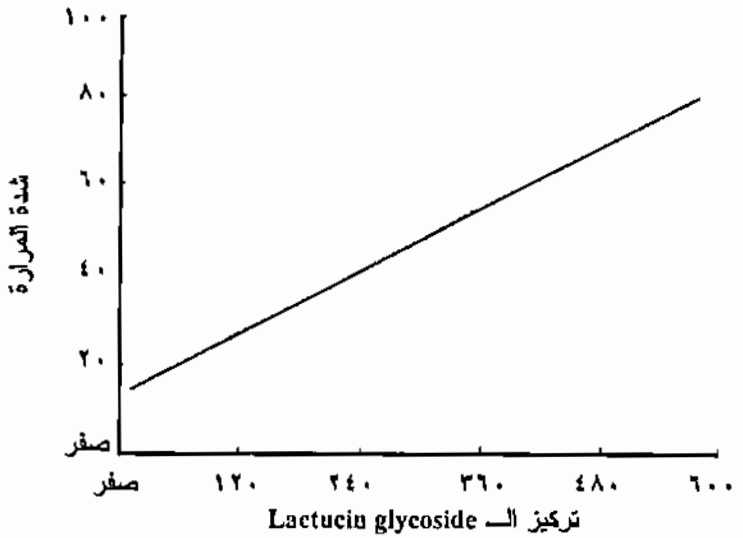


شكل (٣-٤). العلاقة بين محتوى الخس من الـ lactucin glucoside وشدة المرارة (عن Ryder ١٩٩٩).

يؤدى تجريح أوراق الخس أو سيقانه إلى انطلاق سائل نباتى لبنى latex إلى السطح. وبفحص هذا السائل كانت مكوناته الرئيسية هى: الـ 15-oxalyl، والـ 8-sulfate للـ sesquiterpene lactones guaianolide التالية. الـ lactucin، و الـ deoxylactucin، والـ lactucopicrin. وبينما كانت الأوكسالات غير ثابتة وتعود إلى الـ sesquiterpene lactone الأصلى بالتحلل، فإن الكبريتات كانت ثابتة. هذا .. ولم تكن لهذه المركبات علاقة بمقاومة الآفات على الرغم من إمكان حث الخس لإنتاج الفيتوألاكسين lettucenin A، وهو - كذلك - عبارة عن sesquiterpene lactone (Sessa وآخرون ٢٠٠٠).

العيوب الفسيولوجية والنموات غير الطبيعية

الفلقات الحمراء

يلى بزوغ الجذير من البذرة ظهور الفلقتين واستطالتهما. وبينما تكون الفلقات الطبيعية خضراء اللون، فإن البذور المخزنة لفترات طويلة تعطى عند إنباتها فلقات غير طبيعية، وهى حالة فسيولوجية تعرف باسم الفلقات الحمراء red cotyledons،

وذلك نوع من التحلل الفسيولوجي يظهر على صورة بقع رمادية أو بنية أو حمراء اللون على الفلقات. ومع زيادة تقدم البذور في العمر تزداد البقع التي تتكون على الفلقات في الحجم، ثم تفقد الفلقات قدرتها على البزوغ من الغلاف الثمرى (عن Ryder ١٩٩٩).

احتراق قمة الأوراق

يعتبر احتراق قمة الأوراق Tipburn من أهم العيوب (الأمراض) الفسيولوجية التي تصيب الخس، وتصاب به عادة أصناف الخس التي تكون رؤوسًا، بينما يندر أن تصاب به أصناف الخس الورقي. وتظهر أعراض الإصابة قبل الحصاد بفترة قصيرة عادة - في الزراعات المكشوفة - على صورة انهيار فسيولوجي في أنسجة الأوراق الداخلية الكبيرة، والأوراق المغِّلفة Wrapper leaves الداخلية، ولكن تبقى أوراق القلب الداخلية والأوراق المغلِّفة الخارجية سليمة. وتبدأ الأعراض في الظهور عادة عندما تصل الورقة إلى ربع أو نصف حجمها الكامل، وقد تبدأ أحيانًا على أوراق لا يزيد طولها عن سنتيمتر واحد. ويحدث ذلك خاصة في الزراعات المحمية (Ryder & Whitaker ١٩٨٠، و Collier & Tibbitts ١٩٨٢).

تبدأ أعراض احتراق قمة الأوراق بظهور بقع صغيرة بنية أو سوداء اللون قريبة من حافة الورقة، قد يصاحبها تحلل في العروق الصغيرة في المساحة المتأثرة. وتدريجيًّا .. تتلامس البقع المتحللة وتتجمع معًا لتكون مساحات قد يصل طولها لعدة سنتيمترات بامتداد الحافة بينما يتراوح عرضها بين سنتيمتر واحد وسنتيمترين. وفي خس الرؤوس ذات الأوراق المتقصفة تظهر الأعراض - عادة - قبل الموعد المتوقع للحصاد بيوم واحد إلى يومين - في أوراق الرأس الوسطي، ولكن قد تظهر الأعراض أحيانًا على الأوراق الخارجية. وتلاحظ الأعراض مبكرة عن ذلك - عادة - في الزراعات المحمية. ويكون الضرر أشد وطأة عادة في خس الرؤوس ذات الملمس الدهني عما في خس الرؤوس ذات الأوراق المتقصفة، حيث يظهر في الأولى - عادة - في الأوراق الخارجية بقمة الرأس بالإضافة إلى ظهوره بالأوراق الداخلية (شكل ٣-٥، يوجد في آخر الكتاب). أما خس الرومين فإن الأعراض تظهر في قمة الأوراق المكشوفة جزئيًّا، وفي الخس

الورقى تظهر الأعراض على حواف الأوراق الوسطى المكشوفة جزئيًا (عن Ryder ١٩٩٩).

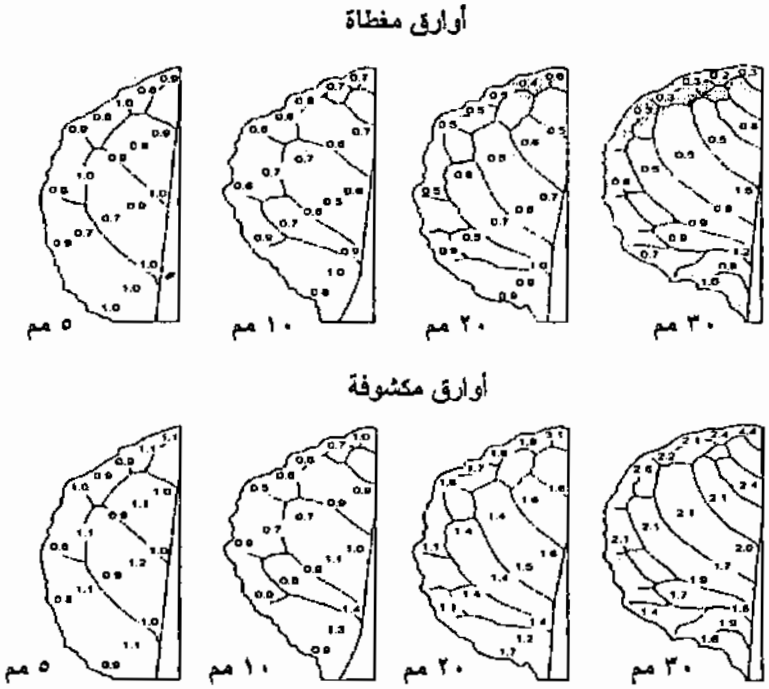
ومما يؤكد العلاقة بين نقص الكالسيوم والظاهرة أنه أمكن منع ظهورها كلية فى الصنف ميكوننجن برش النباتات بنترات الكالسيوم، أو كلوريد الكالسيوم، مع توجيه محلول الرش نحو الأوراق الصغيرة القابلة للإصابة. وقد أظهر التحليل الكيميائى حدوث زيادة كبيرة فى محتوى هذه الأوراق من الكالسيوم بعد المعاملة (Thibodeau & Minotti ١٩٦٩).

ويبلغ مستوى الكالسيوم عادة (على أساس الوزن الجاف) حوالى ١٪ فى النباتات السليمة، ومن ٠,١-٠,٢٪ فى الأنسجة المصابة. ويكون التركيز أعلى فى الأوراق الداخلية السليمة عما فى الأوراق الداخلية المصابة. وبالرغم من ذلك كله .. فلا تعرف طبيعة العلاقة بين الكالسيوم والظاهرة، وإن كان من المعتقد أن نقص الكالسيوم يحد من تمثيل البروتين، بدليل زيادة الأحماض الأمينية الحرة فى النباتات المصابة، خاصة من حامضى: الأسبارتك، والجلوتامك (Ryder & Whitaker ١٩٨٠).

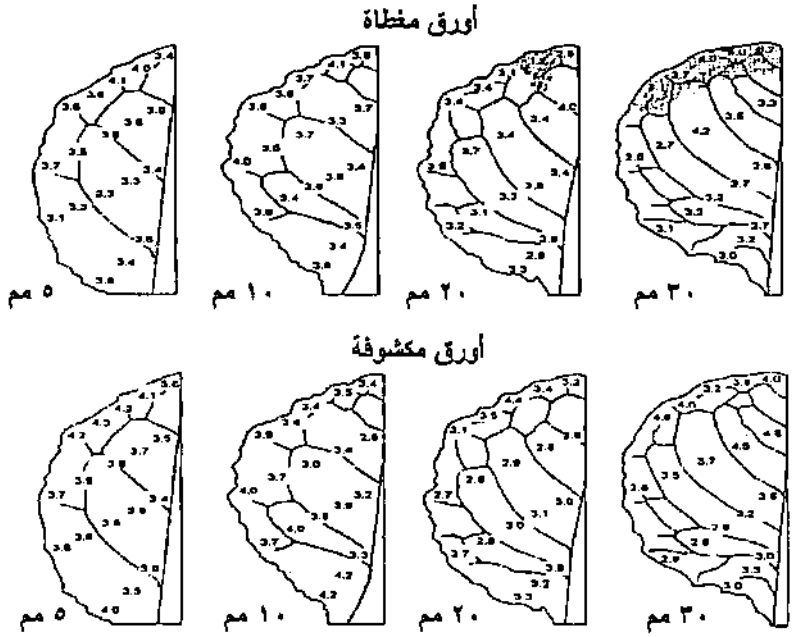
وقد ظهرت أعراض احتراق قمة الأوراق على الأوراق الصغيرة للخس الورقى Leaf Mignontte (وهو حساس للإصابة بالعيب الفسيولوجى) وتراوح محتواها من الكالسيوم بين ٠,١٧، و ٠,٣٢٪، بينما اختفت الأعراض تقريبًا من الأوراق الخارجية المكتملة النمو والتى بلغ محتواها من الكالسيوم ١,١٪. وبالمقارنة .. كان محتوى الأوراق الداخلية للصنف المتحمل للإصابة Fame (وهو من خس الرؤوس) ٠,٥٩٪ (Huett ١٩٩٤).

وقدرت تركيزات الكالسيوم والمغنيسيوم والبوتاسيوم فى أوراق الخس الصغيرة جدًا (من صنف خس الرؤوس ذات الملمس الدهنى Buttercrunch) باستعمال مجسّ دقيق يعتمد على أشعة إكس. ووجد فى الأوراق المكشوفة (غير المغطاة بأوراق أخرى) أن محتوى الكالسيوم ازداد من متوسط قدره ٠,١٠ إلى ٠,٢١٪ (على أساس الوزن الجاف) بزيادة طول الورقة من ٥ إلى ٣٠ مم. أما فى الأوراق المغطاة فإن تركيز الكالسيوم انخفض من ٠,١٪ إلى ٠,٠٧٪ مع زيادة طول الورقة فى المدى ذاته. وفى قمة تلك

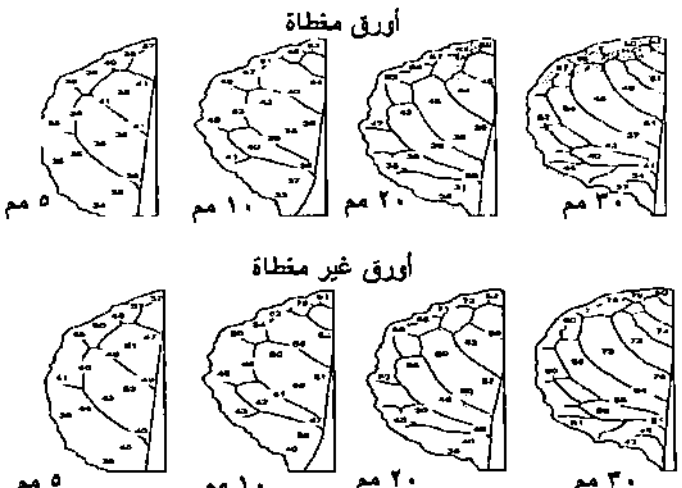
الأوراق المغطاة كان النقص فى مستوى الكالسيوم أكبر مما فى الأجزاء الأخرى من الورقة، حيث انخفض محتوى الكالسيوم من ٠,٠٩٪ إلى ٠,٠٣٪. وقد بدأت مظاهر التحلل فى الظهور فى نسيج قمة الورقة حينما كان تركيز الكالسيوم فيها حوالى ٠,٠٤٪ (شكل ٣-٦). وبالمقارنة .. فإن تركيز المغنيسيوم على امتداد الأوراق المكشوفة كان مماثلاً لتركيزه على امتداد الأوراق المغطاة، ولم يتغير مع زيادة الورقة فى الطول. وقدر متوسط تركيز المغنيسيوم بنحو ٠,٣٥٪ فى الأوراق المكشوفة والمغطاة أثناء زيادتها فى الطول من ٥ مم إلى ٣٠ مم (شكل ٣-٧). وفى كل من الأوراق المكشوفة والمغطاة ازداد تركيز البوتاسيوم أثناء زيادة الورقة فى الطول من ٠,٤٪ عند طول ٥ مم إلى حوالى ٠,٦٪ عند طول ٣٠ مم، وكان أعلى تركيز للبوتاسيوم عند قمة الأوراق وحافتها؛ مما قد يسهم فى تحفيز ظهور الأضرار (شكل ٣-٨) (Barta & Tibbitts ٢٠٠٠).



شكل (٣-٦): محتوى أوراق الخس المغطاة وغير المغطاة من الكالسيوم – بالملليجرام/جم وزن جاف – أثناء نموها. يبين الطول الحقيقى لكل ورقة عند قاعدتها. تمثل المساحات المظللة أجزاء الورقة التى ظهرت عليها أعراض التحلل واحتراق القمة.



شكل (٣-٧): محتوى أوراق الخس المغطاة وغير المغطاة من المغنيسيوم – بالملليجرام لكل جرام وزن جاف – أثناء نموها. يبين الطول الحقيقى لكل ورقة عند قاعدتها. تمثل المساحات المظللة أجزاء الورقة التى ظهرت عليها أعراض التحلل واحتراق القمة



شكل (٣-٨): محتوى أوراق الخس المغطاة وغير المغطاة من البوتاسيوم – بالملليجرام لكل جرام وزن جاف – أثناء نموها. يبين الطول الحقيقى لكل ورقة عند قاعدتها تمثل المساحات المظللة أجزاء الورقة التى ظهرت عليها أعراض التحلل واحتراق القمة

وتتأثر شدة الإصابة باحتراق قمة الأوراق بالعوامل التالية:

أولاً: تزاد شدة الإصابة عند نقص الكالسيوم فى التربة، أو فى النبات:

لقد وجد أن الأنسجة التى تكون على وشك الإصابة باحتراق قمة الأوراق يقل محتواها من الكالسيوم جوهريًا عن الأنسجة المجاورة لها فى الورقة ذاتها، وعن الأنسجة المماثلة لها فى الموقع فى أوراق النباتات غير المتأثرة بالعيب الفسيولوجى.

وتحتوى أوراق الخس المصابة باحتراق الحواف على نسبة أقل من عنصر الكالسيوم، ونسبة أعلى من النيتروجين العضوى - خاصة الأحماض الأمينية الحرة - عن الأوراق السليمة. وتقل نسبة الكالسيوم فى الأوراق الداخلية عما فى الأوراق المغلفة الخارجية. وقد ظهرت أعراض الإصابة بسرعة لدى زراعة الصنف الحساس جريت ليكس ٦٥٩ فى بيئة فقيرة بالكالسيوم وغنية بالنيتروجين النتراتى، كما ازدادت شدة الإصابة بزيادة مستوى المغنيسيوم الذى ينافس الكالسيوم على الامتصاص، أو بزيادة شدة الإضاءة التى تؤدى إلى زيادة النمو، وزيادة الطلب على الكالسيوم (Ashkar & Ries ١٩٧١).

تحتوى معظم الأراضى على كميات كبيرة من الكالسيوم سواء أكان متبادلاً، أم فى المحلول الأرضى. ويعتقد أن الكالسيوم يمتص بطريقة سلبية مع الماء الممتص، ويتوقف انتقال الأيون إلى سطح الجذر على معدل النتح؛ فيكون انتقاله سريعًا عندما يكون النتح كثيرًا، ويكون بطيئًا - بالانتشار - فى حالات النتح القليل.

ويكثر ظهور المرض فى الأراضى المضغوطة compact بفعل كثرة مرور الآلات الزراعية الثقيلة عليها. والتى يقل فيها النمو الجذرى عما فى الأراضى المفككة. ويرجع ذلك إلى أن الكالسيوم لا ينتقل بعد امتصاصه - حتى أنسجة الخشب - إلاّ فى الجذور الصغيرة التى لا تكون بشرتها الداخلية (إندوديرمز endoderms) مسوبرة، فى حين يقل تكوين هذه الجذور فى الأراضى المضغوطة، والتى يحدث فيها أن يترسب السيوبرين على جدر البشرة الداخلية بعد فترة قصيرة من تكوين الجذور.

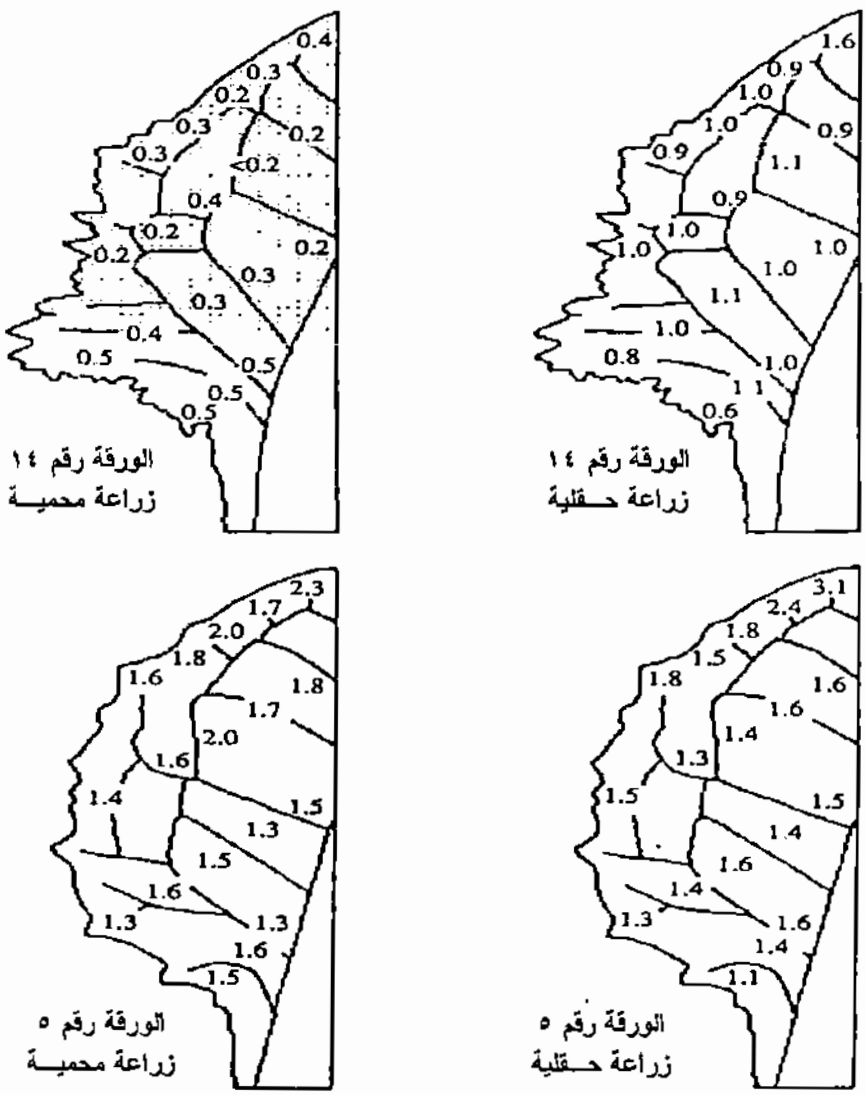
ويؤدى توفر أيونى الأمونيوم، أو البوتاسيوم بكثرة فى التربة إلى منافسة الكالسيوم على الامتصاص، وزيادة الإصابة بالظاهرة تبعًا لذلك.

كما وجد Yanagi وآخرون (١٩٨٣) أن ظهور المرض يرتبط سلبيًا - أيضًا - بمستوى عنصرى المغنيسيوم، والبورن - بالإضافة إلى الكالسيوم - فى أجزاء الرأس الداخلية. ويعتقد أن توفر البورون يؤدى إلى بقاء الكالسيوم فى حالة أكثر قابلية للذوبان، ويزيد من حركته فى النبات، ومن نفاذية الجذور له.

كذلك ظهرت أعراض الإصابة بسرعة لدى معاملة النباتات بأوكسالات الأمونيوم، التى ربما ساعدت على خفض تركيز أيون الكالسيوم فى الأنسجة بتكوين أوكسالات الكالسيوم غير الذائبة. وحدث الشئ نفسه عند المعاملة بالأيونات المخلبية، مثل: حامض الستريك Citrate، وحامض الفيوماريك Fumarate، و حامض الصكينك Succinate التى ربما أدت هى الأخرى إلى نقص تركيز أيون الكالسيوم فى الأنسجة بتكوينها لمركبات مخلبية معه. كما أمكن أيضًا زيادة الإصابة فى رؤوس الخس بعد الحصاد بزيادة معدل تنفسها. وقد سبق ظهور الأعراض زيادة فى تركيز الأحماض الكربوكسيلية التى يمكن أن تكون مركبات معقدة ثابتة مع أيون الكالسيوم.

وفى دراسة أخرى .. استخدم المجسّ الإليكترونى فى تقدير تركيز الكالسيوم فى أجزاء مختلفة من الأوراق التى يبلغ طولها ٢٠ ملليمترًا، ووجد أن المناطق المتأثرة من الأوراق التى ظهرت عليها أعراض الإصابة باحتراق قمة الأوراق احتوت على كالسيوم بتركيز ٠,٢-٠,٣ جزء فى المليون (على أساس الوزن الجاف)، بينما احتوت الأجزاء التى لم تظهر عليها الأعراض - من الأوراق ذاتها - على الكالسيوم بتركيز ٠,٤-٠,٥ جزء فى المليون (شكل ٣-٩). وبالمقارنة فإن تركيز المغنيسيوم كان أعلى فى الأوراق المصابة بالعيب الفسيولوجى (٤,٧ جزء فى المليون) عما فى الأوراق غير المتأثرة به (٣,٤ جزء فى المليون)، أى أن تركيز المغنيسيوم ارتبط سلبيًا مع تركيز الكالسيوم (شكل ٣-١٠)، بينما لم يختلف تركيز البوتاسيوم جوهريًا بين الأوراق المصابة والسليمة. وكان تركيز الكالسيوم فى الأجزاء المتأثرة من الورقة أقل جوهريًا من تركيزه فى الأجزاء المناظرة من الأوراق المماثلة غير المتأثرة بالعيب الفسيولوجى. كذلك كان تركيز الكالسيوم أقل فى الأوراق الداخلية المغطاة بالأوراق الخارجية مما فى الأوراق غير المغطاة، كما احتوت النباتات التى أنتجت فى الزراعات المحمية على تركيزات من الكالسيوم أقل مما فى النباتات التى أنتجت فى الزراعات الحقلية، وكان ذلك مرتبطًا

بزيادة فى سرعة النمو النباتى فى الزراعات المحمية مقارنة بالنمو فى الزراعات الحقلية (Barta & Tibbitts ١٩٩١).



شكل (٣-٩): تركيز الكالسيوم فى مختلف أجزاء ورقة خس من صنف جرين ليك Green Lake بطول ٢ مم (الورقتان الخامسة والرابعة عشر) تحت ظروف الزراعة المحمية والحقل تمثل المساحات المظللة أجزاء الورقة التى ظهرت عليها أعراض التحلل واحتراق القمة.

شكل (٣-١٠) تركيز المغنسيوم فى مختلف أجزاء ورقة خس من صنف جرين ليك بطول ٢ مم (الورقتان الخامسة والرابعة عشر) تحت ظروف الزراعة المحمية والحقل تمثل المساحات المظللة أجزاء الورقة التى ظهرت عليها أعراض التحلل واحتراق القمة.

ثانيا ترتبط شدة الإصابة باحتراق قمة الأوراق سلبيًّا مع معدل النتح:

ينتقل الكالسيوم المتص فى أنسجة الخشب مع الماء المتص إلى حين وصول الماء إلى حيث يفقد بالنتح، وبذا . يزداد تركيز الكالسيوم وتنعدم الإصابة بالعيب الفسيولوجى فى الأوراق الخارجية التى تنتح، بينما يقل وصول الكالسيوم إلى الأوراق الداخلية التى ينعدم فيها النتح تقريبًا، والتى تزداد فيها شدة الإصابة.

وفى محاولة لاستكشاف العلاقة بين النتح، وانتقال الكالسيوم، والإصابة بالظاهرة ..قام كل من Barta & Tibbitts (١٩٨٦) بإحاطة الأوراق الصغيرة لنباتات خس عمرها ٢٠ يومًا بشرائح من البوليثيلين المغطى بالألومنيوم، بهدف تقليل النتح، وتركت لتنمو فى مزرعة مائية بها محلول مغذٍ كامل – وفى حرارة عالية، ورطوبة نسبية ٦٥٪ – أدت هذه المعاملة إلى ظهور أعراض الإصابة بالظاهرة فى ٥٣٪ من الأوراق الداخلية التى يبلغ طولها من ١–٣ سم، بينما بلغت نسبة الإصابة فى الأوراق المماثلة من نباتات المقارنة ١٪ فقط خلال الفترة نفسها. كما كان تركيز الكالسيوم فى الأوراق الداخلية للنباتات المغلفة ٠,٦٣ مجم/جم وزن جاف، بالمقارنة بنحو ١,٤٨ مجم/جم وزن جاف فى نفس الأوراق من نباتات المقارنة. وبلغ محتوى الكالسيوم فى الأوراق الخارجية – وهى التى يفقد منها الماء بالنتح – حوالى ٩,٩ مجم/جم وزن جاف. ووجد فى هذه الدراسة أيضًا أن محتوى المغنيسيوم فى الأوراق الداخلية كان ٢,٢٥ مجم/جم وزن جاف فى النباتات المغلفة، بالمقارنة بنحو ٢,٣٤ مجم/جم وزن جاف فى نباتات المقارنة غير المغلفة. وبذا .. تؤكد هذه الدراسة أن تغليف أوراق القمة النامية – مثلما يحدث عند تكوين الرؤوس – يعد كافيًا لخفض مستوى الكالسيوم بها إلى الحد الذى تظهر معه أعراض احتراق حواف الأورلق.

وتأييدًا لتلك العلاقة بين النتح وانتقال الكالسيوم أمكن أيضًا منع حدوث الإصابة باحتراق قمة الأوراق بدفع تيار من الهواء حول الأوراق الصغيرة مع بداية تكوين الرأس؛ الأمر الذى أدى إلى زيادة معدل النتح. ولذا .. فإن تشجيع زيادة النتح فى الزراعات المحمية للخس بتوفير الرطوبة الأرضية مع خفض الرطوبة النسبية خلال النهار يمكن أن يسهم فى الحد من الإصابة باحتراق قمة الأوراق (Goto & Takakura ١٩٩٢).

ثالثًا: تزاد شدة الإصابة فى الظروف التى تحفز النمو السريع حيث يزداد الطلب على الكالسيوم فى الأنسجة النامية:

إن الظروف التى تتسبب فى نقص إمدادات الكالسيوم فى أنسجة حافة الورقة تبدأ – عادة – بحدوث زيادة فى معدل النمو، وتلك الظروف هى: الارتفاع فى درجة الحرارة وشدة الإضاءة، وزيادة التسميد الآزوتى ومعدل الرى، ومعاملات محفزات النمو،

وزيادة نسبة غاز ثانى أكسيد الكربون فى البيوت المحمية (من ٣٠٠ إلى ١٥٠٠ جزء فى المليون). تعمل هذه العوامل - منفردة أو معًا - على زيادة معدل النمو فى حافة الأوراق النامية، والتى تكون - عادة - الأوراق الداخلية. ونظرًا لأن الكالسيوم يتحرك مع تيار الماء المتص الذى يتحرك فى النبات ليفقد بالنتح؛ فإن إمداداته تقصر عن سد حاجة أنسجة الحافة السريعة النمو فى الأوراق الداخلية، خاصة وأنها لا تنتح (عن Ryder ١٩٩٩).

وقد وجد Cox وآخرون (١٩٧٦) ارتباطًا بين شدة الإصابة بالمرض، ومعدل النمو النسبى Relative Growth Rate فى ستة أصناف من الخس تحت ظروف مختلفة من الحرارة، والفترة الضوئية، والتى كان لها تأثير على معدل النمو النسبى للنباتات. كما وجد Yanagi وآخرون (١٩٨٣) ارتباطًا موجبًا بين شدة الإصابة والمتوسط الشهرى العام لدرجة الحرارة، وكذلك المتوسط الشهرى لدرجتى الحرارة الصغرى، والعظمى فى هاواى. وقد صاحب ارتفاع درجة الحرارة زيادة فى معدل النمو النباتى.

وتبيّن من دراسات Tibbitts & Rao (١٩٦٨) على الصنف الحساس ميكوننجن Meikoningen أن الحالة المرضية ازدادت سواء بزيادة شدة الإضاءة، أو الفترة الضوئية ووجد ارتباط عال بين شدة الإضاءة، ومعدل النمو النباتى. ولم تظهر أعراض الإصابة فى هذه الدراسة إلا عندما زاد معدل تكوين الأوراق الجديدة عن ورقة ونصف الورقة يوميًا. وقد كان النمو الطولى للأوراق المصابة أكبر دائمًا من نموها العرضى. كما وجد Collier & Wurr (١٩٨١) ارتباطًا موجبًا بين شدة الإصابة وطول الأوراق القابلة للإصابة عند النضج.

كذلك أدت زيادة معدل التسميد بنترات الكالسيوم من ٢٠ إلى ٤٠٠ كجم للهكتار (من ٨,٤ إلى ١٦٨ كجم نترات كالسيوم للفدان) إلى زيادة معدل الإصابة باحتراق قمة الأوراق، وكان ذلك مرتبطًا جزئيًا بزيادة فى حجم الرأس، ومصاحبًا بنقص فى نسبة الجذور إلى النموات القمية، ولكن لم يحدث نقص فى محتوى المادة الجافة للأوراق الداخلية من الكالسيوم (Brumm & Schenk ١٩٩٣).

وقد أدى تقليل معدل النمو النباتى تحت ظروف الحقل بالزراعة - على مسافات

ضيقة – إلى خفض معدل الإصابة بالمرض فى بعض الأصناف، إلاّ أن هذه الطريقة تؤدى إلى إنتاج نباتات صغيرة غير اقتصادية، ولا ينصح بها كوسية لمكافحة المرض (Cox وآخرون ١٩٧٦).

كذلك أدت المعاملة بمثبطات النمو Growth Retardants إلى خفض معدل الإصابة بالمرض. وعلى العكس من ذلك .. ازداد ظهور المرض بعد معاملة النباتات بالأوكسينات (وهى محفزة للنمو الخضرى)، أو ببعض المركبات (مثل حامض الكلوروجينك Chlorogenic Acid) التى تثبط عمل الإنزيم IAA oxidase (وهو الذى يؤدى إلى هدم الأوكسين الطبيعى فى النبات). هذا .. ويزداد تركيز حامض الكلوروجينك – طبيعيًا – فى النبات فى حالات التعرض للحرارة المرتفعة، أو للفترات الضوئية الطويلة (Collier & Tibbitts ١٩٨٢).

رابعًا: تنخفض شدة الإصابة باحتراق قمة الأوراق عند زيادة الضغط الجذرى:

بينما تزداد شدة الإصابة بالمرض عند توفر الظروف التى تقلل من وصول الماء إلى الأوراق الداخلية الحساسة للإصابة، فإنها تنخفض فى الظروف التى تعمل على زيادة الضغط الجذرى. فقد وجد كل من Collier & Wurr (١٩٨١) ارتباطًا موجبًا بين الإصابة بالظاهرة، وكمية الماء المفقودة بالنتح من الأوراق الخارجية للنبات خلال الأسبوع الأخير قبل الحصاد. كما وجد أن زيادة الضغط الجذرى برش النباتات ليلاً بكمية قليلة من الماء على صورة ضباب mist، أدت إلى خفض معدل الإصابة. وقد أرجعا ذلك إلى أن الكالسيوم ينتقل فى النبات مع تيار الماء الذى يفقد بالنتح. ونظرًا لأن الأوراق الخارجية فقط هى التى تنتح .. لذا تصل إليها كميات كافية من الكالسيوم، بينما لا يصل إلى الأوراق الداخلية النامية – التى تحتاج إلى كميات أكبر من العنصر – إلا مع ما يصلها من ماء بفعل الضغط الجذرى. وتزداد شدة الإصابة – تبعًا لذلك – مع زيادة معدل نمو هذه الأوراق عن سرعة وصول الكالسيوم إليها، وعند زيادة النتح من الأوراق الخارجية؛ وأثناء تكون الرؤوس؛ حيث تكون الأوراق الداخلية محاطة بالأوراق الخارجية، ولا يحدث فيها نتح يذكر.

ويذكر Collier & Tibbitts (١٩٨٤) أنه أمكن تقليل نسبة الإصابة بحالة فسيولوجية

مماثلة فى كل من الكرنب، والقنبيط، والفراولة بزيادة نسبة الكالسيوم فى الأوراق عن طريق زيادة الرطوبة النسبية ليلاً، أو خفضها نهارًا، أو توفير الظروف التى تعمل على زيادة امتصاص الماء بواسطة الجذور. وقد وجدا لدى تعريض نباتات الخس لظروف مماثلة أن خفض الرطوبة النسبية - نهارًا من ٧٤٪ إلى ٥١٪ - صاحبه نقص فى سرعة نمو النباتات، وزيادة تركيز الكالسيوم بها، وتأخر ظهور أعراض الإصابة عليها. هذا .. بينما أدى خفض الرطوبة النسبية ليلاً من ٩٥٪ إلى ٩٠٪ إلى نقص سرعة نمو النباتات، ونقص تركيز الكالسيوم بها، والتبكير فى ظهور الإصابة. وقد توصلا من ذلك إلى أن زيادة الضغط الجذرى ليلاً ساعدت على زيادة تركيز الكالسيوم فى الأوراق، وتأخر ظهور أعراض الإصابة.

هذا .. ويزداد الضغط الجذرى ليلاً فى الحالات التالية:

١ - عند زيادة الرطوبة النسبية ليلاً إلى قريبًا من درجة التشبع.

٢ - عند زيادة الرطوبة الأرضية، حيث يقل النتح إلى أدنى مستوى، وينتقل الكالسيوم بالتساوى إلى جميع أنسجة النبات.

٣ - عند زيادة فترة الظلام.

٤ - عندما تكون الظروف الأرضية مناسبة لامتصاص الماء. ويتحقق ذلك بخفض الضغط الأسموزى للمحلول الأرضى (أو للمحلول المغذى فى المزارع المائية) ليلاً من خلال التحكم فى برنامج التسميد.

ويتولد ضغط جذرى جيد بصورة طبيعية تحت ظروف الحقل، نظرًا للفرق الكبير فى درجة الحرارة بين النهار والليل. ولكن تقل فرصة تولد ضغط جذرى مناسب ليلاً فى الزراعات المحمية التى يتم التحكم فى درجة الحرارة فيها.

ومن أهم العوامل التى تؤدى إلى نقص الضغط الجذرى ليلاً وزيادة حدة الإصابة ما يلى:

١ - التعرض لظروف الجفاف.

٢ - زيادة معدلات التسميد.

٣ - زيادة تركيز الأملاح بالتربة.

٤ – غمر الأرض بالماء لفترة طويلة.

٥ – ارتفاع درجة الحرارة ليلاً.

٦ – زيادة الفترة الضوئية؛ ولذا تكثر الإصابة صيفًا فى المناطق التى تقع شمال خط عرض ٥٠° م شمالاً، أو جنوب خط عرض ٥٠° م جنوبًا، حيث يكون النهار طويلاً.

وتتضح أهمية الضغط الجذرى فى أصناف الخس المقاومة من مجموعة آيس برج Iceberg، والتى تحتوى نباتاتها على عدد قليل – نسبيًا – من الأوراق الخارجية المغلفة للرأس، وهى الأوراق التى يفقد منها الماء بالنتح. ويعنى ذلك قلة النتح فى هذه الأصناف؛ مما يزيد من فرصة تولد ضغط جذرى مناسب، يساعد على وصول الكالسيوم إلى الأوراق الداخلية (Collier & Tibbitts ١٩٨٢).

ومن الافتراضات التى وضعت لتفسير ظاهرة احتراق قمة الأوراق، ما يلى:

١ – افترض وجود علاقة بين العوامل التى تؤدى إلى زيادة معدل النمو، وتمزق القنوات اللبنية laticifers، وخروج اللبن النباتى (اليتوع) latex منها إلى الخلايا البرانشيمية المجاورة؛ مما يؤدى إلى انهيارها، وتحللها، وإصابتها باحتراق الحواف. وقد أوضح Tibbitts وآخرون (١٩٨٥) أن الضغط الداخلى فى هذه القنوات يختلف باختلاف عمر النبات، من ١,٥ بار فى البادرات، إلى ١٢,٥ بار فى النباتات المزهرة، وأنه يقل عند التعرض لظروف الجفاف، أو ضعف شدة الإضاءة. ويعتقد الباحثون أن زيادة الضغط الداخلى فى هذه القنوات يمكن أن تؤدى إلى ظهور الأعراض؛ نظرًا لأن مستوى الكالسيوم يكون بطبيعته شديد الانخفاض فى الأنسجة القابلة للإصابة، وتظهر الأعراض إذا حدثت أية إعاقة لتحركه إلى هذه الأنسجة، وهو ما يمكن أن يحدث بسهولة عند زيادة الضغط فى القنوات اللبنية، وخروج المادة اللبنية منها، وإعاقتها لحركة الكالسيوم. ومما يؤيد هذه الفرضية .. أن ظاهرة احتراق حواف الأوراق تحدث كذلك فى كل من الهندباء والشيكوريا، وهى خضروات تحتوى على اللبن النباتى أيضًا. ولكن نظرًا لأن الظاهرة تحدث فى خضروات أخرى لا تحتوى على اللبن النباتى، مثل: الكرنب، والكرفس؛ لذا يمكن القول .. إن تمزق الخلايا اللبنية ليس سببًا مباشرًا للظاهرة، ولكنه يكون مصاحبًا لها.

٢ – ذكر أيضًا فى تفسير علاقة الكالسيوم بالظاهرة أنه يدخل فى تركيب المواد البكتينية اللاصقة للخلايا، وأن نقصه يؤدى إلى تفكك الخلايا خاصة فى الأنسجة الحديثة النمو (Ashkar & Ries ١٩٧١).

٣ – كما ذكر أن الظاهرة قد تكون لها علاقة بنفاذية الأغشية الخلوية، وتغير خواصها ومما يؤيد ذلك .. أن رش النباتات بمنظم النمو ٦–بنزيل أمينوبيورين 6-benzylamino purine (يكتب اختصارًا BA، وهو – كغيره من السيتوكينينات الأخرى – ذو دور منظم لنفاذية الأغشية الخلوية) يمنع ظهور أعراض الإصابة بالمرض. كما وجد أن ظهور الأعراض يكون مصاحبًا بزيادة تركيز أيون الأيدروجين فى الأنسجة المصابة، وهو الذى قد يحل محل الكالسيوم فى الدهون الفوسفورية Phospholipids فى الأغشية الخلوية.

٤ – كذلك ذكر فى تفسير حاجة الأوراق الحديثة لاحتياجات عالية من الكالسيوم أن تلك الأوراق عندما تصبح نشطة فى عملية البناء الضوئى، يزداد فيها اختزال النترات بدرجة عالية فى بداية الأمر؛ مما يؤدى إلى تكوين الأحماض العضوية التى تكون ألفتها للكالسيوم عالية؛ ومن ثم تزداد حاجة تلك الأنسجة إلى الكالسيوم (عن Barta & Tibbitts ٢٠٠٠).

ويمكن تقليل الإصابة باحتراق قمة الأوراق فى الخس بمراعاة ما يلى:

١ – الزراعة فى الجو البارد نسبيًا.

٢ – الزراعة فى الأراضى الثقيلة التى لا تشجع على النمو النباتى السريع

٣ – زراعة الأصناف المقاومة، مثل: مونتيمار Montemar، وكالمار Calmar، وساليناس Salinas، وفانجارد Vanguard. وقد اعتبر صنف خس الرؤوس ذات الأوراق المتقصفة ساليناس Salinas – لفترة طويلة – قياسيًا فى مقاومته لاحتراق قمة الأوراق. كما يعتبر الصنف Tiber – الذى أنتج حديثًا أكثر مقاومة من ساليناس (Ryder & Waycott ١٩٩٨).

٤ – تجنب التسميد الغزير خاصة بالأسمدة الآزوتية.

٥ – تجنب كثرة الرى عند اقتراب الرؤوس من النضج.

٦ – توفير الكالسيوم للنباتات مع تجنب الإكثار من التسميد بالكاتيونات الأخرى التى تنافس الكالسيوم على الامتصاص. هذا .. إلا أن توفير الكالسيوم فى المراحل المتأخرة من النمو بعد فترة من النقص لا يكون فعّالاً، كما أن الرش بأملاح الكالسيوم بعد التفاف الرؤوس لا يكون مجديًا، لأن العنصر لا ينتقل من الأوراق الخارجية التى يصل إليها محلول الرش إلى الأوراق الداخلية التى تكون بحاجة إليه. ومن الطبيعى أن هذه المشكلة لا تظهر فى أصناف الخس التى لا تكون رؤوسًا.

ويعتقد بأن إحلال الماء أو محلول نترات الكالسيوم بتركيز ١٠٠ جزء فى فى المليون – أثناء الليل – محل المحلول الغذائى فى مزارع تقنية الغشاء المغذى للخس ربما يعد وسيلة مناسبة لخفض الإصابة باحتراق قمة الأوراق (Cresswell ١٩٩١).

٧ – توفير الظروف التى تعمل على زيادة الضغط الجذرى ليلاً، مثل:

أ – الرى الجيد.

ب – عدم الزراعة فى الأراضى الملحية.

جـ – عدم المغالاة فى التسميد، مع خفض تركيز المحلول المغذى ليلاً فى المزارع المائية.

د – زيادة الرطوبة النسبية ليلاً فى الزراعات المحمية، وتكون لتلك الزيادة أهمية كبيرة فى المراحل الأخيرة من النمو النباتى بعد بدء التفاف الرؤوس.

٨ – توفير الظروف التى تعمل على زيادة النتح نهارًا، وهو أمر يمكن التحكم فيه فى الزراعات المحمية بالاهتمام بتهوية البيوت.

٩ – تجنب رفع درجة الحرارة، أو زيادة شدة الإضاءة، أو طول فترة الإضاءة فى الزراعات المحمية إلى الحد الذى يؤدى إلى زيادة شدة الإصابة بالظاهرة.

١٠ – قد تفيد المعاملة بالسيتوكينينات، خاصة وإنها تنتقل فى النبات عن طريق اللحاء؛ أى أنها يمكن أن تنتقل من الأوراق الخارجية التى تتعرض لمحلول الرش إلى الأوراق الداخلية المغطاة مع الغذاء المجهز.

تغير لون العرق الوسطى

إن تغير لون العرق الوسطى rib discoloration، ولفحة العرق الوسطى rib blight،

والعرق الوسطى البنى brown rib تعد جميعها مسميات لعيب فسيولوجى واحد يظهر على أى من جانبى العرق الوسطى بالأوراق الخارجية للرأس، خاصة فى أماكن انحناء الورقة بالقرب من قاعدتها. تكون الأعراض على صورة خطوط صفراء فى البداية، ثم تتغير إلى اللون الرصاصى، فالبنى، فالأسود (شكل ١-١١، يوجد فى آخر الكتاب). ويلى ذلك انتشار الإصابة على امتداد العرق الوسطى بالأوراق الكبيرة، ثم ظهورها على أوراق أخرى كلما ازداد اكتمال تكوين الرؤوس وأصبحت أكثر صلابة. ومع ازدياد البقع الملونة فى المساحة .. فإنها تلتحم جميعها؛ لتكون بقعًا أكبر قد تمتد إلى مسافة عدة سنتيمترات بطول العرق الوسطى.

تزداد الإصابة فى خس الرؤوس ذات الأوراق المتقصفة، ولكنها تظهر أحيانًا فى طرز الخس الأخرى.

تظهر الإصابة بوضوح قبل الحصاد مباشرة، وتكون أوضح ما تكون فى الأوراق المغلفة للرأس وتلك التى تليها مباشرة. لا تتغير الأعراض كثيرًا بعد الحصاد، ولكن الأنسجة المصابة قد تخدم كمنافذ للإصابة بالكائنات الدقيقة المسببة للأعفان.

تزاد الإصابة بهذا العيب الفسيولوجى فى الظروف التى يكون فيها الجو رطبًا، مع ارتفاع درجة الحرارة ليلاً ونهارًا أو ارتفاع الحرارة العظمى نهارًا إلى ٢٩-٣٠°م قبل الحصاد. ونظرًا لأن الإصابة لا تبدأ إلا بعد بدء تكوين الرؤوس، وتزداد مع زيادة النضج، فإنه يمكن اعتبار المرض أحد أعراض الشيخوخة. تتعفن النباتات المصابة غالبًا قبل أن تصل إلى المستهلك، ولكن لم يمكن ملاحظة أى كائنات مرضية فى الأجزاء المصابة قبل بدء التحلل، ولا توجد وسيلة لوقف تقدم الإصابة بعد ظهورها (Jenkins ١٩٦٢، و Ryder ١٩٩٩).

الأوراق الحلزونية

تظهر حالة الأوراق الحلزونية Spiralled Leaves فى الخس الرومين، حيث تأخذ الأوراق مظهرًا حلزونيًا حول بعضها فى الرأس. وقد وجد Northmann (١٩٧٣) أن معاملة نباتات الخس بالكلورمكوات Chlormequat بتركيز ٦٠٠٠ جزء فى المليون، أو بالأمينوزيد Aminozide بتركيز ٥٠٠٠ جزء فى المليون أدت إلى تأخير ظهور حالة الأوراق الحلزونية، والحد منها.

التلون البنى الصدئ

لا يظهر التلون البنى الصدئ Rusty Brown Discoloration إلا فى الصنف كليماكس Climax. وتكون الإصابة على صورة لون بنى مائل إلى الأحمر على العرق الوسطى، وأنسجة الورقة المجاورة له فى الأوراق الخارجية. ويزداد ظهور هذه الحالة فى النباتات التى تصاب فى مراحل نموها المتأخرة بفيرس موزايك الخس.

التحلل الداخلى للعرق الوسطى

يظهر التحلل الداخلى للعرق الوسطى Internal Rib Necrosis على صورة لون رصاصى أو أسود فى العرق الوسطى بالقرب من قاعدته. ولا تظهر الأعراض إلاّ فى الصنف كليماكس عند إصابته بفيرس تبرقش الخس فى المراحل المتأخرة من نموه، والصنف فانجارد لدى إصابته بأى من فيروسى: موزايك الخس، أو اصفرار البنجر الغربى .. والجدير بالذكر أن لهذين الصنفين أبوين مشتركين (Ryder ١٩٧٩).

التبقع الصدئ والصبغة البنية

يظهر العيبان الفسيولوجيان التبقع الصدئ Russet Spotting والصبغة النبية Brown Stain نتيجة لتعرض الخس لظروف معينة غير مناسبة بعد الحصاد؛ ولذا .. فإننا نؤجل مناقشتهما إلى الفصل التالى، وهو الخاص بالحصاد والتداول والتخزين والتصدير.

الأضرار الفسيولوجية لتغذية طراز B البيولوجى لحشرة الذبابة البيضاء

تؤدى تغذية حشرة الذبابة البيضاء من طراز B البيولوجى (التى أعطيت الاسم العلمى *Bemisia argentifollii*) إلى تقزم النمو النباتى واصفرار الأوراق والساق. وتزداد هذه الأعراض بزيادة شدة الإصابة بالذبابة وتختفى بمكافحتها. ويرجع ذلك إلى إفراز حوريات الذبابة أثناء تغذيتها لسم أو سموم معينة ذات تأثير موضعى (Costa وآخرون ١٩٩٣).

الأضرار الفسيولوجية لملوثات الهواء

لبعض الغازات التى تلوث الهواء الجوى – مثل: الأوزون، وثانى أكسيد الكبريت، وثانى أكسيد النيتروجين، ونترات البيروكسى أستيل peroxyacetyl nitrate – تأثيرات سامة على الخس عندما ينمو بالقرب من مصادر تلك الغازات. تتضمن الأضرار: تغيرات لونية، وظهور نقر أو تحلل بالأوراق تخفض من قيمته التسويقية. كما أن التركيزات المنخفضة نسبيًا من تلك الملوثات قد لا تحدث أعراضًا ملحوظة ولكنها تؤدى إلى ضعف النمو ونقص المحصول.