وذلك عندما يحدث تبريد فائق super-cooling للماء الموجود فى أنسجتها. وتزداد فرصة حدوث التبريد الفائق عندما تكون الأسطح الورقية خالية نسبيًا من البكتيريا المكونة لنويات البللورات الثلجية. ونجد تحت الظروف الحقلية أن الأسطح النباتية نادرًا من ما تكون خالية من تلك البكتيريا، إلا أن أعدادها قد تكون منخفضة إلى الحد الذى يسمح بحدوث تبريد فائق بدلاً من تكوين نويات البللوات الثلجية. وقد تبين أن وجود الندى على الأوراق يزيد من فرصة تكوين نويات البللورات الثلجية.

وقد عرض Cary & Lindow (١٩٨٦) بادرات فاصوليا من صنف Pinto لحرارة تراوحت بين -٢، و -٥°م لمدد تراوحت بين ٣٠ دقيقة و ١٢ ساعة، ووجدا أن النباتات التى لم تكن قد رُشَّت بمعلق من البكتيريا *Pseudomonas syringae*، وتلك التى تعرضت لشد رطوبى وصل إلى نقطة الذبول كانت أكثر مقاومة لتكوين نويات البللورات الثلجية. كذلك كانت النباتات التى لم تبلل سطحيًا أكثر ميلاً للتبريد الفائق عن تلك التى تعرضت أسطحها لرذاذ من الماء المقطر، سواء أكانت قد عوملت بالبكتيريا، أم لم تعامل. وقد ذكر الباحثان أن معاملة النباتات بالمواد المبللة للأوراق wetting agents (المواد الناشرة) عند رش النباتات بمختلف المركبات الكيميائية ربما يعيق عملية التبريد الفائق.

أضرار البرودة

يؤدى تعرض بادرات الفاصوليا للبرودة إلى إحداث شد رطوبى بها فى خلال ٢٠-٣٠ ساعة. ولكنها تستعيد امتلاءها بعد ذلك. وقد تبين أن تركيز حامض الأبسيسيك ABA يزداد أثناء التعرض للبرودة، ويصل إلى تركيزات أعلى فى الأوراق المركبة الثلاثية عما فى الأوراق البسيطة الأولية، وكذلك فى الجذور فى مرحلة نمو الأوراق المركبة عما فى مرحلة نمو الأوراق الأولية (Mori وآخرون ١٩٩٥).

ويؤثر تعرض نباتات الفاصوليا للحرارة المنخفضة (٤°م لمدة ١٢ ساعة ليلاً) - أثناء اكتمال تكوين البذور - يؤثر ذلك كثيرًا على النشاط الفسيولوجى فيها، حيث يضعف النشاط الأيضى للأوراق، ومعدل البناء الضوئى فيها، وينخفض محصول البذور، ويقل وزنها، بينما يزداد محتوى البذور من البروتين فى بعض الأصناف ولا يتأثر فى أصناف

أخرى. وتتباين شدة تلك التأثيرات كثيرًا باختلاف الأصناف (Pena-Valdivia وآخرون ١٩٩٤).

التغلب على أضرار البرودة

أدت معاملة نباتات الفاصوليا بالمركب الذى يعرف بالرمز الكودى GLK-8903 إلى التغلب على أضرار البرودة التى أحدثها تعريض النباتات لحرارة ٤°م ليلاً ونهارًا؛ فقد أدت إلى خفض النقص الذى تحدثه معاملة البرودة فى الجهد المائى الكامن للأوراق leaf water potential، وخفض الزيادة التى تحدث فى كل من الجهد الكامن الأسموزى osmotic potential، والتسرب الأيونى electrolyte leakage، وهو الذى يعد دليلاً على مدى الضرر الذى تُحدثه البرودة بالأغشية الخلوية (Flores-Nimedez وآخرون ١٩٩٣). وفى دراسة أخرى نُميّت فيها بادرات الفاصوليا حتى عمر ٢٠ يومًا فى حرارة ٢٥°م نهارًا، و ٢٢°م ليلاً ثم رُشّت بتركيز ٠,٥٪ من المركب GLK-8903 – أو لم ترش (كنترول) –، ثم عرضت لحرارة ٤°م ليلاً ونهارًا لمدة ٣ أيام .. أدت معاملة البرودة إلى ذبول أوراق نباتات الكنترول التى لم تعامل بالمركب، بينما ظلت أوراق النباتات التى عوملت محتفظة بنضارتها وامتلائها. وقد أدت المعاملة بالمركب إلى خفض عملية أكسدة الفوسفوليبيدات (Zhang وآخرون ١٩٩٤).

تأثير الحرارة على امتصاص الفوسفور

يزداد امتصاص جذور الفاصوليا للفوسفور بارتفاع درجة حرارة التربة فى محيط الجذور من ١٥ إلى ٣٥°م، ويبلغ الـ Q_{10} لعملية امتصاص الفوسفور فى ذلك المدى الحرارى ١,٥، أى إن معدل امتصاص العنصر يزداد بمقدار ٥٠٪ مع كل ارتفاع قدره ١٠ درجات مئوية بين ١٥، و ٣٥°م. وأدى توفر الحديد بتركيز ٥ ميكروموول/لتر فى المحاليل المغذية إلى إحداث نقص معنوى فى امتصاص الفوسفور (Raeini-Sarjaz & Barthakur ١٩٩٥).

تأثير الحرارة على البناء الضوئى

ازداد معدل البناء الضوئى فى الفاصوليا بارتفاع درجة الحرارة من ٢٠ إلى ٢٥°م،

وقدر الـ Q_{10} لتلك الزيادة بنحو ١,٩. ومع استمرار الزيادة فى الحرارة من ٢٥ إلى ٣٠°م انخفض الـ Q_{10}، وربما كان ذلك مردة إلى تقييد الحرارة العالية إنتاج مستقبلات لثانى أكسيد الكربون. وبالمزيد من الارتفاع فى الحرارة من ٣٠ إلى ٣٥°م ازداد الإنخفاض فى الـ Q_{10} نتيجة لعدم قدرة الثيلاكويدات thylakoids على استمرار توفير إمداد كافٍ من الـ NADPH (Pastenes & Horton ١٩٩٥).

الأتربة

تؤثر الأتربة التى تسقط على أوراق الفاصوليا سلبيًا على معدل البناء الضوئى فيها، ولكن يتوقف مدى هذا التأثير على ما إذا كانت الثغور مفتوحة أم مغلقة وقت سقوط الأتربة، وعلى قطر ذرات الغبار. فيؤدى سقوط الأتربة عندما تكون الثغور مفتوحة إلى تقليل درجة توصيلها نهارًا وزياداتها ليلاً – مقارنة بما يحدث فى نباتات الكنترول – وذلك بسبب الانسداد الذى تحدثه الأتربة للثغور. ويزداد مقدار هذا التأثير كلما صغر قطر ذرات الغبار. وبالمقارنة لم يكن لسقوط الغبار على الأوراق تأثيرًا يذكر عندما حدث ذلك وقت أن كانت الثغور مغلقة. وقد أثر الغبار سلبيًا على معدل البناء الضوئى من خلال تظليله للأوراق، وازداد هذا التأثير مع صغر حجم ذرات الغبار. كذلك أدى امتصاص الغبار للطاقة الشمسية إلى رفع درجة حرارة الورقة إلى درجة أثرت على معدل البناء الضوئى فيها بالزيادة أو بالنقص حسب درجة حرارة الهواء. كما أدى ارتفاع حرارة الأوراق إلى زيادة معدل النتح منها (Hirano وآخرون ١٩٩٥).

الأمطار

تنغلق ثغور أوراق الفاصوليا كلية فى خلال دقيقتين فقط من تعرضها للأمطار التى تؤدى إلى ابتلالها التام، ثم تفتح جزئيًا إلى نحو ٥٠٪ من انفتاحها الكامل مع استمرار الأمطار (أو الرذاذ) لمدة ساعة. ويتغير معدل تبادل غاز ثانى أكسيد الكربون فى هذه الأوراق المبتلة مع التغير فى درجة انفتاح الثغور، ويبلغ حوالى ٦٠–٧٠٪ مما فى الكنترول فى خلال ساعة واحدة. ولا يقتصر تأثير ابتلال الأوراق فى معدل البناء الضوئى على هذا التأثير السلبى الفورى، ولكنه يحدث كذلك ضررًا – يدوم لفترة طويلة – فى جهاز البناء الضوئى ذاته (Ishibashi & Terashima ١٩٩٥).

الأشعة فوق البفسجية

أدى تعريض نباتات الفاصوليا للأشعة فوق البنفسجية بى UV-B – وهى التى تتراوح أطوال موجاتها بين ٢٨٠، و ٣٢٠ نانو ميتر – أدى إلى نقص النمو النباتى بنسبة الثلث تقريبًا، ونقص محصول القرون الخضراء بنسبة ٥٥٪، بينما لم تَحدث تأثيرات مماثلة عندما تعرضت النباتات للأشعة فوق البنفسجية أى UV-A (Saile-Mark & Tevini ١٩٩٧، و Antonelli وآخرون ١٩٩٧).

التأثير الفسيولوجى لنقص الرطوبة الأرضية

التأثير على النمو، والمحصول، وتكوين العقد الجذرية

يفضل رى حقول الفاصوليا كلما انخفضت الرطوبة الأرضية فى منطقة نمو الجذور إلى ٧٥٪ من الرطوبة عند السعة الحقلية. ويؤدى انخفاض محتوى التربة الرطوبى عن ذلك إلى نقص النمو النباتى والمحصول، ويزداد الضرر فى الأصناف المتسلقة عنها فى الأصناف القصيرة. كذلك يقل تكوين بكتيريا الرايزوبيم الجذرية ويقل نشاطها بزيادة الإنخفاض فى الرطوبة الأرضية (Sangakkara ١٩٩٤). وقد حصل Costa وآخرون (١٩٩٧) على نتائج مماثلة لتلك حيث أدى تعريضهم النباتات لشدٍ رطوبى إلى نقص الوزن الجاف لكل من النباتات والعقد الجذرية، ونقص معدل النمو النباتى النسبى، وكذلك إلى انخفاض نشاط إنزيم النيتروجينيز nitrogenese. وبينما أدت إزالة حالة الشدّ الرطوبة إلى استعادة النباتات لنموها العادى، فإنها لم تستعد بصورة كاملة الوزن الجاف للعقد الجذرية – مقارنة بنباتات الكنترول – كما لم يعد نشاط إنزيم النيتروجينيز إلى سابق عهده.

التأثير على عقد القرون والبذور

كانت نباتات الفاصوليا أكثر حساسية لنقص الرطوبة الأرضية أثناء مراحل نمو البراعم، والإزهار، وعقد القرون، بدرجة أكبر منها أثناء مراحل نمو القرون وامتلاء البذور. وقد كان عدد القرون النهائى أقل بنسبة ٥٣٪ فى النباتات التى تعرضت للشدّ الرطوبى أثناء مرحلة نمو البراعم مقارنة بنباتات الكنترول. أما عدد البذور فى القرن فلم يتأثر بالقدر ذاته حيث كان الانخفاض فى عددها ١٣٪ فقط فى حالة الشدّ الرطوبى