ومن بين بدائل الـ CIPC التي درست واستخدم بعضها تجاريًا كمثبطات لتزريع البطاطس، ما يلي:

- الزيوت الأساسية، مثل زيوت الكراوية، والنعناع (الـ peppermint، والـ spearmint)، والقرنفل.
- مكونات الزيوت الأساسية، مثل الـ s-carvone، والـ eugenol.
- فوق أكسيد الأيدروجين.

هذا .. إلا أن المعاملة المستمرة بتلك المركبات أثناء التخزين تعد ضرورية لاستمرار فاعليتها كمثبطات للتزريع.

- مركبات النفثالين، مثل: dimethyl naphthalene، و diisopropyl naphthalene (Kleinkopf وآخرون ٢٠٠٣).

الإصابات المرضية ومعاملات الحد منها بعد الحصاد

نظرًا لأن أمراض المخازن الشائعة تتواجد طبيعيًا فى التربة، فإنها تنتقل إلى المخازن مع الدرنات. ولذا فإنه من الضرورى ليس فقط العمل على التئام الجروح للحد من اختراق مسببات الأمراض للأنسجة الداخلية للدرنة، وإنما كذلك خفض درجة الحرارة بأسرع ما يمكن بعد الفرز للحد من انتشار الأمراض بالدرنات المصابة، ومنها إلى السليمة.

ويستدل مما تقدم على أهمية الحرص فى الحصاد والتداول للحد من الخدوش والجروح والقطوع والتسلخات. وإذا ما ظهرت أعراض الإصابة بالندوة المتأخرة أو الأمراض الأخرى على الدرنات يكون من الضرورى سرعة خفض درجة الحرارة حتى بدون معالجة، ولكن مع مراعاة سرعة التخلص من ذلك المحصول فلا يخزن لفترة طويلة.

هذا .. ويزداد نمو معظم مسببات الأمراض لوغاريتميًا مع ارتفاع الحرارة من ٤ إلى ٢٧°م. وبذا .. فإن الحرارة المنخفضة تقلل من فرصة الإصابات المرضية أثناء التخزين (Voss وآخرون ٢٠٠٧).

ومن أهم أمراض مخازن البطاطس، والتى تنتقل بالبيتها مع الدرنات ما يلى:

المرض	المسبب	الأعراض على الدرنات
العفن الوردى pink rot	الفطر *Phytophthora erythoseptica*	تلون بنى يتحول إلى وردى مائى عديم الرائحة
رشح بثيم *Pythium* leek	الفطر *Pythium ultimum*	تصبح الدرنة اسفنجية وتتحلل تاركة الجلد سليمًا
العفن الجاف dry rot	الفطر *Fusarium sambucinum*	تصبح الدرنة سوداء داخليًا وتظهر عليها بقع غائرة
العفن الطرى البكتيرى bacterial soft rot	البكتيريا *Erwinia carotovora*	عفن طرى مهترئ يُصاحب بإفرازات رمادية إلى بنية ذو رائحة كريهة.

ويمكن عن طريق اختبار الـ polymerase chain reaction (اختصارًا: PCR) لعصير درنات البطاطس السليمة تمامًا مظهريًّا التعرف على أى دنا DNA غريب عن دنا البطاطس، والذى يكون – غالبًا – للكائنات الدقيقة المسببة للأمراض، ولكنها لم تظهر فى صورة مرضية بعد. ومن خلال هذا الاختبار السريع يمكن عزل محصول الحقول التى تبدو ملوثة – لتسويقه طازجًا أو لتخزينه لفترة قصيرة – عن محصول الحقول السليمة تمامًا والتى يمكن تخزينها لفترة طويلة (freshino news – الإنترنت – ٢٠٠٧).

ومن الصعب جدًا مكافحة أمراض المخازن فى البطاطس إذا ما حدثت داخل المخازن لسببين، هما:

١- لا يوجد سوى قليل جدًّا من المبيدات المسجلة للاستخدام على البطاطس أثناء التخزين.

٢- قد تساعد ظروف التخزين على سرعة انتشار بعض الأمراض.

ويعد تطهير المخازن قبل شغلها بالبطاطس أحد أهم الإجراءات التى يتعين اتخاذها لتجنب انتشار الأمراض فيها بعد ذلك، كما يعد الكلورين – فى تحضيراته المختلفة – أحد أهم بدائل المطهرات الشائعة الاستعمال.

المعاملة بغاز الكلورين

تبين أن تعريض درنات البطاطس لغاز الكلورين بتركيزات تراوحت بين ٢، و ٢٠١ ملليجرام/لتر فى الهواء الرطب يثبط نمو بعض المسببات المرضية، ولكن تلك المسببات تتباين كثيرًا فى استجابتها للغاز، من حيث التركيز المؤثر وفترة المعاملة المناسبة. فمثلاً .. كان الفطر *Helminthosporium solani* السطحى التطفل أكثر حساسية عن الفطر *Fusarium sambuctinum*، والبكتيريا *Erwinia carotovora* subsp. *atroseptica* اللذان يتطفلان عميقًا فى الدرنات. وقلل تعريض الدرنات للكلورين بتركيز ٢ مجم/لتر لمدة ٤٠ يومًا – بشدة – من الإصابة بالقشف الفضى silver scurf، بينما تطلبت مقاومة العفن الجاف والعفن الطرى البكتيرى التعريض للغاز بتركيز ٢٠١ ملليجرام/لتر لمدة ١٠ أيام، كما أمكن مقاومة القشف الفضى بالتعريض لتركيز ٢٠ مجم/لتر لمدة يومين (Tweddell وآخرون ٢٠٠٣).

المعاملة بثانى أكسيد الكلورين

يستعمل ثانى أكسيد الكلورين chlorine dioxide كمطهر فى محطات تعبئة وتخزين الخضر والفاكهة، حيث يقتل مختلف الكائنات الدقيقة المرضة والمسببة للأعفان حسب التركيز المعامل به. وليس لهذا المطهر أى تأثير جهازى؛ إذا إنه يعمل كمطهر سطحى فقط فعال ضد البكتريا والفطريات والطحالب والفيروسات.

يعمل المركب من خلال تفاعل أكسدة، مقابل تفاعل الكلورة الذى تعمل من خلاله مركبات الهيبوكلوريت. وثانى أكسيد الكلورين عبارة عن غاز شديد القابلية للذوبان فى الماء، وهو يناسب الاستعمال فى مخازن البطاطس نظرًا لضعف سميته للأنسجة النباتية، ولأنه لا يدوم كثيرًا بعد المعاملة، كما أن استعماله آمن وليس له تأثيرات ضارة على البيئة.

ومن بين الأمور الهامة التى يجب أخذها فى الحسبان عند المعاملة بثانى أكسيد الكلورين ما يلى:

١– ضرورة تحضير الغاز فى موقع الاستعمال نظرًا لعدم ثباته الكيميائى عند نقله،

ويتم التحضير بعملية تعرف باسم "التنشيط" activation يتم فيها تنشيط محلول مخفف من كلوريت الصوديوم بحامض لإنتاج ثانى أكسيد الكلورين.

٢- قد يترك تكوين مواد جانبية – مثل الـ chlorates والـ chlorites – مخلفات غير مرغوب فيها بالمنتجات الغذائية.

٣- يتوقف التركيز المنتظم لثانى أكسيد الكلورين على درجة الحرارة، والـ pH أثناء عملية التنشيط، وعلى نوع الحامض المستخدم.

٤- قد يشكل انطلاق غاز ثانى أكسيد الكلورين أثناء التنشيط مشكلة أمان بالنسبة للقائمين بالعمل.

ومن بين التحضيرات التجارية المتاحة لمنتجات ثانى أكسيد الكلورين، ما يلى:

التحضير التجارى	الشركة المنتجة
Anthium AGP	International Dioxcide
Purogene	Bio-Cide International

وتجدر الإشارة إلى أن تلك المنتجات التجارية ليست هى ثانى أكسيد الكلورين ذاته، وإنما هى مجرد محاليل يحضر منها المركب المطلوب عند تنشيطها بأحد الأحماض مثل حامض الفوسفوريك أو الستريك. حيث يؤدى انخفاض الـ pH إلى إنتاج المركب الغازى.

على الرغم من فاعلية ثانى أكسيد الكلورين فى الحد من النمو المزرعى لعدد من مسببات أعفان البطاطس، وهى: *Erwinia carotovora* (العفن الطرى البكتيرى)، و *Fusarium* spp. (العفن الجاف)، و *Helminthosporium solani* (القشف الفضى)، فإنه لم يكن مجديًا فى مكافحة أى من *Fusarium* spp.، أو *H. solani*، أو *Phytophthora infestans* (الندوة المتأخرة) بالدرنات، وقد أعزى ذلك إلى عدم التحكم الدقيق فى تركيز الغاز بالمخزن.

وعلى الرغم مما تقدم بيانه، فإن ثانى أكسيد الكلورين يصرح به – حاليًا – لأجل مكافحة الندوة المتأخرة فقط، علمًا بأنه يقتل – كذلك – عددًا من مسببا أعفان البطاطس، مثل: بكتيريا العفن الطرى البكتيرى *Erwinia carotovora*، وفطر العفن الجاف *Fusarium* spp.، وفطر القشف الفضى *Helminthosporium solani*، إذا ما أحكم استخدامه.

وتكون المعاملة بثانى أكسيد الكلورين إما مرة واحدة بتركيز ٤٠ جزءًا فى المليون، وإما معاملة أولى بتركيز ٢٠٠ جزء فى المليون تتبعها إما معاملة مستمرة بتركيز ٥٠ جزءًا فى المليون، أو معاملات على فترات بتركيز ٢٠٠ جزء فى المليون.

ولمزيد من التفاصيل عن المركب وطريقة استعماله .. يراجع Olsen وآخرين (٢٠٠٨).

المعاملة بفوق أكسيد الأيدروجين

أدت معاملة مخازن البطاطس بفوق أكسيد الأيدروجين على صورة ضباب إلى انخفاض إصابة الدرنات بالعفن الطرى البكتيرى الذى تسببه البكتيريا *Erwinia carotovora* subsp. *catotovora* – بعد خمسة أشهر من التخزين – إلى ٤٪ مقارنة بإصابة بلغت ٢٦٪ فى معاملة الكنترول (Afek وآخرون ١٩٩٩).

وأفادت معاملة مخازن البطاطس بالـ hydrogen peroxide (اختصارًا: HPP) ١٠٪ على صورة ضباب فى مكافحة الفطر *Helminthosporium solani* مسبب مرض القشف الفضى؛ فبعد ستة شهور من التخزين عوملت خلالها الدرنات خمس مرات كانت نسبة الإصابة بالمرض ٢٪ مقارنة بنسبة إصابة ٣٨٪ فى الكنترول. أما نسبة الإصابة بعد نفس الفترة مع إعطاء معاملة واحدة بالـ HPP ١٠٪ فقد بلغت ١٦٪. وقد أدت المعاملة بالمركب إلى مقاومة نمو الفطر على جلد درنات البطاطس التى كانت مصابة وقت حصادها (Afek وآخرون ٢٠٠١).

المعاملة بالمبيدات الفطرية

أمكن مكافحة أعفان الدرنات التى تنتج عن الإصابة بالفطر *Alternaria solani*

مسبب مرض الندوة المتأخرة بمعاملة الدرنات – بعد الحصاد – بأى من المركبات التالية:

captan	sodium hypochlorite
chlorine dioxide	triphenyl tin hydroxide
captafol	iprodione

كانت المعاملة بمعدل ٥,٤ أو ٨,٣ لتر من مخلوط من تلك المركبات فعّالة كذلك، إلا أن المعدل الأعلى بدا أكثر فاعلية. وقد كانت جدوى المعاملة أعلى ما يمكن عندما كانت شدة الإصابة فى الدرنات المخزنة (معبراً عنها بعدد البقع/درنة) منخفضة أو متوسطة، ولكنها كانت أقل كفاءة عندما كانت شدة الإصابة عالية ابتداء (Harrison & Franc ١٩٨٨).

المعاملة بمحفزات المقاومة الطبيعية

أدت المعاملة المبكرة لنباتات البطاطس بأى من المركبين DL-3-aminobutyric acid (اختصارًا: BABA)، أو fosetyl-aluminium إلى إكسابها مقاومة جهازية ضد الإصابة بالندوة المتأخرة استمرت فى الدرنات بعد الحصاد، وكان ذلك مصاحبًا بزيادة فى نشاط الإنزيمين β-1,3-glucanase، و aspartic protease بالدرنات، وكذلك فى محتواها من الفينول والفيتوألاكسين (Andreu وآخرون ٢٠٠٦).

وأمكن – كذلك – الحد من مساحة البقع المرضية للفطر *Fusarium sulphureum* فى درنات البطاطس أثناء التخزين بمعاملتها بالشيتوسان بتركيز ٠,٢٥٪. وقد أدت هذه المعاملة – كذلك – إلى زيادة نشاط الإنزيمين peroxidase، و polyphenoloxidase وفى زيادة محتوى الأنسجة من المركبات الفلافونية واللجنين (Sun وآخرون ٢٠٠٨).

المعاملة البيولوجية

أمكن الحد من إصابة درنات البطاطس – أثناء التخزين – بالعفن الجاف الفيوزارى الذى يسببه الفطرين *Fusarium sambucinum*، و *F. solani* var. *coeruleum* بالمعاملة

بالسلالة NRRL Y-2536 من الخميرة *Cryptococcus laurentii*، إلا أن المعاملة بالسلالة NRRL B-15132 من البكتيريا *Pseudomonas fluorescens* كانت أكثر فاعلية (Schisler وآخرون ١٩٩٥).

التخزين

تخزن البطاطس بطريقتين رئيسيتين؛ هما التخزين فى النوالات وفى الثلاجات. ويجب ألا تخزن سوى الدرنات المكتملة النضج والمفروزة جيدًا.

التخزين فى النوالات

النوالة عبارة عن بناء مظلل يسمح بمرور الهواء بحرية من جوانبه، ومن السقف أيضًا، دون أن تتعرض الدرنات لضوء الشمس المباشر. تبنى الجدران من الطوب اللبن المرصوص بالتبادل بطريقة تسمح بنفاذ الهواء جيدًا، وتحمل الأسقف على أعمدة خشبية، وتغطى بالحصير والحطب أو القش بسمك لا يقل عن ٢٥ سم. وتوجد معظم النوالات فى المحافظات الشمالية لدلتا النيل؛ حيث تنخفض درجة الحرارة نسبيًا.

تُطهَّر النوالات أولاً قبل استعمالها فى تخزين البطاطس بالسيفين ١٠٪، أو بمبيد آخر مناسب لمقاومة فراش درنات البطاطس والفئران.

وعند التخزين تكون الدرنات فى النوالة فى "مراود" يبلغ عرضها من أسفل ٢م، وارتفاعها ١,٥م، وبطول النوالة، ويجب أن يتم التكويم بطريقة تسمح بدخول الهواء بحرية من الجهة التى تهب منها الرياح، وبعد ذلك تغطى الأكوام بقش الأرز بارتفاع ٣٠–٥٠ سم، وترش طبقات القش بمبيد مناسب؛ مثل السيفين ١٠٪، أو الأكتلك ٢٪، أو الثومسيون ٣٪.

تبقى الدرنات مخزنة فى النوالات من وقت حصاد المحصول الصيفى فى مايو ويونيو إلى وقت زراعة العروة الخريفية فى أغسطس وسبتمبر. ويراعى الكشف على الدرنات