الماء النسبى، والمحتوى البروتينى للنباتات المعاملة بحامض الجاسمونك مع الملوحة أعلى مما فى النباتات المعاملة بالملوحة فقط. كما أن المعاملة بحامض الجاسمونك فى حد ذاته أحدثت شدًّا فسيولوجيًّا، وجعلت النباتات تستجيب بزيادة تراكم البرولين، وزيادة كلاً من الـ photorespiratin، وتركيز ثانى أكسيد الكربون عند الـ compensation، مثلما يحدث عند التعرض للملوحة. وقد أدت المعاملة بحامض الجاسمونك إلى خفض تراكم أيون الكلورين والصوديوم فى النموات الخضرية (Fedina & Tsonev ١٩٩٧).

التأثير الفسيولوجى لدرجة الحرارة

تأثير درجة الحرارة على النمو والمحصول

تناسب الحرارة العالية النمو الخضرى مقارنة بالنمو الجذرى؛ مما يؤدى إلى نقص نسبة النمو الجذرى إلى النمو الخضرى، الأمر الذى ينعكس سلبيًّا بعد فترة على المحصول البيولوجى. وبالمقارنة فإن الحرارة المنخفضة فى بداية النمو النباتى تحفز النمو الجذرى الجيد، الذى يمكن – بدوره – أن يدعم نموًّا خضريًّا جيدًا. كذلك تسهم الحرارة العالية فى تقليل النمو الخضرى من خلال تقصيرها لفترة النمو الخضرى ذاتها. هذا مع العلم بأن تأثير الحرارة على طول الفترة من الإنبات حتى الإزهار لا علاقة له بتأثير الحرارة على معدل النمو.

وقد تباينت كثيرًا نتائج الدراسات الخاصة بتأثير درجة الحرارة على نمو البسلة، وعقد قرونها، ومحصولها. ومن بين النتائج التى حُصل عليها فى دراسات مختلفة، ما يلى (عن Pumphrey & Raming ١٩٩٠).

- كان المحصول عاليًّا عندما كان الجو دافئًا فى بداية حياة النبات، ومائلاً إلى البرودة بعد ذلك، وكان المحصول منخفضًا عندما كان الجو مائلاً إلى البرودة فى بداية حياة النبات ودافئًا بعد ذلك.
- أمكن إرجاع ٧٥٪ من الاختلافات السنوية فى محصول البسلة فى ولاية وكنسن الأمريكية إلى الاختلافات فى درجات الحرارة الصغرى خلال مرحلتى نمو البادرة والإزهار وعقد القرون.

● أمكن إرجاع ٦٨٪ من الاختلافات فى محصول البذور فى استراليا إلى الصقيع عند بداية الإزهار، والحرارة العالية أثناء الإزهار، مع توقع زيادة قدرها ٦٠٠ كجم فى محصول البذور/ هكتار مع كل انخفاض قدره درجة واحدة مئوية فى متوسط درجة الحرارة اليومى خلال مرحلة الإزهار.

● توصل Boswell عام ١٩٢٩ إلى أن ٢٠°م كمتوسط يومى لدرجة الحرارة يعد قريبًا من الحرارة الحرجة التى يؤدى ارتفاعها عن ذلك إلى الإضرار بنمو البسلة.

● وذكر أن محصول البسلة ينخفض بارتفاع درجة الحرارة خلال النهار عن ١٦°م، وارتفاعها أثناء الليل عن ١٠°م.

● واعتبر متوسط موسمى لدرجة الحرارة قدره ٢٠-٢١°م مثاليًا للبسلة.

● وحُدِّدَت حرارة ٢٥-٢٦°م حدًا أقصى للدرجة المناسبة للبسلة خلال الإزهار، وأن النمو يقف عند حرارة ٣٦°م.

● واقترح آخرون ٢٧°م كحدٍ أقصى لدرجة الحرارة نهارًا.

● وأوضح الكثيرون أن أشد الأوقات حرجًا بالنسبة للتأثير السلبى للحرارة العالية هو من الإزهار حتى امتلاء القرون، وأن أكثر مكونات المحصول تأثرًا بالحرارة العالية هو عدد القرون بالنبات.

ووجد Pumphrey & Raming (١٩٩٠) أن ارتفاع متوسط الحرارة العظمى اليومى لم يكن بذى تأثير على محصول البسلة حتى ٢٥,٦°م، ولكن الحرارة الأعلى من ذلك أدت إلى نقص المحصول، وكان النقص فى المحصول لوغاريتميًا مع الارتفاع الخطى فى حرارة النهار. وتراوح النقص فى المحصول الطازج بين ١٦كجم/هكتار مع كل زيادة قدرها وحدة حرارية يومية فوق ٢٧°، و ٧٦ كجم/هكتار مع كل زيادة مماثلة فوق ٣٥°م.

هذا .. لم يجد Oliver & Annandale (١٩٩٨) فروقًا معنوية بين أصناف البسلة فى درجات الحرارة الصغرى (التى لا يحدث فى حرارة أقل منها أى نمو)، والمثلى، والعظمى (التى لا يحدث فى حرارة أعلى منها أى نمو) فى مختلف مراحل النمو

والتطور، والتى وجدت كما يلى:

المرحلة	الحرارة الصغرى (م)	الحرارة المثلى (م)	الحرارة العظمى (م)
إنبات البذور	صفر	٢٩	٤٠
نمو البادرة، والنمو الخضرى، والزهرى	٣	٢٨	٣٨

وتحت ظروف الحقل احتاج المحصول من الدرجات الحرارية اليومية: °C days إلى حوالى ١٠٠ للإنبات، و ٢٦٠ للوصول إلى مرحلة نمو الورقة الرابعة، و ٣٨٠ للوصول إلى مرحلة نمو الورقة السابعة، و ٧٣٠ للوصول إلى مرحلة نمو الورقة الرابعة عشر، وبين ٧٧٠ و ٨٩٠ للوصول إلى مرحلة الإزهار، وبين ١٣٨٠ و ١٤٥٠ من زراعة البذرة إلى حين نضج المحصول الأخضر مقدرة بقراءة جهاز تندرومتر tendrometer reading قدرها ١٣٠.

فسيولوجيا الاستجابة للحرارة المنخفضة

أدت معاملة بادرات البسلة بحامض الأبسيسيك ABA بتركيز ١٠$^{-٤}$ مولار، أو أقلمتها على حرارة ٢°م إلى زيادة قدرة السويقة الجنينية العليا وأنسجة النموات الخضرية على تحمل التجمد من خلال مسار مختلف لكل معاملة، ولكن كلتا المعاملتين أدتا إلى إنتاج بروتين ٢٤ كيلو دالتون 24 kDa ، وكان تأثيرهما متجمعًا (Welbaum وآخرون ١٩٩٧).

فسيولوجيا الاستجابة للحرارة المرتفعة

أوضحت دراسات Lenne & Douce (١٩٩٤) أن البسلة تستجيب للتغير الحاد فى درجة الحرارة من ٢٥° 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 heat shock protein، 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).

فسيولوجيا التعرض لظروف الجفاف

التأثير الفسيولوجى للجفاف

يؤدى تعرض البسلة لظروف الجفاف إلى نقص معدل النمو النسبى relative growth rate (Makela وآخرون ١٩٩٧)، ومعدل إنتاج الأوراق rate of leaf production، ومعدل نمو الأوراق فى المساحة leaf expansion rate وإلى حدوث ارتفاع طفيف فى درجة حرارة الأوراق بسبب انغلاق الثغور ونقص معدل النتح، ولكن ذلك كله لا يحدث إلا فى حالات الجفاف الشديد؛ وإلى حين الوصول إلى تلك الدرجة من الجفاف فإن معدل إنتاج الأوراق يعتمد أساسًا على درجة حرارة الهواء (Lecoeur & Guilioni ١٩٩٨).

كذلك يؤدى التعرض لظروف الجفاف إلى انخفاض أيض الكربون والنيتروجين فى العقد الجذرية، فينخفض بشدة نشاط إنزيم sucrose synthase، كما يقل نشاط بعض الإنزيمات التى تشارك فى تمثيل النيتروجين فى العقد الجذرية، مثل: glutamine synthase، و aspartate aminotransferase (González وآخرون ١٩٩٨).

تأثير التعرض للأشعة فوق البنفسجية بى

يقلل التعرض للأشعة فوق البنفسجية B (أو UV-B) من أضرار التعرض للجفاف، ذلك لأن التعرض لتلك الأشعة يقلل من فقد النبات للماء – من خلال التغيرات التى تحدثها فى النبات – والتى من أبرزها: تقليل درجة توصيل الثغور بالسطح العلوى للأوراق بنسبة ٦٥٪، ونقص المساحة الورقية بدرجة كبيرة، ونقص الكتلة البيولوجية