غير ميسرة للاستعمال الآدمى. ولا يمكن التخلص من هذا المركب بالطهى، لكن كميته تكون منخفضة جدًّا فى الفاصوليا على أية حال (Robertson & Frazier ١٩٧٨).

العيوب الفسيولوجية

لفحة الشمس

تعتبر لفحة الشمس sunscald من أهم العيوب الفسيولوجية التى تظهر فى الفاصوليا، وتلاحظ الأعراض إذا تعرضت القرون لأشعة الشمس القوية فى يوم حار، حيث يؤدى ذلك إلى موت الخلايا السطحية المواجهة للشمس. ولايحدث ذلك عادة إلا إذا ضعف النمو النباتى وسقطت الأوراق لأى سبب كان. وأول الأعراض هو ظهور بقع صغيرة جدًّا بنية اللون أو حمراء على الجانب المعرض للشمس. وتزداد هذه البقع فى الحجم تدريجيًّا، وتلتحم مع بعضها طوليًّا على صورة خطوط متوازية بطول القرن. وتكون الأنسجة المتأثرة مائية المظهر فى البداية ثم تصبح غائرة. وتلتحم المناطق المصابة معًا لتكون بقعًا أكبر ذات لون بنى ضارب إلى الحمرة، وقد تغطى هذه البقع كل سطح القرن (شكل ٨-٤، يوجد فى آخر الكتاب) (Ramsey & Wiant ١٩٤١).

وتزداد حدة الأعراض إذا حدث التعرض لأشعة الشمس القوية بعد فترة من الغيوم الكثيرة مع رطوبة نسبية عالية.

القرون الخضراء المصفرة

تعرف القرون الخضراء المصفرة chlorotic pods – كذلك – بالقرون البيضاء، ومن أهم أعراضها فقد القرون للونها الأخضر المميز للصنف، واكتسابها للون أخضر مشوب بالصفرة، أو أصفر مشوب بالخضرة، ولكن القرون لا تصبح صفراء اللون أو بيضاء. وتتوقف درجة فقد القرون للونها الأخضر المميز على كل من مدى دكنة اللون الأخضر الطبيعى وشدة الإصابة.

تزداد شدة الإصابة بهذه الحالة مع شدة الإصابة بالذبابة البيضاء من النوع *Bemisia argentifolii*، وهى التى كانت تعرف خلال ثمانينيات القرن العشرين وبداية التسعينيات منه باسم طراز B البيولوجى، أو سلالة فلوريدا، أو ذبابة البانسية البيضاء،

وذلك فى مقابل طراز A البيولوجى، أو سلالة كاليفورنيا، أو ذبابة البطاطا الحلوة أو القطن البيضاء، وهى التى كانت – ومازالت – تعرف بالاسم العلمى *Bemisia tabaci*. انتشر النوع *B. argentifolii* منذ أواخر الثمانينيات، وانتشرت معه نوعيات مختلفة من الإصابات الفسيولوجية، لعل من أبرزها حالة مميزة من النضج المتبقع فى ثمار الطماطم (حسن ١٩٩٨)، والتلون الفضى فى أوراق الكوسة (حسن ٢٠٠٠)؛ ويعد ذلك العيب الفسيولوجى الأخير هو السبب فى تسمية الذبابة *B. argentifolii* – كذلك – باسم ذبابة ورقة الكوسة الفضية البيضاء squash silver-leaf whitefly. وفى هاتين الحالتين – الطماطم والكوسة – يرتبط ظهور العيب الفسيولوجى بتغذية حوريات nymphs الذبابة البيضاء، حيث تفرز أثناء تغذيتها سمومًا تتحرك ببطء شديد فى الأنسجة النباتية لتحدث تلك الأعراض.

ولقد وجد Hassan & Sayed (١٩٩٩) أن حالة القرون الخضراء المصفرة ترتبط – هى الأخرى – بالإصابة بالذبابة البيضاء من النوع *B. argentifolii*؛ ويعتقد أن ملابسات ظهور هذا العيب الفسيولوجى تتفق تمامًا مع ظهور أعراض العيوب الفسيولوجية الأخرى التى تحدثها هذه الذبابة.

ويمكن مكافحة هذا العيب الفسيولوجى – الذى طالما عانى منه منتجى الفاصوليا ومصدريها – بمكافحة الذبابة البيضاء، كما تمكن الباحثان من مكافحة المشكلة جزئيًا بالتسميد الورقى للنباتات، وبزراعة الأصناف ذات القرون الأكثر إخضرارًا.

أضرار الرياح

تؤدى الرياح القوية إلى احتكاك القرون ببعضها البعض وبالأجزاء النباتية الأخرى؛ مما يؤدى إلى الإضرار ببعض الخلايا السطحية للقرون فى أحد جوانب القرن؛ ويؤدى ذلك إلى التواء القرن حول الجزء الذى أضيرت خلاياه (شكل ٨–٥، يوجد فى آخر الكتاب) لأن خلايا الجانب الآخر غير المضارة تستمر فى النمو، بينما لا تنمو الخلايا التى أضيرت. تكون الأجزاء المتأثرة من القرون طويلة ومتغيرة اللون، حيث تبدو بلون أسمر ضارب إلى الخضرة، كما تكون مرتفعة قليلاً.

كذلك يظهر على أوراق النباتات المتأثرة بأضرار الرياح نوعين من الأعراض، هما: تمزقات الأوراق، وظهور بقع سمراء مخضرة اللون بغير حافة محددة، تنتج من جراء احتكاك الأوراق ببعضها البعض.

وتسبب الرياح الشديدة رقاد النباتات وتكسر السيقان.

وتعد الأصناف الطويلة أكثر حساسية لأضرار الرياح عن الأصناف القصيرة.

أضرار البَرَدْ

تشتمل أعراض الأضرار التى يسببها سقوط البَرَدْ hail تمزق الأوراق، وتكسر السيقان والفروع وسحقها، وظهور مساحات مخدوشة بيضاء اللون على السيقان، والفروع، وأعناق الأوراق، والأوراق. ويتوقف مدى الضرر على شدة ومدة العاصفة وحجم حبات البَرَدْ، وطراز النمو النباتى (محدود أم غير محدود النمو)، ومرحلة النمو التى يتعرض خلالها النبات للبَرَد. وغالبًا ما تُرى نسبة كبيرة من وريقات النبات وقد انكسرت وتساقطت على سطح التربة. كذلك قد تُخدش القرون، ويتغير لون الأجزاء المخدوشة. ويؤدى البَرَدْ الغزير إلى موت نسبة من النباتات وتأخير الحصاد.

وإذا حدثت عاصفة البَرَدْ خلال الأسابيع الخمسة الأولى من النمو النباتى يتعين تقدير نسبة النباتات التى أضيرت بشدة لاتخاذ قرار بشأن إعادة الزراعة فى حالة الضرورة. وتزداد شدة الضرر فى الأصناف المحدودة النمو عندما يسقط البرد خلال الـ ٤٠–٤٥ يومًا الأولى من نموها عما يكون عليه الحال فى الأصناف غير المحدودة النمو، لأن الأصناف المحدودة النمو تتجه من النمو الخضرى إلى النمو الثمرى بعد ظهور الزهرة الأولى. وعمومًا تكون أمام النباتات فرصة أكبر لتعويض الضرر إذا ما حدث فى بداية موسم النمو.

وإذا ما اقترن سقوط البَرَدْ بالرياح والأمطار فإن الأنسجة المتأثرة بالبَرَدْ تكتسب غالبًا مظهرًا مائيًّا، ويمكن حينئذ للبكتيريا المرضة أن تصيب النبات من خلال تلك الأنسجة، وتنتشر فى الحقل بواسطة الرياح والأمطار.

أضرار البرق

تظهر أحيانًا مساحات من حقول الفاصوليا وقد ماتت فيها النباتات أو أضيرت بشكل غير عادى، دون أن تكون هناك أية أعراض لإصابات مرضية، ويحدث ذلك عند التعرض للبرق. تحتوى المساحات المتأثرة – والتى تكون دائرية غالبًا – على نباتات صفراء إلى بنية اللون تموت فى خلال أيام قليلة. ويتراوح لون نسيج النخاع فى سيقان هذه النباتات بين البنى والأسود (Hall ١٩٩٩).

أضرار الأوزون

تظهر أضرار الأوزون على الفاصوليا عند زيادة تركيز الغاز (O_3) فى الجو بفعل عوادم السيارات، أو بعد البرق فى العواصف الرعدية، وتتوقف شدة الضرر على تركيز الغاز. ومن أهم الأعراض ظهور بقع صغيرة بيضاء اللون على أى من سطحى الورقة. وعندما تكثر تلك البقع وتتلاحم فإنها تكسب الأوراق لونًا أبيض، ولكن تبقى العروق خضراء اللون، وتكثر هذه الأعراض على الأوراق السفلى التى لا تتعرض للضوء بصورة مباشرة. ومن الأعراض الأخرى الشائعة تلون السطح العلوى للأوراق بلون قرمزى ضارب للبنى ينتج من تلاحم بقع صغيرة كثيرة باللون ذاته، وتعرف هذه الأعراض باسم التلون البرونزى bronzing.

ويؤدى نقص الزنك إلى زيادة أضرار الأوزون، ويرتبط ذلك بدور الزنك – وكذلك النحاس – كمرافقات لإنزيمات الـ superoxide dismutases، ومن ثم فإنه يعمل على التخلص من الـ superoxide anions السامة التى تتكون عند التعرض للأوزون (Wenzel & Mehlhorn ١٩٩٥).

وقد أدى تعرض نباتات الفاصوليا للأوزون تحت ظروف الحقل إلى نقص محصول القرون بنسبة ١٤٪، وازدادت أعراض الإصابة بصورة رئيسية بعد الإزهار، وكانت النباتات أكثر حساسية للأوزون خلال مرحلتى الإزهار والإثمار (Vandermieren وآخرون ١٩٩٥). ومع زيادة تركيز الأوزون ازدادت مقاومة الثغور، وانخفض معدل البناء الضوئى، ولكن تعين تراكم تركيز حرج من الأوزون فى نسيج الأوراق قبل أن يتأثر البناء الضوئى فيها (Salam & Soja ١٩٩٥).

وأحدث تعريض نباتات الفاصوليا للأوزون بتركيز ٨٠ جزءًا فى البليون لمدة ٤ ساعات نقصًا سريعًا فى نشاط البناء الضوئى، وأمكن الكشف عن تعرض النباتات للشدّ البيئى – مثل التلوث بالأوزون – عن طريق استعمال القياسات الفسيولوجية، مثل التبادل الغازى، واستشعاع (فلورة) الكلوروفيل chlorophyll fluorescence (Guidi وآخرون ١٩٩٧).

وتنتج نباتات الفاصوليا التى تتعرض للأوزون (بتركيز ١٣٠ جزءًا فى البليون لمدة ٤ ساعات) بروتينًا مماثلاً للبروتين الذى تنتجه الأوراق لدى حقنها بأى من فيروسى موزيك التبغ TMV أو تحلل التبغ TNV (Maffi وآخرون ١٩٩٥).

هذا .. وتتباين أصناف الفاصوليا كثيرًا فى مدى حساسيتها للأوزون، ومن أكثر الأصناف تحملاً تندركروب Tendercrop، وبروفيدر Provider، وإيجل Eagle (عن Hagedorn & Inglis ١٩٩٨).

وقد أوضحت دراسات Tonneijck & Dijk (١٩٩٧) أن معاملة نباتات الفاصوليا التى تعرضت لتركيزات مرتفعة نسبيًّا من الأوزون .. معاملتها عن طريق التربة بمضاد الأكسدة: الإثيلين داى يوريا ethylenediurea أدى إلى توفير حماية جزئية لها من أضرار الأوزون، حيث أدت المعاملة إلى زيادة محصول البذور الجافة، وكانت المعاملة مصاحبة بزيادة فى عدد أوراق النبات عند الحصاد؛ مما يعنى أن المعاملة أخّرت شيخوخة الأوراق، وأن ذلك ربما كان عاملاً هامًا فى تفسير الزيادة فى المحصول والحماية من الأضرار التى يحدثها الأوزون بالأوراق.

أضرار ثانى أكسيد الكبريت

يعد ثانى أكسيد الكبريت sulfur dioxide أحد أهم ملوثات الهواء الجوى، كما تعد الفاصوليا من الخضر الحساسة له.

وتؤدى المعاملة باليونيكونازول uniconazole إلى حماية النباتات من أضرار التعرض لغاز ثانى أكسيد الكبريت، وتكون الحماية كاملة عند زيادة تركيز منظم النمو (إلى ٠,٠٢

مجم/أصيص). وقد أدى هذا التركيز المرتفع إلى نقص معدل زيادة مساحة الأوراق بنسبة ٤٢٪ ونقص استطالة الساق بنسبة ٥٣٪، ولكنه لم يؤثر على عدد القرون أو وزنها الجاف. ويبدو أن الحماية التى وفرتها المعاملة باليونيكونازول من أضرار ثانى أكسيد الكبريت كان مردها جزئيًا إلى زيادتها لنشاط مضادات الأكسدة فى الأنسجة النباتية؛ مما أدى إلى خفض الأضرار التى تحدثها الأكسدة. هذا ولم تؤثر المعاملة بمنظم النمو على مقاومة الثغور، بما يعنى أن انغلاق الثغور لم يلعب دورًا فى زيادة تحمل أضرار ثانى أكسيد الكبريت (Ku وآخرون ١٩٩٦).