٥ ــ التسميد

يمكن التعرف على حاجة نباتات الخس من الأسمدة بتحليل العرق الوسطى للأوراق المحيطة بالرأس خلال مرحلة تكوين الرؤوس ، حيث يدل وجود النيتروجين (على صورة ن أ٣) بتركيز ٤٠٠٠ جزء فى المليون ، والفوسفور (على صورة فو أ٤) بتركيز ٢٠٠٠ جزء فى المليون ، والبوتاسيوم بتركيز ٢٪ على أن النباتات تعانى ــ بالفعل ــ من نقص فى هذه العناصر ، تكون له انعكاساته السلبية على المحصول . وتدل تركيزات ٨٠٠٠ جزء فى المليون ، و ٤٠٠٠ جزء فى المليون ، و ٤٪ للعناصر الثلاثة ــ على التوالى ــ على توفرها للنبات بكميات كافية . وتستجيب النباتات للتسميد إذا كان تركيز العناصر فيما بين حدود النقص ، والوفرة .

وعند تسميد الخس .. تجب مراعاة مايلى :

أ ــ إضافة الأسمدة إلى الطبقة السطحية من التربة ؛ لأن معظم جذور الخس سطحية .

ب ــ إضافة الأسمدة العضوية بوفرة للمحافظة على خصوبة الأرض ؛ لأن الخس لا يخلف كثيرا من المادة العضوية فى التربة .

جـ ــ ضرورة توفر الأسمدة للنبات خلال جميع مراحل نموه ، حتى يكون النمو مستمرا دون توقف ؛ لما لذلك من تأثير إيجابى على صفات الجودة .

د ــ عدم الإفراط فى التسميد الآزوتى ، عندما تكون الظروف البيئية مناسبة للنمو السريع حتى لاتتعرض النباتات للإصابة باحتراق حواف الأوراق ، أو أثناء نمو الرؤوس حتى لاتكون مفككة .

تتراوح الاحتياجات السمادية للخس من ٣٠ ــ ٨٥ كجم نيتروجينًا ، و ٦٠ ــ ٩٠ كجم فو٢ أ٥ ، و ٢٥ ــ ٩٠ كجم بو٢ أ للفدان حسب طبيعة الأرض (Lorenz & Maynard ١٩٨٠) . و ينصح بتسميد الخس فى مصر بنحو ٢٥م٣ من السماد العضوى الذى يجب أن يضاف ــ نثرا ــ قبل الزراعة بنحو أربعة أسابيع ، مع إضافة أسمدة كيميائية بواقع ٢٠٠ كجم سلفات نشادر ، و ٢٥٠ كجم سوبر فوسفات ، و ٧٥ كجم سلفات بوتاسيوم للفدان . تضاف الأسمدة الكيميائية على دفعتين ، على أن تكون الأولى بعد الشتل بنحو ثلاثة أسابيع ، والثانية بعد حوالى شهر من الأولى .

الفسيولوجى

علاقة حجم البذرة بالنمو النباتى

أوضحت دراسات كل من Scaife & Jones (١٩٧٠) وجود علاقة طردية خطية بين وزن بذرة الخس ، ووزن النبات الناتج منها عند الحصاد . وقد عبرا عن تلك العلاقة بالمعادلة التالية :

وزن النبات الطازج بالجرام = ١٠٣ + ٨٠ س .

حيث س : وزن البذرة بالملليجرام .

كما قارن Gelmond (١٩٧١) بذور الخس الصغيرة التى يبلغ متوسط وزن البذرة منها ٠,٥٦ مجم بالبذور الكبيرة التى يبلغ متوسط وزنها ١,٠ مجم ، ووجد أن نسبة الإنبات كانت أعلى فى البذور الكبيرة ، وأن البادرات الناتجة منها كانت فلقاتها أكبر ، وسويقاتها الجنينية العليا أشد سمكا ، وكانت النباتات البالغة أعلى فى كل من الوزن الطازج والوزن الجاف . وقد ذكر Bass (١٩٨٠) أبحاثا أخرى تؤيد هذه النتائج ، وأبحاثا تدل على أن التنبؤ بقوة نمو البادرات من وزن البذور لايكون سليما إلاّ عند مقارنة بذور نفس (اللوط) lot المنتجة تحت نفس الظروف .

سكون البذور

يعود السكون فى بذور الخس إلى وجود موانع أيضية Metabolic Blocks تمنع الإنبات ، ولايمكن التخلص منها إلا بمعاملات خاصة : كتعريض البذور للضوء أو الحرارة المنخفضة وهى متشربة بالماء ، أو بواسطة المعاملة ببعض المركبات الكيميائية . وتؤدى هذه المعاملات إلى إحداث تغيرات فى مسارات الأيض ، تقود فى النهاية إلى إنبات البذور . وتعتبر بذور الخس من أبرز الأمثلة لهذه الحالة من السكون .

ويمكن تلخيص خصائص السكون فى بذور الخس فى النقاط التالية :

١ ــ تظهر حالة السكون بوضوح فى الأسابيع القليلة التالية للحصاد ، ثم تخف حدتها تدريجيا مع التخزين الجاف للبذور ، حيث تستكمل البذور نضجها أثناء تلك الفترة (تسمى بفترة الـ after ripening) ، وهى الفترة التى يتم خلالها تخلص البذور من موانع الإنبات .

٢ ــ تختلف أصناف الخس فيما يلى :

(أ) شدة سكون بذورها بعد الحصاد .

(ب) طول المدة التى يلزم مرورها بعد الحصاد ، حتى تنتهى حالة السكون ؛ فتتراوح فترة السكون من أسابيع قليلة إلى شهور ، وربما سنة أو أكثر فى الأصناف المختلفة . و يظهر السكون بوضوح ــ ولفترة طويلة ــ فى صنفى الخس : جراند رابيدز Grand Rapids ، وهبّارد ماركت Hubbard Market .

٣ ــ بذور الخس غير الساكنة (أو التى انتهت فترة بعد النضج after ripening بها) يمكن أن تدخل فى طور سكون ثانوى secondary domancy فى حرارة مرتفعة (٢٥° م ، أو أكثر) .

٤ ــ يمكن التغلب على سكون البذور الحديثة الحصاد ، وكذلك السكون الثانوى بتعريض البذور للضوء ، أو للحرارة المنخفضة ، أو لبعض المعاملات الكيميائية بشرط تشرب البذور للماء أثناء تلك المعاملات .

٥ ــ تختلف أصناف الخس اختلافًا كبيرًا فى درجة الحرارة القصوى التى يمكن أن يحدث عندها إنبات ، دون أن تدخل البذور فى طور سكون ثانوى . فباختبار ٢٢ صنفًا من الخس .. وجد أن درجة الحرارة المثلى للإنبات تراوحت من ١٥ ــ ٢٢°م ، ولكن درجة الحرارة العظمى تراوحت من ٢٥,٧°م فى الصنف هلدى Hilde إلى ٣٢,٨°م فى الصنف أفون كرسب Avon Crisp (Gray ١٩٧٥) .

دور الضوء فى التغلب على السكون :

تمر البذور الحديثة الحصاد من بعض أصناف الخس بطور سكون تحتاج خلاله إلى ضوء ؛ حتى يمكنها الإنبات . فبذور الخس صنف Hubbard Market لا تنبت مطلقًا فى الظلام لمدة أسبوعين بعد الحصاد . وترتفع نسبة إنبات البذور فى الظلام ـ بصورة تدريجية ـ مع التخزين الجاف ، ولكنها تظل منخفضة حتى بعد ١,٥ سنة من التخزين الجاف ؛ إذ تبلغ نسبة الإنبات حينئذ فى الظلام نحو ٥٠٪ ، ولكن هذه البذور تعطى إنباتًا كاملاً إذا عُرضت للضوء ــ ولو لمدة ثوان قليلة ــ أثناء تشربها للماء . وبالمقارنة فإن بعض الأصناف الأخرى يمكن أن تنبت بذورها بصورة كاملة فى الظلام بعد فترة قصيرة من التخزين الجاف .

هذا .. ويمكن أن تحل المعاملة ببعض المركبات الكيميائية محل الاحتياجات الضوئية ، وتحدث نفس التأثير الذى يحدثه التعريض للضوء ؛ فقد لوحظ أن الثيوريا Thiourea تحل محل الاحتياجات الضوئية فى الخس ، ثم لوحظت الظاهرة نفسها فى عدد من المحاصيل الأخرى . ويختلف التركيز المناسب للثيوريا من ٠,٠٥ ــ ٣٪ . وتنقع البذور فى المحلول لمدة قصيرة ، ثم تغسل بعد ذلك بالماء ، وتزرع مباشرة أو تجفف وتحفظ لحين زراعتها .

ومن المواد الأخرى التى تحل محل الاحتياجات الضوئية كل من : نترات البوتاسيوم ، ومادة الإيثيلين كلوروهيدرين ethylene chlorohydren . وقد اكتشف تأثير نترات البوتاسيوم عندما لوحظ أن محلول نوب knob المغذى يؤدى إلى تحسين إنبات بذور الأنواع النباتية . وبالدراسة .. وجد أن ذلك التأثير كان راجعًا إلى نترات البوتاسيوم التى توجد فى المحلول المغذى . ويتوقف التأثير على التركيز المستخدم ودرجة الحرارة .

كذلك .. يمكن أن تحل معاملة بذور الخس ببعض منظمات النمو محل الاحتياجات الضوئية لكسر حالة السكون . مثال ذلك .. المعاملة بحامض الجبريلليك ، الذى أمكن عزله من بذور الخس

والفاصوليا وغيرهما ؛ مما يدل على أن له دورًا فى الإنبات فى الطبيعة . كذلك يُحسن إندول حامض الخليك IAA من إنبات بذور الخس فى الظلام ، ولكن تأثيره لا يكون واضحًا إلاّ عندما تكون نسبة الإنبات فى الظلام ــ فى البذور غير المعاملة ــ منخفضة بدرجة كبيرة . أما إذا كانت نسبة الإنبات متوسطة الارتفاع أصلاً .. فإن المعاملة بالـ IAA لا يكون لها تأثير يذكر فى هذا الشأن (Mayer & Poljakoff-Mayber ١٩٨٢) .

كما تؤدى معاملة بذور الخس بالكينتين Kinetin إلى جعلها أكثر حساسية للضوء ، بحيث يمكن لأقل معاملة ضوئية أن تؤدى إلى كسر حالة السكون . لذلك يعتبر الكينتين عاملاً مساعدًا على الإنبات فى الظلام و ولكنه لا يحل محل الاحتياجات الضوئية كلية .

ويمكن زيادة فاعلية المعاملة بالكينتين بنقع البذور فى الأسيتون ، أو فى الـ dichloromethan أولاً ، ثم تجفيفها تحت تفريغ قبل نقعها فى محلول الكينتين فى حرارة ٢٥°م . وتعمل هذه المذيبات العضوية على إسراع تشرب البذور بالكينتين . كذلك وجد أن الأسيتون يسرع من تشرب البذور بالـ GA_3 ، والـ IAA ، دون أن يكون له تأثير ضار على البذور .

دور الحرارة المنخفضة فى التغلب على السكون :

تحتاج بعض البذور ــ مثل الخس ــ إلى التعرض للحرارة المنخفضة وهى متشربة للماء حتى تنبت . وتختلف تلك المعاملة عن معاملة التنضيد التى تستمر مدة طويلة ، وتستكمل خلالها البذور نضجها الفسيولوجى . أما فى هذه الحالة .. فإن معاملة الحرارة المنخفضة ــ مثلها فى ذلك مثل معاملة التعريض للضوء ــ فإنها تؤدى إلى إحداث تغيرات بنائية ، من شأنها التخلص من موانع الإنبات والسكون (Pollock & Toole ١٩٦١) .

و يعتبر الخس أحد محاصيل الخضر التى تحتاج بذورها إلى التعريض للحرارة المنخفضة وهى متشربة للماء حتى تنبت . وتختلف أصناف الخس فى مدى احتياجها إلى هذه المعاملة ، كما تقل هذه الاحتياجات كلما تقدمت البذور فى العمر بعد الحصاد .

ورغم أن استنبات بذور الخس غير الساكنة فى حرارة مرتفعة (٢٥°م أو أعلى) يؤدى إلى دخول البذور فى طور سكون ثانوى secondary dormancy .. إلاّ أن هذا السكون الثانوى يمكن تجنبه بتعريض البذور المتشربة للماء لحرارة ٤ــ٦°م لمدة ٣ــ٥ أيام قبل زراعتها . وتكفى هذه المعاملة لكسر سكون البذور الحديثة الحصاد ، كما تمنع دخول البذور فى سكون ثانوى حتى إذا ارتفعت حرارة التربة إلى ٣٠ــ٣٥°م بعد الزراعة . وعمليًا .. تتم هذه المعاملة بحفظ التقاوى بين طبقات من القماش المبلل فى الثلاجة لمدة ٤ أيام . وفى معظم الأصناف تعتبر حرارة ٢٠ــ٢٥°م هى الحد الأقصى للإنبات ؛ حيث تدخل البذور فى درجات الحرارة الأعلى من ذلك فى طور سكون ثانوى إن لم تكن قد سبقت معاملتها بالحرارة المنخفضة (Thompson & Kelly ١٩٥٧) . إلاّ أن أصناف الخس تختلف فى

درجة الحرارة القصوى التى يمكن معها إنبات البذور الحديثة الحصاد ؛ ففى درجة ٢٥°م تنبت بذور الصنف أيسبرج Iceberg بصورة جيدة ، بينما لا يحدث أى إنبات فى الصنف هوايت بوسطن White Boston . ومع تقدم البذور فى العمر بعد الحصاد .. يرتفع الحد الأقصى لدرجة الحرارة التى يمكن معها الإنبات . و بعد نحو أربعة أشهر من التخزين الجاف يمكن لبذور الخس أن تنبت بصورة لا بأس بها فى حرارة ٢٥°م ، ولكن درجات الحرارة الأعلى من ذلك تدفع البذور إلى الداخل فى طور سكون ثانوى .

وقد وجد أن تبادل الحرارة بين الانخفاض والارتفاع ليلاً ونهارًا يساعد على إنبات بذور الخس . ففى حرارة متغيرة ١٥/٣٠°م (ليلاً/نهارًا) .. كانت نسبة الإنبات قريبة من نسبة الإنبات فى درجة حرارة ثابتة مقدارها ٢٠°م . أما الحرارة المتغيرة ٢٠/٣٠°م (ليلاً/نهارًا) .. فلم يكن لها تأثير يذكر . وقد ازدادت استجابة البذور للحرارة المتغيرة مع تقدمها فى العمر ، كما اختلفت هذه الاستجابة باختلاف الأصناف (Crocker & Barton ١٩٥٣) .

السكون الثانوى secondary dormancy :

السكون الثانوى هو نوع من أنواع السكون الذى يرجع إلى وجود موانع أيضية للإنبات ، ويحدث عند تعريض البذور غير الساكنة لظروف خاصة تدفعها للدخول فى حالة سكون ؛ فمثلاً .. تدخل بذور الخس غير الساكنة فى حالة سكون ثانوى عند تعريضها ، وهى متشربة للماء لدرجات حرارة مرتفعة فى الظلام ، وهو الأمر الذى يحدث بصورة طبيعية عند محاولة زراعة البذور غير الساكنة فى أشهر الصيف أثناء ارتفاع درجة الحرارة ؛ حيث يكون الإنبات ضعيفًا للغاية فى حرارة ٣٠°م ، ومنعدمًا فى حرارة ٣٥°م . وتحدث الظاهرة نفسها أيضًا عند محاولة إنبات بذور الكرفس والشيكوريا فى درجة الحرارة المرتفعة (Kester & Hatrmann ١٩٧٥) .

ويمكن التغلب على حالة السكون الثانوى بعدد من المعاملات :

١ ــ يؤدى حفظ التقاوى فى الثلاجة بين طبقات من القماش المبلل لمدة أربعة أيام إلى التخلص من سكون البذور الحديثة الحصاد ، وإلى تلافى دخول البذور فى سكون ثانوى عند الزراعة ، حتى إذا ارتفعت درجة حرارة التربة إلى ٣٠ــ٣٥°م .

٢ ــ يمكن تجنب السكون الثانوى فى حرارة ٣٠°م بنقع البذور فى محلول ثيوريا بتركيز ٠,٥ ٪ ، و يظل تأثير الثيوريا فعالاً حتى مع تجفيف البذور قبل الزراعة .

٣ ــ وجد أن للإيثيلين ، وثانى أكسيد الكربون ، والجبريللين ، والكاينتين ، والإيثيفون تأثيرًا منشطًا على إنبات بذور الخس فى درجات الحرارة المرتفعة (Sharples ١٩٧٣) . لكن المعاملة بالجبريللين تحل مشكلة السكون الثانوى جزئيًا ؛ إذ أدى نقع البذور فى الماء لمدة ساعتين ، ثم فى

الـجبريللين لمدة ساعة إلى إنبات بذور الصنف جراند رابيدز Grand Rapids فى حرارة ٢٥°م، بينما لم يكن للمعاملة أى تأثير فى حرارة ٣٥°م (Khan & Lewak ١٩٧٧) .

وقد أمكن إنبات بذور الخس فى درجة حرارة ٣٥°م بنقع البذور لمدة ٣ دقائق فى محلول كاينتين Kinetin ، بتركيز ١٠٠ جزء فى المليون (Smith وآخرون ١٩٦٨) . وفى دراسة أخرى .. وجد أن نقع بذور الخس صنف هلدى Hilde فى الكاينتين (بتركيز ٣,٢ × ١٠^-٦ مولار) لمدة أربع ساعات ، ثم تخفيفها لمدة ساعة ، أدى إلى رفع درجة الحرارة القصوى للإنبات فى الضوء من ٢٢,٥ إلى ٣٠,٥°م ، واستمر ذلك التأثير ساريًا حتى بعد ٣٠ أسبوعًا من المعاملة (Steckel & Gray ١٩٧٧) . كما وجد أيضًا أن نقع بذور الخس صنف فونكس Phoenix لمدة ٣ دقائق فى محلول كاينتين بتركيز ١٠ أجزاء فى المليون ، ثم تجفيفها فى الهواء .. أدى إلى زيادة نسبة إنبات البذور فى كل من درجة الحرارة المرتفعة والضغط الأسموزى المرتفع (Smith & Odegbaro ١٩٦٩) .

كذلك وجد Khan & Zeng (١٩٨٤) أن معاملة بذور الخس من الأصناف : جراند رابيدز Grand Rapids ، وميزا ٦٥٩ Mesa 659 قبل الزراعة بأى من منظمات النمو pthalimide ، أو GA_{4+7} مع الكاينتين بمفرده أو مع الإيثيفون .. أدت إلى تقليل الأثر الضار للحرارة المرتفعة (٢٠°م ليلاً لمدة ١٢ ساعة / ٣٠°م نهارًا) على إنبات البذور وظهور البادرات من التربة . وقد أدت المعاملة بـGA_{4+7} أيضًا إلى إحداث زيادة كبيرة فى طول السويقة الجنينية السفلى ، بالمقارنة بالمعاملة بالـ pthalimide ..

ومن المعروف أن الفيوزيكوكسين Fusicoccin — وهو diterpine glucoside — محفز جيد لإنبات البذور فى درجات الحرارة غير المناسبة ، كما أنه يحفز نمو السويقة الجنينية السفلى دون أن تصبح البادرات رهيفة وضعيفة . وكما سبق بيانه .. فإن كلًا من حامض الجبريلليك والكاينتين يحفز إنبات بذور الخس فى الحرارة العالية ، إلاّ أن الجبريللين يجعل السويقة الجنينية السفلى طويلة والبادرات رهيفة وضعيفة ، بينما يثبط الكاينتين نمو الجذير . وقد قام Nelsen & Sharples (١٩٨٦) بدراسة تأثير هذه المركبات الثلاثة على إنبات بذور الخس من صنف إمباير Empire ، على درجة ٣٣° لمدة ١٠ ساعات ، بالتبادل مع ٢٣°م لمدة ١٤ ساعة ، ووجدا أن إنبات البذور تحسن كثيرًا لدى معاملة البذور بالفيوزيكوكسين بتركيز ٠,٥ ملى مول . ولم يكن حامض الجيريلليك أو الكاينتين فعالا عند استخدام أى منهما منفردا ، ولكن المعاملة بالفيوزيكوكسين مع أى منهما أحدثت زيادة فى الإنبات عن استعمال الفيوزيكوكسين منفردًا . إلاّ أن المعاملة بالفيوزيكوكسين — مثلها مثل المعاملة بالكاينتين — أحدثت تثبيطا لنمو الجذير ، وقد أمكن التغلب على ذلك باستعمال تركيز ٠,٠٥ ملى مول بدلا من ٠,٥ ، ورغم أن إنبات البذور كان بطيئا فى هذه المعاملة .. إلاّ أن نسبة الإنبات النهائية لم تختلف عما فى حالة المعاملة بتركيز ٠,٥ ملى مول فى درجات الحرارة العالية .

و يذكر أن سبب دخول بذور الخس فى حالة سكون ثانوى عند محاولة إنباتها فى درجات الحرارة المرتفعة هو أن التنفس يزداد بشدة تحت هذه الظروف ، وتزداد بذلك الحاجة إلى تبادل الغازات ، ولكن قد يعوق غشاء الإندوسبرم endosperm membrane حركة الغازات من البذور وإليها ، ومن ثم .. يتسبب فى دخول البذور فى حالة سكون ، إلاّ أن محاولة استنبات البذور فى درجة حرارة منخفضة تساعد على تمزق هذا الغشاء ، واستكمال المراحل الأولى للإنبات ، بحيث يمكن للبذور أن تنبت بسهولة بعد ذلك فى درجات الحرارة المرتفعة . وقد حصل Guedes وآخرون (١٩٨١) على نتائج تؤيد هذه النظرية ، عندما قاموا بنقع البذور أولاً لفترة محدودة فى حرارة معتدلة ، وإثبات أن التمزقات التى تحدث فى غشاء الإندوسبرم آنذاك لها علاقة أكيدة بإمكان إنبات البذور فى حرارة مرتفعة بعد ذلك . وقد عامل الباحثون بذور الخس من صنف مينيتو Minetto بالنقع فى الماء فى حرارة ٢٠°م ، أو فى محلول فوسفات البوتاسيوم فى حرارة ١٥°م لفترات مختلفة ، و بعد تجفيف البذور قاموا باستنباتها فى حرارة ٣٠°م ، وكانت نتائج دراساتهم كالتالى :

١ ــ لم يكن للنقع فى الماء ــ لمدة ٦ ساعات ــ تأثير على إنبات البذور فى درجات الحرارة المرتفعة ، ولكن ازدادت فاعلية معاملة النقع فى الماء مع زيادة مدة المعاملة . وحدث أحسن إنبات فى حرارة ٣٥°م ، عندما كان النقع فى الماء لمدة ١٦ ساعة .

٢ ــ كان النقع فى محلول ١ ٪ فوسفات البوتاسيوم أكثر فاعلية فى التأثير على الإنبات فى حرارة ٣٥°م . وحدث أحسن إنبات عندما كانت فترة النقع ٩ ساعات ، وكانت فترات النقع الأقل من ذلك أقل فاعلية .

٣ ــ عند النقع فى محول ١ ٪ فوسفات البوتاسيوم لم يظهر أى تمزق بغشاء الإندوسبرم فى فترات النقع القصيرة ، ولكن بعد ٩ ساعات من النقع ظهر التمزق ، وازداد ظهوره تدريجياً مع زيادة فترة المعاملة ، حتى كان واضحا تماما بعد ٢١ ساعة .

حيوية البذور

لا تحتفظ بذور الخس بحيويتها لفترة طويلة . وتزداد سرعة فقدان البذور لحيويتها مع ارتفاع درجة حرارة التخزين ، أو الرطوبة النسبية فى الجو المحيط بالبذرة . ويمكن إطالة فترة احتفاظ البذور بحيويتها بخفض رطوبتها إلى ٧٪ ، ثم تخزينها فى أوعية غير منفذة للرطوبة ، أو تخزينها فى درجة حرارة التجمد أو دونها . و يعد فقدان الحيوية آخر المراحل فى تدهور البذور . و يسبق ذلك بطء الإنبات ، ونمو بادرات شاذة ، وظهور بادرات ذات فلقات حمراء اللون ، بها بقع حمراء متحللة ، وتلك حالة فسيولوجية لا يعرف سببها على وجه التحديد ، إلاّ أنها ترتبط بتقدم البذور فى العمر ، خاصة عند تخزينها فى ظروف غير مناسبة (عن Ryder ١٩٧٩) .

الإزهار والإزهار المبكر

يحدث الإزهار المبكر Premature Seeding حينما تتجه النباتات نحو الإزهار Flowering ، قبل أن تكون رؤوسا اقتصادية ؛ أى قبل أن تستكمل النباتات نموها فى موسم النمو الأول الذى يزرع من أجله المحصول . أما الإزهار المرغوب .. فهو الذى يحدث فى موسم النمو الثانى فى حقول إنتاج البذور . وكلتاهما ظاهرة فسيولوجية واحدة ، تتحول فيها النباتات من النمو الخضرى إلى النمو الزهرى .

وقد بينت دراسات Thompson & Knott عام ١٩٣٣ (عن Thompson & Kelly ١٩٥٧) أن الحرارة المرتفعة التى تصل إلى ٢٧°م تعتبر أهم العوامل التى تدفع نبات الخس إلى الاتجاه نحو النمو الزهرى . كما تبين من دراسات Wittwer & Rappaport عام ١٩٥٦ (عن Piringer ١٩٦٢) أن كلًا من معاملات ارتباع البذور Seed Vernalization ، والحرارة العالية ، والفترة الضوئية الطويلة تؤدى إلى سرعة اتجاه النباتات نحو الإزهار ، مع اختلاف الأصناف فى استجابتها . ففى الصنف جريت ليكس .. كان الإزهار سريعا عندما عرضت النباتات لفترة ضوئية طويلة (١٦ ساعة) ، بينما تأخر الإزهار فى الفترة الضوئية القصيرة (٩ ساعات) . وفى الصنف بب Bibb تهيأت النباتات للإزهار فى الفترة الضوئية الطويلة ، لكن الليل الدافىء كان ضروريًا لنمو الشمراخ الزهرى . وفى الصنف جراند رابيرز .. أزهرت النباتات فى أى من حالتى النهار الطويل ، أو الليل الدافىء . كما تبين من دراستهما على الصنف جريت ليكس أن ارتباع البذور ، ثم تعريض النباتات لدرجة حرارة ليل مقدارها ١٨°م يؤدى إلى سرعة نمو الشمراخ الزهرى قبل أن تكوّن النباتات رؤوسا اقتصادية . ومن الثابت الآن أن تعريض بذور الخس ــ وهى متشربة بالماء ــ لدرجة حرارة مقدراها ٤°م لمدة أربعة أسابيع يسرع من إزهار النباتات بما مقداره ٢ ــ ٣ أسابيع ، وتزداد سرعة اتجاه النباتات نحو الإزهار بزيادة فترة تعريض البذور للحرارة المنخفضة .

وللمعاملة بالجبريللينات تأثير مماثل على إزهار الخس ؛ فقد تبيّن من دراسات Wittwer & Bukovac (١٩٦٢) التى عاملا فيها نباتات الخس بعدد من الجبريللينات ، بمعدل ٠,٠٩ ميكرومول لكل نبات مايلى :

الجبريللين	طول الشمراخ الزهرى (سم)	نسبة النباتات المزهرة (٪)
GA_1	٤٢	١٠٠
GA_2	صفر	١٠
GA_3	٦٦	١٠٠
GA_4	٢٤	٤٠
GA_5	٩	٣٠
GA_6	صفر	صفر
GA_7	٢٢	٧٠
GA_8	صفر	صفر
GA_9	٩	٣٠
المقارنة	صفر	صفر

يتضح من هذه الدراسة أن حامض الجبريلليك (GA_3) كان أكثرها تأثيرا على الإزهار واستطالة الشماريخ الزهرية . ولم يكن لأى من GA_2 ، وGA_6 ، وGA_8 أى تأثير على الإزهار . وتجدر الإشارة إلى أن معاملة الجبريللين تؤدى إلى استطالة سيقان الخس قبل أن تتكون أصول البراعم الزهرية . ويحدث ذلك سواء أكانت درجة الحرارة منخفضة (١٣°م) ، أم مناسبة للنمو (١٨ ــ ٢١°م) ، وسواء أكانت الفترة الضوئية قصيرة (٩ ساعات) ، أم طويلة (١٨ ساعة) .

احتراق حواف الأوراق

يعتبر احتراق حواف الأوراق Tipburn من أهم العيوب (الأمراض) الفسيولوجية التى تصيب الخس ، وتصاب به عادة أصناف الخس التى تكون رؤوسا ، بينما يندر أن تصاب به أصناف الخس الورقى . وتظهر أعراض الإصابة قبل الحصاد بفترة قصيرة عادة ــ فى الزراعات المكشوفة ــ على صورة انهيار فسيولوجى فى أنسجة الأوراق الداخلية الكبيرة ، والأوراق المغلّفة Wrapper leaves الداخلية ، ولكن تبقى أوراق القلب الداخلية والأوراق المغلّفة الخارجية سليمة . وتبدأ الأعراض فى الظهور عادة عندما تصل الورقة إلى ربع أو نصف حجمها الكامل ، وقد تبدأ أحيانا على أوراق لا يزيد طولها عن سنتيمتر واحد . ويحدث ذلك خاصة فى الزراعات المحمية ، وتكون الإصابة على صورة بقع عديدة صغيرة بنية ، أو سوداء اللون ، و يظهر التحلل بالقرب من قمة الورقة فى الأوراق الصغيرة ، وقرب الحافة فى الأوراق الكبيرة (Ryder & Whitaker ، ١٩٨٠ Collier & Tibbitts ، ١٩٨٢) .

تزداد الإصابة باحتراق حواف الأوراق فى الظروف التى تشجع على النمو السريع ، خاصة عندما يوجد نقص فى الكالسيوم ، أو عندما لاتكون الظروف مناسبة لامتصاص الكالسيوم وانتقاله فى النبات . و يتضح ذلك جلياً مما يلى :

١ ــ تزداد شدة الإصابة باحتراق حواف الأوراق ، عند توفر الظروف التى تؤدى إلى زيادة معدل النمو النباتى أثناء نضج الرؤوس ، مثل : زيادة شدة الإضاءة وفترتها ، ونسبة غاز ثانى أكسيد الكربون فى هواء البيوت المحمية (من ٣٠٠ إلى ١٥٠٠ جزء فى المليون) ، وارتفاع درجة الحرارة ، والتسميد الغزير . وقد وجد Cox وآخرون (١٩٧٦) ارتباطا 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 Yamagi وآخرون (١٩٨٣) ارتباطا موجبا 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 Rao & Tibbitts (١٩٦٨) على الصنف الحساس ميكوننجن Meikoningen أن الحالة المرضية ازدادت سوءا بزيادة شدة الإضاءة ، أو الفترة الضوئية . ووجد ارتباط عال بين شدة الإضاءة ، ومعدل النمو النباتى . ولم تظهر أعراض الإصابة فى هذه الدراسة إلاّ عندما زاد معدل تكوين الأوراق الجديدة عن ورقة ونصف الورقة يومياً . وقد كان النمو الطولى للأوراق المصابة أكبر دائما من نموها العرضى . كما وجد Wurr & Collier (١٩٨١) ارتباطا موجبا بين شدة الإصابة وطول الأوراق القابلة للإصابة عند النضج .

وقد أدى تقليل معدل النمو النباتى تحت ظروف الحقل بالزراعة ــ على مسافات ضيقة ــ إلى خفض معدل الإصابة بالمرض فى بعض الأصناف . إلاّ أن هذه الطريقة تؤدى إلى إنتاج نباتات صغيرة غير اقتصادية ، ولا ينصح بها كوسيلة 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 .. و يزداد تركيز حامض الكلوروجينك ــ طبيعياً ــ فى النبات فى حالات التعرض للحرارة المرتفعة ، أو للفترات الضوئية الطويلة (Collier & Tibbitts ١٩٨٢) .

و يعتقد أن النمو السريع للأوراق يكون مصحوبا بزيادة الطلب على العناصر الغذائية . ونظرا لأن الإصابة تتركز فى الأوراق النامية ، وأن حركة الكالسيوم بطيئة فى النبات ؛ لذا كان الربط بين الظاهرة ونقص عنصر الكالسيوم .

٢ ــ تزداد شدة الإصابة بالمرض كذلك عند توفر الظروف التى تقلل من وصول الماء إلى الأوراق الداخلية الحساسة للإصابة ، وتقل فى الظروف التى تعمل على زيادة الضغط الجذرى . فقد وجد كل من Collier & Wurr (١٩٨٤) ارتباطا موجبا بين الإصابة بالظاهرة ، وكمية الماء المفقودة بالنتح من الأوراق الخارجية للنبات خلال الأسبوع الأخير قبل الحصاد . كما وجدا أن زيادة الضغط الجذرى برش النباتات ليلا 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 . ونظرا **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 إلاّ مع ما يصلها من ماء بفعل الضغط الجذرى . وتزداد شدة الإصابة ــ تبعا لذلك ــ 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 . و يذكر Collier & Tibbitts (١٩٨٤) أنه أمكن تقليل نسبة الإصابة بحالة فسيولوجية مماثلة فى كل من الكرنب ، والقنبيط ، والشليك بزيادة نسبة الكالسيوم فى الأوراق عن طريق زيادة الرطوبة النسبية ليلا ، أو خفضها نهارا ، أو توفير الظروف التى تعمل على زيادة امتصاص الماء بواسطة الجذور . وقد **وجدا لدى تعريض نباتات الخس لظروف مماثلة أن خفض الرطوبة النسبية ــ نهارا من ٧٤٪ إلى ٥١٪ ــ صاحبه نقص فى سرعة نمو النباتات ، وزيادة تركيز الكالسيوم بها ، وتأخر ظهور أعراض الإصابة عليها . هذا .. بينما أدى خفض الرطوبة النسبية ليلاً من ٩٥٪ ــ 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 .**

وفى محاولة لاستكشاف العلاقة بين النتح ، وانتقال الكالسيوم ، والإصابة بالظاهرة .. قام كل من Barta & Yibbitts (١٩٨٦) بإحاطة الأوراق الصغيرة لنباتات خس يبلغ عمرها ٢٠ يوما بشرائح من البوليثيلين المغطى بالألومنيوم ، بهدف تقليل النتح ، وتركت لتنمو فى مزرعة مائية بها محلول مغذٍ كامل ــ وفى حرارة ٦٥°م ، ورطوبة نسبية ٦٥٪ ــ أدت هذه المعاملة إلى ظهور أعراض الإصابة بالظاهرة فى ٥٣٪ من الأوراق الداخلية التى يبلغ طولها من ١ ــ 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 . و بلغ محتوى الكالسيوم فى الأوراق الخارجية ــ وهى التى يفقد منها الماء بالنتح ــ حوالى ٩,٩ مجم/ جم وزن جاف . ووُجد فى هذه الدراسة أيضا 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 . و بذا .. تؤكد هذه الدراسة أن تغليف

أوراق القمة النامية ــ مثلما يحدث عند تكوين الرؤوس ــ يعد كافيا لخفض مستوى الكالسيوم بها إلى الحد الذى تظهر معه أعراض احتراق حواف الأوراق .

هذا .. و يزيد الضغط الجذرى ليلا فى الحالات التالية :

أ ــ عند زيادة الرطوبة الأرضية ، حيث يقل النتح إلى أدنى مستوى ، و ينتقل الكالسيوم بالتساوى إلى جميع أنسجة النبات .

ب ــ عند زيادة فترة الظلام .

جـ ــ عندما تكون الظروف الأرضية مناسبة لامتصاص الماء .

و يتولد ضغط جذرى جيد بصورة طبيعية تحت ظروف الحقل ، نظرا 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 ليلا وزيادة حدة الإصابة مايلى :

أ ــ التعرض لظروف الجفاف .

ب ــ زيادة معدلات التسميد .

جـ ــ زيادة تركيز الأملاح بالتربة .

د ــ غمر الأرض بالماء لفترة طويلة .

هـ ــ ارتفاع درجة الحرارة ليلا .

و ــ زيادة الفترة الضوئية ؛ ولذا تكثر الإصابة صيفا فى المناطق التى تقع شمال خط عرض ٥٠° م شمالا ، أو جنوب خط عرض ٥٠° م جنوبا ، حيث يكون النهار طويلا .

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

٣ ــ تزداد شدة الإصابة عند نقص الكالسيوم فى التربة ، أو فى النبات :

تحتوى أوراق الخس المصابة باحتراق الحواف على نسبة أقل من عنصر الكالسيوم ، ونسبة أعلى من النيتروجين العضوى ــ خاصة الأحماض الأمينية الحرة ــ 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 زيادة شدة الإضاءة التى تؤدى إلى زيادة النمو ، وزيادة الطلب على الكالسيوم (Ashkar & Ries ١٩٧١) .

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 الشىء نفسه عند المعاملة بالأيونات المخلبية ، مثل : السترات Citrate ، والفيومارات fumarate ، والسكسينات succinate التى ربما أدت هى الأخرى إلى نقص تركيز أيون الكالسيوم فى الأنسجة بتكوينها لمركبات مخلبية معه . كما أمكن أيضا 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 .

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 (Tibodeau & Minotti ١٩٦٩) . ويبلغ مستوى الكالسيوم عادة (على أساس الوزن الجاف) حوالى ١ ٪ فى النباتات السليمة ، ومن ١,٠ ــ ٢,٠ ٪ 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) .

تحتوى معظم الأراضى على كميات كبيرة من الكالسيوم سواء أكان متبادلا ، أم فى المحلول الأرضى . ويعتقد أن الكالسيوم يمتص بطريقة سلبية مع الماء الممتص ، ويتوقف انتقال الأيون إلى سطح الجذر على معدل النتح ؛ فيكون انتقاله سريعا عندما يكون النتح كثيرا ، ويكون بطيئا ــ بالانتشار ــ فى حالات النتح القليل . ويكثر ظهور المرض فى الأراضى المضغوطة compact بفعل كثرة مرور الآلات الزراعية الثقيلة عليها ، والتى يقل فيها النمو الجذري عما فى الأراضى المفككة . ويرجع ذلك إلى أن الكالسيوم لا ينتقل بعد ــ امتصاصه ــ حتى أنسجة الخشب إلا فى الجذور الصغيرة التى لاتكون 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 .

و يؤدى توفر أيونى الأمونيوم ، أو البوتاسيوم بكثرة فى التربة إلى منافسة الكالسيوم على الامتصاص ، وزيادة الإصابة بالظاهرة تبعا لذلك . كما وجد كل من Yanagi & Bullock (١٩٨٣) أن ظهور المرض يرتبط سلبيا ــ أيضا ــ بمستوى عنصرى المغنسيوم ، والبورون ــ بالإضافة إلى الكالسيوم ــ فى أجزاء الرأس الداخلية . و يعتقد أن توفر البورون يؤدى إلى بقاء الكالسيوم فى حالة أكثر قابلية للذوبان ، و يزيد من حركته فى النبات ، ومن نفاذية الجذور له .

ومن الافتراضات التى وضعت لتفسير طبيعة هذه الظاهرة مايلى :

١ ــ 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 . و يعتقد الباحثون أن زيادة الضغط الداخلى فى هذه القنوات يمكن أن تؤدى إلى ظهور الأعراض ؛ نظرا لأن مستوى الكالسيوم يكون بطبيعته شديد الانخفاض فى الأنسجة القابلة للإصابة ، وتظهر الأعراض إذا حدثت أية إعاقة لتحركه إلى هذه الأنسجة ، وهو مايمكن 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 أيضا . ولكن نظرا لأن الظاهرة تحدث فى خضروات أخرى لاتحتوى على اللبن النباتى ، مثل : الكرنب ، والكرفس ؛ لذا يمكن القول .. إن تمزق الخلايا اللبنية ليس سببا مباشرا للظاهرة ، ولكنه يكون مصاحبا لها .

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

ويمكن تقليل الإصابة باحتراق الأوراق فى الخس بمراعاة مايلى :

١ ــ الزراعة فى الجو البارد نسبيًا .

٢ ــ الزراعة فى الأراضى الثقيلة التى لاتشجع على النمو النباتى السريع .

٣ ــ زراعة الأصناف المقاومة ، مثل : مونتيمار Montemar ، وكالمار Calmar ، وساليناس Salinas ، وفانجارد Vanguard .

٤ ــ تجنب التسميد الغزير خاصة بالأسمدة الآزوتية .

٥ ــ تجنب كثرة الرى عند اقتراب الرؤوس من النضج .

٦ ــ توفير الكالسيوم للنبات مع تجنب الإكثار من التسميد بالكاتيونات الأخرى التى تنافس الكالسيوم على الامتصاص . هذا .. إلاّ أن توفير الكالسيوم فى المراحل المتأخرة من النمو بعد فترة من النقص لايكون فعالا ، كما أن الرش بأملاح الكالسيوم بعد التفاف الرؤوس لايكون مجديا ؛ لأن العنصر لاينتقل من الأوراق الخارجية التى يصل إليها محلول الرش إلى الأوراق الداخلية التى تكون بحاجة إليه .

٧ ــ توفير الظروف التى تعمل على زيادة الضغط الجذرى ليلا ، مثل :

أ ــ الرى الجيد .

ب ــ عدم الزراعة فى الأراضى الملحية .

جـ ــ عدم المغالاة فى التسميد .

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

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

٩ ــ 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 ــ 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 .

التبقع الصدىء

يعتبر التبقع الصدىء Russet Spotting من العيوب الفسيولوجية الهامة التالية للحصاد ، والتى تظهر فى خس الرؤوس من مجموعة الأوراق النضرة السهلة التقصف Crisphead . وهو أحد أعراض الشيخوخة الهامة . تظهر الإصابة فى شكل بقع صغيرة ، بقطر ١ ــ ٤ مم بيضاوية ، أو غير منتظمة الشكل ، ذات لون رمادى مائل إلى الأحمر ، أو زيتونية اللون على السطح السفلى للعرق الوسطى بالأوراق الخارجية . وقد تتجمع بعض البقع معا ؛ لتغطى مساحة أكبر . تزيد حدة الإصابة فى الرؤوس الزائدة النضج ، والصلبة ، وعند التعرض لغاز الإثيلين بتركيز ١,٠ جزء فى المليون سواء أكان مصدر الغاز من المحاصيل الأخرى المخزنة مع الخس ، أم من الخس ذاته . كما يزداد ظهور الأعراض إذا بلغت درجة الحرارة نهارا ٣٠°م أو أكثر لمدة يومين متتاليين خلال الفترة التى تسبق الحصاد بنحو ٩ــ١٤ يوما . وتختلف أصناف الخس كثيرًا فى مدى قابليتها للإصابة بهذه الظاهرة .

وتزداد الإصابة بالظاهرة كلما ازدادت فترة التخزين ، وعند التخزين فى درجة ٥°م ، ولدى حدوث أى ضرر ميكانيكى للرؤوس ، أو إصابتها بالأمراض ؛ حيث يزيد ذلك كثيرا من معدل إنتاجها لغاز الإيثيلين . كما تتأثر الإصابة بتركيز كل من غازى : الأكسجين ، وثانى أكسيد الكربون فى هواء المخزن .

وقد وُجد أن الإيثيلين يؤدى إلى زيادة نشاط إنزيم فينيل آلانين أمونيا ــ لايز Phenylalanine ammonia ــ lyase (اختصارا PAL) فى الصنف الحساس ساليناس ، بينما لم تكن للمعاملة بالغاز أى تأثير على الصنف كالمار المقاوم للظاهرة . كما وجد Ke & Saltveit (١٩٨٦) أن معاملة الخس الحساس أيسبرج بالكالسيوم بتركيز ٠,٣ ــ ٠,٥ مول ، أو بالأوكسين ٢ ، ٤ ــ د 2,4-D بتركيز ٠,١ ــ ١,٠ ملى مول تمنع ظهور الظاهرة ، وتقلل جوهريا من نشاط إنزيم PAL فى الأوراق .

هذا .. ويمكن الحد من هذه الظاهرة بتخزين الخس فى درجة الصفر المئوى ، مع تعديل هواء المخزن إلى ٨٪ أكسجين . ولا يمكن تحقيق ذلك باستعمال تركيزات عالية من غاز ثانى أكسيد الكربون ؛ لأنه يعمل على زيادة الإصابة بعيب فسيولوجى آخر هو الصبغة البنية (Ryder ١٩٧٩ ، Lipton ١٩٨٧) .

تغير لون العرق الوسطى

تظهر حالة تغير لون العرق الوسطى Rib Discoloration على أى من جانبى العرق الوسطى بالأوراق الخارجية للرأس ، خاصة فى أماكن انحناء الورقة بالقرب من قاعدتها . يكون اللون أصفر فى البداية ، ثم يتغير إلى اللون الرصاصى ، فالبنى ، فالأسود . و يلى ذلك انتشار الإصابة على امتداد العرق

الوسطى بالأوراق الكبيرة ، ثم ظهورها على أوراق أخرى كلما ازداد نضج 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 بهذا العيب الفسيولوجى فى الظروف التى يكون فيها الجو رطبا ، مع ارتفاع درجة الحرارة العظمى إلى ٢٩ ــ ٣٠°م قبل الحصاد . ولاتبدأ الإصابة إلاّ بعد بدء تكوين الرؤوس ، وتزداد مع زيادة النضج ، و بذا يمكن اعتباره أحد أعراض الشيخوخة . تتعفن النباتات المصابة غالبا قبل أن تصل إلى المستهلك ، ولكن لم يمكن ملاحظة أى كائنات مرضية فى الأجزاء المصابة قبل بدء التحلل ، ولاتوجد وسيلة لوقف تقدم الإصابة بعد ظهورها (Jenkins ١٩٦٢) .

الصبغة البنية

تظهر الحالة الفسيولوجية المعروفة باسم الصبغة البنية Brown Stain على صورة بقع بنية صغيرة ، ذات حافة قاتمة ، ومركز غائر قليلا على سطح الورقة ، أو بالعرق الوسطى فقط بالقرب من قاعدة النصل ، كما تتلون حواف أوراق القلب غالبا باللون الأحمر . وتحدث الإصابة لدى تخزين الخس فى جو معدل ، يرتفع فيه تركيز غاز ثانى أكسيد الكربون إلى ١ ــ ٥ ٪ ، و ينقص فيه تركيز غاز الأكسجين عما فى الجو العادى .

العرق الوردى

يعتبر العرق الوردى Pink Rib حالة فسيولوجية تظهر على صورة تلون وردى فى قاعدة العرق الوسطى للورقة . وتكون الإصابة فى الأوراق الخارجية فقط فى الحالات البسيطة ، وتزداد ــ فى الحالات الشديدة ــ لتشمل كل أوراق النبات فيما عدا الأوراق الداخلية الصغيرة . وقد يمتد التلون الوردى من العرق الوسطى إلى العروق الفرعية الرئيسية .

قد يظهر المرض فى الحقل قبل الحصاد ، ولكن الأغلب هو ظهوره بعد الحصاد ، خاصة فى الرؤوس الزائدة النضج . وتزداد شدة الإصابة عند ارتفاع درجة حرارة التخزين عن الصفر المئوى ، أو نقص نسبة الأكسجين فى المخازن . وقد أمكن عزل البكتيريا Pseudomonas marginalis من البقع المصابة ، وأدت عدوى النباتات السليمة بها إلى ظهور بقع وردية اللون بعد ٧ أيام فى الحرارة المنخفضة ، و بقع بنية اللون فى الحرارة المتوسطة ، والمرتفعة .

التلون البنى الصدىء

لا يظهر التلون البنى الصدىء 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 . و يزداد ظهور هذه الحالة فى النباتات التى تصاب فى مراحل نموها المتأخرة بفيرس تبرقش 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 : تبرقش الخس ، أو اصفرار البنجر الغربى .. والجدير بالذكر أن هذين الصنفين أبو ين مشتركين (Ryder ١٩٧٩) .

الأوراق الحلزونية

تظهر حالة الأوراق الحلزونية Spiralled Leaves فى الخس الرومين ، حيث تأخذ الأوراق مظهرا حلزونيا 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 .

الحصاد والتداول والتخزين

النضج والحصاد

تنضج نباتات الخس ــ عادة ــ بعد نحو ٢,٥ ــ ٣ أشهر من الشتل . و يلاحظ أن النبات يكتسب أكثر من نصف وزنه الطازج خلال الأسبوعين الأخيرين قبل الحصاد (Yamaguchi ١٩٨٣) . وأهم علامات النضج فى مجاميع الخس المختلفة ، ما يلى :

١ ــ خس الرؤوس ذات الأوراق النضرة Crisphead : صلابة الرؤوس واندماجها .

٢ ــ خس اللاتوجا : التفاف الأوراق حول بعضها البعض بصورة جيدة .

٣ ــ خس الرومين : امتلاء الرأس وكبر حجمها .

٤ ــ الخس الورقى : وصول النبات إلى أكبر حجم له ، أو قبل ذلك فى حال ارتفاع الأسعار .

يراعى عدم تأخير الحصاد عن الموعد المناسب ؛ لأن ذلك يؤدى إلى تصلب الأوراق ، واستطالة النبات ، واكتسابها طعما مرا بمجرد اتجاهها نحو الإزهار . يجرى الحصاد إما يدويًا بقطع ساق النبات