يجب عدم تعريض الجذور لأشعة الشمس القوية لأكثر من ساعة أو ساعتين بعد حصادها.

وتحصد حقول البطاطا فى مصر إما يدويًا باستعمال الفأس، ويلزم لذلك ٥٠ رجلاً لكل فدان، وإما بمساعدة من العنصر الحيوانى عند استعمال المحراث البلدى، ويراعى فى الحالة الأخيرة أن يكون سلاح المحراث عميقًا فى التربة تحت مستوى الجذور. وفى كلتا الطريقتين يكون حصاد البطاطا بمشقة بالغة.

هذا .. إلا أنه يمكن إجراء الحصاد آليًا باستعمال أى من الوسائل التالية:

١- محراث قرصى بقطر ٢٤-٣٠ بوصة:

يقوم المحراث بتقطيع النموات الخضرية قبل تقليع الجذور، وتناسب هذه الطريقة الأراضى الخفيفة والمتوسطة القوام، ولكنها لا تناسب الأراضى الثقيلة.

٢- محراث قلاب مطرحى بعرض ١٢-١٦ بوصة:

يقوم بعملية الحصاد بكفاءة عالية وبنسبة محدودة من التلف.

٣- آلة تقليع البطاطس (وزارة الزراعة واستصلاح الأراضى ١٩٩٣):

ويتعين تقليل حركة الحصيرة الهزازة لتجنب خدش الجذور وتجريحها. يجب أن يكون جريد الحصيرة بقطر ١,٢٥سم ومغطى بالمطاط، وأن تكون المساحة بين كل جريدتين ٣,٧٥سم.

التداول

تعتبر جذور البطاطا من أكثر الخضر حساسية لعمليات التداول الخشنة التى تؤدى إلى تجريحها. وتعد الجروح منفذًا مهمًا للفطريات والبكتيريا المسببة للأعفان. كما أن الجروح التى تلتئم تصبح صلبة، وقاتمة اللون، وذات مظهر سيئ. وتعتبر البطاطا أكثر حساسية للتجريح من البطاطس، وتجب معاملتها كما تعامل ثمار التفاح، والبرتقال. ويفضل دائمًا أن يستعمل العمال القائمون بتداول البطاطا قفازات؛ حتى لا يخدشون الجذور بأظافرهم.

وعلى الرغم من أن البطاطا محصول جذرى، فإن الفاقد فى المحصول بعد الحصاد كبير جدًا؛ ففى المتوسط يُفقد فى الولايات المتحدة حوالى ٢٠٪-٢٥٪ من البطاطا أثناء المعالجة والتخزين، و نحو ٥٪-١٥٪ أثناء الشحن وفى أسواق التجزئة، ونحو ١٠٪-١٥٪ بعد أن تصل للمستهلك. ويعنى ذلك أن الفاقد فى جذور البطاطا يصل فى الولايات المتحدة لأكثر من ٥٠٪ من المحصول (عن Edmunds وآخرين ٢٠٠٨).

تترك الجذور فى مكانها بعد تقليعها لمدة ٢-٣ ساعات حتى تجف، ثم تفرز لإزالة الجذور المصابة بالأمراض والآفات، وتنقل من الحقل بعد ذلك مباشرة. ولا يجوز أبدًا قذف جذور البطاطا أو تركها فى أكوام فى الحقل نظرًا لكونها شديدة القابلية للإصابة بالخدوش ولفحة الشمس. ويلاحظ أن الجروح تقل معدلات حدوثها بزيادة نضج الجذور.

العلاج أو المعالجة

يعتبر العلاج أو المعالجة curing أولى عمليات التداول التى تجرى على جذور البطاطا بعد عملية الفرز الأولى فى الحقل.

ويعد العلاج السريع بعد الحصاد مباشرة – فى نفس يوم الحصاد، وفى خلال ١٢ ساعة على أقصى تقدير – أمرًا حتميًا. وخاصة عندما تكون الحرارة منخفضة وقت الحصاد، وعند الرغبة فى تخزين الجذور لفترة طويلة؛ إذا إنه يساعد على سرعة تكوين طبقة من البيريدريم تحت الأماكن المجروحة أو المقطوعة، يتبعها تكوين طبقة فلينية على السطح. وبغير هذه السرعة فى إجراء عملية المعالجة فإنها لا تكون ناجحة.

طرق إجراء عملية العلاج

إن أفضل طريقة للعلاج التجفيفى هى بإجرائها فى غرف خاصة يمكن التحكم فى حرارتها عند ٢٩ ± ٢°م، ورطوبتها النسبية بين ٩٠٪، و ٩٥٪، حيث تستغرق عملية العلاج تحت هذه الظروف خمسة أيام فقط.

هذا إلاّ أنه فى أغلب الحالات تجرى عملية العلاج التجفيفى فى الحقل بوضع المحصول فى أقفاص بلاستيكية أو فى "مراود" (أكوام طولية) بارتفاع لا يزيد عن ٧٥سم، مع تغطية الجذور بقش الأرز النظيف أو بالنموات الخضرية للبطاطا بسمك كاف؛ بهدف رفع نسبة الرطوبة حول الجذور، ولكى تحتفظ الجذور بالحرارة التى تنتج عند تنفسها ويستغرق العلاج بهذه الطريقة حوالى ٧–١٠ أيام، ويصل الفقد فى الوزن خلالها إلى ٥٪.

كذلك قد تجرى عملية العلاج التجفيفى فى مصر بوضع الجذور بعد حصادها مباشرة فى أى مكان مظلل تتراوح درجة حرارته بين ٢٥، و ٣٠°م وتبلغ رطوبته النسبية ٨٥٪، حيث تبقى فيه لمدة ٧–١٠ أيام حسب درجة الحرارة. يكون وضع الجذور فى أقفاص بلاستيكية كبيرة. أو تترك سائبة على أرفف فى طبقات لا يزيد سمكها عن ٥٠–٧٥سم.

ويفيد العلاج لمدة أسبوع على ٣٠°م و ٨٥٪ رطوبة نسبية فى زيادة التصاق طبقة البشرة وتقليل احتمالات تسلخ الجذور. ويحافظ تخزين الجذور بعد ذلك على ١٥°م مع ٨٥٪ رطوبة نسبية على استمرار التصاق البشرة بصورة جيدة (Blankenship & Boyette ٢٠٠٢).

وإذا كانت حرارة الجذور منخفضة نسبيًّا وقت حصادها فإنه يفضل البدء بعلاج الجذور على حرارة ٢١°م لكى لا تتكثف عليها رطوبة حرة، على أن ترفع الحرارة إلى ٢٩°م بمجرد ارتفاع حرارة الجذور.

ويلاحظ أن فترة العلاج تطول بدرجة كبيرة مع انخفاض درجة الحرارة؛ فبينما لا تستغرق أكثر من ٤–٧ أيام على حرارة ٢٩°م .. فإنها قد تستغرق ٤ أسابيع إذا أجريت فى حرارة ٢٤°م، ويزداد معها الفقد فى الوزن، وقد تظهر نموات جديدة بالجذور. ولا تحدث أية معالجة فى حرارة ٢٣°م أو أقل. وتعمل درجات الحرارة المرتفعة على سرعة تكوين فلين الجروح.

تعمل الرطوبة النسبية المرتفعة على سرعة تكوين فلين الجروح، وتؤدى محاولة علاج البطاطا فى رطوبة نسبية منخفضة إلى فقدها لجزء كبير من رطوبتها مع عدم التئام الجروح بصورة جيدة. لذا .. يجب أن تكون الرطوبة النسبية عالية قدر الإمكان، ويفضل أن تتراوح بين ٩٠٪، و ٩٥٪، وعلى ألاّ ترتفع إلى الحد الذى يؤدى إلى تكثف الرطوبة على الجدران، والأرضيات، والعبوات، أو على الجذور ذاتها؛ لأن ذلك يزيد من احتمالات إصابتها بالأعفان.

وتعد التهوية ضرورية أثناء العلاج للتخلص من ثانى أكسيد الكربون المتراكم بالتنفس وتجديد الأكسجين المستهلك، ومنع تكثف الرطوبة، علمًا بأن كل طن من الجذور يستهلك يوميًّا حوالى ٦٣ لترًا من الأكسجين، كما تطلق الجذور كمية مماثلة من ثانى أكسيد الكربون (عن Kays ٢٠٠٤).

يؤدى عدم إجراء عملية المعالجة بشكل جيد أو إجراؤها لفترة أطول عما ينبغى إلى تقصير فترة صلاحية الجذور للتخزين، وزيادة التزريع أثناء التخزين، وكثرة الفقد فى الوزن، علمًا بأن الفقد الطبيعى فى الوزن أثناء المعالجة يكون فى حدود ٥٪-٨٪.

ويؤدى عدم إجراء التهوية بشكل مناسب أثناء المعالجة إلى نقص الأكسجين بشدة، مما يقلل من فاعلية عملية المعالجة ذاتها، وتقصير فترة صلاحية الجذور للتخزين، وتغير طعمها.

وتؤدى زيادة فترة المعالجة إلى تزريع الجذور بكثافة؛ الأمر الذى يتطلب عدم زيادة مدتها عن ٣-٥ أيام، مع سرعة تبريد الجذور إلى ١٣°م بأسرع ما يمكن (Edmunds وآخرون ٢٠٠٨).

ويساعد علاج جذور البطاطا فى أقفاص الحصاد البلاستيكية الكبيرة فى سهولة نقلها باستعمال الرافعات الشوكية على باليتات من حجرات المعالجة إلى المخازن.

وللتأكد من أن عملية العلاج قد اكتملت بالفعل .. يجرى اختبار حك جذرين ببعضهما، فإذا انسلخ الجلد بسهولة .. كان ذلك دليلاً على أن العلاج لم يستكمل بعد.

التغيرات المصاحبة للعلاج

تفقد جذور البطاطا حوالى ٢٪-٥٪ من وزنها خلال عملية العلاج، ويرجع معظم الفقد فى الوزن إلى فقدان الرطوبة، بينما ترجع نسبة قليلة من الفقد إلى تنفس الجذور. وليس من المستبعد مشاهدة نموات يقل طولها عن السنتيمتر تخرج من بعض الجذور قرب نهاية عملية العلاج، ولكن يجب إيقاف العلاج قبل استفحال تلك الظاهرة.

وتؤدى زيادة فترة العلاج أو ارتفاع درجة الحرارة عن الحدود الموصى بها إلى ذبول الجذور وخفض قدرتها التخزينية وميلها إلى تكوين نموات جديدة بكثرة. ويفقد أثناء التخزين جزءًا من المادة الجافة بينما تحدث زيادة فى السكريات.

ومن أهم التغيرات التى تحدث فى الجذور أثناء العلاج .. هى تحول جزء من النشا إلى سكر بصورة تدريجية.

أهمية العلاج

تفتقر جذور البطاطا غير المعالجة للمظهر الجذاب. والطعم الجيد، والقدرة على التخزين.

ويعد العلاج ضروريًا لسرعة التئام الجروح التى تحدث بالجذور أثناء الحصاد والتداول، ولزيادة صلابة القشرة. وتقليل فرصة التعرض للإصابة بالكائنات المرضة، وزيادة المقاومة للتجريح أثناء عمليات التداول التالية.

وأول ما يشاهد خلال عملية التئام الجروح هو جفاف عدة طبقات من الخلايا البرانشيمية الخارجية المعرضة للهواء، ثم سوبرة الخلايا البرانشيمية التى تقع تحتها، ويلى ذلك تكوين بيريدوم الجروح تحت الخلايا البرانشيمية التى ترسب فى جدرها السيوبرين. ويعتبر التئام الجروح تامًا حينما يصبح بيريدرم الجروح بسمك ٣-٧ طبقات من الخلايا.

وقد أظهرت الدراسات التى أجريت على مكونات طبقة البيريدرم فى جذور البطاطا

أنها تثبط نمو عديد من الفطريات، مثل: *Fusarium oxysporum* f. *batatas*، و *F. solani*، و *Rhizopus stolonifer*؛ وبذا .. فإنها قد توفر حماية للجذور من الإصابة بفطريات التربة (Harrison وآخرون ٢٠٠١).

التفريغ والغسيل والفرز والتدريج والتحجيم

يتضمن تداول البطاطا بعد الحصاد الخطوات التالية:

١- التخلص من التربة العالقة بالجذور بإسقاط الجذور بحرص فى حوض مملوء بالماء dump tank، حيث تنقل الجذور منه – فوق سلسلة من أنابيب الـ PVC – إلى مكان التدريج حيث يقف القائمون بالتدريج على الجانبين أثناء تحرك الجذور، ويقومون بفصل الجذور حسب الحجم، والشكل، والعيوب .. إلخ. وتتعرض الجذور – عادة – إلى رش قوى بالماء المضاف إليه الكلور قبل تدريجها.

يتعين تغيير الماء فى حوض الغسيل على فترات متقاربة نظرًا لسرعة تجمع التراب وبقايا النباتات فيه. يجب أن يحتوى الماء على الكلور بتركيز ١٥٠ جزء فى المليون وعلى المبيد بوتران Botran (وهو: 2,6-dinitroaniline) بمعدل ٠,٦٥ كجم من المبيد (٥٠٪ مسحوق قابل للبلل) لكل ٣٨٠ لترًا من الماء. وللحصول على أفضل معاملة يكون الرش تحت ضغط ٤٠-٥٠ رطلاً/بوصة مربعة (٢,٨-٣,٥ كجم/سم^2).

ونظرًا لأن كلا من خزانات التفريغ والغسيل يمكن أن يستهلكا عدة أمتار مكعبة من الماء كل ساعة؛ لذا يجب التفكير فى كل من مصدر الماء الذى يتعين توفرة، وكيفية التخلص منه، وإمكانيات ترشيحه وإعادة استخدامه.

هذا .. ولتوقيت عملية الغسيل أهمية قصوى؛ فيوصى بغسيل جذور البطاطا المعدة للتصدير أو للتسويق فى محلات السوبر ماركت، ولكن يتعين إجراء الغسيل قبل التصدير أو التسويق مباشرة؛ فيكون إما بعد العلاج مباشرة فى حالة عدم الرغبة فى تخزين المحصول، وإما بعد انتهاء فترة التخزين. ولا يوصى أبدًا بغسيل الجذور قبل تخزينها حيث يؤدى ذلك إلى انتشار الإصابة بالأعفان فى المخازن.

وتنطبق القاعدة ذاتها على التفريغ فى الماء؛ فلا يجب إجراء تلك الخطوة إلا فى حالة الرغبة فى عدم تخزين المحصول.

٢- استبعاد النفايات من الأجزاء النباتية والجذور الصغيرة جدًا بمرور الجذور على ما يعرف بال eliminator الذى يتكون من دحروجات أسطوانية rollers يفصل بينها مسافة ٣,٨ سم.

٣- الفرز والتدريج:

يجرى الفرز – لاستبعاد الجذور التالفة وغير الصالحة للتسويق – يدويًا أثناء عملية التدريج التى قد تجرى – هى الأخرى – يدويًا أو قد تجرى آليًا، وقد تؤجل خطوة التدريج إلى أحجام إلى ما بعد خطوة المعاملة بالمبيدات. يجب على العاملين ارتداء قفازات لحماية الجذور من التجريح بفعل أظافرهم، وكذلك للحد من تلوثها بمسببات أمراض الإنسان، كما أن القفازات تحمى العاملين من ملامسة المبيدات الفطرية وغيرها من المركبات الكيميائية التى قد تستعمل فى خط التعبئة.

يكون فرز المحصول؛ لاستبعاد الجذور الضخمة، والصغيرة جدًا، والمشوهة، والمجروحة، والمصابة بالعفن، وهى التى يمكن استعمالها كعلف للماشية.

يجرى الفرز الأولى فى الحقل بعد الحصاد كما أسلفنا، ويجرى فرز آخر إما بعد العلاج مباشرة إذا اتجهت النية إلى تسويق المحصول مباشرة دونما تخزين، وإما بعد التخزين وقبل التسويق، ويجرى الفرز الثانى فى محطة التعبئة.

وتدرج الجذور حسب الحجم بصورة ميكانيكية أو إليكترونية، ويكون ذلك فى محطة التعبئة وفى ذات الوقت الذى تجرى فيه عملية الفرز. وللتفاصيل المتعلقة برتب وأحجام الجذور الموصى بها للسوق الأوروبية المشتركة .. يراجع الموضوع تحت التصدير فى نهاية هذا الفصل.

٤- التنظيف

فى مصر .. تنظف جذور البطاطا المعدة للتصدير من الطين العالق بها – قبل تعبئتها

مباشرة – بحكها باليد أو باستعمال فوطة جافة لهذا الغرض، إلا أن هذا الإجراء لا يخلص الجذور من كل الأتربة العالقة بها، ويوصى – بدلاً من ذلك – بغسيل الجذور بالماء المضاف إليه المطهرات كما سيأتى بيانه.

المعاملة بالمطهرات والمبيدات الفطرية

على الرغم من اتخاذ كافة الاحتياطات لمنع تجريح الجذور بعد معالجتها فإنها غالبًا ما تتعرض للخدش والتجريح البسيط الذى تنفذ منه – بسهولة – مسببات الأعفان، مثل الفطر *Rhizopus stolonifer*؛ لذا فإن من الضرورى معاملة الجذور بالمطهرات الفطرية المسموح بها.

وكما أسلفنا .. فإن عملية التطهير تجرى مع الغسيل؛ أى إن المطهرات تضاف إلى ماء الغسيل. ولكن نظرًا لأن ماء الغسيل الأولى سريعًا ما يصبح محملاً بالتربة والمواد التى كانت ملتصقة أو مختلطة بالجذور؛ مما يتطلب تغييره على فترات متقاربة؛ لذا .. يتعين تأجيل استعمال المطهرات إلى المرحلة النهائية من الغسيل التى لا يلزم تجديد الماء المستعمل فيها على فترات متقاربة.

وتجرى المعاملة بالمبيدات الفطرية إما عن طريق غمر الجذور فى محلول المبيد، وإما برشها بمحلول المبيد منفردًا أو فى محلول شمعى.

ومن أهم المركبات التى استخدمت فى مكافحة الأعفان الفطرية فى البطاطا، ما يلى:

١- البوراكس بتركيز ٠,١-١٪.

٢- مركب SOPP (وهو: sodium-o-phenylphenate) بتركيز ٠,٦٪ (Kushman وآخرون ١٩٦٤).

٣- حامض باراستيك paracetic acid.

٤- داى كلوران dicloran.

٥- مركب TBZ (وهو: thiabendazole) بتركيز ٠,٤٪ (Salunkhe & Desai ١٩٨٤).

٦- يوصى لأجل التصدير باستعمال البوتران Botran (وهو 2,6-dicloro-4-nitroaniline).

كما يضاف الكلور إلى ماء الغسيل بتركيز ١٥٠ جزءًا فى المليون لأجل الحماية من الإصابة بالأعفان التى تسببها البكتيريا.

وإلى جانب استعمال المطهرات مع ماء الغسيل (الأمر الذى يجرى قبل التسويق مباشرة وبعد التخزين إن كان هناك تخزين)، فإن معاملات مكافحة الأعفان يمكن أن تجرى – بوسائل أخرى – أثناء العلاج أو التخزين، كما يتبين مما يلى:

أمكن تخزين البطاطا من صنف جورجيا جت Georgia Jet لمدة خمسة شهور بتطهيرها سطحيًا بالإبروديون iprodione مع العلاج. وفى نهاية فترة التخزين كانت نسبة الجذور الكلية المتعفنة ١٤٪، كانت ٩٪ منها عفنًا طريًا، و ٥٪ عفنًا جافًا. هذا بينما بلغت نسبة الإصابة بالأعفان ٦١٪ عند إجراء العلاج فقط، و ٦٠٪ عند المعاملة بالإبروديون فقط. و ١٠٠٪ فى الكنترول. وكانت أفضل طريقة للمعاملة هى بإضافة المبيد على صورة ضباب يقل فيه قطر الجزئيات عن ١٠ ميكرونات (Afek وآخرون ١٩٩٨).

أدت معاملة جذور البطاطا المجروحة بالأشعة فوق البنفسجية C (أو UV-C) – بجرعة مقدارها ٣,٦ كيلو جول/م^{٢} (kJ/m^2) – إلى الحد بشدة من الإصابة بعفن الجذور الفيوزارى الذى يسببه الفطر *Fusarium solani*، حيث انخفضت فيها نسبة الجذور المصابة، وانخفض بها معدل تقدم الإصابة فى مواقع الإصابة، وذلك مقارنة بالإصابة فى الجذور التى لم تُعرض للأشعة. وقد توافقت تلك المقاومة المكتسبة للفطر من جراء المعاملة بالأشعة فوق البنفسجية بزيادة كبيرة فى نشاط الإنزيم Phenylalanine ammonia lyase (Stevens وآخرون ١٩٩٩).

التعبئة والعبوات

يراعى عند التعبئة ملء العبوات جيدًا، لأن حركة الجذور فى العبوة أثناء النقل تؤدى إلى تجريحها. كما تبدو العبوة ناقصة عند وصولها إلى الأسواق.

يفضل بالنسبة للمنتج الكبير تعبئة وتداول البطاطا – من الحصاد حتى انتهاء التخزين – فى صناديق خشبية كبيرة تتسع لطن من الجذور مع تداول تلك الصناديق وتحريكها آليًا على باليتات وباستعمال الرافعات الشوكية.

وتستعمل فى مصر صناديق بلاستيكية كبيرة لنقل، وعلاج، وتداول، وتخزين البطاطا، تبلغ أبعاد الصناديق ٤٠ سم × ٦٠ سم بعمق ١٨ سم، وتبلغ سعتها ١٨–٢٠ كجم. وتلك هى أفضل العبوات للأغراض التى ذكرناها، وذلك لسهولة تنظيفها وإمكان وضعها فى عدة طبقات دون تعريض الجذور لثقل زائد.

وعند إعادة استخدام الأقفاص البلاستيكية يتعين معاملتها بالبخار على حرارة ٥٠°م لمدة ٦ ساعات لتقليل تلوثها بالفطريات المسببة للعفن الأسود والقشف وغيرها من الكائنات المسببة للأعفان.

كذلك تستعمل فى مصر عبوات من أجولة الجوت أو أجولة شبكية سعة ٢٠–٢٥ كجم. ولكنها تكون أقل كفاءة من الصناديق البلاستيكية التى يمكن تثبيتها فوق بعضها البعض لارتفاع ٣ أمتار دونما توقع حدوث أى أضرار بالجذور مثلما يحدث عند وضع الأجولة فوق بعضها البعض أو تحريكها من مكانها. أما عبوات التسويق فإنها تكون شبكية صغيرة سعة ٢–١٠ كجم.

وتعد التعبئة فى الكراتين ضرورية لأجل التصدير. وقد تجرى هذه العملية يدويًا أو آليًا.

وتفيد تعبئة جذور البطاطا فى عبوات المستهلك التى تصنع من مختلف أنواع الأغشية البلاستيكية فى تسهيل عملية التسويق، ولكن الجذور لا تعبأ أبدًا فى الأغشية إلا بعد فترة التخزين، وقبل التسويق مباشرة، هذا مع العلم بأن فترة احتفاظ الجذور المغسولة والمعاملة بالمبيد الفطرى بجودتها – قبل تعرضها للتلف – لا تزيد عن ٢–٣ أسابيع عند تعبئتها فى الأغشية. ويقل كثيرًا الفقد فى وزن الجذور أثناء التخزين عند تعبئتها فى أكياس بلاستيكية مثقبة عما يكون عليه الحال عند تعبئتها فى أوعية

شبكية. ويعد تثقيب الأغشية (مالا يقل عن ٣٢ ثقب بقطر ٣ ملليمترات بكل عبوة سعة ١,٥–٢,٥ كجم من الجذور) ضروريًا لخفض الرطوبة النسبية وتجنب التنبيت الكثيف ونمو الجذور الشعرية.

معاملات منع التزريع

من بين المعاملات التى تجرى لتقليل تبرعم الجذور بعد الحصاد، ما يلى:

١– رش النموات الخضرية قبل الحصاد بالماليك هيدرازيد.

٢– معاملة الجذور ثلاث مرات أثناء التخزين بأيروسول لمنظم النمو CIPC، بمعدل حوالى ١٢ جم من المادة لكل ١٠٠ كجم من الجذور فى كل مرة. وقد أعطت هذه المعاملة نتائج جيدة حتى مع التخزين فى حرارة ٢١–٢٧°م (Kushman ١٩٦٩).

٣– معاملة الجذور بعد الحصاد بالميثيل إسترلنفثالين حامض الخليك methyl ester of naphthalene-acetic acid (اختصارًا: MENA) فى الأسيتون.

٤– معاملة الجذور بالثيوريا بتركيز ٠,٥–٤,٠٪ لمدة ٢–١٢ ساعة، إلا أن تلك المعاملة تؤدى – كذلك – إلى زيادة معدل تنفس الجذور (عن Onwueme ١٩٧٨).

٥– المعاملة بالماء الساخن:

أدت معاملة جذور البطاطا بالماء الساخن على ٥٠°م قبل تخزينها لمدة عام إلى تثبيط تزريعها وتعفنها جوهريًا خلال فترة التخزين، ولم تكن للمعاملة أى تأثيرات على صفات الجودة الداخلية للجذور، بينما لم تُستبعد سوى ٤٪ من الجذور خلال مدة التخزين بسبب الأعفان. وقد وفرت المعاملة الحرارية جرعة قاتلة لمسببات الأمراض السطحية، كما أتلفت البراعم دون التأثير على خصائص جودة الجذور (Hu & Tanaka ٢٠٠٦).

التخزين

يتطلب تخزين الجذور لأطول فترة ممكنة أن تكون تامة النضج، وخالية من الجروح والخدوش، وخالية من الإصابة بالأعفان، ومعالجة جيدًا، وأن تبقى – بصفة دائمة – فى درجة الحرارة والرطوبة النسبية التى يوصى بها.

طرق التخزين

طرق التخزين التقليدية

تخزن البطاطا فى مصر بإحدى طريقتين:

١- ترك الجذور بدون حصاد:

يمكن تخزين الجذور بهذه الطريقة لمدة ١-٣ شهور. ويشترط لنجاحها أن تكون المنطقة جافة وخالية من الأمطار، وألا تروى الأرض خلال فترة التخزين. ويعاب عليها شغل الأرض لمدة ثلاثة شهور، واحتمال إصابة الجذور بالحشرات وهى فى الأرض.

٢- التخزين تحت وقايات خاصة لحمايتها من الشمس:

يمكن تخزين الجذور بهذه الطريقة لمدة تتراوح من شهر إلى شهر ونصف. توضع الجذور تحت مظلات فى أكوام لا يزيد ارتفاعها عن متر. ويفضل لنجاحها أن تجرى فى مناطق لا تنخفض فيها درجة الحرارة عن ١٠°م، وتكون رطوبتها النسبية مرتفعة نوعًا (مرسى وآخرون ١٩٦٠).

ونظرًا لأن الطرق التقليدية لا تناسب تخزين البطاطا لفترات طويلة؛ لذا .. يوصى بقصر اتباعها على الحالات التى يسوق فيها المحصول محليًّا فى خلال أسابيع قليلة من الحصاد. أما استمرار تصدير البطاطا وتسويقها بأسعار مجزية فى غير موسمها، فإنه يتطلب تخزينها تحت ظروف جيدة لفترات يمكن أن تصل إلى تسعة شهور.

طرق التخزين الحديثة والظروف المثلى للتخزين

يتطلب تخزين البطاطا لفترات طويلة – مع استمرار المحافظة على جودتها – أن يجرى فى مخازن خاصة يمكن التحكم فى حرارتها ورطوبتها، وأن تتوفر فيها مجموعة من الشروط، كما يلى:

١- جودة التهوية:

يجب أن تكون تهوية مخازن البطاطا بمعدل ١١٢٥ لترًا/دقيقة لكل طن من الدرنات المخزنة فى الظروف الحرارية المثلى للتخزين (Kays ٢٠٠٤).

٢- النظافة.

٣- إحكام الغلق.

٤- سهولة تطهيرها من آن لآخر.

٥- أن تكون مزودة بأرفف.

٦- أن تكون قريبة من مناطق الإنتاج والتسويق.

تجب إزالة البطاطا القديمة من المخازن بصورة دائمة لأنها تكون أكثر عرضة للإصابة بالأعفان ومصدرًا متجددًا لها، وكذلك التخلص من أى قمامة قد توجد بالمخازن. ويتم تطهير أرضية المخزن وجدرانه وعبوات البطاطا ... إلخ بإحدى طريقتين، كما يلى:

١- الرش بكبريتات النحاس بتركيز ٠,٥٪.

٢- التدخين بغاز الفورمالدهايد أو بالكلوروبكرن مع إحكام غلق المخزن مدة المعاملة.

وفى هذه المخازن .. تخزن جذور البطاطا المعالجة جيدًا – ودون غسيل أو تطهير – فى حرارة ١٤ ± ١°م مع رطوبة نسبية ٩٠٪-٩٥٪، حيث تتحمل معظم أصناف البطاطا التخزين لمدة تتراوح بين أربعة، وسبعة شهور. وفى إحدى الدراسات أمكن تخزين جذور البطاطا المعالجة لمدة عام كامل على حرارة ١٥,٦°م ورطوبة نسبية ٩٠٪ دون أن تتعرض للتنبيت. كان معدل التنفس أعلى ما يمكن يوم الحصاد. وانخفض أثناء العلاج، واستمر فى الانخفاض بمعدل أقل خلال الشهور العديدة من التخزين، ثم ظل ثابتًا بعد ذلك. وقد ساهم التنفس بقدر أكبر فى الفقد فى الوزن خلال الفترة الأخيرة من التخزين عما كان عليه الحال خلال فترة العلاج أو خلال الشهور الأولى من التخزين. هذا .. إلا أن معظم الفقد فى الوزن كان مردة إلى الفقد الرطوبى. وحدث أكبر فقد فى الوزن خلال فترة العلاج واستمر بمعدل أقل خلال التخزين. وتراوح الفقد الكلى فى وزن الجذور المعالجة بعد ٥٠ أسبوعًا من التخزين بين ٦,٧٪ فى الصنف Rojo Blanco و ١٦,١٪ فى الصنف Travis (Picha ١٩٨٦).

ويؤدى تخزين البطاطا فى حرارة تزيد عن ١٦°م إلى ظهور الأضرار التالية:

١- تبرعم الجذور خاصة فى الرطوبة العالية، وتزداد سرعة التبرعم – الذى يكون

مصاحبًا بزيادة فى معدل التنفس وفى الفقد فى الوزن – بزيادة الارتفاع فى درجة الحرارة.

٢- تجوف الجذور، فتصبح لبية pithy نتيجة زيادة اتساع المسافات بين الخلايا فى المركز، وهى ظاهرة تحدث – كذلك – عند زيادة فترة العلاج عما ينبغى لها.

٣- تظهر مناطق فلينية داخلية على صورة بقع كثيرة متشابكة، يحدثها فيرس يكمن فى الجذور المصابة، ولا تظهر أعراضه إلا عند تخزين الجذور فى حرارة مرتفعة (Lutz & Hardenburg ١٩٦٨).

هذا .. ولا تجب زيادة الرطوبة النسبية عن ٩٥٪ لتجنب تغيرات اللون السطحية التى قد تطرأ على الجذور فى هذه الظروف التى يزداد فيها كذلك احتمالات إصابتها بالفطريات السطحية. وفى ٩٠٪-٩٥٪ رطوبة نسبية تفقد الجذور حوالى ٠,٥-١,٥٪ من وزنها شهريًا، ويزداد هذا الفقد إلى الضعف عند انخفاض الرطوبة النسبية إلى ٥٠٪-٦٠٪.

هذا ولا غنى عن تهوية جيدة فى مخازن البطاطا، وبمعدلات تسمح بتجديد هواء المخزن كاملاً كل حوالى ساعتين وذلك لمنع تراكم ثانى أكسيد الكربون ولتجديد الأكسجين. كما يجب – لأجل زيادة كفاءة التهوية – وضع العبوات بحيث تبعد عن أرضية المخزن وجدرانه بحوالى ١٠-١٥ سم.

وقد أظهرت الدراسات أن تخزين جذور البطاطا فى ٣٪ ثانى أكسيد كربون، و ٧٪ أكسجين كان أفضل من التخزين فى الهواء العادى من حيث تقليل تلك الظروف للفقد فى وزن الجذور وإصابتها بالأعفان. وتؤدى زيادة نسبة ثانى أكسيد الكربون عن ٥٠٪ أو نقص الأكسجين عن ٧٪ إلى تكون طعم كحولى غير مرغوب فيه بالجذور. وعمومًا .. فإنه لا يوصى حاليًا بتخزين البطاطا فى جو معدل أو متحكم فى مكوناته.

ولا يمكن لجذور البطاطا تحمل التخزين لفترات طويلة فى أى من الحالات التالية:

١- عند سبق تعرضها لرطوبة أرضية عالية جدًا قبل حصادها مباشرة.

٢- عند تعرضها لحرارة ١٠°م أو أقل من ذلك لمدة أسبوع أو أكثر قبل الحصاد أو بعده.

٣- إذا تأخر علاجها لمدة يومين أو أكثر بعد الحصاد.

الظواهر والتغيرات المصاحبة للتخزين

نتناول بالشرح – فيما يلى – الظواهر والتغيرات التى تطرأ على بعض الخصائص الفيزيائية والفسيولوجية للجذور أثناء التخزين، ولمزيد من التفاصيل حول هذا الموضوع .. يمكن الرجوع إلى Uritani (١٩٨٢).

التنفس

يزداد معدل التنفس بشدة بعد الحصاد مباشرة، ثم ينخفض أثناء العلاج وخلال الشهور الأولى من التخزين. وقد أوضحت دراسات Ravi (١٩٩٧) أن معدل التنفس يكون أعلى فى الجذور المخدوشة عما فى المقطوعة حتى عمق ٢-٣ سم.

ويبلغ معدل تنفس جذور البطاطا المعالجة ١٠-١٢ ملليلتر ثانى أكسيد كربون/كجم فى الساعة على ١٥°م.

إنتاج الإثيلين وأضراره

يقل إنتاج جذور البطاطا من الإثيلين عن ٠,١ ميكروليتر/كجم فى الساعة على ٢٠°م.

ويستدل من دراسات Amand & Randle (١٩٨٩) أن الإثيلين يلعب دورًا فى عملية اللجننة وتكوين البيريدرم فى جذور البطاطا المجروحة.

ويزداد معدل إنتاج الإثيلين بشدة فى جذور البطاطا المصابة بالفطر *Ceratosystis fimbriata* مسبب مرض العفن الأسود (Okumura وآخرون ١٩٩٩)، ولدى تعرضها لأضرار البرودة أو التجريح.

ويجب عدم تعريض جذور البطاطا للإثيلين أثناء تخزينها وتداولها بتركيز يزيد عن