تُزال النموات الخضرية قبل الحصاد بنحو ٣-٧ أيام إما يدويًا، وإما آليًا. يفيد ذلك الإجراء فى تكشف الخطوط، وتهويتها، وفى زيادة سمك طبقة البيروم، وتصلب قشرة الجذور، وزيادة قدرتها على تحمل التداول.

يبدأ الحصاد فى الصباح الباكر ويتوقف عند اشتداد درجة الحرارة حتى لا تتلف الجذور من جراء تعرضها لأشعة الشمس القوية بعد تقليعها مباشرة. وفى كل الحالات 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 ١,٢٥ سم 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.

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 - أمرًا حتميًّا، وخاصة عندما تكون الحرارة منخفضة وقت الحصاد، وعند الرغبة فى تخزين الجذور لفترة طويلة؛ إذ إنه يساعد على سرعة تكوين طبقة من البيريدريم تحت الأماكن المجروحة أو المقطوعة، يتبعها تكوين طبقة فلينية على السطح (شكل ١٤-١، يوجد فى آخر الكتاب).

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 (Covington وآخرون ١٩٥٩).

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 ٧٥ سم، 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 ٥٠-٧٥ سم.

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 نسبيًا وقت حصادها فإنه يفضل البدء بعلاج الجذور على حرارة ٢١°م لكى لا تتكثف علهيا 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 الفقدان 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.

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 (Greig ١٩٦٧).

التغيرات المصاحبة للعلاج

تفقد جذور البطاطا حوالى ٢-٥٪ من وزنها خلال عملية العلاج، ويرجع معظم الفقدان 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 ضروريًّا 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 بيريدوم الجروح بسمك ٣-٧ طبقات من الخلايا.

وقد أظهرت الدراسات التى أجريت على مكونات طبقة البيريدرم فى جذور البطاطا أنها تثبط نمو العديد 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).

الفرز

يفرز 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.

التدريج

تدرج الجذور حسب الحجم، 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.

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.

الغسيل

يوصى 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.

المعاملة بالمطهرات

كما 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.

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 جورجياجت 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 الجزيئات 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^2 (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.

العبوات المستعملة محليًا

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 الصندوق ٤٠ سم × ٦٠ سم بعمق ١٨ سم، وتبلغ سعته 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 وغيرهما 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.

وتفيد تعبئة جذور البطاطا فى عبوات المستهلك التى تصنع من مختلف أنواع الأغشية 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).

ميكنة عمليات التداول فى محطات التعبئة

يجب أن تحتوى محطات التبئة على مكان لغسيل وتنظيف الجذور، ومكان للتدريج، ومكان للتعبئة.

وتتضمن عمليات التداول فى محطات التعبئة، ما يلى:

١ - التخلص من التربة العالقة بالجذور بإسقاط الجذور بحرص فى حوض مملوء بالماء، 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/سم٢).

٢ - يمكن أن تمر الجذور أثناء تدريجها إما على سير متحرك أو على سلسلة من أنابيب الـ PVC. تجب إزالة جميع الجذور المصابة بالأمراض. ويستمر سير الجذور بعد ذلك إلى حيث تجفف بالهواء قبل تعبئتها فى الكراتين.