الفصل الثامن

العيوب الفسيوجية ، والنموات غير الطبيعية

تتعرض درنات البطاطس للإصابة بالعديد من العيوب التى تحط من قيمتها التسويقية ، كما تظهر على النباتات أحيانًا أعراض غير طبيعية . وجميع هذه العيوب والأعراض غير الطبيعية ترجع إلى أسباب فسيولوجية ، وتختلف عن الإصابات المرضية والحشرية ، وهى التى سنتناولها بالدراسة فى الفصل الأخير .

اخضرار الدرنات :

يؤدى تعرض الدرنات للضوء إلى اخضرارها نتيجة لتمثيل الكلوروفيل فيها ، وهو عيب فسيولوجى يعرف باسم الاخضرار greening . وتصاحب ذلك دائمًا زيادة فى محتوى الدرنات من مادة السولانين Solanine السامة للإنسان . ويظهر الإخضرار فى أى وقت تتعرض فيه الدرنات للضوء ، سواء أكان ذلك قبل أم أثناء الحصاد ، أم أثناء تداول الدرنات ، أم تخزينها ، أم أثناء عرضها للبيع فى الأسواق ، أم لدى المستهلك .

هذا .. ولا يرتبط تكون الكلوروفيل بتكون السولانين إلاّ فى أن كلاً منهما يتكون عند تعرض الدرنات الضوء ، لكن ذلك يتم فى عمليتين منفصلتين ، فالكلوروفيل يتكون عند التعرض للضوء الأصفر أو الأحمر ، بينما يتكون السولانين عند التعرض للضوء الأزرق . ومن الطبيعى أن الضوء العادى الذى تتعرض له الدرنات يتضمن كل ألوان الطيف .

تكوّن الكلوروفيل :

لا يتكون الكلورفيل إلاّ فى طبقة سطحية من الدرنة لا يتعدى سمكها ٢ مم . ونادرًا ما يزيد تركيزه عن ١ ملليجرام لكل ١٠٠ سم^{٢} من سطح الدرنة . ومتى تكون الكلوروفيل وظهر اللون الأخضر ، فإن الدرنات لا تفقده بسهولة . ففى إحدى الدراسات وُجِدَ أنه لم يحدث نقص فى محتوى الدرنات من الكلوروفيل بعد تخزينها لمدة ٢٦ يومًا ، سواء أكان التخزين فى حرارة ٢,٢ ، أم ٢٣,٨م . وفى دراسة أخرى تكون الكلوروفيل خلال يومين إلى أربعة أيام من التعرض للضوء ، بينما لزم لاختفائه شهر كامل من التخزين فى درجة حرارة ٢٣,٨م فى الظلام .

تتأثر سرعة اخضرار الدرنات بالعوامل التالية :

١ - الصنف :

تختلف الأصناف فى قابليتها للاخضرار عند تعرضها للضوء ، فيكون الاخضرار أسرع فى الأصناف ذات الجلد الأبيض . وبرغم تكون الكلوروفيل فى الأصناف ذات الجلد الشبكى الفلينى (russeted varieties) ، إلاّ أن ذلك يكون بدرجة أقل عما فى الأصناف ذات الجلد الأملس ، كما لا يظهر فيها بنفس الدرجة من الوضوح .

ومن ناحية أخرى .. فالأصناف تختلف فى العمق الذى توضع فيه الدرنات فى التربة ، فالصنف كاتادن Katahdin مثلا يضع درناته سطحيًا ، ويحتاج إلى عناية خاصة فى إجراء عملية الردم لمنع وصول الضوء إلى الدرنات ، وإلا تكونت درنات خضراء تمامًا بنسبة ١٠ - ١٥٪ من المحصول ، وهى درنات لا تصلح للتسويق ولا يجوز استهلاكها ، ولو حتى كعلف للماشية ، نظرًا للارتفاع الكبير فى محتواها من مادة السولانين السامة .

٢ - درجة نضج الدرنات :

تزداد القابلية للاخضرار فى الدرنات غير الناضجة عما فى الدرنات الأكثر نضجًا ، نظرًا لرقة طبقة البيريدرم فيها .

٣ - شدة الضوء :

يزداد اخضرار الدرنات بزيادة الضوء الذى تتعرض له ، إلاّ أنه لا يوجد تناسب طردى بينهما .

٤ - مدة التعرض للضوء :

توجد علاقة طردية مباشرة بين اخضرار الدرنات ومدة تعرضها للضوء . وتكفى عادة ١٤ ساعة من التعرض لضوء شدته ٦٥ - ٧٠ قدمًا - شمعة لكى يظهر اخضرار خفيف فى الدرنات ، بينما تلزم ٤٣ ساعة حتى يصبح الاخضرار واضحًا وتختلف نتائج الدراسات بشأن الحد الأدنى لمدة التعرض للضوء اللازمة لبدء الاخضرار ، إلاّ أنها تتفق على أن اللون يكون واضحًا فى خلال أربعة أيام على الأكثر .

٥ - درجة الحرارة أثناء التعرض للضوء :

تزداد سرعة اخضرار الدرنات بارتفاع درجة الحرارة أثناء تعرضها للضوء . وأنسب درجة حرارة يتكون عندها الكلوروفيل هى ٢٠° م ، بينما يندر أن يتكون الكلوروفيل فى درجة حرارة تقل عن ٤,٤° م .

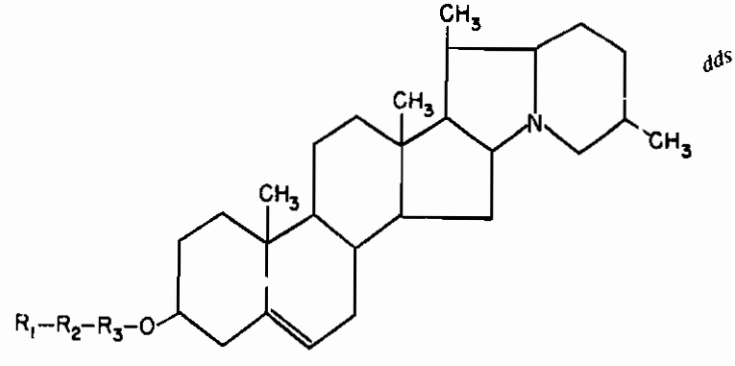
٦ - المدة من الحصاد حتى التعرض للضوء :

تقل قابلية البطاطس المخزنة للاخضرار عن البطاطس الحديثة الحصاد ، لأن طبقة البيريدرم تكون أسمك فيها (Smith ١٩٦٨) .

هذا .. وأنسب الوسائل لمنع اخضرار الدرنات هى بتعبئتها فى عبوات لا تسمح بنفاذ الضوء إليها . وتلك هى الوسيلة الوحيدة المتبعة تجاريًا . وتوجد معاملات أخرى لمنع الاخضرار لا تتبع تجاريًا ، منها . تعريض الدرنات لأشعة جاما وبعض المعاملات الكيميائية ، كما استخدم Wu & Sakunkhe (١٩٧٢) معاملة غمس الدرنات فى زيت الذرة فى محاولة لمنع تكون الكلوروفيل والسولانين فى الدرنات . وأجريت معاملات الغمس لمدة نصف ثانية فى زيت حرارته ٢٢ ، أو ٦٠ ، أو ١٠٠ ، أو ١٦٠ م ، وأعقبها التخلص من الزيت الزائد بالمناشف الورقية ، بحيث لم تتبق سوى طبقة رقيقة من الزيت على الدرنات ، ثم عرضت الدرنات بعد ذلك لضوء فلورسنت قوته ٢٠٠ قدم - شمعة لمدة ١٠ أيام فى درجة حرارة ١٦ م ، ورطوبة نسبية ٦٠٪ . وقد وجد أن معاملة الغمس فى درجة حرارة ٢٢ م أدت إلى منع تكون الكلوروفيل بنسبة ٩٣ - ١٠٠ ٪ ، والسولانين بنسبة ٩٣٪ ، بينما أدت معاملات الغمس فى درجات الحرارة الأخرى إلى منع تكوين الكلوروفيل والسولانين كلية .

تكوّن السولانين :

يطلق اسم سولانين solanine على مجموعة من الجلوكوسيدات glucosides يكون فيها الأجليكون aglycone عبارة عن سولانيدين solanidine . وهى مادة سامة للإنسان والحيوان إذا استهلكت بكميات كبيرة ، كما أنها تكسب الدرنات طعمًا مرًا . ويُبين شكل (٨ - ١) التركيب الكيميائى لجزئ السولانين . ويؤدى وجود السولانيدين بتركيز ١٥ - ٢٠ ملليجرام / ١٠٠ جرام من الدرنات الطازجة إلى ظهور طعم مر غير مرغوب عند الأكل ، إلاّ أن التركيز الطبيعى لهذه المادة فى الدرنات لا يتعدى ٠,١ جزء فى المليون وتختلف الأصناف فى سرعة تكوينها لمادة السولانيدين . ويصل تركيزها فى بعض الأصناف إلى ٣٥ ملليجرام / ١٠٠ جرام ، كما فى الصنف ليناب Lenape ، وهو صنف توقفت زراعته لهذا السبب .



شكل (٨ - ١) : تركيب جزئى السولانين Solanine . تمثل R_1, R_2, R_3 ، جزيئات سكر متصلة بالسولانيدين Solanidine

ويوجد السولانين فى أجزاء نبات البطاطس ، ولكنه يتركز بصفة خاصة فى السيقان والأنسجة الخضراء (Kingsbury ١٩٦٣) . ويقل تركيزه كثيرًا فى الجذور . ويتركز السولانين فى الدرنات فى الجلد ، وحول العيون بصفة خاصة ، وتتراوح نسبته فى الدرنات العادية من ٠,٠١ - ٠,١ ٪ من الوزن الجاف ، لكن تعرض الدرنات للأشعة فوق البنفسجية يرفع محتواها من السولانين عدة مرات ، وقد يصل التركيز إلى ١,٧٪ فى النبت الجديد . وقد يحتوى النبت وحده على أكثر من ضعف كمية السولانين التى توجد فى باقى أجزاء الدرنة (Burr ١٩٦٦) .

وقد حظى السولانين باهتمام الباحثين عقب حدوث عدد كبير من حالات التسمم فى ألمانيا عام ١٩٢٢ . وقد أرجعت هذه الحالات فى حينها إلى وجود نسبة عالية غير عادية من السولانين فى درنات البطاطس . ويؤدى تعاطى الإنسان لنحو ١٠٠ ملليجرام من هذه المادة إلى حدوث اضطرابات هضمية وعصبية شديدة ، وصداع . ومن المستبعد أن يتعاطى الإنسان هذه الكمية الكبيرة من السولانين ، إذ إن نسبته لا تزيد فى الدرنات العادية عن ٠,١ - ٠,٥ جزء فى المليون ، ويزال نحو ٧٠٪ من هذه الكمية عند تقشير الدرنات ، كما يزال نحو ٥٠٪ من الكمية المتبقية عند القلى ونحو ٦٠ - ٧٠٪ عند الطبخ .

ويتأثر محتوى الدرنات من السولانين بالعوامل التالية :

١ - الصنف :

تختلف الأصناف كثيرًا فى محتواها من السولانين . ففى دراسة أجريت على ٣٢ صنفًا من البطاطس وجد أن نسبة السولانين تراوحت من ٢ - ١٣ ملليجرام لكل ١٠٠ جرام من الدرنات الطازجة.

٢ - درجة نضج الدرنات :

تكون الدرنات غير الناضجة أكثر احتواء على السولانين من الدرنات الأكثر نضجًا .

٣ - المدة من الحصاد حتى التعرض للضوء :

يتكون السولانين بسرعة أكبر فى الدرنات الحديثة الحصاد ، عما هو فى الدرنات المخزنة .

التشققات :

توجد أربعة أنواع من التشققات ترجع إلى أسباب مختلفة هى : الضغط الداخلى من الدرنة ، والإصابات الفيرسية ، والضغوط الميكانيكية الخارجية ، وسوء تداول الدرنات أثناء عملية الحصاد

وتؤدى الضغوط الداخلية إلى ظهور تشققات النمو growth cracks ، وهى تكون عادة باتجاه طول الدرنة ، وتظهر نتيجة لعدم مقدرة الأنسجة الخارجية للدرنة على النمو بالقدر الذى يكفى لاستيعاب النمو الداخلى . يحدث ذلك عند كثرة التسميد ، أو عند توفر الرطوبة الأرضية بعد فترة من الجفاف

وتلتئم تشققات النمو التى تتكون قبل الحصاد بفترة كافية ، وتصبح مجرد شقوق سطحية ليست لها أهمية ، ونادرًا ما تصاب بالكائنات التى تسبب العفن . وتختلف أصناف البطاطس فى قابليتها للإصابة بهذا النوع من التشققات .

وقد تحدث تشققات النمو هذه فى النباتات المصابة بفيروسات معينة ، هى : فيرس التقزم الأصفر ، وفيرس الموب توب mop-top virus ، وبعض سلالات فيرس الدرنة المغزلية .

أما الأضرار الميكانيكية التى تحدث أثناء الحصاد وتداول الدرنات ، فإنها تكون على شكل شقوق قد يصل عمقها لمسافة ٥ مم ، وتكثر فى الدرنات غير الناضجة ، والدرنات الكبيرة الحجم ، وعند الحصاد فى الجو البارد ، وعندما تكون الدرنات بحالة نضرة تمامًا ، حيث تكون شديدة الحساسية لأى ضغوط (turgid) . وتزداد هذه الحالة عندما تكون الرطوبة الأرضية عالية بعد موت النموات الخضرية لأى سبب كان ، بينما تكون الجذور مازالت نشطة فى امتصاص الماء .

أما النوع الرابع ، فيسمى تشققات الحصاد harvest cracks ، أو الجيوب الهوائية air cracks وتكون على شكل هلالى شبيه بالشقوق التى يحدثها ظفر الإبهام عند اختراقه للدرنة . وتكون هذه الشقوق عادة سطحية ، ولا يتعدى عمقها ١ - ٢ مم . وهى تنشأ نتيجة لتداول الدرنات بخشونة مع سرعة جفاف جلد الدرنة بعد الحصاد . وتقل شدة الإصابة عادة عند إجراء الحصاد آليًا ، بالمقارنة بالحصاد اليدوى الذى تترك فيه الدرنات على سطح التربة لحين جمعها .

ويمكن خفض شدة الإصابة بالتشققات بمراعاة ما يلى :

١ - إجراء العمليات الزراعية بطريقة تضمن انتظام النمو .

٢ - تأخير الحصاد لحين موت النموات الخضرية ونضج البيريدرم ، مع تجنب الحصاد عندما تكون التربة باردة .

٣ - تجنب تعريض الدرنات للضغوط ، أو السقوط الفجائى

٤ - حماية الدرنات من الجفاف السريع بعد الحصاد ، وأثناء النقل إلى المخازن (Rastovski & van Es ١٩٨١) .

النمو الثانوى :

تظهر النموات الثانوية كبروز من الدرنة الأصلية ، مما يشوه شكلها . وقد يأخذ النمو الثانوى Secendory growth أحد الأشكال التالية :

١ - درنات مشوهة deformed tubers ذات عيون جاحظة Protruding eyes .

٢ - عيون جانبية Lateral buds ، أو الدرنات المتدرنة Knobby tubers .

٣ – البراعم الطرفية apical buds ، وهى على نوعين : براعم طرفية كبيرة وأثرية dumbbells ، وبراعم طرفية مدببة elongated tuders .

وفى جميع الحالات السابقة تتصل النموات الثانوية بالدرنة الأصلية ، دون أن يوجد فاصل بينهما .

٤ – درنات ثانوية تنشأ بعد استطالة قمة الساق الأرضية عقب تكون الدرنة الأولى (gemmation) . وقد توجد سلسلة من هذه الدرنات الثانوية chain of tubers تفصلها عن بعضها سيقان أرضية قصيرة .

٥ – براعم نابتة من الدرنات قبل الحصاد قد تنمو أعلى سطح التربة لتكون ساقًا خضرية (sprouted tubers)

هذا .. ويتوقف نمو الدرنة الأصلية بمجرد بدء ظهور النمو الثانوى ، حيث يسود النمو الثانوى بعد ذلك . وقد أدت إزالة النمو الثانوى فى بعض الحالات إلى استعادة الدرنة الأصلية لنموها .

ومن أهم العوامل التى تؤثر على ظهور النموات الثانوية ما يلى :

١ – الصنف :

تختلف أصناف البطاطس فى معدلات ظهور النموات الثانوية فيها ، فهى تكثر مثلا فى أصناف رست بيربانك Russet Brubank ، وجرين ماونتن Green Mountain ، بينما تقل فى الأصناف بونتياك Pontiac ، وكينبك Kennebec ، وسيباجوSebago .

٢ – ارتفاع درجة الحرارة ولو لفترة قصيرة :

تمكن Lught وآخرون (١٩٦٤) من دفع درنات البطاطس إلى تكوين نموات ثانوية بتعريض النبات كله ، أو أجزائه الهوائية فقط ، أو أجزائه الأرضية فقط لدرجة حرارة مرتفعة مقدارها ٣٢° م لمدة سبعة أيام ، كما تمكن Bodlaender (١٩٦٤) من دفع درنات البطاطس إلى تكوين نموات ثانوية بتعريض النباتات لدرجة حرارة مرتفعة مقدارها ٣٢°م لمدة أسبوعين . ويعتقد أن درجة الحرارة المرتفعة تؤدى إلى كسر سكون الدرنات .

٣ – نقص الرطوبة الأرضية :

من المعتقد أن نقص الرطوبة الأرضية يؤدى إلى رفع درجة حرارة التربة ؛ مما يؤدى إلى كسر سكون الدرنات ، أى أن تأثير هذا العامل يكون بصورة غير مباشرة ، كما أن جفاف التربة مع ارتفاع درجة الحرارة يزيد كثيرًا من حالة النمو الثانوى .

٤ – عدم إنتظام الرطوبة الأرضية :

يؤدى نقص الرطوبة الأرضية لفترة إلى وقف نموات الدرنات ، فإذا توفرت الرطوبة فجأة بعد ذلك ،

فإن الدرنات تستعيد نموها . وقد يتم ذلك بصورة غير متجانسة ، فيحدث نمو أكبر فى مواقع بعض العيون ؛ فتتكون بذلك النموات الثانوية . وتجدر الإشارة إلى أن ذلك هو ما يحدث فى العروات الصيفية المتأخرة ، حيث تعمل الحرارة المرتفعة فى نهاية موسم النمو على كسر سكون الدرنات ، وفى نفس الوقت تحتاج الحقول إلى الرى لتجنب الجفاف ، ولخفض درجة حرارة التربة .. وتلك كلها عوامل تحفز ظهور النموات الثانوية .

٥ - التعرض لأى ظروف ينشط فيها النمو بعد فترة من التوقف :

يؤدى تعرض نباتات البطاطس لأى ظروف تحفز النمو بعد فترة من التوقف إلى تشجيع تكوين النموات الثانوية . وقد سبقت الإشارة إلى عدم الانتظام فى الرى كأحد هذه العوامل ، ومنها أيضًا عدم الانتظام فى التسميد ، وتقلبات الظروف الجوية . وفى جميع الحالات يؤدى الرى بعد بدء تكون النموات الثانوية إلى زيادة حدتها .

العفن القمى الچيلاتينى :

تظهر حالة العفن القمى الچيلاتينى jelly end rot أو القمة الچيلاتينية فى الدرنات غير العادية الشكل ، خاصة تلك التى تظهر بها نموات ثانوية . وتكون قمة الدرنة شبه شفافة translucent ، أو زجاجية المظهر glassy ، وتسمى بالقمة السكرية sugar end ، وتظهر عند الحصاد ، أو أثناء التخزين ، وتكثر السكريات المختزلة فى هذه الأجزاء ، مما يؤدى إلى تلون الشبس بلون داكن . وتتطور هذه الأعراض أثناء التخزين لتصبح قمة الدرنة چيلاتينية المظهر . ولاتلبث هذه القمة الچيلاتينية أن تجف إلى طبقة جلدية مع وجود حد فاصل بين النسيج المصاب والنسيج السليم .

ويرجع المظهر الزجاجى شبه الشفاف إلى غياب النشا من الأجزاء المصابة بتحوله إلى سكريات مختزلة . وتتشابه هذه الأعراض مع مظهر الدرنة الأم (قطعة التقاوى) عندما تكون النباتات فى مرحلة متقدمة من النمو .

يزداد ظهور حالة القمة الچيلاتينية فى أصناف البطاطس ذات الدرنات الطويلة ، خاصة عندما تكثر بها النموات الثانوية من نوع القمة المدببة pointed ends ، أو نوع البراعم الطرفية الكبيرة الدائرية dumbbells . ولا تظهر الأعراض إلاّ فى قمة الدرنة rose end . ولاترجع هذه الأعراض إلى أية إصابات مرضية ، لكن الأجزاء المصابة يمكن أن تحدث فيها إصابات ثانوية .

وتظهر أعراض الدرنات الزجاجية glassy tubers فى الدرنة الأولى فى حالة سلاسل الدرنات التى تتكون بالتتابع على نفس الساق الأرضية - وهى الحالة التى تعرف باسم gemmation ، لأن النشا ينتقل من الدرنات الأولى فى التكوين إلى الدرنات الأحدث ، خاصة بعد موت الأجزاء الهوائية للنبات .

وتكثر حالة القمة الچيلاتينية فى نفس الظروف التى تظهر فيها حالات النمو الثانوى ، كما أنها

تظهر كذلك عند حصاد الدرنات وهى غير تامة النضج ، ثم تخزينها مباشرة فى درجة حرارة ٥ر٥° م . ويمكن الإقلال من ظهور هذا العيب الفسيولوجى بتجنب تعريض النباتات للظروف التى تشجع على تكوين نموات ثانوية ، وبتخزين الدرنات التى لم يكتمل نضجها فى درجة حرارة ٩° م (Rastovski & Van Es ١٩٨١) .

التريبيش :

تظهر حالة التريبيش feathering أو التسلخ skinning أو سمطة الشمس sun scald عند تعرض الدرنات الحديثة الحصاد وهى مازالت غير ناضجة لأشعة الشمس القوية مع درجات حرارة مرتفعة . وتزداد الحالة سوءًا عند تداول الدرنات بخشونة أثناء الحصاد وتجريحها بكثرة مع تعرض الدرنات للرياح . ويؤدى سوء التداول والتجريح إلى تسلخ جلد الدرنة قبل أن تتكون عليه طبقة البيريدرم ، وتبقى أجزاء الجلد المنسلخة عالقة بالدرنة ، وتلك هى الظاهرة التى تعرف باسم التسلخ أو التريبيش . وهذه الجروح يمكن أن تلتئم فى الظروف المثالية عند الإسراع بإجراء عملية المعالجة curing ، لكن تعرض الدرنات المنسلخة هذه لأشعة الشمس القوية ودرجات الحرارة المرتفعة يؤدى إلى فقد رطوبتها بسرعة من المناطق المنسلخة التى تصبح غائرة قليلا ، ويتحول لونها إلى اللون البنى الداكن أو الأسود ، وقد تصبح لزجة عند تكون نموات بكتيرية بها . ولاتصلح هذه الدرنات للتخزين ، وتتعفن بسرعة .

ويمكن تقليل تعرض الدرنات للإصابة بهذه الحالة بتداولها بحرص أثناء الحصاد ، مع تجنب تعريضها لأشعة الشمس القوية ، أو لدرجات الحرارة المرتفعة أثناء أو بعد الحصاد مباشرة .

القلب الأسود :

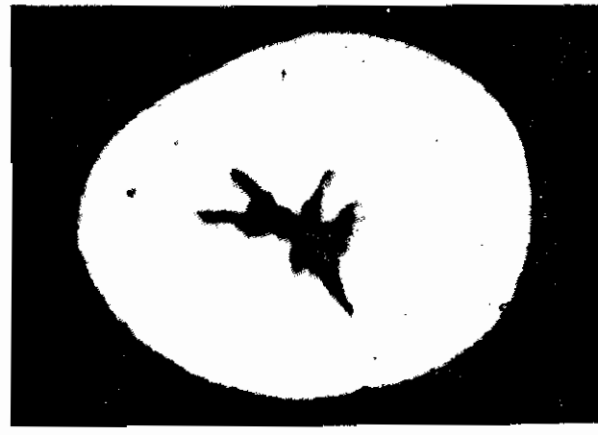
تظهر حالة القلب الأسود black heart على شكل تغير فى لون الأنسجة الداخلية للدرنة ، وانهيار هذه الأنسجة نتيجة لنقص الأكسچين اللازم لتنفسها . ويتغير لون الأنسجة المصابة فى البداية إلى اللون الوردى ، ثم يتحول إلى اللون الرصاصى ، فالبنى ، فالأسود . وقد تمتد تفرعات داخلية من التلون حتى العيون . ويوجد عادة حد فاصل بين الأنسجة المصابة والسليمة ، ويكون النسيج المصاب صلبًا ، لكنه قد يصبح رخوًا عند تعرض الدرنة لدرجة حرارة مرتفعة نسبيًا (شكل ٨ – ٢) .

العوامل المؤثرة على حالة القلب الأسود :

تتوقف شدة ظهور حالة القلب الأسود على العوامل الآتية :

١ – مدى توفر الأكسچين فى هواء المخزن .

يعتبر نقص الأكسچين أهم العوامل التى تتسبب فى ظهور حالة القلب الأسود . ويحدث النقص فى الأكسچين فى الحالات الآتية :



شكل (٨ - ٢) : أعراض الإصابة بالقلب الأسود .

(أ) عندما تكون التهوية رديئة فى المخازن ، حيث يستهلك الأكسچين سريعًا فى تنفس الدرنات .

(ب) عند ارتفاع درجة الحرارة ، حيث يزداد معدل التنفس ، وتزداد تبعًا لذلك سرعة استهلاك الأكسچين .

(جـ) عند تخزين الدرنات فى طبقات سميكة ، مما يؤدى إلى سوء التهوية فيما بينها ، ولذا يوصى بعدم زيادة سمك طبقة الدرنات المخزنة عن ٩٠ سم عند ارتفاع درجة الحرارة عن ٢٠° م .

٢ - درجة حرارة التخزين :

يؤدى تخزين الدرنات فى درجات حرارة مرتفعة إلى زيادة معدل تنفسها بدرجة كبيرة ، مما يؤدى إلى ظهور أعراض القلب الأسود بها حتى ولو كانت المخازن غير مغلقة ، لأن الأنسجة الخارجية للدرنات تنافس الأنسجة الداخلية على الأكسچين اللازم للتنفس تحت هذه الظروف . وتقل شدة الأعراض ، كما تزيد الفترة اللازمة لظهورها بانخفاض درجة الحرارة من ٤٠ إلى ٥° م ، لكن الأعراض يزداد ظهورها مع استمرار الانخفاض فى درجة الحرارة إلى صفر - ٥ر٢° م ، كما يظهر المرض فى درجات الحرارة الشديدة الانخفاض (صفرْ م أو أقل قليلا)، والشديدة الارتفاع (٣٦ - ٤٠° م) ، حتى مع توفر الأكسچين فى المخازن بسبب عدم نفاذيته خلال أنسجة الدرنة بالسرعة الكافية لإمداد الأنسجة التى توجد فى مركز الدرنة بحاجتها منه .

٣ - حجم الدرنات :

يزداد ظهور حالة القلب الأسود فى الدرنات الكبيرة الحجم ، عما فى الدرنات الصغيرة للأسباب التالية :

(أ) تقل نسبة سطح الدرنة إلى وزنها مع زيادة الدرنة فى الحجم . وبما أن الأكسچين ينفذ إلى الدرنة من سطحها الخارجى ، لذا تقل كمية الأكسچين التى يمكن أن تصل لكل وحدة وزن من الدرنة مع زيارتها فى الحجم .

(ب) تزداد المسافة بين سطح الدرنة ومركزها كلما ازدادت فى الحجم . ويعنى ذلك زيادة المسافة التى يتعين على الأكسچين أن ينفذ منها للوصول إلى الأنسجة الداخلية . وقد لايحدث ذلك بالسرعة اللازمة للتنفس فى درجات الحرارة العالية .

(جـ) تستهلك الأنسجة الخارجية من الدرنات الكبيرة الحجم جزءًا كبيرًا من الأكسچين الذى يمر من خلالها قبل أن يصل إلى الأنسجة الداخلية . وتزداد حدة هذه الحالة فى درجات الحرارة العالية (Burton ١٩٤٨) .

التحلل الداخلى :

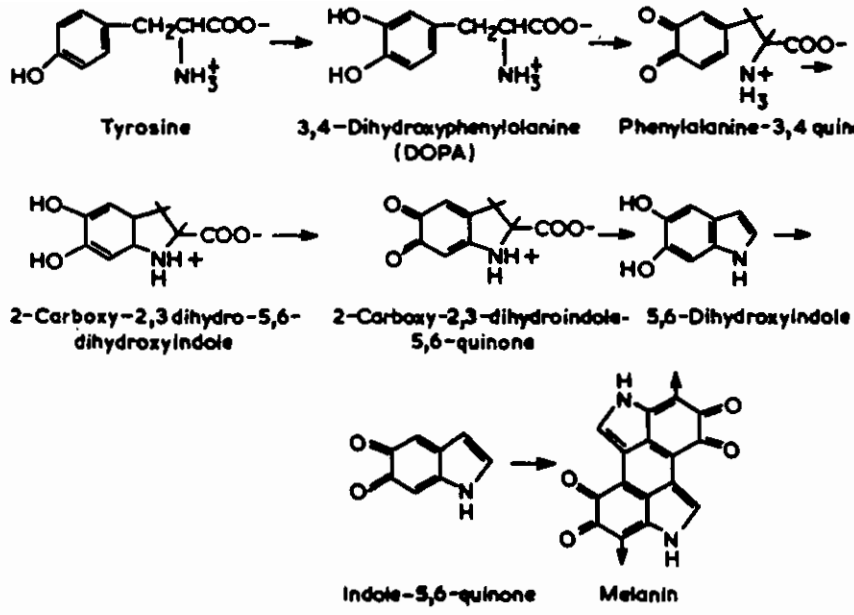
يعتبر التحلل الداخلى internal necrosis حالة خاصة من القلب الأسود تظهر قبل الحصاد عندما تكون درجة حرارة التربة مرتفعة قرب نهاية موسم النمو . وتختلف الأعراض من مجرد أجزاء صغيرة (flecks) إلى مساحات أكبر ذات حواف محددة يكون لونها رصاصى فاتح ، أو بنى داكن ضارب إلى الاصفرار ، أو إلى الاحمرار . وقد تصبح فى الحالات الشديدة بلون بنى داكن أو أسود . وتكون الأنسجة المصابة صلبة ، ولاتنهار أو تتعفن ، وتبقى صلبة بعد الطهى . وتبدأ هذه الأعراض بترسيب السوبرين فى خلايا النخاع البرانشيمية ، ثم تتكون طبقات من اخلايا شبه فلينية حول المناطق المصابة . هذا .. ولاتظهر أية أعراض خارجية على الدرنات المصابة .

وتكثر الإصابة بهذه الحالة فى المواسم الشديدة الحرارة ، خاصة فى الأراضى الرملية والخفيفة . ويساعد نقص الرطوبة الأرضية على زيادة شدة الأعراض ، كما تزداد حدة الإصابة فى الدرنات القريبة من سطح التربة ، وتقل تدريجيًا فى الدرنات التى تليها . وتبقى الإصابة كما هى دون زيادة بعد الحصاد .

لتجنب هذه الحالة يوصى بزراعة الأصناف الأقل حساسية للحرارة المرتفعة ، مثل ترايمف triumph ، ورد واربا red warba ، وكنيبك kennebec ، كما ينصح بتشجيع النمو الخضرى القوى الذى يظلل التربة بشكل جيد ، مع تجنب ترك الدرنات لفترة طويلة دون حصاد بعد جفاف أوراق النباتات .

التبقع الأسود الداخلى :

لاتظهر أعراض التبقع الأسود الداخلى internal black spot عادة إلا عند تداول الدرنات بعد إخراجها من المخازن . وهى تبدأ بانهيار الخلايا فى منطقة النسيج الوعائى التى تقع تحت جلد الدرنة بمسافة قصيرة ، يتراوح عمقها من ١ر٥ – ٨ مم ، وتظهر مناطق كروية ذات لون رمادى ضارب إلى الزرقة ، أو



شكل (٨ - ٣) : تكوّن صبغة الميلانين من التيروزين .

قد تكون أحيانًا بنيه اللون ويزداد ظهور هذه الأعراض فى طرف الدرنة القاعدى ، وتقل بالاتجاه نحو الطرف القمى . ويبدأ ظهور الأعراض بعد ١ - ٣ أيام من تعرض الدرنات للضغوط التى تحدث بها جروحًا داخلية ، لذا تسمى هذه الحالة أيضًا باسم التجريح الداخلى internal brusing . هذا .. ولا تصاحب هذه الأعراض الداخلية أية أعراض خارجية .

وتتكون الصبغات التى توجد فى البقع السوداء نتيجة لتأكسد مواد فينولية ، مثل : التيروزين tyrosine ، وربما حامض الكلوروجينك chlorogenic acid بفعل إنزيم الفينوليز phenolase . وتتكون صبغات مختلفة أثناء سلسلة التفاعلات ، منها اللونان البنى والأحمر . وتنتهى التفاعلات بتكوين صبغة الميلانين melanin السوداء (شكل ٨ - ٣) .

العوامل التى تهيىء الدرنات للإصابة :

برغم أن هذا العيب الفسيولوچى قد درس دراسة مستفيضة ، وذكرت العديد من العوامل التى وجد أن لها علاقة به ، إلا أن المسبب الحقيقى الذى يهيىء الدرنات لأن تصبح أكثر قابلية للإصابة غير معروف على وجة الدقة . ويمكن بيان العوامل ذات العلاقة بهذه الحالة فيما يلى :

١ - الجروح والضغوط التى تتعرض لها الدرنات : فلاتظهر هذه الحالة إلا فى الدرنات التى تعرضت للخدش والتجريح والضغوط أثناء أو بعد التخزين .

٢ – حساسية الصنف : تختلف الأصناف فى مدى حساسيتها ، فمثلا يعد الصنف بونتياك مقاومًا ، بينما يعد الصنفان تيتون teton ، وأونتاريو ontario شديدا القابلية للإصابة .

٣ – فقد الدرنات لجزء من رطوبتها أثناء النمو أو التخزين : تشتد الإصابة فى الدرنات الذابلة جزئيًا ، وهو الأمر الذى يحدث أحيانًا فى المناطق الحارة عند تعرض الحقل لظروف الجفاف ، كما قد يحدث أثناء التخزين بسبب فقد الدرنات لجزء من رطوبتها . وتصبح الأنسجة الداخلية لهذه الدرنات الذابلة جزئيًا أكثر حساسية لأية ضغوط خارجية . ويعنى هذا العامل أن تعرض الدرنات المخزنة لأية ظروف تؤدى إلى فقد الرطوبة يؤدى إلى تهيئتها للإصابة ، ومن أهم هذه الظروف درجة الحرارة العالية ، والرطوبة النسبية المنخفضة ، والتخزين لفترات طويلة .

٤ – مستويات الأسمدة الأزوتية والبوتاسية : يؤدى التسميد الأزوتى الغزير ، أو نقص البوتاسيوم إلى تهيئة الدرنات للإصابة . ومما تجدر الإشارة إليه أن نقص البوتاسيوم يرتبط بزيادة محتوى الدرنات من المركبات الفينولية ذات العلاقة بالتغيرات فى اللون . أما الفوسفور والكالسيوم فليست لها علاقة بالإصابة .

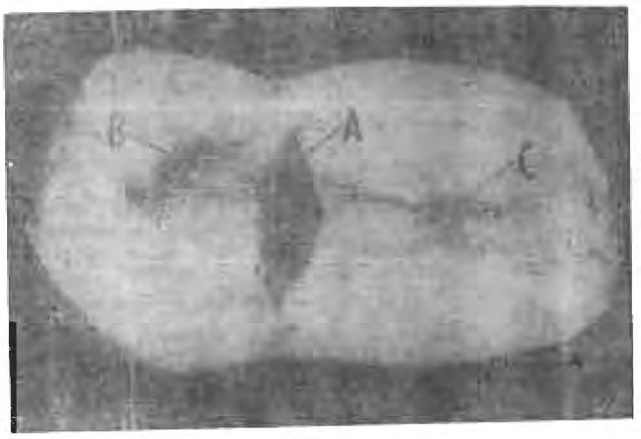
٥ – الرطوبة الأرضية : يؤدى نقص الرطوبة الأرضية إلى تهيئة الدرنات للإصابة بسبب تعرضها للذبول الجزئى فى هذه الظروف .

٦ – نضج الدرنات : تعتبر الدرنات الناضجة أكثر قابلية للإصابة من الدرنات غير الناضجة وأفضل وسيلة لخفض نسبة الإصابة بهذه الحالة الفسيولوچية هى برفع درجة حرارة الدرنات المخزنة إلى ٢٠° م قبل تدريجها أو تداولها لأى سبب كان ، كما أن تداول الدرنات وهى كاملة المحتوى الرطوبى يقلل من الإصابة بالتبقع الأسود الداخلى ، إلا أنه يزيد الإصابة بالتشققات الخارجية (Gray & Hughes ١٩٧٨) .

القلب الأجوف :

تبدأ أعراض القلب الأجوف hollow heart بموت جزء صغير من خلايا نخاع الدرنة بعد أن تختفى محتوياتها ، ثم تصبح هذه الأماكن فارغة وتأخذ شكل ثقوق داخلية عدسية الشكل ، أو نجمية ذات زوايا عند الأركان ، ويزداد اتساعها تدريجيًا مع نمو الدرنة . ولاتظهر أية أعراض داخلية أخرى ، باستثناء احتمال ظهور لون رصاصى باهت فى الأنسجة المحيطة بالفجوة . أما من الخارج ، فإن الدرنات تبدو طبيعية تمامًا . ونادرًا ما تتعفن المنطقة المصابة بالقلب الأجوف (شكل ٨ – ٤) .

وتكثر الإصابة بالقلب الأجوف فى الدرنات الكبيرة الحجم . وتزداد حدة الإصابة فى الحالات التى يكون فيها النمو الخضرى سريعًا بسبب ارتفاع درجة الحرارة ، أو زيادة الرطوبة الأرضية عند بداية تكوين الدرنات ، كما تزداد الحالة سوءًا بزيادة التسميد الأزوتى ، خاصة عندما تأتى هذه الظروف بعد فترة من الظروف القاسية التى يتوقف خلالها النمو .



شكل (٨ - ٤) : أعراض الإصابة بالقلب الأجوف : A - فجوة كبيرة فى مركز أ لورقة ليس لها شكل محدد B و C - فجوات ثانوية صغيرة .

ويمكن التعرف على الدرنات المصابة بالقلب الأجوف بفحصها بأشعة إكس وهى تحت الماء . أما اختبار الكثافة النوعية ، أو فصل الدرنات الكبيرة الحجم ، فلا يفيد فى التخلص من الدرنات المصابة .

ويمكن التقليل من حالة القلب الأسود باتباع الإرشادات التالية :

١ - زراعة الأصناف الأقل قابليةللإصابة ، وهى ذات الدرنات الصغيرة .

٢ - الزراعة على مسافات ضيقة ، وتجنب وجود جور غائبة .

٣ - زيادة التسميد البوتاسى ، وتجنب التسميد الأزوتى الغزير ، أو كثرة الرى ، أو التقلبات الكبيرة فى كليهما .

التلون البنى غير الإنزيمى :

برغم أن السكريات لاتشكل أكثر من ٣ ٪ من المادة الجافة بالدرنات ، إلا أنها ذات أهمية كبيرة ، نظرًا لتسببها (حتى وهى بهذا التركيز المنخفض) فى تلون الشبس والبطاطس المحمرة أثناء قليهما باللون البنى ، وهى تلون غير إنزيمى يطلق عليه اسم non enzymic browning ويوجد منه نوعان : التكرمل caramelization ، ومايسمى بتفاعل ميلارد Maillard reaction . ويرجع معظم التلون البنى غير الإنزيمى إلى تفاعل ميلارد الذى يحدث بسرعة فى درجة حرارة القلى (١٦٥ - ١٧٠ م) فى وجود الأحماض الأمينية . وبرغم أن هذا التفاعل لايتم إلا فى وجود هذه الأحماض الأمينية ، فإن تركيزها غير مؤثر لأنها توجد دائمًا بوفرة ، ولذا فإن معدل التفاعل يتحدد أساسًا بتركيز السكريات المختزلة فى

الدرنات . وتتراوح تقديرات معامل الارتباط بين التلون البنى والسكريات المختزلة من ٣٢ر٠ إلى ٩٩ر٠ . ويجب ألا يزيد تركيز السكريات المختزلة عن ٢٥ر٠ ٪ (على أساس الوزن الطازج) ، حتى لا يظهر التلون البنى عند القلى . ويفضل ألا يزيد التركيز عن ١ر٠ ٪ .

وتتأثر نسبة السكريات فى الدرنات بالعوامل التالية :

١ - عمر الدرنة .. فتكون النسبة عالية ، وتصل إلى ٧٥ ر٠ - ٥ر١ ٪ على أساس الوزن الطازج فى بداية تكوين الدرنات ، ثم تنخفض تدريجيًا مع النضج .

٢ - درجة الحرارة قبل الحصاد وأثناء التخزين ، فتزيد نسبة السكريات كلما انخفضت درجة الحرارة .

التلون البنى الإنزيمى :

يظهر التلون البنى الإنزيمى enzymic browning إذا تركت الدرنات لفترة بعد تقشيرها أو تقطيعها . ويحدث نتيجة أكسدة المركبات الفينولية بإنزيم الفينوليز . وأهم هذه المركبات هى الحامض الأمينى تيروزين tyrosine ، وحامض الكلوروچنك chlorogenic acid . وبينما تنتهى سلسلة التفاعلات التى تعقب أكسدة التيروزين بتكوين صبغة الميلانين السوداء ، فإن المواد التى تتكون عقب تأكسد حامض الكلوروچنك تكون أقل دكنة . ويعتبر تركيز التيروزين هو العامل الذى يتحكم فى درجة التلون البنى الإنزيمى .

التلون الأسود بعد الطهى :

يظهر أحيانًا لون أسود فى البطاطس المطهوة (after-cooking blackening) ، خاصة بعد القلى فى الماء ، كما يظهر أيضًا فى البطاطس المحمرة المحفوظة بالتجمد ، وفى البطاطس المعلبة والمجففة . ويرجع هذا التلون إلى تكون صبغة معقدة أثناء الطهى تتركب من كل من حامض الكلوروچنك ، والحديد . وتتأكسد هذه المادة بعد أن تبرد البطاطس ، وتتكون مادة فيرى - داى كلوروچنك ferri-dichlorogenic acid المسئولة عن اللون الأسود ، ويتأثر تكوّن هذه المادة برقم الحموضة (pH) ، وبالمركبات المخلبية chelating agents الطبيعية ، مثل : حامض الستريك ، وحامض الماليك ، التى تنافس حامض الكلوروچنك على عنصر الحديد ، وأكثرها فاعلية حامض الستريك . ونظرًا لأن حامض الستريك يزداد تركيزه فى الطرف البعيد rose end للدرنة ، لذا يقل ظهور هذا العيب الفسيولوجى فى هذا الجزء من الدرنة . ويعتبر البوتاسيوم من أهم العوامل المؤثرة على محتوى الدرنات من حامض الستريك ، وبالتالى على ظهور التلون الأسود بعد الطهى ، لأن محتوى الدرنات من حامض الستريك يرتبط إيجابيًا مع محتواها من البوتاسيوم . ويترتب على ذلك أن يزداد ظهور اللون الأسود بزيادة التسميد بالكاتيونات الأخرى التى تنافس البوتاسيوم على الامتصاص ، مثل : الأمونيوم .

العديسات الكبيرة :

تؤدى زيادة الرطوبة الأرضية بدرجة كبيرة إلى سوء التهوية ، ويتأقلم النبات على هذه الحالة بزيادة تساع العديسات حتى تسمح بتبادل الغازات ، فتبدو بيضاء اللونُ ، وكبيرة الحجم ، ويطلق على هذه الحالة اسم enlarged lenticels .

الجذور الداخلية :

يؤدى تخزين الدرنات لفترات طويلة فى ظروف تخزينية غير مناسبة إلى نمو جذور من قاعدة البرعم الطرفى تحت البشرة مباشرة . وتمتد هذه الجذور داخل الدرنة من خلال منطقة النخاع ، حتى تصل إلى الطرف القاعدى . ويطلق على هذه الحالة اسم internal roots .

النبت الداخلى :

تؤدى زيادة الرطوبة النسبية فى المخازن إلى إنبات بعض البراعم خلال الدرنات التى تعلوها مباشرة ، أو خلال نفس الدرنة إذا كان النبت فى جانبها السفلى . وقد يكون نمو النبت من خلال جانب الانخفاض الذى توجد فيه العين فى الأصناف ذات العيون الغائرة . ويطلق على هذه الحالة اسم internal sprouts .

وتشتد هذه الحالة فى الدرنات التى خزنت لفترات طويلة ، وعند التخزين على درجة حرارة ١٢ – ١٥° م ، كما تزيد الإصابة بفعل تعرض الدرنات للضغط عند تخزينها فى كومات كبيرة ، كذلك تؤدى المعاملة بتركيزات منخفضة من مثبط التبرعم CIPC إلى ظهور هذه الحالة .

الدرنات الثانوية :

قد تنبت الدرنات أثناء التخزين ، أو بعد الزراعة مباشرة ، وتكوّن درنات جديدة مباشرة ، دون أن تعطى نباتًا طبيعيًا . ويحدث ذلك عند نمو براعم الدرنات القديمة بعد انتهاء فترة السكون ، خاصة عندما يكون التخزين فى حرارة ٢٠° م ، والزراعة فى حرارة منخفضة عن ذلك . ويطلق على هذه الحالة اسم secondary tubers ، وهى ليست مشكلة كبيرة ، حيث لاينجم عنها سوى غياب عدد قليل من الجور .

النموات الحلزونية :

تظهر النموات الحلزونية coiled sprouts عند زراعة تقاو مخزنة لفترات طويلة ، أو عند الزراعة فى تربة منضغطة ، حيث تنحنى النموات الجديدة ، وتلتف عدة مرات ، ويتضخم الجزء الملتف ، وقد يتشقق ، ويصاحب ذلك تأخير الإنبات . وقد لايظهر هذا النبت ، وتتكون بدلا منه نموات أخرى ،

فيزيد بذلك عدد سيقان النبات . وكثيراً مالوحظت الإصابة بفطر *verticillium nubilum* عند ظهور هذه الحالة ، ولذا فإن هذا الفطر يُعدّ أحد مسبباتها ، كما أنها تزداد عند الزراعة فى الجو البارد ، وعند استعمال تقاو ذات نموات طويلة فى الزراعة ، وعند الزراعة على عمق كبير فى تربة منضغطة .

النموات الشعرية أو النبت الشعرى :

تظهر النموات الشعرية hair sprouts فى الدرنات التى تنبت مبكرة قبل حصادها ، حيث تعطى نموات رفيعة يبلغ قطرها نحو ٢ مم . وقد تنتج الدرنة الواحدة نموات شعرية وأخرى طبيعية فى آن واحد ، لكن من عيون مختلفة . ويكثر ظهور هذه الحالة عند ارتفاع درجة الحرارة فى نهاية موسم النمو فى المراحل الأخيرة لتكون الدرنات . وتشتد الحالة عند إصابة حقول إنتاج التقاوى ببعض الميكوبلازما مثل ميكوبلازما اصفرار الإستر .

القطوع والخدوش :

تعد القطوع cuts والخدش bruises من الأضرار الميكانيكية غير الفسيولوجية . وتحدث القطوع بواسطة آلات الحصاد . ويمكن التئام مكان القطع بسهولة أثناء إجراء عملية المعالجة . أما الخدوش ، فإنها تحدث عند تكويم الدرنات فوق بعضها البعض فى طبقات سميكة ، واحتكاكها ببعضها ، وعند تداولها بخشونة فى أى وقت بعد الحصاد .

أضرار ناشئة عن اختراق جذور الأعشاب الضارة للدرنات :

لبعض أنواع الأعشاب الضارة المعمرة سيقان أرضية على شكل ريزومات حادة تخترق درنات البطاطس المجاورة لها فى التربة .. ومن هذه الحشائش مايلى :

Quick grass *(Agropyron repens)*

Nut grass *(Cyperus rotundus)*

التفاف الأوراق :

يحدث التفاف الأوراق leaf roll إما نتيجة الإصابة بفيرس التفاف الأوراق ، وفى هذه الحالة تختلف حدة الأعراض كثيرًا من نبات لآخر فى نفس الحقل (ولاتعد الحالة فسيولوجية) .. أو نتيجة لواحد أو أكثر من المسببات التالية :

١ – أى عامل يعوق انتقال المواد الغذائية المجهزة من الأوراق إلى الدرنات ، حيث يتجمع النشا فى الأوراق ، مما يجعلها جلدية ، ويسبب التفافها لأعلى . ويحدث ذلك خاصة عند الإصابة بالذبول الفيوزارى ، أو بعض الأمراض الأخرى ، أو بالميكوبلازما ، أو عندما تحدث أضرار ميكانيكية لقاعدة الساق .

٢ – طفرة متنحية (وهى التى يتحكم فيها الچين *Lr*) تؤدى إلى تراكم النشا فى الأوراق .

٣ – الإفراط فى التسميد الأزوتى .

٤ – إصابة الأوراق القمية بمن البطاطس . وتسمى هذه الحالة باسم الالتفاف القمى toproll ، وتختفى بمجرد مكافحة المن .

احتراق حواف الوريقات :

تظهر حالة احتراق حواف الوريقات (tip burn) إما نتيجة لزيادة النتح عن مقدرة الجذور على امتصاص الماء ، حيث تذبل أطراف وحواف الوريقات فجأة ، ثم تموت ، أو قد يحدث ذلك بصورة تدريجية ، فيظهر أولا اصفرار خفيف فى حواف الوريقات ، يتغير تدريجيًا إلى اللون الأسود ، وتبدو المنطقة المصابة فى قمة الوريقات عُلى شكل حرف V ، وتشبل ربع الورقة ، أو أكثر من ذلك . وتكون الأوراق المصابة سهلة التقصف ، ويسهل فصلها عن النبات . وتزداد حدة الأعراض فى الأوراق المسنة عما فى الأوراق الحديثة .

تزداد هذه الحالة ظهورًا عندما يأتى جو صحو كثير الرياح بعد فترة يسودها جو ممطر ملبد بالغيوم ففى هذه الظروف يزداد النتح بدرجة أكبر من مقدرة الجذور على امتصاص الماء من التربة ؛ مما يؤدى إلى ذبول واصفرار وجفاف حواف الوريقات .