الأضرار التى يسببها الشدّ الحرارى فى بعض محاصيل الخضر

الطماطم

إنبات البذور

تختلف خاصية إنبات بذور الطماطم فى الحرارة المرتفعة عن خاصية قدرة الأزهار على العقد فى تلك الظروف. وبينما يتميز صنف الطماطم Solarset بقدرة ثماره على العقد فى الحرارة العالية، فإن بذوره تنبت بصورة جيدة فى مجال حرارى يتراوح بين ١٤ و٣١°م، ولكن يقل إنباتها بشدة فى حرارة ٣٣°م، ويتوقف كليًا – تقريبًا – فى حرارة ٣٦°م؛ بسبب دخول البذور فى حالة سكون حرارى تحت هذه الظروف. وقد وجد Cantliffe & Abebe (١٩٩٣) أن نقع بذور الطماطم فى محلول مهوّى (أى تمر فيه فقاقيع من الهواء) من نترات البوتاسيوم أو البوليثيلين جليكول ٨٠٠٠ Polyethylene glycol 8000 يصل ضغطهما الأسموزى إلى ١٢ بارًا لمدة ٦–٨ أيام على حرارة ٢٥°م أدى إلى زيادة إنبات البذور عندما زرعت بعد ذلك فى حرارة ٣٥°م، وكانت المعاملة بالبوليثيلين جليكول أفضل من المعاملة بنترات البوتاسيوم فى هذا الشأن.

النمو الخضرى والتغيرات الفسيولوجية بالنبات

أحدث الشدّ الحرارى فى الطماطم (٣٥°م مقارنة بالحرارة المثلى ٢٥°م) التأثيرات التالية فى أيض الأكسدة بالأوراق:

١– تراكم فوق أكسيد الأيدروجين H_2O_2.

٢– زيادة نشاط الإنزيم superoxidase dismutase.

٣– انخفاض نشاط الإنزيمات التالية:

catalase

guaiacol peroxidase

ascorbate peroxidase
dehydroascorbate reductase
glutathione reductase

٤- زيادة مستوى مضادات الأكسدة التالية:

ascorbate
dehydroascorbate
oxidized glutathione
reduced glutathione

وكان ذلك مصاحبًا بنقص فى النمو الخضرى.

ويبدو أن الحرارة العالية ثبّطت أولاً دورة حامض الأسكوربيك/الجلوتاثيون، ثم أثارت زيادة كبيرة فى نشاط الأكسدة؛ الأمر الذى ظهر على صورة تراكم فى فوق أكسيد الأيدروجين بالنموات الخضرية (Rivero وآخرون ٢٠٠٤).

ولقد قارن Nkansah & Ito (١٩٩٤ أ) كلا من معدل البناء الضوئى والنتح، وتوصيل الثغور، والمحصول بين أصناف الطماطم المتحملة للحرارة العالية، وغير المتحملة للحرارة، والأصناف الاستوائية فى حرارة ٤٠°م نهارًا، و٢٣°م ليلاً، مع قياس التغيرات فى هذه الصفات الفسيولوجية — كذلك — فى حرارة ٢٠، و٣٠، و ٤٠°م فى حجرات النمو. وقد أثبتت هذه الدراسة أن أصناف الطماطم المتحملة للحرارة تنتج محصولاً أعلى من الأصناف غير المتحملة، وأن صفة المحصول ترتبط معنويًا وإيجابيًا بكل من معدل البناء الضوئى والنتح، وتوصيل الثغور.

وفى دراسة أخرى (Nkansah & Ito ١٩٩٤ ب) وُجِدَ أن صنف الطماطم المتحمل للحرارة شوكى Shuki كان أكثر كفاءة فى إنتاج المواد الكربوهيدراتية عن الصنف غير المتحمل للحرارة العالية ستان Sataan، حيث كان الصنف المتحمل للحرارة أعلى فى وزن النباتات الطازج والجاف، وفى المساحة الورقية، والكفاءة التمثيلية، وذلك فى جميع درجات حرارة الجذور التى قورن عندها الصنفان وهى: ١٥، و ٢٠، و٢٥، و٣٠°م.

ويستدل من دراسات Starck وآخرين (١٩٩٤) أن الحرارة العالية (٤٢°م لمدة ١٠ ساعات ثم ٣٥ – ٣٨°م لمدة ١٤ ساعة) تؤدى إلى زيادة كمية عنصر الكالسيوم التى تصل إلى الثمار، وخاصة فى الأصناف التى تتحمل الحرارة العالية.

الإزهار والعقد

تكوين الجاميطات

أدى رفع درجة الحرارة إلى ٢٨°م نهارًا/ ٢٢°م ليلاً أو إلى ٣٢°م نهارًا/ ٢٦°م ليلاً – بما يحاكى الزيادة المتوقعة فى درجات الحرارة الناتجة عن ظاهرة الاحتباس الحرارى – إلى ضعف تحرر حبوب اللقاح وإنباتها فى صنفين من الطماطم، هما: NC 8288 وهو حساس للحرارة العالية، و FLA 7156 وهو يتحمل لها، إلا أن مدى التأثير الحرارى كان أكبر فى الصنف الحساس. كذلك أظهرت حبوب اللقاح التى لم تتحرر وظلّت فى المتوك ضعفًا شديدًا فى إنباتها (Sato & Peet ٢٠٠٥).

ولقد لوحظ أن لتعريض براعم وأزهار الطماطم لحرارة ٤٠°م لمدة يومين متتاليين أثر على تكوين الجاميطات بشدة، حيث أدت معاملة الحرارة المرتفعة قبل تفتح الأزهار – بثمانية إلى تسعة أيام – إلى اندثار الخلايا الأربع الأحادية لحبوب اللقاح pollen tetrad، وظهرت بها علامات البلزمة، والتجلط، وازداد حجم الخلايا المغذية. كما أدى تعريض النباتات لحرارة ٤٠ – ٤٥°م لمدة ٣ ساعات فقط خلال هذه المرحلة – أى قبل تفتح الزهرة بثمانية إلى تسعة أيام – إلى إحداث نقص كبير فى نسبة العقد، واستمر الضرر بمعدل كبير عندما أجريت معاملة الحرارة المرتفعة قبل تفتح الزهرة بخمسة أيام، حيث كانت حبوب اللقاح فى طور التكوين، بينما لم يكن للحرارة المرتفعة تأثير يذكر على حبوب اللقاح الناضجة عندما أجريت المعاملة قبل تفتح الزهرة بيوم واحد، أو ثلاثة أيام.

ومع أنه لم تلاحظ أية نموات غير طبيعية فى مبايض الأزهار عندما فحصت بعد معاملة التعريض للحرارة المرتفعة مباشرة، إلا أنه لوحظ حدوث تدهور واندثار فى

الخلايا الأمية الأنثوية، وذلك عند إجراء الفحص بعد المعاملة بخمسة أيام. وقد تبين من هذه الدراسة أن تأثير الحرارة المرتفعة على كل من الجاميطات المذكرة والمؤنثة يقل تدريجيًّا، وذلك مع تأخير معاملة التعريض للحرارة العالية، إلى أن تلاشى التأثير تمامًا عند إجراء المعاملة قبل تفتح الأزهار بيوم واحد إلى ثلاثة أيام.

وقد تأكد أن إنتاج حبوب اللقاح يكون أقل بكثير فى درجات الحرارة العالية عما فى درجات الحرارة المناسبة. وأمكن تقدير ذلك كميًّا؛ إذ وجد أن كمية حبوب اللقاح المنتجة فى كل زهرة بلغت ٠,٥٤، و ٠,٦ ملليجرام فى أحد الأصناف القادرة على العقد فى الجو الحار عند تعريض النباتات لحرارة عالية (٣٣°م نهارًا/ ٢٣°م ليلاً)، وحرارة معتدلة (٢٣°م نهارًا/ ١٧°م ليلاً)، على التوالى. وبالمقارنة فقد انخفضت كمية حبوب اللقاح المنتجة فى كل زهرة فى أحد الأصناف الحساسة للحرارة من ١,٢١ ملليجرام فى معاملة الحرارة المعتدلة إلى ٠,٤٥ ملليجرام فى معاملة الحرارة العالية. ويتضح مما تقدم مدى زيادة تأثر إنتاج حبوب اللقاح بالحرارة العالية فى الصنف الحساس عنه فى الصنف المقاوم.

وعمومًا لا تتأثر حيوية الكيس الجنينى بنفس القدر الذى تتأثر به حبوب اللقاح، خاصة عندما لا يزيد ارتفاع الحرارة عن ٣٣°م، والدليل على ذلك أن العقد يتحسَّن فى الأزهار المعاملة بالحرارة العالية عندما تلقح مياسمها بحبوب لقاح مأخوذة من نباتات لم تتعرض للحرارة المرتفعة.

وإلى جانب ما تقدم بيانه.. فإن الحرارة المرتفعة تؤدى إلى ضعف تكوين الإندوثيسيم endothecium (النسيج المسئول عن انتثار حبوب اللقاح) وقد تأكد ذلك عندما عرضت النباتات لحرارة ٢٢°م ليلاً، مع ٣٩°م نهارًا.

إنبات حبوب اللقاح

لوحظ أن أفضل حرارة لإنبات حبوب اللقاح كانت ٢٩,٤°م، حيث بلغت نسبة الإنبات عندها ٦٦٪ بعد ٦٠ ساعة، وكانت هذه الدرجة كذلك أفضل درجة لنمو

الأنابيب اللقاحية. هذا.. بينما كان أقل معدل لنمو أنابيب اللقاح عند حرارة ٣٧,٨°م. وبالمقارنة فقد لوحظ فى دراسة أخرى أن درجة الحرارة المثلى لإنبات حبوب اللقاح كانت ٢٥°م، وانخفض الإنبات بمقدار ٤٠٪ عند حرارة ٣٥°م، وبمقدار ٨٨٪ عند حرارة ٣٧,٥°م. كما وُجِدَ أن أفضل حرارة لإنبات حبوب اللقاح فى بيئة صناعية كانت ٢٧°م، وأدى ارتفاع الحرارة عن ذلك إلى نقص سرعة الإنبات. وبمقارنة صنفين أحدهما حساس، والآخر مقاوم للحرارة المرتفعة، وجد أن نسبة إنبات حبوب اللقاح كانت ٧٣٪، و٦٦٪ فى الصنف المقاوم، وذلك عندما عرضت النباتات لحرارة معتدلة (٢٣°م نهارًا/ ١٧°م ليلاً)، وحرارة عالية (٣٣°م نهارًا/ ٢٣°م ليلاً) على التوالى، هذا.. بينما انخفضت نسبة إنبات حبوب اللقاح فى الصنف الحساس من ٦٧٪ فى الحرارة المعتدلة إلى ٤٨٪ فى الحرارة العالية (عن El-Ahmadi ١٩٧٧). وقد وجد Tarakanov وآخرون (١٩٧٨) أن معاملة الحرارة المميتة لحبوب لقاح ٧ أصناف من الطماطم تراوحت بين ٤٠°م و٤٥°م لمدة ٦ ساعات.

وقد درس Preil & Seimann (١٩٦٩) التفاعل بين الحرارة العالية والرطوبة النسبية، ودور هذا التفاعل فى التأثير على حيوية حبوب اللقاح، فوجدا أن إنباتها كان جيدًا فى حرارة ٣٥°م عندما كانت الرطوبة النسبية ٣٥٪، لكن الإنبات توقف كلية تقريبًا عندما كانت الرطوبة النسبية ١٠٠٪.

كذلك درس Weaver & Timm (١٩٨٩) نسبة عقد الثمار، ونسبة إنبات حبوب اللقاح، ونمو الأنابيب اللقاحية فى عدة أصناف وسلالات منتخبة من الطماطم بعد تعريضها لحرارة ٤٠°م لمدة ٦٠ دقيقة، ووجدا ارتباطا معنويًّا وعاليًا جدًّا بين عقد الثمار وكل من إنبات حبوب اللقاح (ر = ٠,٩٨٨)، ونمو الأنابيب اللقاحية (ر = ٠,٨١٥).

التأثير على مياسم الأزهار

وجد Charles & Harris (١٩٧٢) أن عقد ثمار الطماطم ينخفض فى حرارة ٢٦,٧°م،

وأن ذلك يرجع بصفة رئيسية إلى بروز المياسم وضعف قابليتها لاستقبال حبوب اللقاح، حيث يصاحب بروز المياسم — عادة — جفافها وذبولها.

نمو وتكوين الجنين

وجد أن أكبر تأثير للحرارة المرتفعة على الجنين يكون فى المراحل المبكرة من نموه وتكوينه. فعندما عرضت البويضات المخصبة لحرارة ٤٠°م لمدة ٤ ساعات بعد التلقيح بنحو ١٨ ساعة، فشلت فى إكمال نموها. وعندما أجريت هذه المعاملة بعد التلقيح بيوم إلى أربعة أيام اندثر الإندوسيرم وتدهور. أما عندما أجريت معاملة التعريض للحرارة العالية بعد التلقيح بخمسة أيام، لم تنتج عنها أية أعراض غير طبيعية.

محتوى الأعضاء الزهرية من منظمات النمو

درس Kuo & Tsai (١٩٨٤) مستوى الجبريللينات والأوكسينات فى البراعم الزهرية، والأزهار المتفتحة، والثمار العاقدة حديثًا عند تعريض النبات أثناء أى من هذه المراحل لدرجة حرارة ٣٨°م لمدة ٥ ساعات، ووجدا أن هذه المعاملة أحدثت نقصًا فى مستوى كل من الجبريللينات والأوكسينات، خاصة فى البراعم الزهرية والثمار العاقدة.

محتوى الأعضاء الزهرية من البرولين

يحاول الباحثون دراسة تأثير التعرض للحرارة العالية على محتوى النبات من البرولين بمعلومية أن البرولين يتراكم فى أوراق الطماطم عندما يتعرض النبات لظروف بيئية قاسية، مثل: التعرض للملوحة العالية، أو النقص الشديد، أو الزيادة الشديدة فى الرطوبة الأرضية. وقد وجدت اختلافات وراثية بين سلالات الطماطم فى هذه الخاصية. وفى محاولة لدراسة تأثير درجة الحرارة على محتوى البرولين وعلاقة ذلك بالعقد، قام Kuo وآخرون (١٩٨٦) بتقدير محتوى المتوك، وحبوب اللقاح، وأمتعة الأزهار، والأوراق من البرولين فى درجات الحرارة المختلفة، فوجدوا أن محتوى المتوك من البرولين ازداد مع تقدم نمو الأجزاء الزهرية، ووصل المحتوى إلى أقصى مداه عند تفتح الأزهار. أما المتاع فكان محتواه من البرولين أقل من محتوى المتوك، ولم يرتفع مع تقدم

نمو البرعم الزهرى. وقد أدت الحرارة المرتفعة إلى خفض مستوى البرولين فى كل من المتوك، وأمتعة الأزهار أيًا كانت مرحلة نموها. وبالمقارنة.. فقد كان مستوى البرولين فى الأوراق أقل مما فى متوك، أو أمتعة الأزهار، إلا أن معاملة الحرارة المرتفعة أدت إلى زيادة محتواها من البرولين. وقد وجدوا أن حبوب اللقاح التى جمعت فى المواسم الحارة احتوت على برولين أقل مما فى تلك التى جمعت فى المواسم الباردة. كما أدت إضافة البرولين إلى بيئة إنبات حبوب اللقاح إلى زيادة معدلات الإنبات، وزيادة مقاومتها للحرارة. واستنادًا لهذه النتائج، وضع الباحثون افتراضًا بأن ارتفاع درجة الحرارة يؤدى إلى ارتفاع نسبة البرولين فى الأوراق على حساب نسبته فى المتوك، بينما يعد المحتوى المرتفع للبرولين فى المتوك ضروريًا لإكساب حبوب اللقاح القدرة على الإنبات فى الحرارة العالية.

الخيار

النمو الجذرى

أدى رفع درجة 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 تردّى 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. وكانت دلائل النمو — مقارنة بالنمو عند حرارة جذور مقدارها 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).

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 (Tachibana وآخرون ١٩٩٧).

البناء الضوئى

يتأثر 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 و٦°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/م٢/ثانية. وأوضحت الدراسة أن معدل البناء الضوئى تراوح فى الأوراق الصغيرة

(بعد ١٠ أيام من ظهورها) بين ١٥، و٢١ ميكرومولاً من ثانى أكسيد الكربون/م٢/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 تزداد 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° 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 كيلو باسكال kPa على حرارة ٤٦°م، مقارنة بتلك التى تعرضت لفرق فى ضغط بخار الماء قدره ٤,٨ كيلو باسكال. 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 أرجع 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 درجة 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 الشدّ الحرارى وتأثيره على جهاز البناء الضوئى، وإمكان تجنب أضرار الحرارة العالية بخفض الرطوبة النسبية وزيادة الرطوبة الأرضية.

البسلة

أوضحت دراسات Lenne & Douce (١٩٩٤) أن البسلة تستجيب للتغير الحاد فى درجة الحرارة من ٢٥°م إلى ٤٠°م — عند التعرض للدرجة الأخيرة لمدة ثلاث ساعات — بتكوين نوع خاص من بروتين الصدمة الحرارية heat shock protein (وهو ٢٢ كيلو دالتون 22 kDa) أطلق عليه اسم HSP22. وقد أنتج هذا البروتين وتراكم فى الـ matrix بميتوكوندريات الأوراق الخضراء.

وفى دراسة أخرى وجد أن البسلة تستجيب لمعاملة التعرض لحرارة ٣٧°م لمدة ٦ ساعات بتكوين ثلاثة أنواع من بروتين الصدمة الحرارية، ذات وزن جزيئى منخفض وذات كتلة جزيئية molecular mass قدرها ٢٢ كيلو دالتون 22 kDa، ويتأثر تكوين تلك البروتينات بجينات مختلفة. تتكون بروتينات الصدمة الحرارية بسرعة شديدة وتتجمع فى الميتوكوندريات، حيث يمكن ملاحظتها فى خلال ٤٥ دقيقة من المعاملة، ويزداد تركيزها فى الميتوكوندريا إلى أن يصل إلى حد أقصى قدره ٢٪ من بروتين الميتوكوندريات الكلى. ويبقى تركيز بروتين الصدمة الحرارية مرتفعًا لمدة تزيد عن ٦ أيام بعد زوال الشد الحرارى (Wood وآخرون ١٩٩٨).

القدرة المكتسبة على تحمل الانحرافات الحرارية الحادة

إن القدرة المكتسبة على تحمل الانحرافات الحادة فى درجة الحرارة هى صفة معقدة تعتمد على عديد من الخصائص. ويمكن التوصل إلى القدرة على البقاء فى شدٍّ حرارى قاتل بالتعريض لشدٍّ حرارى معتدل غير قاتل. تعرف تلك القدرة المستحثة على