراسات Lurie وآخرين (١٩٩٥) أن معاملة نباتات الفلفل الحلو قبل الحصاد بأى من منظمات النمو: بكلوبترازول، ويونى كونازول، ومفليودايد mefluidide أدت إلى حماية الثمار – الخضراء والحمراء – من التعرض لأضرار الصقيع عندما خزنت على حرارة ٢°م لمدة ٢٨ يومًا؛ وجميعها – كذلك – معاملات لا يوصى بها.

أضرار التجمد

تحدث أضرار التجمد freezing injury من جراء تكون البلورات الثلجية فى الخلايا بأنسجة الحاصلات البستانية، حيث يبدو النسيج المتجمد بعد إخراجه من المخزن وتعرضه لدرجة الحرارة العادية كما لو كان منقوعًا فى الماء water-soaked.

ويمكن أن يحدث التجمد أثناء نقل المحصول فى ظروف جوية تقل فيها الحرارة عن الصفر المئوى، أو نتيجة لعدم ضبط منظم الحرارة بطريقة صحيحة، أو لعدم كفاءة المنظم، أو نتيجة لتعرض المنتج لمادة شديدة الانخفاض فى درجة الحرارة مثل الثلج الجاف. وتتوقف درجة الحرارة التى يتجمد عندها المحصول على محتوى أنسجته من المواد الذائبة، حيث يزداد الانخفاض فى حرارة التجمد بزيادة الضغط الأسموزى للعصير الخلوى. وبينما تتجمد أوراق الخس على -٠,٢°م، فإن ثمار العنب (التى تحتوى على مالا يقل عن ١٤٪ سكر) لا تتجمد إلا بعد انخفاض الحرارة لأقل من ٢,٠°م.

طبيعة أضرار التجمد

يؤدى تجمد الأنسجة إلى جفافها وحدوث شد أسموزى للتراكيب الخلوية، مثل الأغشية الخلوية، ومحتويات الخلية كالبروتين؛ ذلك لأن ماء الخلية يفقد أثناء نمو