الفصل الخامس

تربية البطاطس

تناول موضوع تربية البطاطس عديد من الباحثين ؛ نذكر منهم : Stevenson & Clark (١٩٣٧) ، و Howard (١٩٦٩ ، و ١٩٧٨) ، و Jills & Richardson (١٩٨٧) . هذا .. بالإضافة إلى عديد من المقالات التى تناولت جوانب معينة من الموضوع والتى أشير إليها عند عرض تلك الجوانب فى هذا الفصل .

نشأة وتطور البطاطس والأنواع البرية القريبة منها

يضم الجنس Solanum – الذى تنتمى إليه البطاطس (S. tuberosum) – نحو ٢٠٠٠ نوع ، منها نحو ٢٠٠ نوع فقط تكون درنات ، ومعظمها – أى معظم الأنواع التى تكون درنات – ثنائية التضاعف . وتنمو غالبية أنواع الجنس – برياً – فى جبال أمريكا الوسطى وأمريكا الجنوبية . فتنمو معظم الأنواع الثنائية (٢ن = ٢س = ٢٤) – التى نشأت منها البطاطس المزروعة فى منطقة من أمريكا الجنوبية تمتد حتى خط عرض ٤٥° م جنوباً . وتنمو فى منطقة أخرى من أمريكا الوسطى وأمريكا الجنوبية – تمتد حتى خط عرض ٤٠° شمالاً – أنواع أخرى ثنائية ، والأنواع الرباعية الهجينية ، والسداسية الهجينية (٢ن = ٢٤ ، و٤٨ ، و ٧٢ كروموسوماً على التوالى) ؛ وهى أنواع لم يكن لها شأن يذكر بتطور البطاطس المزروعة – إلا أن بعضها استخدم فى برامج تربية البطاطس لتحسين المحصول فى صفات معينة . وتحتوى معظم الأنواع البرية التى تكون درنات على كميات سامة من بعض الألكالويدات الاستيرودية Steroidal Alkaloides . لا يزيد عدد الأنواع

البرية – التى لها علاقة بتطور البطاطس المزروعة – على عشرة أنواع ؛ منها ثمانية أنواع تكون درنات ، وترزع على نطاق تجارى فى أمريكا الجنوبية ؛ وهى كما يلى :

١ – أنـــواع ثـنـائـيـــة : S. phureja ، و S. stenotomum ، و S. goniocalyx ، و S. ajanhuiri .

٢ – أنواع ثلاثية : S. chaucha ، و S. juzepczukii .

٣ – أنواع رباعية : S. tuberosum ssp. andigena

٤ – أنواع خماسية : S. curtilobum

ومن المعتقد أن الأصل المباشر للبطاطس الرباعية التضاعف المزروعة S. tuberosum ssp. tuberosum هو تحت النوع الرباعى S. tuberosum ssp. andigena . وبرغم أنه لم يدخل فى الزراعة – فى بداية الأمر – سوى عدد قليل من التراكيب الوراثية لتحت النوع الأخير .. إلا أن أصنافاً كثيرة من البطاطس –ذات درجات مختلفة من التأقلم على ظروف بيئية متباينة – نتجت من هذا العدد المحدود من هذه التراكيب الوراثية (Hersmen ١٩٨٧).

ومن المعتقد أن استئناس البطاطس (أى زراعتها بمعرفة الإنسان) بدأ فى منطقة بحيرة تتيكاكا Titicaca فى مرتفعات بوليفيا وبيرو ، وهى منطقة تنتشر فيها الأنواع الثنائية والرباعية المزروعة والبرية . وقد حلّت الأنواع الرباعية المزروعة محل الأنواع الثنائية فى هذه المنطقة ، وتعرف هذه الطرز الرباعية باسم S. andigena ، أو S. tuberosum ssp. andigena ، وتـنـدرج تحت Group Andigena ، وجميعها متضاعفة ذاتياً (رباعية التضاعف) ، ومتوافقة ذاتياً ، وغنية بالاختلافات الوراثية ، ولاتتحمل التربية الداخلية (Simmonds ١٩٧٦) . وعقب اكتشاف الأمريكتين .. أدخلت فى الزراعة بأوروبا وأمريكا الشمـالية أصناف من تحت النوع S. tuberosum ssp. tuberosum من شـيلى ، وأصناف أخرى من تحت النوع S. tuberosum ssp. andigena من كل من بيرو وبوليفيا .

نقلت البطاطس من موطنها الأصلى فى أمريكا الجنوبية إلى أوروبا بواسطة مستكشفى أمريكا الأوائل من الإسبانيين فى نهاية القرن السادس عشر . وظلت زراعتها مقتصرة على حدائق الخضر المنزلية لمدة نحو قرنين قبل أن يبدأ إنتاجها على نطاق تجارى ، إلا أنها انتشرت سريعاً – بعد ذلك – فى أوروبا الغربية ، وأصبحت أحدأهم الأغذية التى تعتمد

عليها شعوب هذه المنطقة فى معيشتها ؛ وتدل على ذلك المجاعة التى اجتاحت أيرلندا خلال الفترة من سنة ١٨٤٥ حتى سنة ١٨٤٧ ؛ بسبب إصابة البطاطس بمرض الندوة المتأخرة بشكل وبائى قضى على محصول البطاطس ، وتسبب فى موت وهجرة الملايين من سكان أيرلندا فى تلك الآونة :

ومن أوروبا .. نقلت البطاطس إلى عدة أجزاء من العالم ؛ حيث أدخلت إلى أمريكا الشمالية ، وجنوب أفريقيا ، وأستراليا بواسطة المهاجرين الأوائل فى بدايات القرن الثامن عشر ، وربما انتقلت البطاطس إلى الهند فى أوائل القرن السابع عشر .

أما إدخال البطاطس إلى المكسيك .. فمن المرجح أنه حدث مباشرة من أمريكا الجنوبية بواسطة المستكشفين الأوائل فى نفس الوقت الذى أدخلت فيه البطاطس إلى أوروبا . ولمزيد من التفاصيل عن نشأة وتاريخ زراعة البطاطس . يراجع Hedrick (١٩١٩) ، و Sim-monds (١٩٧٦) ، و Hawkes (١٩٧٨) .

ولما كانت البطاطس تتكاثر خضريا ، وتصاب بشدة - فى الوقت ذاته - بعديد من الفيروسات .. فإنها تتدهور بشكل تدريجى سنة بعد أخرى . ولقد كان الاعتقاد السائد - قبل اكتشاف الفيروسات - أن التكاثر الخضرى - ذاته - هو السبب فى هذا التدهور ؛ لذا .. اتجه المزارعون القدامى إلى إكثارها بالبذور من حين لآخر . وبرغم خطأ هذا الاعتقاد .. إلا أن الإكثار الجنسى أعطى النتيجة المرغوبة ؛ لأنه خلص النباتات من الأمراض الفيروسية التى لا ينتقل منها سوى القليل جداً عن طريق البذور ، مثل فيروييد الدرنة المغزلية .

وقد أسهم الإكثار الجنسى - إلى جانب ذلك - فى كثرة التباينات الوراثية لدى المزارعين ؛ وبذا .. كثرت الأصناف المتداولة لدى انتخاب التباينات الجيدة منها وإكثارها خضرياً . كذلك أسهم الهواة - قبل اكتشاف قوانين مندل فى عام ١٩٠٠ فى إنتاج مزيد من الأصناف بنفس هذه الطريقة ، ثم ازداد معدل إنتاج الأصناف الجديدة بواسطة مربى النبات بعد ذلك . وبالرغم من إنتاج مئات من أصناف البطاطس .. إلا أن ما يزرع منها على نطاق واسع قليل للغاية ، ومعظمها من الأصناف القديمة ، ونوضح ذلك بالأمثلة التالية التى تعتمد على إحصاءات عامى ١٩٧٥ ، و ١٩٧٦ (عن Howard ١٩٧٨) :

الدولة	أهم الأصناف المنتشرة في الزراعة	المساحة المزروعة بالصنف من المساحة الكلية (٪)	تاريخ إدخال الصنف في الزراعة
المملكة المتحدة	Pentland Crown	١٨ر٧	١٩٥٩
	Maris Piper	١٣ر١	١٩٦٣
	King Edward	١٢ر٨	١٩٠٢
ألمانيا (الغربية)	Grata	٢٢ر١	١٩٥٥
هولندا	Bintje	٣٢ر٦	١٩١٠
الولايات المتحدة	Russett Burbank	٣٢ر٨	قبل عام ١٨٩٠
	Kennebec	١٩ر٨	١٩٤٨
	Katahdin	١٠ر١	١٩٥٣

يعد هذا الاتجاه نحو استمرار زراعة الأصناف القديمة عائقاً أمام انتشار زراعة الأصناف الجديدة التى لا تجد طريقها إلى الزراعة بسهولة ، وربما لا تنتشر زراعتها على الإطلاق . ويرجع ذلك – أساساً – إلى أن المستهلك يربط الجودة – فى ذهنه – بالأصناف التى تعود عليها .

الجيرمبلازم . وانواع الجنس Solanum . والهجن النوعية

إن أهم مصادر جيرمبلازم germplasm البطاطس الذى يمكن استخدامه فى أغراض تربية وتحسين المحصول هى كمايلى :

١ – الأنواع البرية بما فيها الهجن النوعية الطبيعية .

٢ – الأصناف البدائية المزروعة Primitive Cultivated Cultivars ، وهى التى تكون – غالباً – متأقلمة على الظروف البيئية القاسية .

٣ – الأصناف البلدية land vaieties التى أنتجت قبل معرفة الحقائق العلمية لتربية النبات .

٤ – الجيرمبلازم المستخدم فى برامج تربية النبات الجارية ، والذى يتكون – غالباً – من هجن نوعية ، وهجن بين الأصناف .

٥ – الأصناف المحسنة .

ويستفاد من هذا الجيرمبلازم كمصدر للصفات التالية : المقاومة للآفات والظروف البيئية القاسية ، وهى صفات تتوفر فى الأنواع البرية والأصناف البدائية – صفات الجودة التى تتوفر فى الأصناف البلدية – الصفات المحصولية التى تتوفر فى هجن برامج التربية الجارية ، وفى الأصناف المحسنة .

توجد مراكز الاختلافات الوراثية للجنس Solanum فى أمريكا الجنوبية والوسطى والشمالية ؛ خاصة فى : الأرجنتين ، وبوليفيا ، والبرازيل ، وشيلى ، وكولومبيا ، وكوستاريكا ، وإكوادور ، وجواتيمالا ، والمكسيك ، وبنما ، وباراجواى ، وبيرو ، وأراجواى ، وفنزويلا ، وجنوب غرب الولايات المتحدة الأمريكية (Foldo ١٩٨٧) .

وتجدر الإشارة إلى أن جميع أصناف البطاطس التجارية المنتشرة فى الزراعة فى المناطق الباردة من العالم – والتى تُصَدِّر تقاويها إلى عدد كبير من دول العالم الثالث – ذات قاعدة وراثية ضيقة Narrow Genetiec Base ؛ لسببين رئيسيين ؛ هما :

١ – اندثار جميع الطرز التى لم يمكنها إنتاج درنات فى ظروف الفترة الضوئية الطويلة فى أوروبا ؛ بعد نقلها مباشرة من أمريكا الجنوبية فى القرن السادس عشر .

٢ – اندثار جميع التباينات الوراثية التى لم يمكنها مقاومة وباء الندرة المتأخرة الذى اجتاح أوروبا فى القرن التاسع عشر (Mendoza & Sawyer ١٩٨٥) .

التقسيم السيتولوجى لأنواع الجنس Solanum

إن العدد الأساسى (س أو x) للكروموسومات فى الجنس Solanum هو ١٢ . وقد تبين من الدراسات التقسيمية والسيتولوجية – التى أجريت على أكثر من ١٥٠ نوعاً برياً ، و٢٣ نوعاً مزروعاً منها – أنها تتوزع على خمس مجاميع سيتولوجية ، تختلف فى درجة تضاعفها ونسبة انتشارها بين بقية الأنواع كما هو مبين فى جدول (٥-١) .

جدول (٥ – ١) : مستويات التضاعف الكروموسومى فى الجنس Solanum ، ونسبة انتشارها (عن Hawkes ١٩٧٨) .

مستوى التضاعف وعدد الكروموسومات	نسبة إنتشارها بين باقى الأنواع (٪)
ثنائية diploid ٢ ن = ٢ س = ٢٤	٧٤
ثلاثية triploid ٢ ن = ٣ س = ٣٦	٥ ر٤
رباعية tetraploid ٢ ن = ٤ س = ٤٨	٥ ر١١
خماسية pentaploid ٢ ن = ٥ س = ٦٠	٥ ر٢
سداسية hexaploid ٢ ن = ٦ س = ٧٢	٥
خليط من عدة حالات تضاعف .	٥ ر٢

ونقدم – فيمايلى – نبذة عن هذه المجاميع السيتولوجية :

أولاً : الأنواع الثنائية التضاعف

تشكل الأنواع الثنائية التضاعف نحو ٧٠ ٪ من أنواع الجنس Solanum ، وهى خلطية التلقيح ، وغير متوافقة ذاتياً ، وغير متجانسة وراثياً ، ولا تتحمل التربية الداخلية ، وتُلَقَّح بسهولة فيما بينها (Simmonds ١٩٧٦) .

ومن أمثلة الأنواع الثنائية التضاعف مايلى :

١ – S. tenotomum : وهو نوع مزروع .

٢ – S. vavilovii : وهو نوع مقاوم للجفاف .

٣ – S. phureja ، و S. boyacense : وهما نوعان نوا فترة سكون قصيرة .

ثانياً : الأنواع الثلاثية التضاعف

من أمثلتها مايلى :

١ – S. medians : وهو نوع مقاوم للجفاف .

٢ – S. commersonii : وهو نوع مقاوم للصقيع (Stevenson & Clark ١٩٣٧) .

ثالثاً : الأنواع الرباعية التضاعف

تعد الأنواع الرباعية التضاعف ثانى أكبر مجموعات الأنواع انتشاراً ؛ حيث تتضمن نحو ٥ ر١١ ٪ من أنواع الجنس . وغالبية هذه الأنواع خصبة ذاتياً ، وتتحمل التربية الداخلية ، وتُلقَّح طبيبعياً – فى موطنها – مع الأنواع الثنائية ؛ الأمر الذى يؤدى إلى ظهور أنواع جديدة ثلاثية (Smith ١٩٦٨) .

ومن الأنواع الرباعية الهامة مايلى :

١ – البطاطس المزروعة S. tuberosum ssp.tuberosum : تنتشر زراعتها فى المناطق ذات النهار الطويل نسبياً .

٢ – S. tuberosum ssp. andigena : تنتشر زراعتها فى المناطق الاستوائية بكل من الإكوادور ، وكولومبيا ، وتعد من المحاصيل الهامة فى بيرو ، وفى المناطق الجبلية من المكسيك بين خطى عرض ١٠° شمالاً ، و ٢٤° جنوباً ؛ حيث لا يختلف طول النهار كثيراً عن ١٢ ساعة (Burton ١٩٤٨) . ولهذا تحت النوع أهمية خاصة بالنسبة لمربى البطاطس ؛ نظراً لقربه وراثياً من البطاطس ، ولاحتوائه على عدد من الصفات الهامة للمربى ؛ مثل : المحصول المرتفع ، والنوعية الجيدة ، ومقاومة الصقيع والأمراض الهامة .

٣ – S. acaule : ينمو هذا النوع على ارتفاعات تبلغ ٤٨٠٠م فوق سطح البحر ، وهو يقاوم الصقيع – جيداً – حيث يتحمل انخفاض درجة الحرارة إلى – ٩ °م ، ويناسبه النهار القصير .

رابعاً : الأنواع الخماسية : التضاعف

من أمثلتها النوع S. curtilobium الذى ينمو برياً فى مرتفعات بيرو وبوليفيا ، ويتحمل الحرارة المنخفضة بدرجة كبيرة . يُلَقَّح هذا النوع بنجاح مع البطاطس المزروعة عند استعماله كأم فى التهجين . كما ينجح التلقيح العكسى (عند استعمال البطاطس المزروعة كأم) بشرط تطعيم البطاطس – أولا – على الطماطم .

خامساً : الأنواع السداسية التضاعف

تعد الأنواع السداسية التضاعف ثالث أكبر مجموعة بين أنواع الجنس Solanum ،

وجميعها خصبة ذاتياً . ومن أمثلتها النوع S. demissum الذى ينمو فى مرتفعات المكسيك ، ويناسبه النهار القصير . ينجح التهجين بين هذا النوع البرى والبطاطس المزروعة عند استخدام النوع البرى كأم . وقد أفاد هذا التهجين فى التوصل إلى عدد من الأصناف التجارية الهامة (Smith ١٩٦٨) .

جيرمبلازم الجنس Solanum واهميته

يوجد فى شتى أنحاء العالم أكثر من ٥٠ معهداً علمياً أو مؤسسة ، تقوم باستكشاف جيرمبلازم البطاطس ، وجمعه ، وتعريفه ، وتوثيقه ، وحفظه ، وتقييمه ، وتوزيعه ؛ نذكر منها – على سبيل المثال – مايلى :

المعهد أو المؤسسة	الدولة
Dutch - German Potato Collectiom	المانيا (مدينة Braunschweig)
International Potato Center (CIP)	بيرو (مدينة Lima)
Commonweath Potato Cllectiom (CPC)	اسكوتلاندا – إنجلترا (مدينة Pentlandfield)
Inter - Regional Potato Introductiom Station	ويسكنس – الولايات المتحدة (مدينة Sturgeon - Bay)
N . I . Vavilov of Plant Industry	روسيا (مدينة بطرسبرج)

يتوفر فى مركز البطاطس الدولى فى ليما ببيرو أكثر من ١٥٠٠ سلالة تمثل ٩١ نوعاً برياً من أنواع الجنس Solanum التى تكون درنات ، فضلاً على أكثر من ٥٠٠ سلالة خضرية من S. tuberosum . أما محطة إدخال البطاطس بالولايات المتحدة .. فيتوفر بها أكثر من ٤٠٠ سلالة تمثل نحو ١٠٠ نوع من أنواع البطاطس التى تكون درنات . ويتوفر فى المركز الألمانى الهولندى بألمانيا أكثر من ٢١٦٣ سلالة من الأنواع البرية ، وأكثر من ١٠٦٠ صنفاً وسلالة من الأنواع المزروعة ، ويتوفر فى مجموعة الكومنولث باسكتلندا أكثر من ١٣٠٠ صنفاً وسلالة من الأنواع المزروعة والبرية (عن Hermsen ١٩٨٩) .

يقع على عاتق معاهد أو بنوك الجيرمبلازم جزء كبير من مهمة تقييم الجيرمبلازم للصفات الهامة المرغوب فيها ، وكذلك الصفات غير المرغوب فيها ؛ لكى يتعرف عليها المربون الذين قد يرغبون فى استعمال هذا الجيرمبلازم . كما تقوم بنوك الجيرمبلازم – أيضاً – بمهمة التربية الأولية pre - breeding للجيرمبلازم الذى تحتفظ به ؛ لكى يصبح فى

حالة يصلح معها للإدخال فى برامج التربية . وقد تتطلب تلك المهمة إجراء بعض التلقيحات ، أو الانتخاب للصفات المرغوبة ، أو إجراء العمليتين معاً . وترجع أهمية التربية الأولية إلى أنها تزيد من كفاءة الاستفادة من الجيرمبلازم ، وتقلل من الجهد الذى يقوم به المربون ، وتمنع تكراره من قبل المربين المستعملين للجيرمبلازم (عن Foldo ١٩٨٧) .

تحتوى مختلف الأنواع البرية التابعة للجنس Solanum على ذخيرة من الصفات المرغوبة التى يمكن أن تفيد فى تحسين البطاطس ؛ ومن أمثلة ذلك مايلى :

١ - المقاومة للآفات :

تتوفر المقاومة للندوة المتأخرة (التى يسببها الفطر Phytopthora infestans) فى كل من الجيرمبلازم المكسيكى ، والجيلامبلازم الذى ينمو برياً فى جبال الإنديز على حد سواء . ويتوفر فى كلا المصدرين كل من المقاومة الخاصة ضد سلالات معينة race specific ، والمقاومة العامة ضد مختلف السلالات race nonspecific . وتوجد المقاومة الخاصة فى أنواع معينة - على وجه التخصيص - منها : S. cardiophyllum ، و S. demissum ، و S. edinense ، و S. stoloniferum ، و S. verrucosum . أما المقاومة العامة ضد مختلف السلالات - التى تعطى اهتماماً متزايداً فى برامج تربية البطاطس - فإنها تتوفر فى أنواع معينة ؛ منها : S. berthaultii ، و S. chacoense ، و S. circaeifolium ، و S. demissum ، و S. microdontum ، و S. pinnatisectum ، و S. stoloniferum ، و S. vernei .

وتتوفر مقاومة الندوة المبكرة (التى يسببها الفطر Alternaria solani) فى الأنواع S. bulbocastanum ، و S. chaoense ، و S. tarjense .

وتوجد المقاومة لمرض تثآلل البطاطس Potato wart (الذى يسببه الفطر Synchytrium endobioticum) فى عدة أنواع ؛ منها : S. acaule ، و S. berthaultii ، و S . boliviense ، و S. gourlayi ، و S. spegazzinii ، و S. sucrense ، و S. verni .

هذا .. إلا أن معظم برامج تربية البطاطس - التى تجرى لمقاومة هذا المرض - تعتمد على المقاومة التى تتوفر فى أصناف البطاطس التجارية .

كما تتوفر المقاومة لعفن الجذر الفيوزارى فى الأنواع : S. sparsipilum ، و S. tari-

jense ، و S. tuberosum ssp. andigena ، والمقاومة للذبول الفيوزارى فى الأنواع : S. acaule ، و S. kurtzianum ، و S. spegazzinii ، ومقاومة ذبول فيرتسيلليم فى النوعين : S. chacoense ، و S. kurtzianum .

وبالنسبة للأمراض البكتيرية .. تتوفر مقاومة مرض الساق السوداء (الذى تسببه البكتيريا Erwinia carotovora) فى الأصناف التجارية ، وفى الأنواع : S. acaule ، S. chacoense ، و S. microdontum ، و S. vernei ، وغيرها ، كما توجد فى S. tuberosum ssp. andigena . كذلك تتوفر مقاومة الجرب العادى الذى تسببه البكتيريا Stereptomyees sp. فى عدة أنواع منها : S. tubercoense ، و S. commersonii ، S. jamesii ، وكذلك فى S. tuberosum ssp. andigena ، وفى بعض أصناف البطاطس التجارية .أما مرض العفن الحلقى (الذى تسببه البكتيريا Corynebacterium sepedonicum) .. فإنه يقاوم –حاليا – بالتشريعات الزراعية ، إلا أن المقاومة تتوفر فى عدة أنواع ؛ منها : S. chacoense ، و S. demissum ، و S. jamesii .

وأخيرا .. فإن مقاومة مرض الذبول البكتيرى (الذى تسببه البكتيريا Pseudomonas solanacearum) تتوفر فى الأنواع S. chacoense ، و S. microdontum ، و S. Phureja (حيث الصفة سائدة ويتحكم فيها عدداً قليل من الجينات) ، و S. sparsipilum .

كذلك توجد مقاومة لمختلف الأمراض الفيروسية فى عدة أنواع من الجنس Solanum . فتتوفر المقاومة لفيرس التفاف أوراق البطاطس Potato leaf roll virus (وهى صفة كمية) فى كل من الأنواع S. acaule ، و S. demissum ، و S. tuberosum ssp. andigena ، S. stolniferum ، وفى نوعين آخرين لايكونان درنات ؛ هما : S. brevidens ، و S. etuberosum . وتتوفر المقاومة التامة extreme resistance لفيرس x البطاطس (PVX) فى الأنواع : S. acaule ، و S. berthaultii ، و S. brevicaule ، و S. rijense ، و S. tuberosum ssp. andigena . وتوجد صفة فرط الحساسية hypersensitivity (أو مقاومة الحقل field resistance) لفيرس Y البطاطس (PVY) فى الأنواع : S. demissum ، و S. phureja ، و S. stoloniferum ، وكما تتوفر المقاومة القصوى extreme resistance لنفس الفيرس (وهى صفة بسيطة) فى الأنواع : S. acaule ، و S. chacoense ، و S. gourlayi ، و S. stoloniferum كذلك تتوفر

المقاومة لفيرس M البطاطس PVM (وهى صفة يتحكم فيها عدد قليل من الجينات) فى النوع S. gourlayi ، وتوجد المقاومة لفيروويد الدرنة المغزلية Spindle tuber viroid فى كل من الأنواع : S. guerreroense ، و S. hjertingii ، و S. ltidissectum .

وبالنسبة للأمراض التى تسببها النيماتودا .. فإن المقاومة للنيماتودا الذهبية Globod-era rostochiensis ، و G. pallida (وهى صفة بسيطة) تتوفر فى أكثر من ٢٠ نوعاً منها : S. berthaultii ، و S. gourlayi ، و S . leptophyes ، و S. multidissecum ، و S. oplocense ، و S. spegazzinii ، و S. sucrense ، و S.tuberosum ssp.andigena .

وكذلك تتوفر المقاومة لنيماتودا تعقد الجذور Meloidogyne ssp. فى عدة أنواع منها : S. bulbocastanum ، و S. cardiophyllum ، و S. chacoense ، و S. hjertingii ، و S. kurtzianu ، و S. microdontum ، و S. tuberosum ssp. andigena .

أما بالنسبة للآفات الحشرية .. فقد وجدت مقاومة المن (التى تعنى – أيضاً – مقاومة الفيروسات التى ينقلها المن) فى عدة أنواع ؛ منها : S. berthaultii ، و S. neocardenassi . ووجدت المقاومة لفراشة درنات البطاطس فى عدة أنواع ، منها : S. stenotomum ، و S. tuberosum ssp. andigena ، و S. spar-sipilum ، و S. tarijense ، و S. phureja ، و S. sucrense . أما المقاومة لخنفساء كلورادو .. فتوجد فى النوعين S. chacoense ، و S. demissum (عن Foldo ١٩٨٧ ، و Hermsen ١٩٨٧) .

٢ – تتوفر المقاومة للصقيع فى ٣٥ نوعاً – على الأقل – من تلك التى تنمو على ارتفاعات تزيد على ٣٥٠٠م عن سطح البحر ، مثل :

S. acaule (يعد أهم مصادر المقاومة للصقيع)
S. ajanhuiri
S. boliviense
S. curtilobum
S. etuberosum (لا يكون درنات)
S. juzepczkii
S. pumilum
S. raphanifolium
S. sactae - rosea

٣ – تتوفر المقاومة للحرارة والجفاف فى الأنواع التى تنمو فى المناطق الحارة الجافة مثل :

S. chacoense	S. commersonii
S. gourlayi	S. ochoae
S. spegazzinii	S. tarijense

٤ – صفات الجودة :

تتميز درنات النوع S. phureja بارتفاع محتواها من البروتين ، كما تتميز هى ودرنات النوعين : S. chacoense ، و S. goniocalyx بالقدرة على التخزين فى درجات الحرارة المنخفضة ، دون أن يزداد فيها تراكم السكريات المختزلة بشكل ملحوظ ، كما يحدث فى البطاطس التجارية . كذلك تتميز درنات النوع S. vernei بارتفاع محتواها من النشا .

يحفظ جيرمبلازم البطاطس إما جنسياً فى صورة بذور حقيقية أو حبوب لقاح ، وإما لاجنسياً فى صورة سلالات خضرية من خلال مزارع الأنسجة أو الأكثار الخضرى العادى بالدرنات .

يعتبر حفظ الجيرمبلازم بالبذور الحقيقية أسهل وأقل تكلفة من وسائل الحفظ بالأجزاء الخضرية ، كما تجعل من السهل المحافظة على الجيرمبلازم خالياً من الإصابات الفيرسية ؛ نظراً لأنه لا ينتقل عن طريق البذور سوى عدد قليل من الفيروسات ؛ هى على وجه التحديد : فيرس T البطاطس (PVT) ، وفيرس إنديز البطاطس الكامن Andean Potato Latent Virus ، وفيرويد الدرنة المغزلية Spindle Tuber Viroid . كذلك .. فإن حفظ الجيرمبلازم فى صورة بذور حقيقية يسهل حركته وتداوله بين الباحثين ، ويجنبهم مشاكل الحجر الزراعى .

وفضلاً على ذلك . فإن البذور الحقيقية وحبوب اللقاح ذات نسبة الرطوبة المنخفضة .. يمكن حفظها فى درجات الحرارة المنخفضة لسنوات عديدة . هذا إلا أن حفظ الجيرمبلازم على هاتين الصورتين (البذور الحقيقية ، وحبوب اللقاح) لا يكون عملياً إلا عند الرغبة فى مجرد حفظ كل التباينات الوراثية –بشكل عام – دون الاهتمام بتركيب وراثى بعينه .

ونظراً لأن البطاطس على درجة عالية من عدم التجانس الوراثى highly heterozy-gous ، لذا .. فإنه من الأفضل حفظ التركيب الوراثى المرغوب ذاته ، وهو أمر لا يتأتى إلا باتباع وسائل الإكثار الخضرى .

وقد كانت طريقة الإكثار بالدرنات هى السائدة إلى عهد قريب ، حتى بدأ الاهتمام بوسائل حفظ الجيرمبلازم على صورة مزارع أنسجة (خالية أو غير خالية من الفيروسات) .تتميز هذه المزارع بإمكان حفظها لمدة ٢ - ٣ سنوات دون الحاجة إلى شتلها، كما يسهل تداولها (كمزارع القمة الخضرية أو الميرستيمية Shoot tip or meristem cultures ، ومزارع العقل الساقية cultures of nodal cuttings) ، وربما يمكن حفظها لأجل طويل فى درجات الحرارة الشديدة الانخفاض (cryo - preservation)؛ كالحفظ فى النيتروجين السائل (عن Foldo ١٩٨٧) .

الهجن النوعية فى الجنس Solanum

يصعب إجراء عديد من الهجن النوعية فى الجنس Solanum ، وربما لا يمكن إنتاج عدد كاف من البذور لعزل التراكيب الوراثية المرغوبة ؛ لذا .. فإنه يفضل - دائماً - قبل محاولة إجراء التلقيحات النوعية البعيدة اتباع الخطوات التالية :

١ - تقييم النوع البرى جيداً بالنسبة للصفات المرغوبة التى يراد نقلها منه .

٢ - تجميع الجينات المرغوبة التى تتحكم فى صفات مختلفة - والتى توجد فى سلالات مختلفة من النوع البرى - فى سلالة واحدة .

٣ - تجميع وتركيز الجينات التى تتحكم فى الصفة الكمية الواحدة - والتى توجد فى سلالات مختلفة من النوع البرى - فى سلالة واحدة .

٤ - دراسة وراثة الصفات المرغوبة فى النوع البرى ؛ ليمكن تجنب المشاكل التى قد تنشأ من النسب الانعزالية غير العادية .

ويلزم - قبل الحكم على ما إذا كان الهجين النوعى ناجحاً أم غير ناجح - محاولة إجرائه مع سلالات مختلفة من النوع البرى ، وفى ظروف بيئية متباينة . وقد يتطلب الأمر الاستعانة بأنواع قنطرية bridge species لتهجن مع النوع البرى المرغوب ، ثم يهجن الهجين النوعى الناتج من ذلك مع البطاطس ؛ الأمر الذى قد يؤدى إلى فقد نسبة كبيرة من

الجينات المرغوبة إن لم تظهر فى الانعزالات .

هذا .. ولا يعول – كثيراً – عند إنتاج الهجن النوعية فى الجنس Solanum على الهجن الجسمية somatic hybrids ؛ بسبب قصور هذه الطريقة فيما يلى :

١ – تؤدى إلى إنتاج تركيب وراثى واحد جديد دون ظهور أية انعزالات .

٢ – يحتوى الهجين الجسمى الناتج على الهيئة الكروموسومية الكاملة للنوعين المهجنين .

٣ – لا يكون الهجين الجسمى مزهراً فى أغلب الحالات ؛ وإذا أزهر .. فإن أزهاره تكون عقيمة – غالباً – بسبب عدم التوازن الجينى .

٤ – تكون التهجينات الجسمية – غالبا – أصعب من الهجن الأصلية (Sneep & Hen-driksen ١٩٧٩) .

ويتعين – قبل اختيار النوع البرى الذى يرغب فى تلقيحه مع البطاطس – أخذ الأمور التالية في الحسبان :

١ – درجة الصلة بالنوع S. tuberosum :

تساعد القرابة والصلة الشديدتان – بين النوع البرى والبطاطس المزروعة – على سهولة إجراء التلقيحات ، وسهولة نقل الجينات المرغوبة . أما الأنواع البرية البعيدة الصلة بالبطاطس .. فلا ينصح باستعمالها إلا إذا كانت تحمل جينات هامة للغاية لا تتوفر فى أى من الأنواع الأكثر قرباً من البطاطس ؛ ويرجع السبب فى ذلك إلى أن الأنواع البعيدة يصعب – غالباً – أو يستحيل تلقيحها مع البطاطس ؛ الأمر الذى قد يتطلب محاولة إجراء التلقيح على نطاق واسع ، أو تغيير مستوى التضاعف ، أو استعمال أنواع قنطرية للمساعدة على نجاح التلقيح ، أو اللجوء إلى الهجن الجسمية .

٢ – مستوى التضاعف

تعتبر الحالة الثنائية diploidy أنسب مستويات التضاعف لإجراء التلقيحات النوعية لنقل الصفات المرغوبة ؛ ولذا .. فإن من الضرورى تربية سلالات ثنائية جيدة الصفات من S. tuberosum ؛ لاستخدامها كآباء فى التلقيحات مع كل من الأنواع الثنائية والأنواع المتضاعفة هجينياً allopolyploids .

ويذكر أن الأنواع الهجينية التضاعف الرباعية Allotetraploids تتهجن بسهولة مع البطاطس الثنائية diploid ، بينما يكون من الصعب كثيراً تلقيحها مع البطاطس العادية الذاتية التضاعف الرباعية autotetraploids . ويشترط لنجاح التلقيح الأخير مضاعفة البطاطس الرباعية لتصبح ثمانية التضاعف octaploid قبل إجراء التلقيح .

٣ – طرز ومستويات وراثة حالات المقاومة وراثة الصفات الهامة المرغوب فيها :

بينما يسهل نقل الصفات البسيطة السائدة .. فإن الصفات الكمية يكون من الصعب نقلها ، وتزداد درجة الصعوبة مع زيادة عدد الجينات التى تتحكم فى الصفة . هذا برغم أن المقاومة الكمية للآفات تكون أشمل وأعم لمعظم سلالات الطفيل أو كلها ، وتبقى لفترات طويلة دون أن تفقد ، بعكس المقاومة البسيطة التى تكون – غالباً – متخصصة ضد سلالة معينة من الطفيل ، وتفقد فى غضون سنوات قليلة من إدخال الصنف المقاوم فى الزراعة .

واعتمادا على ما سبق بيانه .. فإن أفضلية اختيار الأنواع التى تهجن مع البطاطس فى برامج التربية تكون حسب الترتيب التنازلى التالى :

١ – الطرز الثنائية dihaploid من البطاطس S. tuberosum .

٢ – الطرز البدائية الثنائية والرباعية من البطاطس .

٣ – الأنواع البرية الثنائية من سلسلة Tuberosa .

٤ – الأنواع البرية الثنائية من سلسلتى Commersoniana ، و Megistacroloba .

٥ – الأنواع الذاتية التضاعف الرباعيةalloteoraploid من سلسلة Longipedicellata .

٦ – الأنواع السداسية التضاعف hexap;oid من سلسلة Tuberosa .

٧ – الأنواع السداسية التضاعف من سلسلة Demissa .

٨ – الأنواع الثنائية التضاعف من أنواع السلاسل البعيدة .

٩ – الأنواع العديدة التضاعف من أنواع السلاسل البعيدة (عن Hermsen ١٩٨٧) .

ويوجد اعتقاد لدى مربى البطاطس بإمكان إجراء الهجن النوعية – بين البطاطس المزروعة ومعظم الأنواع البرية – إذا أمكن تعديل مستوى التضاعف فى أى من الأبوين إلى المستوى الذى يسمح بإجراء التهجين النوعى .. إلا أن بعض الأنواع البرية الغنية بمحتواها من الجينات الهامة لم يمكن إخضاعها لتلك القاعدة . ونضرب مثالاً على ذلك .. النوعين

S. brevidens ، و S. etuberosum .. فكلاهما يعد مصدراً ممتازاً لجينات المقاومة لتكاثر فيرس التفاف أوراق البطاطس ، ولم يمكن تلقيحهما مع البطاطس . ولحالات كهذه .. اقترح نظام للتهجين مع البطاطس المزروعة ، يتضمن استخدام أنواع قنطرية ، مع تعديلات فى مستويات التضاعف الكروموسومى كمايلى :

١ – يستخدم النوعان : B_1 ، و B_2 يتميزان – إلى جانب كونهما نوعين قنطريين للتهجين المرغوب – باحتوائهما على جينات مرغوب فيها يمكن أن تنعزل فى الهجين النوعى النهائى . ومن أمثلة الأنواع القنطرية التى يمكن أن تصلح – كآباء ، أو كأمهات فى تهجينات مع أنواع معينة (S) يرغب فى تهجينها مع البطاطس – مايلى :

الأنواع التى يراد تهجينها	الأنواع القنطرية التى يمكن استخدامها	
مع البطاطس(S)	(B_1)	(B_2)
S. bulbocastanum	S. acaule (أم)	S. phureja (أب)
S. pinnatisectum	S. verrucosum (أب)	S. stoloniferum (أب)
S. brevidens	S. pinnatisectum	S. verrucosum (أم)
S. etuberosum	S. jamesii (أب)	S. acaule (أم)

٢ – تجرى سلسلة من التهجينات والتعديلات فى مستويات تضاعف الهيئات الكروموسومية كمايلى (علماً بأن T تشير إلى الهيئة الكروموسومية للبطاطس ، و تشير S إلى الهيئة الكروموسومية للنوع الذى يراد تهجينه مع البطاطس ، وتشير B_1 ، و B_2 إلى الهيئتين الكروموسوميتين للنوعين القنطريين المستخدمين ، و تشير ٢ س ، و ٤ س ، و ٥ س ، و ٦ س إلى مستويات التضاعف الكروموسومى):

أ – يهجن SS (٢س) كأم مع $B_1 B_1$ (٢س) كأب ، لإنتاج الهجين النوعى SB_1 (٢س) الذى يكون عقيماً .

ب – تضاعف كروموسومات الهجين النوعى SB_1 (٢س) ؛ ليصبح SSB_1B_1 (٤س) وخصباً .

جـ – يهجن SSB_1B_1 (٤س) كأم مع B_2B_2 (٢س) كأب لإنتاج الهجين النوعى الثلاثى SB_1B_2 (٣س) الذى يكون عقيماً .

د - تضاعف كروموسومات الهجين النوعى الثلاثى SB_1B_2 (٣س) ؛ ليصبح SSB_1 B_1 B_2 B_2 (٦ س) وخصباً .

هـ - يهجن SSB_1 B_1 B_2 B_2 (٦س) كأم مع البطاطس TTTT (٤س) كأب لإنتاج الهجين النوعى الرباعى SB_1 B_2 TT (٥س) الذى يكون خصباً أنثوياً .

وبمجرد إنتاج هذا الهجين الخماسى التضاعف .. فإنه لا توجد أية معوقات أمام فرص تحسينه بالتهجين الرجعى إلى الأصناف التجارية (عن Hermsen ١٩٨٩) .

ومن بين الأنواع البرية التى استخدمت بالفعل فى التربية وهجنت مع البطاطس المزروعة مايلى :

١ - النوع S. demissum : استخدم كمصدر لمقاومة الندوة المتأخرة وفيرس التفاف أوراق البطاطس منذ نهاية القرن التاسع عشر ، ويدخل فى التركيب الوراثى لعديد من الأصناف التجارية الشائعة .

٢ - السلالات البرية من S. tuberosum ssp. tuberosum التى تنمو فى شيلى : نقلت منها جينات المقاومة للفطر Synchytrium endobioticum ولفيرس Y البطاطس .

٣ - الصنف النباتى S. tuberosum ssp. andigena : استخدم كمصدر لمقاومة النيماتودا المتحوصلة Globodera rostochiensis ، وفيروسات : X ، و Y ، و Z .

٤ - النوع S. phureja : استخدم كمصدر لمقاومة البكتيريا Pseudomonas solanacearum .

٥ - النوع S. vernei : حُصِلَ منه على صفات المقاومة لبعض سلالات النيماتودا المتحوصلة G. pallida ، والمحتوى المرتفع من النشا .

٦ - النوع S. stoloniferum : استخدم كمصدر للمقاومة الأفقية (مقاومة الحقل Field resistance) لمرض الندوة المتأخرة ، ولفيروسى A ، و Y .

٧ - السلالة EBS 510 من النوع S. spegazzinii : استخدمت كمصدر لمقاومة الفطر المسبب للجرب scab ، والفطر Fusarium coeruleum (وقد ظهرت الصفتان فى الأجيال الانعزالية) ، وعديد من سلالات النيماتودا G. rostochiensis .

٨ - النوع S. acaule : استخدم كمصدر لمقاومة فيرس X ، كما ظهرت صفة المقاومة لفيرس التفاف أوراق البطاطس فى الأجيال الانعزالية .

ويقرر Hermsen (١٩٨٩) أن ٧٧ ٪ من أصناف البطاطس يوجد بها جينات من الأنواع البرية . إلا أن عدد الأنواع التى استخدمت فى هذا المجال لم يتعد ١٢ نوعاً من جملة الأنواع البرية المعروفة ، التى وصل عددها إلى ١٧٥ نوعاً .

كما أن الغالبية العظمى من الأصناف التجارية – التى حصلت على جينات من أنواع برية – تلقت تلك الجينات من نوعين فقط ؛ هما : S. demissum ، و S. tuberosum ssp. andigena ؛ حيث استخدم النوع الأول كمصدر لمقاومة مرض الندوة المتأخرة ، والنوع الثانى كمصدر لمقاومة النيماتودا المتحوصلة Globodera rostochiensis . وفيما يلى بيان بأهم الأنواع البرية التى نقلت منها جينات إلى أصناف تجارية من البطاطس ، وعدد تلك الأصناف ، علما بأنها تتضمن – فقط – جميع الأصناف الأوروبية ، باستثناء الأصناف المنتجة فى الاتحاد السوفيتى (سابقا) :

النوع البرى	عدد الأصناف	النوع البرى	عدد الأصناف
S. demissum	٣٣٥	S. spegazzinii	١١
S. tuberosum ssp. andigema	٢٩٨	S. chacoense	١٠
S. vernei	٤١	S. microdontum	٢
S. stoloniferum	٤١	S. verrucosum	٢
S. acaule	٣٩	S. sparsipilum	١
S. phureja	٢٧	S. commersonii	١

ويقرر Ross (١٩٧٨) أنه أمكن – بالفعل – نقل أية صفة جرت محاولة نقلها من الأنواع البرية إلى البطاطس المرغوبة ، وأنه لم تظهر أية صعوبة فى التخلص من الصفات غير المرغوبة بعد عدة أجيال من التلقيحات الرجعية ، بما فى ذلك صفة المحتوى المرتفع من الجلوكوسيدات التى يرتفع تركيزها فى الأنواع البرية ، والتى أمكن – دائماً – خفض تركيزها إلى المستوى العادى بعد عدد من التلقيحات الرجعية . لكن يبقى – بالرغم من ذلك– مجال واسع جداً للاستفادة من الهجن النوعية فى تربية وتحسين البطاطس ؛ نظراً لوجود نحو ٦٠ نوعاً برياً من الجنس Solanum تتهجن بسهولة مع البطاطس ، ويمكن استخدامها

كمصدر لعديد من تلصفات .

ولمزيد من التفاصيل عن كل ما يتعلق بأنواع الجنس Solanum – بما فى ذلك توزيعها الجغرافى ، ووصفها المورفولوجى ، ووضعها التقسيمى ، وأعداد كروموسوماتها ، وإمكانات التهجين بينها – يراجع Ross (١٩٨٠) ، وHawkes (١٩٧٨ ، و ١٩٩٠) .

أساسيات تداول النبات لأغراض التربية

الإزهار وعقد الثمار

تزهر معظم أصناف البطاطس التجارية ، وبعض سلالات تحت النوع S. tuberosum ssp. andigena بوفرة (شكل ٥-١) ، إلا أن بعض الأصناف مثل بنج Bintje ، وكنج إدوارد King Edward نادراً ما تزهر ؛ حيث تنتج براعم زهرية لا تلبث أن تسقط قبل تفتحها (Howard ١٩٧٨) . وفى مصر .. لاتزهر معظم أصناف البطاطس ، وخاصة فى العروة الخريفية (عبد العال ١٩٦٤) .

شكل (٥ – ١) : حقل لأحد أصناف البطاطس فى أوج إزهاره .

وسائل تحفيز نباتات البطاطس للإزهار

يمكن تحفيز نباتات البطاطس للإزهار باتباع إحدى الوسائل التالية :

١ – تطعيم البطاطس على الطماطم ؛ وبذا .. لا تتكون درنات ، ويتوفر الغذاء المجهز للإزهار.

٢ – توفير المواد الغذائية المجهزة للإزهار بزراعة درنات البطاطس على قوالب من الطوب (الطابوق) ، توضع على سطح التربة متباعدة قليلاً عن بعضها البعض . تغطى الدرنات المزروعة بالرمل ، وتوالى بالرى ، إلى أن تنمو جذور النبات ، وتمتد بين قوالب الطوب إلى التربة . أما السيقان الأرضية .. فإن نموها يكون سطحياً فى طبقة الرمل أعلى قوالب الطوب . وبغسيل طبقة الرمل .. تظهر السيقان الأرضية التى يمكن – حينئذ – قطع أطرافها لكى لا تتكون الدرنات ؛ وبذا .. يتوفر الغذاء المجهز للإزهار (Sneep & Hen-driksen ١٩٧٩) .

٣ – زيادة طول الفترة الضوئية .

٤ – رش الأزهار بالأوكسينات بعد تفتحها بنحو ٢ – ٣ أيام ؛ لتقليل تساقط الأزهار . أما الرش قبل ذلك .. فإنه يؤدى إلى تكوين ثمار بكرية .

الأزهار والتلقيح الطبيعى

تحمل البطاطس أزهارها فى عناقيد فى القمم النامية للسيقان . يتفرع حامل النورة – عادة – إلى فرعين ، يحمل كل منهما عنقوداً من الأزهار . وتعتبر النورة محدودة كاذبة المحور cymose .

كأس الزهرة أنبوبى مفصص سفلى ، ويتكون من خمس سبلات ملتحمة على شكل فصوص رمحية ، يتكون التويج من خمس بتلات ، يختلف لونها من أبيض ناصع البياض إلى قرمزى داكن أو بنفسجى ، وقد تكون الزهرة الواحدة متعددة الألوان . توجد بكل زهرة خمس أسدية فى محيط واحد ، وتكون متبادلة مع البتلات ، والأسدية فوق بتلية ، وخيوطها قصيرة . والمتوك قائمة متقاربة تحيط بالقلم ، ولونها أصفر باهت أو برتقالى ، وقد يكون لونها – أحياناً – ضارباً إلى الذهبى ، أو الأحمر ، أو الأسود . والمتاع علوى ، ويتكون من مبيض ذى مسكنين ، وقلم واحد ، وميسم واحد .

ومعظم الأصناف القديمة من البطاطس عقيمة . أما الأصناف الحديثة .. فمعظمها

خصب ، ويعقد بعضها ثماراً بكثرة .

تتفتح الأزهار فى الصباح الباكر بعد الشروق بقليل . وتنتشر حبوب اللقاح من ثقوب توجد فى قمة المتوك فى اليوم التالى لتفتح الزهرة ؛ حيث يستقبلها ميسم الزهرة (Hardenburg ١٩٤٩) .

التلقيح الذاتى هو السائد ، أما التلقيح الخلطى .. فهو نادر الحدوث . وبرغم أن الهواء قد يحمل حبوب اللقاح ، إلا أن دوره فى التلقيح ثانوى للغاية . ويتفق الكثيرون على أن معظم البذور تنتج من التلقيح الذاتى ، إلا أن White (١٩٨٣) وجد أن إنتاج البذور ينخفض - كثيرا - عندما تعزل النباتات عن الحشرات . وعموما .. فحشرة نحل العسل لا تزور أزهار البطاطس ، بينما يزورها النحل البرى من أنواع الجنس Bombus . وتكون الزيارة بغرض جمع حبوب اللقاح ؛ لأن أزهار البطاطس خالية من الرحيق . وتساعد الزيارة على حدوث التلقيح الذاتى فى الزهرة ؛ نتيجة لما تحدثه الحشرة من اهتزازات أثناء جمعها لحبوب اللقاح . فعندما تمسك الحشرة بالمتوك بين أرجلها وتهز أجنحتها بسرعة .. فإن حبوب اللقاح تنتقل من متوك الزهرة إلى جسم الحشرة ؛ حيث تتجمع فى سلال خاصة لحبوب اللقاح فى أرجل الحشرة ، وتعلق أثناء ذلك كمية من حبوب اللقاح على أرجل الحشرة ، تكفى لإتمام عملية التلقيح . وحتى إذا تم التلقيح بمساعدة النحل البرى بهذه الطريقة .. فإنه يكون ذاتياً ؛ لأن حبوب اللقاح تنتقل من المتوك إلى ميسم الزهرة نفسها ، أو مياسم الأزهار الأخرى على نفس النبات ، أو على النباتات الأخرى فى الحقل ، والتى تكون جميعها من سلالة خضرية واحدة ومتماثلة تماماً فى تركيبها الوراثى . ولا يحدث التلقيح الخلطى إلا إذا كانت أرجل النحل البرى ملوثة بحبوب لقاح من أصناف أخرى قبل وصوله إلى الحقل .

الثمار والبذور

ثمرة البطاطس عنبة كروية ، ويبلغ قطرها من ١٢ - ٢٥ مم ، لونها أخضر عادة ، إلا أنها قد تكون قرمزية أو سوداء عند النضج . وتتكون الثمرة من مسكنين ، وتحتوى على بذور كثيرة توجد معلقة فى المشيمة . ويتراوح عدد البذور فى الثمرة الواحدة من صفر إلى ٣٠٠ بذرة حسب الصنف ، والبذور صغيرة للغاية ، ولايتعدى وزن البذرة الواحدة ٦ر٠ ملليجراماً .

والبذور مسطحة بيضاوية ، أو كلوية الشكل ، لونها أصفر إلى بنى مصفر .

طريقة إجراء التلقيحات اليدوية

تجرى التلقيحات اليدوية فى البطاطس - لأغراض التربية - كمايلى :

١ - تزال المتوك من أزهار نباتات الأمهات قبل تفتحها بيوم أو يومين ، ثم تكيس الأزهار المخصية ومعها ورقة أو ورقتان من أوراق النبات لحمياتها من الجفاف . وغنى عن البيان أن عملية الخصى - هذه - لا تجرى للأصناف العقيمة ذاتياً . هذا .. وتزال جميع الأزهار والبراعم الزهرية الأخرى - التى توجد على النبات - بعد خصى العدد المطلوب من الأزهار .

٢ - تكيس كذلك أزهار نباتات الآباء قبل تفتحها ، ثم تجمع منها حبوب اللقاح على ظفر الإبهام بالطرق على الزهرة بلطف .

٣ - يجرى التلقيح بحك ميسم الزهرة المؤنثة المخصية - برفق - على ظفر الإبهام حتى يغطى بحبوب اللقاح ، ويكون ذلك بعد خصى الزهرة المؤنثة بيوم أو يومين .

٤ - تغطى الأزهار الملقحة بكيس ورقى مرة أخرى ، على أن تزال الأكياس عند بدء نمو مبايض الأزهار (Stevenson & Clark ١٩٣٧) .

مشاكل التلقيحات اليدوية ووسائل معالجتها

إن أكبر مشاكل التلقيحات اليدوية - لأغراض التربية - فى البطاطس هى :

١ - عدم إزهار بعض الأصناف والسلالات إلا فى ظروف معينة ، وبمعاملات خاصة . وقد سبق بيان كيفية تحفيز مثل هذه النباتات للإزهار .

٢ - انتشار ظاهرة العقم الذكرى فى نسبة كبيرة من الأصناف .

٣ - سقوط الأزهار الملقحة بسبب عقد عدد كافٍ من البذور بها . وتعالج هذه الحالة بالمعاملة بالأوكسينات - بعد التلقيح - كما سبق أن أسلفنا ، أو بمعاملة البراعم الزهرية - وهى فى مرحلة مبكرة من تكوينها - بمركب ثيوكبريتات الفضة Silver thiosulphate .

وقد أفادت هذه المعاملة فى منع تساقط الأزهار بعد إجراء التهجين النوعى بين البطاطس S. tuberosum ، والنوع S. chacoense (Rahimi & Carter ١٩٨٩) .

٤ - ربما لا تتوافق مواعيد التزهير بين الأصناف التى يراد تلقيحها معاً ، ويعالج ذلك

بجمع وتخزين حبوب لقاح الأصناف التى تزهر أولاً ، علما بأن حبوب اللقاح تحتفظ بحيويتها لمدة شهر على حرارة ٥ ر٢°م (Howard ١٩٧٨) . وأمكن خزن حبوب اللقاح بصورة جيدة لمدة عام - على الأقل - فى حرارة تقل عن درجة التجمد ، وجربت لذلك بنجاح درجات حرارة - ٤ ، و - ١١ ، و - ٣٠°م (Smith ١٩٦٨) . كما أمكن تخزين المتوك الجافة لمدة عامين على حرارة - ٢٠°م دون أن تتأثر حيوية حبوب اللقاح .

ويفيد تخزين حبوب اللقاح من موسم لآخر فى إجراء التلقيحات فى مواسم مختلفة دونما حاجة إلى إعادة زراعة سلالات الآباء .

استخراج البذور

تترك الثمار لأيام قليلة حتى تذبل ، ثم تدهك ، ويترك اللب مع البذور فى مكان دافىء ليتخمر ، ويلى ذلك استخلاص البذور بالغسيل بالماء عدة مرات كما فى الطماطم . هذا .. وتكون نسبة إنبات البذور المستخرجة بطريقة التخمر أعلى من مثيلتها المستخرجة بالطرق الآلية . ولكن الطريقة الأخيرة لا تستعمل - على أية حال - إلا فى إنتاج البذور الحقيقية لأغراض التكاثر . ويمكن - عندما يكون عدد ثمار كل تلقيح صغيراً - الاكتفاء بهرس الثمرة على ورقة نشاف ، وتركها فى مكان ظليل إلى أن تجف .

زراعة البذور

تزرع بذور البطاطس قبل موعد الزراعة الطبيعى بشهرين . تكون الزراعة سطحية على عمق حوالى نصف سنتيمتر فى بيئة معقمة خفيفة مثل البيت موس والفيرميكيوليت . تنبت بذرة البطاطس إنباتاً هوائياً ، وتظهر الفلقتان أعلى سطح التربة نتيجة لاستطالة السويقةالجنينية السفلى . يبرز الجذير من فتحة النقير بالبذرة ، ثم ينمو ليكون جذراً وتدياً لايلبث أن يتفرع ؛ مكوناً جذوراً جانبية كثيرة . وتكون الأوراق الأولى على هذا النبات بيضاوية الشكل ، وبها شعيرات كثيرة .

بعد وصول البادرات إلى الحجم المناسب للشتل .. فإنها تشتل فى الحقل على مسافات واسعة لدراستها ، أوتشتل فى قصارى صغيرة ؛ لتنمو فيها لأسابيع قليلة قبل أن تشتل فى الحقل ، أوتشتل فى الحقل ، أوتشتل فى قصارى قطرها ١٠سم ، وتترك بها إلى أن تقيم .

تسمح القصارى التى يبلغ قطرها ١٠سم بتكوين درنة بحجم مناسب للتقييم . أما القصارى الأصغر حجماً .. فإنها تسمح بتقييم عدد كبير من البادرات ، إلا أن الدرنات المنتجة فيها تكون صغيرة الحجم ، ويحدث العكس إذا كانت القصارى أكبر من ١٠سم (Smith١٩٦٨) . تتكون السيقان الأرضية Stolons على النبات وهو مازال صغيراً – لا يتعدى طوله سنتيمترات قليلة – وتنشأ فى آباط الأوراق الفلقية . تتجه هذه السيقان نحو الأرض لتخترقها ، ثم تكون – بعد ذلك – درنات صغيرة فى أطرافها . وقد تتكون درنات أخرى صغيرة بنفس الطريقة ، بعد أن تنشأ سيقان أرضية مماثلة من آباط الأوراق الأخرى القريبة من سطح التربة (Cutter ١٩٧٨) .

وكما سبق بيانه .. فإنه لا ينتقل عن طريق البذور سوى عدد قليل جداً من فيروسات البطاطس ؛ أهمها فيرس الدرنة المغزلية ؛ لذا .. فإن البادرات الناتجة من زراعة البذور تكون خالية تماماً من الإصابات الفيروسية ، وتلزم حمايتها من أية إصابات محتملة بإنتاجها فى صوبات محمية خالية من المن ، الذى يمكن أن ينقل إليها عديداً من الفيروسات .

سكون البذور

تمر بذور البطاطس – بعد حصادها مباشرة (سكون) لا تنبت خلالها البذور حتى ولو تهيأت لها الظروف المناسبة للإنبات ، وقد سميت هذه الظاهرة تعيق عمل المربى .. فإن دراستها تهمه بالدرجة الأولى .

تتراوح طول فترة سكون البذور من عدة أسابيع إلى عدة شهور فى الأصناف التجارية ، وإلى سنة فى أنواع أخرى ثنائية التضاعف ورباعية التضاعف من الجنس Solanum ، وإلى عدة سنوات فى بعض الأنواع البرية من نفس الجنس . وربما يرجع سكون البذور إلى بطء وصول الأكسجين إلى الجنين ، الذى يكون محاطاً بطبقة سمكية من نسيج النيوسيلة .

ويعتقد أن سكون البذور يرتبط بسكون الدرنات ، وأنه يتحكم فيهما نفس النظام البيولوجى ؛ لذا .. يرى البعض أن من الخطورة استخدام البذور السريعة الإنبات ، وترك البذور التى يتأخر إنباتها ؛ لأن ذلك قد يعنى الانتخاب – غير المباشر – لنقص فترة السكون فى الدرنات ، وهى صفة غير مرغوبة (Howard ١٩٧٨) .

وتستمر حالة سكون البذور مادام تخزينها فى جو بارد . أما التخزين فى درجة حرارة الغرفة .. فإنه يؤدى إلى تحسين الإنبات تدريجياً . ففى إحدى الدراسات .. كانت نسبة إنبات البذور أعلى بعد تسعة شهور من التخزين عما بعد الحصاد مباشرة ، وازدادت نسبة الإنبات بعد سنة أخرى من التخزين فى حرارة الغرفة .

وقد أمكن التغلب على حالة السكون فى البذور بمعاملتها بالجبريللين ، أو بهيبوكلوريت الكالسيوم . كما كانت نسبة إنبات البذور أفضل فى حرارة متغيرة مقدارها ٢٠ / ٣٠°م (ليل / نهار) ؛ مقارنة بالإنبات فى حرارة ثابتة مقدارها ٢٥°م (Smith ١٩٦٨) .

تخزين البذور

قد يتطلب الأمر تخزين بذور البطاطس لعدة سنوات قبل زراعتها ، ويمكن فى حالات كهذه تخزين البذور بحالة جيدة لفترات طويلة مادامت مجففة جيداً ، وكان الهواء المحيط بها جافاً . فقد أمكن خزن بذور البطاطس الجافة – لأكثر من مئة صنف – فى جو الحجرة العادى لمدة ١٠سنوات دون أن تفقد حيويتها ، ودون أن تلاحظ أية فروق بينها ؛ حيث كانت جميعها عالية الحيوية . كذلك أنبتت البذور التى خزنت لمدة ١٥ ، أو ٢٠ سنة بصورة جيدة ، إلا أن إنباتها كان أبطأ من إنبات البذور التى خزنت لمدة عشر سنوات فقط (Barker & Johnston ١٩٨٠) .

وبالنسبة للتخزين فى درجات الحرارة المنخفضة .. وجد أن بذور البطاطس تحتفظ بحيويتها – بشكل جيد – لمدة ١١ سنة على درجة ٤ ر٤°م ، وكان الإنبات أفضل بعد ١٣ سنة عندما كان التخزين على درجة الصفر المئوى . وفى دراسة أخرى .. أمكن تخزين البذور بحالة جيدة لمدة ٢٠ سنة – على الأقل – على درجة ٢٠°م تحت الصفر . كذلك جرب التخزين فى النيتروجين السائل على درجة – ١٩٦°م؛ حيث وجد أنه لم يحدث أى ضرر للبذور التى خزنت فيه ، والتى شملت على بذور ١٥ نوعاً تكون الدرنات من أنواع الجنس Solanum ؛ مما ينبىء بإمكانية تخزينها بهذه الطريقة لفترات طويلة (Towill ١٩٨٢) .

العقم الذكرى وعدم التوافق

تنحصر أوجه الاستفادة من ظاهرتى العقم الذكرى وعدم التوافق فى إنتاج بذور الهجن التجارية ، وهو أمر لم يكن له أية أهمية بالنسبة للبطاطس إلى الوقت الحاضر . هذا .. إلا أن التوسع المتوقع -مستقبلاً - فى استخدام البذور الحقيقية فى إنتاج البطاطس يمكن أن يقود إلى إنتاج أصناف هجين تكثر بتلك الطريقة ، ويمكن -حينئذ - الاستفادة من هاتين الظاهرتين فى إنتاج الهجن . كذلك تفيد دراسة الظاهرتين فى تجنب المشاكل التى قد تنشأ من أى منهما عند إجراء التلقيحات بين الأصناف ، أو الهجن النوعية لأغراض التربية .

تنتشر ظاهرة العقم الذكرى فى عدد كبير من أصناف البطاطس ؛ وترجع هذه الظاهرة إلى عامل وراثى واحد سائد فى بعض الأصناف ، وإلى عوامل متنحية فى أصناف أخرى ، وإلى عوامل وراثية وسيتوبلازمية فى مجموعة ثالثة من الأصناف .

كذلك تنتشر ظاهرة عدم التوافق - من النوع الجاميطى - فى عدد كبير من الأنواع الثنائية التضاعف من الجنس Solanum وتشمل أنواعا مزروعة وأخرى برية . وبرغم احتواء البطاطس المزروعة (الرباعية) S. tuberosum على عوامل عدم التوافق .. إلا أنها متوافقة ذاتياً . وربما يرجع ذلك إلى التفاعل التنافسى Competitve Reaction بين عوامل عدم التوافق فى الطرز المتضاعفة ؛ فنجد أن حبة اللقاح ذات التركيب الوراثى S_1 S_2 يمكنها الإنبات على أى ميسم ؛ بما فى ذلك المياسم التى تحمل الأليلين S_1 ، و S_2 مثل S_1 S_1 S_2 S_2 .

أما حبوب اللقاح ذات التركيب الوراثى S_1 S_1 ، أو S_2 S_2 .. فإنها لا تستطيع الإنبات على المياسم ذات التركيب الوراثى S_1 S_1 S_2 S_2 (Howard ١٩٦٩) . وبالرغم من ذلك .. فإن البطاطس المزروعة تتشابه مع الأنواع الثنائية فى كونهما خلطياً التلقيح فى الطبيعة ، وأنهما يتعرضان للتدهور فى قوة النمو إذا ما أخضعتا للتربية الداخلية .

استخدامات مزارع الأنسجة فى مجال تربية البطاطس

تعد البطاطس من أكثر المحاصيل الزراعية التى طبقت عليها مختلف تقنيات مزارع الأنسجة فى مجالات الإنتاج والتربية ، وحفظ وتداول الجيرمبلازم . ونقدم - فيمايلى -

عرضاً سريعاً لأنواع مزارع الأنسجة التى ينتشر استعمالها فى البطاطس ومجالات الاستفادة منها :

١ - مزارع القمة الميرستيمية Meristem Culture

تعد مزارع القمة الميرستيمية هى الطريقة الوحيدة المستخدمة لتخليص أصناف وسلالات البطاطس من الفيروسات - بصورة مؤكدة - دون أن يترتب على ذلك حدوث أية تغيرات وراثية . وتنتشر تلك الطريقة - حالياً - على نطاق واسع لهذا الغرض ؛ بسبب كثرة الفيروسات التى تصيب البطاطس جهازياً . كذلك تعد القمم الميرستيمية المزروعة فى الجزء النباتى المفضل لحفظ الجيرمبلازم فى درجات الحرارة الشديدة الانخفاض ؛ كالحفظ فى النيتروجين السائل على درجة حرارة - ١٩٦°م .

٢ - مزارع القمة الخضرية Shoot Tip Culture

تستخدم مزارع القمة الخضرية - حالياً - على نطاق واسع ؛ كوسيلة سريعة لإكثار السلالات الخضرية الخالية من الفيرس تحت ظروف تسمح باستمرار خلوها منه . كما يمكن بالمعاملة بالمركبات الكيميائية المضادة للفيروسات - مثل رايبافيرن ribavirin -إنتاج نباتات خالية من الفيرس من مزارع القمة الخضرية ، علما بأن تقنياتها أسهل كثيراً من تقنيات مزارع القمة الميرستيمية .

٣ - مزارع العقل الساقية Nodal Segment Cuttings

تستخدم مزارع العقل الساقية - مع القمة الخضرية - فى الإكثار السريع للأصناف والسلالات الخضرية الخالية من الفيروسات .. علما بأن النباتات المكثرة بأى من الطريقتن لاتحدث بها أية تغيرات وراثية ، مقارنة - مثلاً - بالنباتات التى تنتج من مزارع الكالس . ولمزيد من التفاصيل عن هذا الموضوع .. يراجع Wooster & Dixon (١٩٨٧) .

٤ - مزارع الكالس Callus Culture

تستخدم مزارع الكالس للحصول على اختلافات وراثية تظهر كطفرات فى مزارع الكالس . وترجع أهمية ذلك إلى أن النباتات التى تظهر بها هذه الطفرات تنشأ - غالباً -

من خلية واحدة ؛ وبذا .. فإن الطفرة تظهر فى جميع أنسجة النبات ، بعكس حالات الكايميرا Chimera التى تشمل جزءاً محدوداً من أنسجة النبات ، والتى تنشأ من طفرات تحدث فى إحدى خلايا النسيج أثناء نموه .

٥ - مزارع المتوك Anther Cltture

تنجح مزارع المتوك بشكل طبيعى مع البطاطس ، ويمكن - عن طريقها - خفض مستوى التضاعف فى الأصناف المزروعة من المستوى الرباعى autotetraploidy (٢ن = ٤س = ٤٨) إلى المستوى الثنائى dihaploidy (٢ن = ٢س = ٢٤) ، ثم إلى المستوى الأحادى monohaploidy (٢ن = س = ١٢) . فإذا تحقق ذلك .. أمكن إنتاج سلالات أصيلة بمضاعفة الكروموسومات . كما يمكن - عن طريق الانتخاب - إنتاج أصناف صادقة التربية تكثر بذرياً ، وسلالات تصلح لإنتاج هجن بذرية تتميز بقوة الهجين . ويسمح ذلك كله بتحويل البطاطس من محصول يكثر بالدرنات إلى محصول يكثر بالبذور ، وبذا .. يمكن التخلص من أكبر مشكلة تواجه زراعة البطاطس فى المناطق الاستوائية وشبه الاستوائية ، ألا وهى صعوبة إنتاج تقاوٍ محلية تكون خالية من الفيروسات فى الوقت الذى ترتفع فيه أسعار التقاوى المستوردة .

وفضلاً عما تقدم .. فإن الطفرات التى تظهر فى الخلايا الأحادية - من خلال برنامج للتربية بالطفرات ، أو بتقنيات الهندسة الوراثية - يمكن ظهورها بشكل مباشر وعلى مستوى النبات كله حتى ولو كانت متنحية .

إن الطريقة الاعتيادية لخفض مستوى التضاعف فى البطاطس هى اللجوء إلى التوالد البكرى الأنثوى Female Parthenogensis . وبرغم توفر تلك الطريقة إلا أن مزارع المتوك تفضلها للأسباب التالية :

أ - يتوفر - بكل زهرة - عدد من التراكيب الوراثية المختلفة فى حبوب اللقاح أكثر بكثير من تلك التى تتوفر فى البيضات . ويمكن الحصول - من مزارع المتوك - على عدد من النباتات الأحادية ، يزيد عدة أضعاف على عدد النباتات التى يمكن الحصول عليها بالتوالد البكرى الأنثوى .

ب - لا ينتج التوالد البكرى الأنثوى سوى نباتات قليلة جدا فى بعض الأنواع البرية من

الجنس Sloanum ، بينما تنجح مزارع المتوك مع جميع الأنواع ، وتعد هذه وسيلة فعالة للحصول على النباتات الأحادية .

جـ – إن معظم النباتات الأحادية التى تنتج من مزارع المتوك تتضاعف – تلقائيا– إلى الحالة الثنائية ، دونما حاجة إلى المعاملة بالكولشيسين .

٦ - مزارع البروتوبلازم Protoplast Culture

تتميز مزارع البروتوبلازم بأن النباتات التى تنتج منها تنشأ من خلايا مفردة ؛ ولذلك أهميته الكبيرة بالنسبة للتربية بالطفرات ، والهندسة الوراثية ، والتهجينات الجسمية somat-ic hybridization . وقد أمكن – بواسطة مزارع البروتوبلازم – إنتاج أصناف جديدة رباعية التضاعف من البطاطس ، وهجن نوعية جسمية بدمج بروتوبلازم البطاطس مع كل من الطماطم ، والنوع S. chacoense ، كما أنتج هجين جسمى نوعى بين البطاطس الثنائية dihaploid ، والنوع S. nigrum . كذلك أمكن إنتاج هجين جسمى بين أحد أصناف البطاطس والنوع S. brevidens ، وهجين جسمى آخر بين النوع S. brevidens وطراز بدائى ثنائى من البطاطس . وقد كان الهجين الأول عقيما عقما تاماً وسداسى التضاعف ، بينما كان الهجين الثانى خصباً جزئياً ورباعى التضاعف هجينياً .

هذا .. وتتوفر أسباب جيدة لإثارة الشكوك حول الهجن الجسمية بين الأنواع التى لا تهجن جنسيا ، وهى :

١ – قد يحدث فقد لبعض كروموسومات الهجين الجسمى يؤدى إلى العقم .

٢ – إذا لم تفقد بعض الكروموسومات .. فإن التقارن التفاضلى Preferential Pair-ing ربما يمنع تبادل الجينات بين الكروموسومات الأبوية .

٣ – ربما يكون التلقيح الرجعى للبطاطس فى نفس صعوبة التهجين النوعى الجنسى ؛ الأمر الذى يتطلب إنتاج هجين جسمى آخر ، وهو ما قد يزيد من عدد الكروموسومات إلى المستوى الذى لا يتوقع معه أن يكون الانقسام الاختزالى طبيعياً .

وبالرغم من ذلك .. فإن مزارع البروتوبلازم يمكن أن تفيد فى أغراض الهندسة الوراثية لنقل الجينات الهامة من الأنواع البرية إلى البطاطس ، دونما حاجة إلى القلق بشأن أى تدهور فى صفات النبات أو صفات الجودة .

ولكن المشكلة هى أن معظم صفات البطاطس الهامة كمية ، ومن الصعب - كثيراً - نقلها بطرق الهندسة الوراثية .

وعن الاختلافات الوراثية التى تظهر فى مزارع البروتوبلازم .. يراجع Bright وآخرون (١٩٨٣).

٧ - حفظ الجيرمبلازم

إن حفظ الأعداد الكبيرة من سلالات الجنس Solanum التى تكون درنات ، والتى تتوفر فى مراكز وبنوك الجيرمبلازم يتطلب زراعة الدرنات سنويا ، وهو أمر باهظ التكلفة ، ويعرض السلالات للإصابات الفيروسية ؛ لذا .. فإن حفظ الجيرمبلازم - عن طريق مزارع الأنسجة - يعد هو البديل المنطقى لعملية الزراعة السنوية .

وقد أمكن حفظ السلالات الخضرية - بعد تخليصها من الفيرس - كنباتات مزارع صغيرة Plantlets ، أو كدرنات صغيرة microtubers فى مزارع معقمة . ويعد حفظ هذه السلالات في النيتروجين السائل على درجة - ١٩٦°م طريقة فعّالة لتوفير مصدر من السلالات الأصلية لعملية الإكثار الدورية . كذلك تفيد هذه الطرق فى تسهيل تبادل الجيرمبلازم عبر الحجر الزراعى بين الدول . ويمكن الحصول على مزيد من التفاصيل عن حفظ الجيرمبلازم فى صورة مزارع أنسجة بمراجعة Henshaw وآخرين (١٩٨٠) .

ولمزيد من التفاصيل العملية عن جميع أنواع مزارع الأنسجة المستخدمة فى البطاطس.. يراجع Wang & Hu (١٩٨٥) .

٨ - الهندسة الوراثية

تفيد الهندسة الوراثية فى نقل جينات معينة مرغوب فيها من الأنواع البرية - قريبة كانت ، أم بعيدة عن البطاطس - إلى الأصناف التجارية الناجحة من المحصول دونما حاجة إلى الدخول فى تعقيدات التلقيحات الرجعية ، والانتخاب للصفات البستانية وصفات الجودة لسنوات عديدة بعد إجراء الهجين النوعى . هذا .. فضلاً على أن البطاطس - كمحصول خضرى التكاثر - لا يمكن تربيته بطريقة التهجين الرجعى ؛ بمعنى أنه لا يمكن نقل صفة

مرغوب فيها إلى صنف مفضل ، دون أن تحدث تغيرات وراثية جوهرية فى الصنف ، تحيله إلى صنف جديد ، قد يكون أفضل ، أو أقل جودة من الصنف الأصلى ، ولكنه لا يكون مماثلاً له أبداً . ولكن هذا الأمر ممكن – نظرياً – بطريق الهندسة الوراثية .

وقد بذلت محاولات فى هذا الشأن باستخدام البكتيريا Agrobacterium tumfaciens ولكنها مازالت فى طور التجارب . ولمزيد من التفاصيل عن هذا الموضوع .. يراجع Flavell (١٩٨٧) ، و Ooms (١٩٨٧) .

طرق التربية

تتبع طرق خاصة فى تربية البطاطس ، ويعتمد اختيار هذه الطرق على الحقائق التالية :

١ – البطاطس محصول خضرى التكاثر

يعد التكاثر الخضرى ميزة كبيرة لمربى البطاطس ، لأنه يمكن المربى من إكثار أى تركيب وراثى مرغوب دونما حاجة إلى جعله صادق التربية ؛ حيث يقنع المربى بالشكل الظاهرى للنبات المرغوب فيه ، مادام هذا الشكل انعكاساً حقيقياً لتركيبه الوراثى ، دون أن يهتم بتوصيل هذا التركيب الوراثى إلى حالة الأصالة الوراثية .

ولكن يعيب التكاثر الخضرى إصابة البطاطس بعديد من الأمراض الفيرسية التى تنتقل من جيل لآخر عن طريق الدرنات . فإذا أصيبت جميع نباتات إحدى السلالات الخضرية بفيرس ما .. لزم تخليصها منه ، ليمكن الاستفادة منها فى برامج التربية .

ويتم تخليص النباتات من الفيروسات ؛ بالإكثار الدقيق بواسطة مزارع القمة الميرستيمية التى تكون خالية من الإصابات الفيروسية . وبسبب مشكلة الإصابات الفيروسية .. فإن برامج تربية البطاطس تجرى غالباً فى المناطق الباردة التى يقل فيها نشاط حشرة المن .. الناقل الرئيسى لعدد كبير من فيروسات البطاطس .

٢ – البطاطس نبات خليط وراثياً

يعد نبات البطاطس على درجة عالية من الخلط الوراثى heterozygosity ؛ وعليه .. فإنه تلزم زراعة عدة آلاف من النباتات فى الجيل الثانى لأى تلقيح ؛ لكى يمكن الحصول

على أحد التركيبات الوراثية المرغوبة .

ويذكر Smith (١٩٦٨) أنه يفحص - فى الولايات المتحدة - نحو ٣٠٠ ألف بادرة بطاطس سنويا (قبل عام ١٩٦٨) ، بينما لا ينتج سوى ستة أصناف كل عام ، ولا ينجح وينتشر فى الزراعة سوى عدد قليل منها .

إن احتمال أن تصبح أية بادرة - من أى تلقيح - صنفاً جديداً لهو احتمال ضعيف للغاية . وأول مايجب على مربى البطاطس أخذه - فى الحسبان - هو الواقعية ؛ لأن " الصنف الكامل " ليس له وجود ، وهناك من الأسباب ما يجعلنا نعتقد باستحالة تواجده . خذ - مثلاً - ما يحدث عند انتخاب البادرات التى يمكن أن تكون إحداها أساساً لصنف جديد بعد إجراء التلقيح المرغوب .

يلزم - أولا - اختيار البادرات التى يكون نضج درناتها فى الموعد المرغوب ؛ لإخضاعها لاختبارات الصفات الاقتصادية الهامة التى نفترض أنها تكون مستقلة فى وراثتها . فإذا افترضنا أن الانتخاب يكون على مستوى ١٠ ٪ (أفضل ١٠ ٪ من السلالات) بالنسبة لصفات المحصول ، وشكل الدرنة ، والتشقق ، والصفات الأكلية ، والمقاومة للندوة المتأخرة ، والمقاومة لفيرس التفاف الأوراق ، والجرب ، وعلى مستوى ٢٠ ٪ بالنسبة لصفات حجم الدرنة ، وطبيعة النمو الخضرى ، واللون الداخلى ، والمقاومة لأربعة أمراض أخرى ، وعلى مستوى ٥٠ ٪ بالنسبة لصفات لون الجلد ، ومقاومة التثأل ، والمقاومة لفيرس Y البطاطس ..فإن السلالة التى تكون مرضية للمربى وتحتوى على السبع عشرة صفة المرغوبة تظهر بمعدل مرة فى كل ١٠ ملايين بادرة . هذا ..مع العلم بأن أشد حالات الانتخاب (على مستوى١٠٪) ليس شديداً فى واقع الأمر ، ولم يفترض حدوثه إلا بالنسبة لسبع صفات فقط. وحتى إذا ماأجرى الانتخاب على مستوى ٥٠٪ بالنسبة لجميع الصفات. فإن احتمال ظهورالتركيب الوراثى المرغوب لايتعدى واحداً فى كل ١٥٠٠٠٠ بادرة .

ويستنتج من ذلك أن على المربى أن يهتم بعدد أقل من الصفات ، أو أن يجرى الانتخاب على مستوى أقل شدة . ومن الطبيعى أن الارتباطات غير المرغوبة بين الصفات تجعل الانتخاب أكثر صعوبة (عن Howard ١٩٧٨) .

٣ - البطاطس نبات رباعى التضاعف

إن كون البطاطس رباعية التضاعف يعنى أن كل جين يوجد ممثلاً أربع مرات . فلو فرض وجود أليلين لجين ما .. فإن ذلك يعنى توفر خمسة تراكيب وراثية مختلفة لهذا الجين . وفى حالة غياب السيادة .. يكون لكل تركيب وراثى شكل ظاهرى خاص به . وقد يمكن التمييز بين هذه التراكيب الوراثية ، ويتوقف ذلك على مدى تأثر الصفة بالعوامل البيئية ، ومدى حساسية الأجهزة المستخدمة فى قياس تلك الصفة .

أما إذا كان عدد الجينات التى تتحكم فى الصفة اثنين ، وكان لكل منهما أليلان .. فإن عدد التراكيب الوراثية الممكنة يصبح ٢٥ . فإذا كان الجينان المتحكمان فى الصفةمتساويين فى تأثيرهما ، ولا يتفاعلان معاً .. فإن الأشكال المظهرية تكون ممثلة كالتالى :

شكل مظهرى واحد يكون ممثلاً بخمسة تراكيب وراثية .
شكلان مظهريان يكون كل منهما ممثلاً بأربعة تراكيب وراثية .
شكلان مظهريان يكون كل منهما ممثلاً بثلاثة تراكيب وراثية .
شكلان مظهريان يكون كل منهما ممثلاً بتركيبين وراثيين .
شكلان مظهريان يكون كل منهما ممثلاً بتركيب وراثى واحد .

ويعنى ذلك استحالة التعرف على التركيب الوراثى من الشكل الظاهرى للفرد ، حتى فى غياب السيادة .

أما إذا كانت الصفة كمية ، ويتحكم فيها - مثلاً - ١٠ جينات ، وكانت الجينات متساوية فى تأثيرها على الصفة ، ولا تتفاعل مع بعضها البعض .. فإن عدد التراكيب الوراثية الممكنة يصبح ٩٧٦٥٦٢٥ ، بينما لا يتوفر سوى ٤١ شكلاً مظهرياً ، منها اثنان فقط يكون كل منهما ممثلاً بتركيب وراثى واحد . فإذا علمنا باحتمال وجود درجات مختلفة من السيادة والتفوق بين مختلف الأليلات والجينات ، واحتمال عدم تساوى الجينات فى تأثيرها .. لأمكننا

تقدير مدى صعوبة التعرف على التركيب الوراثى المرغوب من الشكل الظاهرى للفرد . ومما يزيد من تعقيد المشكلة .. أن معظم الصفات الاقتصادية الهامة – مثل المحصول والكثافة النوعية – ذات درجات توريث منخفضة جدا ، وتتأثر – بشدة – بالعوامل البيئية (Plaisted ١٩٦٦) .

تربية البطاطس بطرق التهجين والانتخاب

تتبع الخطوات التالية – عادة – فى برامج تربية البطاطس بالتهجين والانتخاب :

١ – تختار الآباء التى تهجن معاً لبدء برنامج التربية ، وتكون –عادة – من الأصناف ذات الصفات البستانية المرغوبة والمقاومة للأمراض الهامة . تلقح هذه الأصناف معاً ، ويوصى بإجراء هذه الخطوة فى بيت محمى (صوبة) ؛ لكى لا يحدث أى خلط وراثى . وتفضل خطوة التلقيحات بين الأصناف – هذه – عن التلقيح الذاتى الذى يجرى أحياناً . ويفضل – دائماً – أن يكون أحد الآباء صنفاً تجارياً ناجحاً ذا صفات بستانية مرغوب فيها . يهجن هذا الصنف – الذى يكون من تحت النوع S. tuberosum ssp. tuberosum – مع أحد الأصناف التجارية التابعة لتحت النوع S. tuberosum ssp. andigena إن أمكن . فإن لم يتوفر صنف مناسب من مجموعة Andigena .. استخدم صنف من الأنواع الثنائية المزروعة للجنس Solanum . فإن لم تتوفر الصفة أو الصفات المطلوبة فى أى منهما .. تستخدم الأنواع البرية كبديل أخير لها .

تزرع البذور التى تنتج من التلقيحات فى مواجير أو أحواض لإنتاج الشتلة ، وتبقى فيها البادرات إلى أن تصل إلى مرحلة نمو الورقة الحقيقية الثانية إلى الرابعة ؛ حيث تشتل – حينئذ – فى قصارى ٨ سم ؛ لتبقى فيها لحين النضج ، أو إلى أن تصلح الدرنات المتكونة فيها للزراعة .

٢ – تزرع – فى السنة الثانية – الدرنات التى كونتها البادرات فى السنة الأولى ، وتنتخب أفضل الجور (hill selection) عند الحصاد على أساس الصفات البستانية ؛ مثل : المحصول الظاهر apparent yield ، وشكل الدرنات ، وعمق العيون ، ولون الجلد ، واللون الداخلى . يستبعد – على أساس هذا التقييم – نحو ٩٧ – ٩٩ ٪ من الجور ،

ويحافظ على درنات بقية الجور لمزيد من التقييم .

٣ – تزرع – فى السنة الثالثة – الدرنات التى سبق انتخابها ، فى خطوط بمعدل ١٠ جور من كل سلالة ، على مسافة ٢٥ سم بين الجور . تقيم – فى هذا العام – صفات النمو الخضرى ، وموعد النضج ، والمحصول ، والصفات البستانية . تنتخب – على أساس هذا التقييم – من ١٥ – ٢٠ ٪ فقط من السلالات ، ويحتفظ بنحو ١٠ كجم من درنات كل سلالة منها .

تؤدى دورتا الانتخاب – فى السنتين الثانية والثالثة – إلى خفض عدد النباتات من ٥٠ ألف بادرة –التى يبدأ بها البرنامج –إلى نحو ٢٥٠ سلالة خضرية ، وتكون الصفات البستانية هى الأساس التى يبنى عليه الانتخاب فى كلتا الدورتين .

٤ – تزرع – فى السنة الرابعة – درنات السلالات التى سبق انتخابها ، فى خطوط بمعدل ٥٠ جورة من كل سلالة ، على مسافة ٢٥ سم بين الجور . تقيم السلالات على أساس المحصول النسبى ، والكثافة النوعية ، وصفات الشبس ، والصفات التصنيعية الأخرى ، كما تقيم مدى حساسية الدرنات للاخضرار ، وتجرى اختبارات حقلية وداخل البيوت المحمية لمقاومة الأمراض المختلفة . وبناء على هذا التقييم .. تنتخب ٣٠ – ٤٠ سلالة فقط للإكثار والاختبار فى مناطق مختلفة .

٥ – يجرى – فى السنة الخامسة ومايليها – مزيد من الاختبارات ، مع خفض عدد السلالات المنتخبة سنوياً ، إلى أن تصل إلى سلالة واحدة أو أكثر ، تكون كل منها أساساً لصنف جديد (Akeley ١٩٦٦) .

هذا .. وتختلف تفاصيل خطوات برنامج التربية من محطة بحثية لأخرى ، ولكنها تتفق فى الإطار العام الذى سبق بيانه . وعلى سبيل المثال .. يعطى Howard (١٩٧٨) الأرقام المبينة فى جدول (٥ – ٢) عن أعداد النباتات أو السلالات المنتخبة سنوياً فى برنامج التربية المتبع فى معهد تربية النبات بكمبردج Cambridge فى إنجلترا . والتفاصيل الخاصة ببرامج تربية البطاطس المتبعة فى هولندا .. يراجع Sneep & Hendriksen (١٩٧٩) .

جدول (٥ -٢) : أعداد النباتات أو السلالات المقيمة أو المنتخبة سنوياً - فى برامج تربية البطاطس فى معهد تربية النباتات بكامبردج - انجلترا .

السنة	عدد البادرات أو السلالات الخضرية المقيمة	عدد السلالات المنتخبة
١	٢٥٠٠٠بادرة	٨٠٠٠ بادرة يحتفظ - من كل منها - بدرنة واحدة
٢	٨٠٠٠ سلالة خضرية تمثل - كل منها - بنبات واحد	١٠٠٠ سلالة خضرية
٣	١٠٠٠ سلالة خضرية تمثل - كل منها - باربعة نباتات	١٢٠ سلالة خضرية
٤	١٢٠ سلالة خضرية تمثل - كل منها - بعشرة نباتات	٤٠ سلالة خضرية
٥	٤٠ سلالة خضرية تمثل - كل منها - بثلاثين نباتا	٨ سلالات خضرية
٦	٨ سلالات خضرية تمثل - كل منها - بمئة نبات	٤ سلالات خضرية
٧	٤ سلالات خضرية تمثل - كل منها - بثلاثمائة وخمسين نباتا	٢ سلالة خضرية
٨	٢ سلالة خضرية تمثل - كل منها - بستمائة نبات	سلالة خضرية واحدة
٩	سلالة خضرية واحدة تمثل بـ ١٤٠٠ نباتا	
١٠، ١١	تجارب التقييم الموسعة	

الاستفادة من الطرز الثنائية التضاعف فى تربية البطاطس

تستخدم الطرز الثنائية التضاعف فى إنتاج أصناف جديدة من البطاطس الرباعية من خلال الخطوات التالية .

١ - إنتاج طرز ثنائية من البطاطس الرباعية .

٢ - إكثار الطرز الثنائية خضرياً ليمكن تقييمها للمحصول ، وصفات الجودة ، ومقاومة مختلف الأمراض .

٣ - دراسة القدرة على التآلف بين السلالات .

٤ - دمج بروتوبلازم السلالات المتفوقة فى صفاتها البستانية ، على أن يكون الدمج بين السلالات التى تظهر قدرة عالية على التآلف .

يمكن إجراء الخطوتين الأولى والثانية بسهولة . أما الخطوة الثالثة فأصعب ما فيها أن معظم الطرز الثنائية تكون عقيمة . أما الخطوة الرابعة .. فهى ممكنة ، ولكنها ليست ميسرة كإجراء روتينى بعد .

أولاً : إنتاج الطرز الثنائية التضاعف وإكثارها وتقييمها

أمكن إنتاج عديد من سلالات البطاطس الثنائية التضاعف الجيدة الخصبة . إلا أنه يجب عدم التفكير فى استخدام مثل هذه السلالات الثنائية كأصناف تجارية مستقبلاً ؛ لأن تعدد الأليلات فى الموقع الجينى الواحد - الأمر الذى يحدث فى الطرز الرباعية التضاعف- يلعب دوراً هاماً فى نجاح زراعة البطاطس ؛ لذا .. فإن الطرز الرباعية يجب أن تبقى - دائماً - كمرحلة وسطية فى تربية البطاطس .

تنتج سلالات S. tuberosum الثنائية (٢ن = ٢س = ٢٤) بأعداد كبيرة بطريقة اكتشفت فى عام ١٩٥٧ بواسطة كل من Hougas & Peloquin (عن Howard ١٩٧٨) ، وفيها تلقح البطاطس بسلالات معينة من النوع الثنائى التضاعف S. phureja ؛ حيث يبدو أنه فى عديد من البويضات - يشارك الملقح بجاميطتين - بكل منهما ١٢ كروموسوما - فى إنتاج نواة الإندوسبرم ؛ وبذا .. لاتتبقى أية جاميطات لإخصاب البويضة ؛ مما يجعلها تنمو بكريا لتكون أجنة ، تحتوى كل منها على ٢٤ كروموسوماً (أى تكون ٢ن = ٢س = ٢٤) ، ويطلق عليها اسم dihaploid ؛ لأنها تعد أحادية بالنسبة للنباتات التى تنشأ منها ، ولكنها - فى الوقت ذاته - ثنائية التضاعف . وتكون نسبة صغيرة من هذه النباتات ذات حبوب لقاح خصبة ، بينما تكون أعداد كبيرة منها خصبة أنثوياً ، ويكون بكل النسل الناتج من تلقيح هذه النباتات معاً العدد الثنائى التضاعف من الكروموسومات (٢ن = ٢٤) .

تكون معظم النباتات التى تنتج بهذه الطريقة ضعيفة النمو ، ولكنها تنتج نسلاً قوى النمو إذا ما لقحت معاً ، أو مع أنواع أخرى ثنائية التضاعف . وترجع طبيعة النمو الضعيف فى هذه النباتات إلى تأثرها بالتربية الداخلية ؛ لأن خطوة إنتاج النبات الـ dihaploid تعادل نحو ثلاثة أجيال من التربية الداخلية .

يحتاج الأمر - لكى يمكن الاستفادة من هذه النباتات الـ dihaploids - أن ينتخب المربى أفضلها - من حيث الخصوبة - جنباً إلى جنب مع الانتخاب للصفات الزراعية والاقتصادية الهامة . وبرغم أن الحصول على نباتات dihaploid تحتوى على كل الجينات المرغوبة - التى توجد فى النباتات الرباعية التى تنشأ منها - يعد أمراً بعيد الاحتمال .. إلا أن هذه النباتات تعطى - عند تلقيحها معاً - نسبة عالية من النباتات التى تحتوى على

الجينات المرغوبة ، مقارنة بما يحدث عند تلقيح نباتات رباعية التضاعف معاً .

وتتميز الطرز الثنائية بمايلى :

١ - يمكن تهجينها بسهولة مع معظم الأنواع البرية الثنائية التضاعف ، التى تعد مصادر هامة لعديد من الصفات الهامة ؛ مثل مقاومة الأمراض ، والتأقلم على الظروف البيئية القاسية .

٢ - لا يلزم - عند تهجينها مع الأنواع البرية - سوى عدد قليل - نسبياً - من التلقيحات الرجعية ؛ للتخلص من الصفات البرية غير المرغوبة .

٣ - يمكن الاستفادة منها فى دراسة وراثة الصفات الهامة .

٤ - يمكن بواسطتها جمع التراكيب الوراثية المرغوب فيها - معاً - بكفاءة أكبر ؛ إذ لا يتطلب الأمر معها عشائر كبيرة الحجم لظهور التراكيب الوراثية المنعزلة المرغوب فيها كما فى حالة الطرز الرباعية .

٥ - يمكن عن طريق السلالات الثنائية - المتحصل عليها من الأصناف الرباعية - التعرف على كل من الجينات المرغوب فيها وغير المرغوب فيها التى توجد فى هذه الأصناف، والتى لا يمكن تمييزها وهى فى الحالة الرباعية ؛ وبذا .. يمكن التخلص من الجينات غير المرغوب فيها .

ثانياً : العودة إلى الحالة الرباعية

بعد التعرف على السلات الثنائية المرغوب فيها .. فإن الخطوة التالية تكون رفع مستوى التضاعف بها إلى الحالة الرباعية ، ولكن دون أن يؤثر ذلك فى تركيبها الوراثى المتوازن . لكن المعاملة بالكولشيسين لاتفيد فى تحقيق هذه الخطوة ؛ نظراً لأن النباتات المتضاعفة الناتجة لا يتوفر بها - فى أحسن الحالات - أكثر من أليلين لأى جين ؛ ولذا .. فإن الحل الأمثل يكون عن طريق دمج بروتوبلازم الخلايا الخضرية للسلالات المتفوقة المتآلفة معاً . وتؤدى هذه الخطوة إلى إنتاج سلالات رباعية تحتوى على جميع كروموسومات وسيتوبلازم السلالتين المندمجتين . ومن مزايا دمج البروتوبلازم أنه يمكن أن يجرى باستعمال نباتات

صغيرة ؛ الأمر الذى يوفر بعض الوقت ، كما لا يتطلب إزهار النباتات ؛ مما يمكن الاستفادة من السلالات العقيمة . ولكن يعيب هذه الطريقة أنها ليست ميسرة – بعد – للتطبيق على نطاق واسع .

هذا .. ويمكن – كحل بديل –الاستفادة من الجاميطات التى تظهر طبيعياً ، وتحتوى على العدد غير المختزل من الكروموسومات ، والتى تنتجها – أحياناً – بعض أنواع الجنس Solanum الثنائية التضاعف . تنتج هذه الأنواع الجاميطات الثنائية غير المختزلة بنسبة بسيطة إلى جانب الجاميطات الأحادية الطبيعية . ويمكن انتخاب الجاميطات الثنائية بسهولة؛ بتلقيح نباتات رباعية عادية بنباتات ثنائية ؛ حيث يكون معظم النسل رباعيا ؛ لأن معظم الأجنة الثلاثية تموت لعدم اكتمال الإندوسبرم بها (Sneep & Hendriksen ١٩٧٩). ولمزيد من التفاصيل عن طرق إنتاج الطرز الثنائية واستخداماتها .. يراجع Howard (١٩٦٩).

إنتاج الهجن التى تكثر جنسيا

يذكر Sneep & Hendriksen (١٩٧٩) أنه إذا أمكن إنتاج هجن تجارية – تتكاثر بالبذور ، وتكون متجانسة ، وتتساوى مع الأصناف التجارية أو تتفوق عليها فى المحصول ، وصفات الجودة ، والمقاومة للأمراض ، وغيرها من الصفات البستانية الهامة – فإن ذلك يكون بمثابة فتح جديد فى مجال تربية البطاطس ؛ ذلك لأن استعمال البذور الحقيقية فى التكاثر يحقق المزايا التالية :

١ – لا ينتقل عن طريق البذور سوى عدد قليل جدا من عشرات الأمراض الفيروسية التى تصيب البطاطس ، والتى تنتقل عن طريق الدرنات .

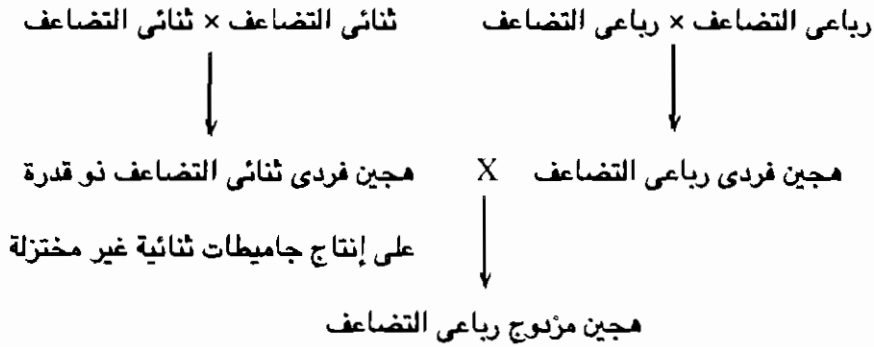
٢ – لا ينتقل مع البذور أى من مسببات الأمراض الفطرية ، والبكتيرية ، والنماتودا التى تعيش فى التربة .

٣ – يمكن نقل وتخزين البذور بسهولة تامة مقارنة بالدرنات .

٤ – يمكن – عند الإكثار بالبذور – توفير الدرنات التى تستعمل – حالياً – كتقاو لأغراض الاستهلاك .

وقد اقترح الباحثان الطريقة التالية لإنتاج هجن البطاطس التجارية :

يستخدم فى إنتاج الهجن طرز رباعية وأخرى ثنائية . يشترط أن تكون الطرز الرباعية لسلالات أو أصناف تعرف بقدرتها على إنتاج نسل متجانس – بدرجة مقبولة – عند إكثارها بالبذور . ويفضل أن تكون الطرز الثنائية أصيلة ، وأن تكون الجاميطات الثنائية غير المختزلة – التى نشأت منها هذه الهجن – قد تكونت أثناء الانقسام الاختزالى الأول ، وليس أثناء الانقسام الاختزالى الثانى . وتستخدم هذه الطرز فى إنتاج الهجن التجارية كما يلى :



وقد يمكن استخدام صنف تجارى جيد (رباعى التضاعف) بدلاً من الهجين الفردى الرباعى التضاعف ؛ حيث يكون الهجين الناتج – فى هذه الحالة – هجيناً ثلاثياً (three way cross) رباعى التضاعف . كما قد يمكن إنتاج البذرة الهجين بالاستعانة بظاهرة العقم السيتوبلازمى التى تتوفر فى النوع S. verrucosum . تؤخذ البذرة الهجين – فى هذه الحالة من الأم الثنائية التضاعف العقيمة ذكرياً ، بينما يستخدم الأب الرباعى التضاعف كمصدر لحبوب اللقاح .

التربية لتحسين المحصول وصفات الجودة والتأقلم

التربية لتحسين المحصول

إن المحصول هو محصلة لعديد من الصفات ؛ فهو يتأثر بكثير من الصفات الأخرى للنبات ؛ مثل : مدى تأقلمه مع الظروف البيئية السائدة (مثل الفترة الضوئية ، وطول موسم النمو) ، ومدى تحمله للظروف البيئية القاسية ، ومدى مقاومته للآفات الهامة ... إلخ ، إلا أننا نعنى بالمحصول – فى هذا المقام – القدرة الإنتاجية للنبات تحت الظروف المثلى للنمو .

ولقد أوضحت الدراسات الوراثية – التى استخدمت فيها البذور الحقيقية – أن صفة المحصول تتأثر – فقط – بالتباين غير الإضافى للجينات . وبالرغم من ذلك .. كانت درجات التوريث المقدرة لبعض صفات مكونات المحصول – مثل عدد الدرنات بالنبات وحجم الدرنات – عالية نسبياً . وقد خلص الباحثون إلى إمكان تحسين محصول البطاطس بالانتخاب للصفات الأخرى ذات درجات التوريث المرتفعة ؛ مثل حجم الدرنة (Thompson وآخرون ١٩٨٣) .

ويراعى – فى هذا الشأن – انتخاب النباتات التى تضع العدد المناسب من الدرنات بالحجم المناسب . فقد يضع النبات عدداً كبيراً من الدرنات ، إلا أنها تكون صغيرة الحجم لا تصلح للاستهلاك ، أو قد يضع عدداً قليلاً من الدرنات ، إلا أنها تكون أكبر حجماً من اللازم ؛ لذا .. يلزم دائماً – عند إجراء التلقيحات – ألا تكون بين أصناف أو سلالات تضع أعداداً كبيرة من الدرنات الصغيرة ، وإلا اضطر المربى إلى استبعاد نسبة كبيرة من النسل؛ لأن درناته تكون أصغر مما ينبغى ؛ بسبب الزيادة الكبيرة فى أعدادها .

وكما سبق أن أوضحنا بالنسبة للطماطم .. فإن طبيعة النمو النباتى قد يكون لها تأثير غير مباشر فى المحصول .

وتعد صفة النمو الطبيعى سائدة على صفة النمو المفترش Prostrate ؛ ويتحكم فيها ٣ أزواج – على الأقل – من العوامل الوراثية (عن Howard ١٩٦٩) .

كذلك يتوقف محصول البطاطس – إلى حد كبير – على المدة التى تلزم لحين نضج الدرنات ، والقاعدة العامة هى أنه كلما تأخر الحصاد ازداد المحصول ؛ لذا .. فمن الضرورى أن يحدد المربى – سلفاً – درجة التبكير أو التأخير فى النضج التى يريدها فى فى الصنف الجديد .. علماً بأنه لا يشترط أن تكون الأصناف المبكرة مبكرة النضج ، بل إن المعيار هو إنتاج محصول اقتصادى مربح مبكراً فى بداية الموسم . ومع ذلك .. فهناك من الأصناف المبكرة ما تنضج درناتها مبكراً . هذا .. إلا أن جميع الأصناف المتأخرة تكون متأخرة النضج ، ولا يمكنها إنتاج محصول اقتصادى مربح مبكراً فى بداية الموسم .

تدل الدراسات الوراثية على أن موعد النضج يعتمد على عدد من الجينات ،

وأن الأصناف خليطة فى معظم هذه الجينات ؛ لذا .. فإن نسبة الانعزالات المبكرة لا تزيد على ٦٠ ٪ فى التلقيحات بين الأصناف أو السلالات المبكرة ، وبعضها البعض ، وتكون فى حدود ٢٠ ٪ فى التلقيحات بين الأصناف المبكرة والمتأخرة .

وأيا كانت الصفات التى ترتبط بالمحصول بصورة غير مباشرة .. فإن القدرة على تثبيت غاز ثانى أكسيد الكربون فى النبات تعد أكثر الصفات التى لها ارتباط مباشر بالمحصول . وفى هذا المجال .. وجد Dwelle وآخرون (عن Dwelle ١٩٨٥) اختلافات كبيرة بين أصناف البطاطس فى معدل البناء الضوئى ، وأمكنهم التعرف على عديد من الأصناف المتفوقة فى تلك الصفة . وبدراسة هذه الأصناف .. تبين أن بعضها كان ذا قدرة عالية على تثبيت غاز ثانى أكسيد الكربون من خلال السطح العلوى للأوراق (مثل الصنف Lemhi Russet) ، بينما تفوق بعضها الآخر فى تثبيت الغاز من خلال السطح السفلى للأوراق (مثل السلالة الخضرية A6948 - 4) . وبتلقيحهما معا .. أمكن التعرف - فى النسل - على كل الانعزالات الوراثية الممكنة بالنسبة للقدرة العالية أو المنخفضة على تثبيت غاز ثانى أكسيد الكربون من خلال أحد سطحى الورقة أو كليهما ، وكان من بينها سلالات قليلة ذات قدرة علية على تثبيت الغاز من كلا سطحى الورقة ، إلا أنها لم تكن جميعها عالية المحصول؛ نظراً لأن بعضها وجهت الزيادة الكبيرة فى الغذاء المجهز نحو إنتاج نمو خضرى غزير ، بينما كان محصول درناتها متوسطاً .

ويستدل من مختلف الشواهد على حدوث ظاهرة قوة الهجين فى محصول البطاطس عندما تكون التهجينات بعيدة ؛ فالبطاطس - كما سبق أن أوضحنا - خلطية التلقيح ، وتتعرض للتدهور فى قوة النمو عند إخضاعها للتربية الداخلية ، فضلاً على أن الأصناف التجارية ذات خلفية وراثية ضيقة . وقد ظهرت قوة الهجين عند إجراء تهجينات بين تحت نوعى البطاطس andigena ، و tuberosum . كما يزيد المحصول فى أصناف البطاطس التى أنتجت من تلقيحات بعيدة ؛ مثل تلك التى انتجت من تلقيح أصناف أوروبية مع أصناف أمريكية ، أو أصناف البطاطس S. tuberosum ssp. tuberosum مع النوع S. demissum .

التربية لتحسين صفات الجودة

إن من أهم صفات الجودة التى يهتم بها مربى البطاطس مايلى :

١ - شكل الدرنات :

توجد عديد من أشكال درنات البطاطس ؛ فمنها المستديرة ، والمائلة إلى الشكل البيضاوى ، والبيضاوية المائلة إلى الاستطالة . ويتحكم فى وراثة هذه الأشكال ٤ أزواج - على الأقل - من الجينات المتساوية فى تأثيرها .

هذا .. ومن المفضل أن تكون أطراف وجوانب الدرنات غير المستديرة مائلة إلى الاستدارة ؛ لتقليل احتمالات تعرضها للأضرار الميكانيكية . ويفضل معظم المستهلكين الدرنات الطويلة البيضاوية وهى صفة سائدة على الشكل المستدير ؛ ولذا يتعين عدم إجراء التلقيحات التى يبدأ بها برنامج التربية بين أصناف ذات درنات طويلة وبعضها البعض ؛ لأن النسل الناتج من تلقيحات كهذه يحتوى على نسبة عالية جداً من النباتات ذات الدرنات الطويلة جداً ، التى تكون رفيعة وعديمة القيمة الاقتصادية .

٢ - اللون الداخلى للدرنات :

يسود اللون الداخلى الأصفر الداكن على اللون الأبيض ، ويتحكم فى هذه الصفة عامل وراثى واحد ، لكنها تتأثر بعوامل أخرى محورة ؛ مما يؤدى إلى ظهور درجات متفاوتة من الاصفرار . ولا يوجد أى ارتباط بين اللون الداخلى للدرنات ولون الأزهار ، التى قد تكون بيضاء ، أو قرمزية ضاربة إلى الحمرة أو إلى الزرقة ، أو زرقاء قاتمة .. علما بأن جميع ألوان الأزهار تسود على اللون الأبيض .

٣ - لون الجلد :

يجب أن يكون لون جلد الدرنة (لونها الخارجى) مناسباً لذوق المستهلك . هذا .. ولا توجد أية علاقة بين لون جلد الدرنة ونوعيتها ، إلا أن المستهلك يربط - دائماً - بينهما فى ذهنه ؛ بسبب اختلاف نوعية الأصناف التى تعود على لونها الخارجى .

٤ – حجم الدرنات :

يختلف حجم الدرنة المناسب باختلاف المستهلكين ، والغرض من الزراعة ؛ فيفضل المستهلك الأوروبى الدرنات المتوسطة الحجم ، ويفضل المستهلك المصرى الدرنات الأكبر من المتوسط ، بينما تفضل الدرنات الكبيرة الحجم لأغراض التصنيع . وكلما زاد عدد الدرنات التى ينتجها النبات .. كانت درناته أصغر حجما ، وتلك صفة وراثية ، ولكنها تتأثر – بشدة – بالعوامل البيئية ؛ حيث يزيد عدد الدرنات التى ينتجها النبات – ويقل حجمها تبعاً لذلك – بزيادة عدد السيقان / نبات . ويحدث ذلك عند الزراعة بتقاوٍ انتهت أو ضعفت فيها حالة السيادة القمية ؛ نتيجة لتخزينها لفترة طويلة .

٥ – عمق العيون :

تفضل – دائماً – الدرنات ذات العيون السطحية ؛ حتى لا يفقد جزء كبير منها عند تقشيرها . يتحكم فى هذه الصفة زوجان – على الأقل – من العوامل الوراثية ، وتدل نتائج بعض الدراسات على سيادة صفة العيون العميقة على العيون السطحية ، بينما يستدل من دراسات أخرى على عكس ذلك . وأيا كانت وراثة الصفة .. فإنه يفضل تجنب إجراء تلقيحات مع سلالات ذات عيون عميقة ، وإلا اضطر المربى إلى التخلص من نسبة عالية من النسل ؛ لأن عيون درناته تكون أكثر عمقاً مما ينبغى . هذا .. بينما تكون درنات بعض النسل ذات عيون متوسطة العمق إذا أجرى التلقيح بين أصناف أو سلالات ذات عيون سطحية .

٦ – الكثافة النوعية :

ترتبط الكثافة النوعية للدرنات بمحتواها من كل من النشا والمادة الجافة ، وهى صفة كمية . ويجب أن تكون نسبة المادة الجافة مناسبة للغرض الذى يزرع من أجله الصنف ؛ حيث يفضل – مثلاً – زيادتها عند الرغبة فى استعمال البطاطس لتصنيع (الشبس) ، أو عندما يكون طهيها فى الفرن ، بينما تفضل الكثافة النوعية المنخفضة بالنسبة للدرنات التى تستعمل فى إنتاج البطاطس المحمرة ، أو عند طهيها بالغلى فى الماء .

استخدم Plaisted & Pearson (عن Smith ١٩٦٨) طريقة الانتخاب المتكرر لتحسين

الكثافة النوعية للدرنات ؛ بتلقيح خمسة أصناف تجارية تميزت بالكثافة النوعية العالية – معـا – ثم انتخاب الانعزالات ذات الكثافة النوعية العالية وتلقيحها معاً ... وهكذا . وبهذه الطريقة .. تمكن الباحثان من زيادة الكثافة النوعية للدرنات من ١٫٠٧٢ فى النباتات الأصلية التى لقحت معاً إلى ١٫٠٧٧ بعد الدورة الأولى من الانتخاب ، ثم إلى ١٫٠٧٩ بعد الدورة الثانية ، بينما كانت الكثافة النوعية لدرنات الصنف كاتادن Katahdin هى ١٫٠٦٤ تحت نفس الظروف .

هذا .. ويفضل دائماً أن تقل نسبة السكريات المختزلة فى الأصناف التى تزرع لغرض تصنيع (الشبس) ، والبطاطس المحمرة المجمدة ، والمنتجات المجففة .

٧ – فترة السكون الطويلة :

يجب أن تكون للأصناف المنتجة فترة سكون مناسبة ؛ ليمكن تخزينها بصورة جيدة . وقد درست وراثة هذه الصفة فى التلقيح :

S. tuberosum (Group Phureja) x S. tuberosum (Group Stenotomum)

كـان كـلا الأبوين من الطرز الثنائيـة ، إلا أن درنات مـجـمـوعـة Phureja تتميز بفترة السكون القصيرة ، بعكس درنات مـجـمـوعـة Stenotomum التى تتـمـيـز بفتـرة السكون الطويلة .

وقد وجد أن التباين الوراثى كان عاليا ، وأن معظمه كان تباينا إضافياً ، وقدرت درجة التوريث على النطاق الضيق بنحو ٧٣ ٪ (Thompson وآخرون ١٩٨٠) .

٨ – قلة النمو الثانوى :

يعتبر النمو الثانوى secondary growth لدرنات البطاطس صفة وراثية ، ولكنها تتأثر بالعوامل البيئية . وطبيعى أنه تفضل الأصناف الأقل استعداداً لتكوين نموات ثانوية .

٩ – قلة ميل الدرنات إلى الاخضرار عند تعرضها للضوء :

تتفاوت أصناف البطاطس فى سرعة اخضرار درناتها لدى تعرضها للضوء . ولما كانت

الدرنات التى تشوبها أية درجة من الاخضرار ليست مقبولة لدى المسهلكين .. فإن بطء ميل الدرنات إلى الاخضرار يعد أحد أهداف برامج تربية البطاطس . وقد تبين من دراسة هذه الصفة فى طرز البطاطس الثنائية أنها صفة كمية ، وكان ٥٩٪ من التباين الوراثى مرده إلى تباين التفوق ، بينما شكل تباين الإضافة الجزء المتبقى من التباين الوراثى ، ولم يسهم تباين السيادة بأى نصيب فيه . وقدرت درجة التوريث - على النطاق العريض - بنحو ٦٦ ٪ ، وعلى النطاق الضيق بنحو ٢٧ ٪ (Parfitt & Peloquin ١٩٨١) .

التربية للتأقلم على وسائل الإنتاج ومختلف الظروف البيئية

نتناول - تحت هذا العنوان - عدداً من أهداف التربية التى تعد - فى الأساس - صفات فسيولوجية :

١ - التربية لمقاومة مبيدات الحشائش :

وجد De Jong (١٩٨٣) أن الحساسية لمبيد الحشائش متريبوزين Metribuzin - فى الطرز الثنائية - يتحكم فيها جين واحد متنح ، أعطى الرمز me . وقد أوضح الباحث أهمية استخدام هذا الجين كجين معلم marker gene فى الدراسات الوراثية .

٢ - التربية للتحكم فى الاستجابة للفترة الضوئية :

تحتاج البطاطس - من تحت النوع S. tuberosum ssp. andigena المزروع فى أمريكا الجنوبية - إلى نهار قصير لتكوين الدرنات . أما البطاطس التجارية (S. tubero-sum ssp. tuberosum) .. فإنها تبكر بتكوين الدرنات فى النهار القصير ، بينما يمكنها إنتاج الدرنات فى النهار الطويل ؛ لذا .. فإنه ينظر إليها على أنها محايدة بالنسبة للفترة الضوئية اللازمة لوضع الدرنات .

وقد أنتج التهجين بينهما نسلاً وسطاً فى احتياجاته من الفترة الضوئية لتكوين الدرنات ، مع سيادة قليلة لصفة الحاجة إلى النهار القصير (Howard ١٩٦٩) .

٣ - التربية لمقاومة الصقيع :

قسم Richardson & Weiser (١٩٧٢) درجة المقاومة للصقيع Frost Tolerance فى

٥٧ نوعاً من الجنس Solanum إلى المجموعات التالية :

١ – أنواع تتحمل انخفاض درجة الحرارة إلى – ٥°م ، وربما إلى أقل من ذلك ، وهى :

S. acaule

S. chomatophilum

S. commersonii

S. x juzepczukii

S. multidissectum

٢ – أنواع تتحمل انخفاض درجة الحرارة إلى – ٤ إلى – ٥°م ، وهى :

S. ajanhuiri

S. x curtilobum

S. demissum

S. megistacrolobum

S. microdontum

S. vernei

٣ – أنواع تتحمل انخفاض درجة الحرارة إلى-٣ إلى -٤°م ، وعددها ٢٤ نوعاً منها :

S. tuberosum ssp. amdigena

٤ – أنواع تتحمل انخفاض درجة الحرارة إلى – ٢ إلى – ٣°م ، وعددها ١٦ نوعا .

٥ – أنواع تتحمل انخفاض درجة الحرارة إلى -١ إلى- ٢°م وعددها ٦ أنواع ، منها :

S. tuberosum ssp. tuberosum

كما أمكنهما الحصول على سلالات على درجة عالية من المقاومة للصقيع من بعض الأنواع المزروعة الحساسة للصقيع ؛ مثل :

S. phureja

ومن التلقيح S. phureja x S. tuberosum ssp. andigena

ويدل ذلك على أن المقاومة للصقيع ربما كانت متنحية ، أو يتحكم فيها جينات مكملة لبعضها البعض ، أو يوجد بينها تفاعلات تفوّق . كما تدل على إمكان انتخاب طرز مقاومة للصقيع من الطرز الحساسة .

وفى محاولة أخرى .. قسم Chen & Li (عن Li & Fennell ١٩٨٥) ٢٤ نوعاً من الجنس Solanum إلى خمس مجموعات حسب كونها مقاومة أم حساسة للصقيع والبرودة ، وما إذا كانت تستجيب أم لا تستجيب لمعاملة الأقلمة acclimation على درجة حرارة منخفضة قبل التعرض لمعاملة الصقيع (جدول ٥ - ٣) .

وتبعاً لهذا التقسيم .. فإن أربعة أنواع (هى S. acaule ، و S. commersonii ، و S. multidissectum ، و S. chomatophilum) تتحمل - بعد أقلمتها بالبرودة - الانخفاض فى درجة الحرارة حتى - ٥ ر٨°م إلى - ٥ ر ١١°م ، بينما وضعت البطاطس فى مجموعة الأنواع الحساسة للصقيع ، التى لا تستجيب لمعاملة الأقلمة بالبرودة ، والتى لا تتحمل انخفاض درجة الحرارة لأكثر من ثلاث درجات تحت الصفر .

تركزت معظم الدراسات الوراثية الخاصة للصقيع على التهجين :

S. acaule x S. tuberosum

وقد وضحت سيادة صفة المقاومة للصقيع فى التهجين بين S. tuberosum وأى من الأنواع التالية :

S. acaule

S. bulbasovii

S. x curtilobum

S. demissum

S. x juzepczukii

كما أظهرت هذه التلقيحات أن المقاومة للصقيع صفة كمية ، برغم أنها قد تتضمن جيناً رئيسياً واحداً مع الجينات الأخرى الأقل تأثيراً فى ظهور الصفة .

ولكن ظهر من التلقيح :

S. tuberosum x S. demissium

أن المقاومة للصقيع صفة بسيطة ذات سيادة غير تامة (Richardson &Weiser ١٩٧٢).

جـدول (٥ – ٣) : تقـسيم أنواع الجنس Solanum حسب تحملها للصقيع والبرودة ، واستجابتها لمعاملة الأقلمة بالبرودة .

درجة الحرارة المميتة للنبات (°م) قبل الأقلمة (أ)	درجة الحرارة المميتة للنبات (°م) بعد الأقلمة (ب)	المجموعة والأنواع
		المجموعة الأولى مقاومة للصقيع تستجيب للأقلمة بالبرودة — Group 1: frost resistant, able to cold-acclimate
-٦ر٠	-٩ر٠	*S. acaule*
-٤ر٥٠	-١١ر٥	*S. commersonii*
-٤ ر٠	-٨ر٥	*S. multidissectum*
-٥ ر٠	-٨ر٥	*S. chomatophilum*
		المجموعة الثانية مقاومة للصقيع لاتستجيب للأقلمة بالبرودة — Group 2: frost resistant, unable to cold-acclimate
-٤ر٥	-٤ر٥	*S. bolviense*
-٥ر٠	-٥ر٠	*S. megistacrolobum*
-٥ر٥	-٥ر٥	*S. sanchae-rosae*
		المجموعة الثالثة : حساسة للصقيع تستجيب للأقلمة بالبرودة — Group 3: frost sensitive, able to cold-acclimate
-٣ر٠	-٨ر٠	*S. oplocense*
-٣ر٠	-٦ر٠	*S. polytrichon*
		المجموعة الرابعة : حساسة للصقيع لا تستجيب للأقلمة بالبرودة — Group 4: frost sensitive, unable to cold-acclimate
-٣ر٠	-٣ر٠	*S. brachistotrichum*
-٣ر٠	-٣ر٠	*S. cardiophyllum*
-٣ر٠	-٣ر٠	*S. fendleri*
-٣ر٠	-٣ر٠	*S. jamesii*
-٣ر٠	-٣ر٠	*S. kurtzianum*
-٣ر٠	-٣ر٠	*S. microdontum*
-٣ر٠	-٣ر٠	*S. pinnatisectum*
-٣ر٠	-٣ر٠	*S. stenotomum*
-٣ر٠	-٣ر٠	*S. stoloniferum*
-٣ر٠	-٣ر٠	*S. sucrense*
-٣ر٠	-٣ر٠	*S. tuberosum*
-٣ر٠	-٣ر٠	*S. venturii*
-٣ر٠	-٣ر٠	*S. vernei*
-٣ر٠	-٣ر٠	*S. verrucosum*
		المجموعة الخامسة حساسة للبرودة — Group 5: chilling sensitive
تموت (←)	-٣ر٠	*S. trifidum*

(أ) كانت ظروف النمو للنباتات غير المؤقلمة بالبرودة – قبل تعريضها للبرودة القاتلة – هى : ٢٠°م نهاراً ، و ١٥°م ليلاً ، مع ١٤ ساعة فترة ضوئية .

(ب) كانت ظروف الأقلمة بالبرودة – قبل تعريض النباتات للبرودة القاتلة – هى : ٢°م ليلاً ونهاراً ، مع ١٤ ساعة فترة ضوئية .

(جـ) كانت النباتات ميتة عقب تعريضها لدرجة حرارة ٢°م ليلاً ونهاراً لمدة ٢٠ يوماً .

٤ – التربية لمقاومة الحرارة العالية :

قيم Reynolds & Ewing (١٩٨٩) ١١٩ سلالة – تنتمى إلى ٥٩ نوعاً تكون درنات من الجنس Solanum – لمقاومة الحرارة العالية Heat Tolerance . درست فى البداية قدرة السلالات على تكوين نمو خضرى قوى فى حرارة ٣٠ – ٤٠°م مع تعريضها لفترة ضوئية طويلة مدتها ١٨ ساعة يومياً لمنع تكوين الدرنات . وتلا ذلك اختبار السلالات التى أعطت نموا خضرياً قوياً تحت هذه الظروف للقدرة على إنتاج الدرنات فى نفس ظروف الحرارة العالية (٣٠ – ٤٠°م) ، ولكن مع تعريضها لفترة إضاءة قصيرة . وبرغم تباين السلالات فى إنتاجها للدرنات تحت هذه الظروف .. فإن عدداً قليلاً منها – ينتمى لأنواع قليلة – أنتج درنات بانتظام فى حرارة ٣٠ – ٤٠°م .

٥ – التربية لمقاومة الجفاف :

توصل Stark وآخرون (١٩٩١) – من دراستهم على ١٤ صنفاً وسلالة من البطاطس – إلى وجود علاقة خطية بين ΔT (وهى الفرق بين درجة حرارة الهواء ودرجة حرارة النموات الخضرية أثناء النهار فى الأيام الصحوة) ، والنقص فى ضغط بخار الماء Vapor Pressure Deficit – فى النباتات – فى حالات معاملات الرى المختلفة ؛ وبذا .. أمكنهم استخدام ΔT – بكفاءة – فى تقييم القدرة النسبية على تحمل ظروف الجفاف فى البطاطس .

التربية لمقاومة الآفات

يلزم – قبل الإقدام على برنامج تربية لمقاومة آفة ما – أن تؤخذ الأمور التالية فى الحسبان :

١ – مدى خطورة الآفة ذاتها ؛ حيث تُعْطَى الآفاتُ الأكثرُ خطورةً على المحصول الأولوية.

٢ – طرز المقاومة المتوفرة للآفة ، ومدى شدة أو فاعلية هذه المقاومة ، ومصادرها ؛ حيث تفضل المقاومة التى يمكنها أن تسهم – بشكل فعال – فى حماية المحصول من أخطار الآفة ، وأن تكون متوفرة فى أنواع يمكن تهجينها مع البطاطس المزروعة .

٣ – وراثة المقاومة للآفة ؛ حيث يجب أن يعرف ما إذا كانت المقاومة سائدة أم متنحية ، وبسيطة أم كمية .

٤ – مدى سهولة إجراء اختبارات التقييم لمقاومة النباتات للآفة ؛ حيث يفضل ألا يتطلب إجراء الاختبارات وقتاً طويلاً ؛ نظراً لكثرة عدد البادرات التى يلزم اختبارها .

هذا . ويعد الاتجاه المفضل حالياً هو التركيز على المقاومة العامة general resistance ؛ أى غير الخاصة بسلالات معينة non - race -specific ؛ لأنها أكثر بقاءً بفاعلية من المقاومة الخاصة بسلالات معينة race - specific ، التى تفقد فاعليتها بمجرد ظهور سلالات جديدة من الآفة ؛ الأمر الذى يحدث – غالباً – بعد فترة قصيرة من نشر زراعة الصنف المحتوى على هذا الطراز من المقاومة على نطاق واسع .

وتكون المقاومة المتخصصة – غالباً – من طراز فرط الحساسية Hypersensitivity ، ويتحكم فيها جينات سائدة ؛ مثل الجين Nx الذى يكسب النباتات مناعة ضد فيرس X ، ومجموعة جينات R الخاصة بالمقاومة للندوة المتأخرة ، وكانت تلك من أكثر طرز المقاومة استخداماً فى برامج التربية ؛ نظراً لأنها بسيطة وسائدة ، ولسهولة إجراء اختبارات المقاومة . ولكن – ولسوء الحظ – فإنها – أيضاً – من أكثر طرز المقاومة تعرضاً للفقد ؛ بسبب ظهور سلالات جديدة من الآفات ، تكون قادرة على التغلب على المقاومة التى توفرها هذه الجينات . ولكن هذا الطراز من المقاومة مازال فعالاً بالنسبة للآفات التى تعيش فى التربة soil - borne ، والتى لا تتوفر لها وسائل الانتشار السريع الهائل ، التى تتوفر بالنسبة للآفات التى تحمل مسبباتها بواسطة الهواء air - borne .

وفى المقابل .. فإن المقاومة العامة (تسمى كذلك المقاومة الأفقية horizontal resistance ، ومقاومة الحقل field resistance) التى لا تفقد بسهولة تكون غالباً كمية ، وتصعب

المحافظة عليها – كاملة – فى برامج التربية ، خاصة عند التربية بطريقة التلقيح الرجعى ؛ لأن نسبة النباتات التى تحمل جميع جينات المقاومة – بعد كل تلقيح رجعى – تكون منخفضة للغاية . كما يكون من الصعب تعرف النباتات التى تحمل هذا الطراز من المقاومة .

وقد يكون من الأفضل الانتخاب لمستوى متوسط من المقاومة يتحكم فيه عدد قليل من الجينات عن الانتخاب لمستوى عالٍ من المقاومة يتحكم فيه عدد كبير من الجينات ؛ لأن عدد النباتات المقاومة المنتخبة فى الحالة الثانية يكون قليلاً ؛ بدرجة لا تتوفر معها فرصة جيدة للانتخاب الصفات الجودة ومقاومة الآفات الأخرى .كما يكون من الأفضل استخدام أحد الأصناف المحسنة كمصدر لصفة المقاومة ؛ لكى يسهل الانتخاب لصفات الجودة أيضاً .

ويلزم عند إجراء اختبارات المقاومة لأكثر من آفة ، أو عند الانتخاب للمقاومة مع الانتخاب مع لصفات بستانية أخرى .. مراعاة مايلى :

١ – البدء باختبار المقاومة الذى يكون أسهل إجراء ، والذى لا يتطلب إجراؤه جزءاً كبيراً من النسيج النباتى .

٢ – البدء باختبار حالات المقاومة الكمية التى لا تنتقل إلا إلى نسبة بسيطة من النسل .

٣ – البدء باختبارات الانتخاب للصفات البستانية ؛ لتأمينها أولاً ، ثم إجراء اختبار المقاومة حينما يصبح عدد النباتات التى يلزم انتخابها صغيراً نسبياً .

وكقاعدة عامة .. يجب أن تكون اختبارات المقاومة سهلة وسريعة ، وألا تكون قاسية جداً بحيث تؤدى إلى إصابة النباتات المقاومة ، أو ضعيفة جداً بحيث تؤدى إلى إفلات النباتات القابلة للإصابة من الإصابة بالآفة . ويتحقق ذلك – غالباً – بالاستعانة بثلاثة أصناف أو ثلاث سلالات للمقارنة : قابلة للإصابة ، ومتوسطة المقاومة ، وعالية المقاومة .

التربية لمقاومة الأمراض الفيروسية

تعرف فى البطاطس عدة طرز لمقاومة الفيروسات ؛ هى : القدرة على تحمل الإصابة tolearnce ، ومقاومة انتشار الإصابة infection resistance ، وفرط الحساسية hy-persensitivity (وهى التى تعطى مناعة الحقل field - immunity) ، والمقاومة القصوى extreme resistance (أو المناعة immunity) .

تتميز النباتات القادرة على تحمل الإصابة بأنها تصاب بالفيرس ، إلا أن أعراض الإصابة به لا تكون شديدة ، كما لا يقل المحصول كثيراً من جراء الإصابة . لا يمكن الاعتماد – كثيراً – على هذا الطراز من المقاومة ؛ نظراً لما يمكن أن يحدثه من مشاكل ؛ فهو يُعَقِّد مسألة اعتماد التقاوى ، كما يعد مصدراً كبيراً للفيرس فى الحقل ، يمكن أن تنتشر منه الإصابة إلى الأصناف الأخرى الحساسة للفيرس .

وتعرف مقاومة انتشار الإصابة infection resistance بأنها المقاومة التى يترتب عليها اقتصار الإصابة – تحت ظروف الحقل – على نسبة قليلة فقط من النباتات . يتحكم فى هذا الطراز من المقاومة جينات متعددة غالباً . وتؤدى التلقيحات بين السلالات الخضرية -المتوسطة المقاومة وبعضها البعض إلى انعزال بعض النباتات التى تكون أكثر مقاومة من أى من الأبوين ، بينما تنعزل من التلقيحات بين السلالات العالية المقاومة والسلالات القابلة للإصابة نباتات متوسطة المقاومة .

أما حالات فرط الحساسية والمناعة .. فإنها تكون – غالباً – صفات بسيطة وسائدة ، وتتوفر الجينات التى تتحكم فيها فى أصناف البطاطس التى تنتمى لمجموعتى Tubero-sum ، و Andigena ، وفى الأنواع المزروعة الثنائية التضاعف ، وفى عديد من الأنواع البرية . إلا أنه توجد عدة فيروسات هامة لا تتوفر لها مقاومة من أى من طرازى المناعة ، أو فرط الحساسية .

وبالنظر إلى أن الفيروسات يمكن مقاومتها بفاعلية باستخدام تقاو معتمدة جيدة .. فإن التربية لمقاومة الفيروسات قد تأتى فى الأهمية بعد التربية للآفات الهامة الأخرى التى لا تكافح إلا بزراعة الأصناف المقاومة . ومن أهم الجهود التى بذلت فى مجال التربية لمقاومة الفيروسات مايلى :

١ – التربية لمقاومة فيرس X البطاطس (PVX) :

تتوفر عدة سلالات من فيرس X ، وهو فيرس ينتقل بالملامسة ، ولا يحتاج إلى حشرة المن لنقل الإصابة . وفى المقابل .. تتوفر عدة مصادر لمقاومة الفيرس ؛ منها مقاومة شاملة Comprehensive resistance توجد فى سلالة وزارة الزراعة الأمريكية التى نتجت

من البادرة رقم ٤١٩٥٦، وفى السلالة الخضرية CPC 1673 لتحت النوع S. tuberosum ssp. andigena .

كما تتوفر عدة مصادر لمقاومة معظم سلالات فيرس X البطاطس ، ماعدا السلالة التى تعرف بفيرس B ، ومصادر أخرى تقاوم السلالة B وحدها ، ولكنها تصاب بجميع السلالات الأخرى لفيرس X . ويتحكم فى حالات هذه المقاومة ثلاثة جينات ؛ هى : R_X و N_X ، و N_b . يتحكم الجين Nb فى المقاومة للفيرس B ، وهو جين قليل الأهمية ؛ لأن السلالة B لفيرس X ليست واسعة الانتشار . أما الجين Nx فإنه يوجد فى عديد من الأصناف الإنجليزية القديمة ؛ مثل كنج إدوارد ، وإبيكيور Epicure ، وقد ساعد على بقاء هذه الأصناف خالية من الإصابة بفيرس X . هذا .. بينما يوجد الجين Rx فى عديد من الأصناف الهولندية الحديثة .

٢ - التربية لمقاومة فيرس A (PVA) :

يعد فيرس A البطاطس سلالة شاذة من فيرس Y البطاطس PVY . ينتقل هذا الفيرس بواسطة المن ، ويمكن أن يحدث نقصاً شديداً فى المحصول ؛ خاصة إذا حدثت إصابة - فى نفس الوقت - بفيرس X البطاطس .

وتحدث الجينات التى تقاوم السلالات العادية لفيرس Y البطاطس مقاومة - كذلك - لفيرس A . كما يتوفر فى عديد من أصناف البطاطس الجين السائد Na ، الذى يتحكم فى حالة فرط حساسية (مناعة حقل) للفيرس . يرتبط هذا الجين - بشدة - بالجين Nx الذى يعطى تأثيراً مماثلاً بالنسبة لفيرس X البطاطس . ويعد هذا الارتباط مفيداً للمربى .

٣ - التربية لمقاومة فيرس Y (PVY) :

تتوفر عدة سلالات من فيرس Y البطاطس ، الذى ينتشر فى جميع أنحاء العالم ، ويسبب خسائر كبيرة فى المحصول . وهو فيرس ينتقل بواسطة حشرة المن . وتتوفر عدة طرز من المقاومة للفيرس ؛ هى :

أ - توجد درجة من القدرة على تحمل الإصابة بالفيرس فى بعض الأصناف ؛ مثل إنترناشيونال كدنى International Kidney .

ب – تتوفر المقاومة لانتشار الإصابة Infection Resistance فى بعض الأصناف مثل بنتلاند كرون Pentland Crown .

جـ – توجد المقاومة القصوى Extreme Resistance فى بعض الأنواع البرية ؛ مثل S. stoloniferum ، ويتحكم فيها جينات سائدة ، ربما تكون ضد كل سلالات الفيرس .

٤ – التربية لمقاومة فيرس التفاف الأوراق :

لا تتوفر مقاومة جيدة لفيرس التفاف أوراق البطاطس Potato Leaf Roll Virus كتلك التى تتوفر بالنسبة لفيروسات X ، و A ، و Y ، برغم أنه من الفيروسات الواسعة الانتشار التى تحدث أضراراً كبيرة للمحصول . وهو فيرس ينتقل بواسطة حشرة المنّ . يعيب طراز المقاومة المتوفرة لهذا الفيرس أنها كمية ، وتتحكم فيها جينات عديدة ؛ لكل منها تأثير بسيط على الصفة ؛ مما يؤدى إلى فقد بعضها أثناء الانتخاب ؛ لذا تصعب التربية لمقاومة هذا الفيرس مع الاحتفاظ – فى نفس الوقت – بالصفات الأخرى المرغوبة .

التربية لمقاومة الأمراض الفطرية والبكتيرية

١ – التربية لمقاومة الندوة المتأخرة :

يسبب فطر Phytophthora infestans مرض الندوة المتأخرة فى البطاطس . ويتوفر طرازان من المقاومة لهذا الفطر ؛ هما :

أ – مقاومة أفقية ، أو عامة ، أو غير متخصصة ، وتوجد فى تحت النوع S. tuberosum ssp. andigena ، وهى صفة كمية ، يتحكم فيها عدة جينات لكل منها تأثير بسيط .

ب – مقاومة رأسية ، أو متخصصة ، وتوجد فى النوع S. demissum .

لا تدوم المقاومة الرأسية لأكثر من موسمين إلى ثلاثة مواسم زراعية ؛ بسبب تكوين الفطر المسبب للمرض لسلالات جديدة تكون قادرة على كسر المقاومة ، بينما تكون المقاومة الأفقية ثابتة ؛ حيث لا يتوفر أى دليل على فقد المقاومة من الأصناف ذات المستوى العالى من المقاومة الأفقية (Thurston ١٩٧١) .

تتوفر فى النوع البرى السداسى التضاعف S. demissum سلسلة من جينات المقاومة للفطر ، تأخذ الرمز العام R مع رقم ؛ مثل R_1 ، و R_2 ، و R_3 ... إلخ . يؤدى وجود هذه

الجينات السائدة إلى إكساب العائل حالة فرط حساسية ، تجعله يبدو منيعاً للإصابة تحت ظروف الحقل . وقد نقلت عدة جينات لمقاومة الفطر من النوع البرى إلى أصناف تجارية من البطاطس . فمثلاً .. يحتوى الصنف Kennebec على الجين R_1 الذى يكسب النباتات مقاومة لسلالات الفطر أرقام : صفر ، و ٢ ، و ٣ ، و ٤ ، ولكنه لا يكون مقاوماً للسلالات أرقام : ١ ، و ٢ر١ ، و ٣ر١ ، و ٤ر١ . وبرغم أن الصنف الواحد قد يحتوى على جينات المقاومة : R_1 ، و R_2 ، و R_3 ، ويقاوم سلالات الفطر أرقام : ١ ، و ٢ ، و ٣ .. إلا أنه يكون قابلاً للإصابة بالسلالة المركبة ٣ر٢ر١ ؛ لذا .. فقد توقف استخدام هذا الطراز من المقاومة للفترة المتأخرة فى برامج التربية .

هذا .. وقد اتضح من دراسة أجريت على ٢٨ سلالة من البطاطس -- فى معهد البطاطس الدولى – وجود ارتباط جوهرى (ر = ٥ر٠) بين مقاومة النموات الخضرية ومقاومة الدرنات للفترة المتأخرة .

٢ – التربية لمقاومة العفن الفيوزارى :

يسبب الفطر Fusarium roseum عفناً لدرنات البطاطس . وتتوفر المقاومة للفطر فى سلالة البطاطس B7200 - 33 . وقد تبين – لدى مقارنة هذه السلالة بالصنف القابل للإصابة Russet Burbank –أن تكوين السيوبرين وبيريدرم الجروح يلعب دوراً هاماً فى مقاومة الفطر . ففى درنات السلالة المقاومة .. يتكون السيوبرين فى طبقة مستمرة حول الدرنة ، بينما يتكون السيوبرين فى درنات الصنف القابل للإصابة فى تجمعات ؛ الأمر الذى يسمح بحدوث الإصابة فيما بين هذه التجمعات . كذلك تكوّن بيريدرم الجروح بسرعة أكبر فى السلالة المقاومة ؛ الأمر الذى أوقف تقدم الفطر وحدوث العفن (O'Brien \& Leach ١٩٨٣) .

٣ – التربية لمقاومة التثآلل :

يسبب الفطر Synchytrium endobioticum مرض التثآلل Wart فى البطاطس . وتتوفر – حالياً – عدة أصناف من البطاطس ، تعد منيعة (أو مقاومة بدرجة عالية) لهذا الفطر ؛ الأمر الذى حد كثيراً من خطورة هذا المرض . وتتوفر عدة مصادر لمقاومة الفطر ،

والمقاومة صفة سائدة . وتوجد فى بعض الدول أكثر من سلالة من الفطر المسبب للمرض ، تستطيع بعضها إصابة الأصناف المقاومة للسلالة العادية الشائعة .

٤ – التربية لمقاومة الجرب العادى :

تسبب البكتيريا Streptomyces scabies مرض الجرب العادى فى البطاطس . وتوجد اختلافات كبيرة بين أصناف البطاطس فى قابليتها للإصابة بالمرض ، ويتحكم فى المقاومة أكثر من جين واحد .

٥ – التربية لمقاومة الذبول البكتيرى :

تسبب البكتيريا Pesudomonas solanacearum مرض الذبول البكتيرى فى البطاطس . وتتوفر المقاومة للمرض فى النوع الثنائى التضاعف S. phureja ، ويتحكم فيها عدة جينات سائدة وأخرى متحورة ؛ مما يُصَعِّب من التربية للمقاومة . ومما يزيد الأمر صعوبة أن المقاومة تقل فاعليتها فى الأراضى الدافئة . وقد اختبر Jaworski وآخرون (١٩٨٠) ٥١ صنفاً من البطاطس لمقاومة المرض ، ووجدوا أن جميعها كانت قابلة للإصابة ، فيما عدا الصنف أونتاريو Ontario ، الذى أظهر أعلى درجة من المقاومة .

التربية لمقاومة الأمراض النيماتودية

١ – التربية لمقاومة النيماتودا المتحوصلة :

تنتشر نيماتودا البطاطس المتحوصلة Potato cyst nemtodes من نوعى Globodera rostochiensis ، و G. pallida فى أجزاء كثيرة من العالم . وتتوفر مقاومة النوع الأول (G. rostochiensis) فى عدة أنواع ؛ منها :

S. vernei، و S. multidissectum ، و S. microdontum ، و S. megistacrobolum .

وقد استعملت مقاومة النوع S. vernei على نطاق واسع فى برامج التربية ؛ نظراً لأنها تقاوم كل سلالات النيماتودا التى اختبرت فى الولايات المتحدة وأوروبا . وقد أدخلت هذه المقاومة فى أنساب عدد من أصناف البطاطس الهولندية والألمانية .

أما بالنسبة لمقاومة نوع النيماتودا G. pallida .. فقد اختبر Chavez وآخرون (١٩٨٨) ١٠٢٣ سلالة خضرية تمثل سبعة أنواع برية ثنائية المجموعة الكروموسومية من الجنس Solanum – إضافة إلى تحت النوع S. tuberosum ssp. tuberosum – وتبين من هذه الدراسة أن أكثر من ٢٥ ٪ من السلالات كانت مقاومة لسلالة النيماتودا P4A ، وأن نحو ٣٠ ٪ منها مقاومة للسلالة P5A . كما تبين – لدى اختبار أكثر من ٢٢٠٠ بادرة هجين نوعى بين هذه الأنواع والبطاطس المزروعة – أن المقاومة للسلالة P4A توجد فى أكثر من ٥٠٪ من نسل الهجن مع أى من S. leptophytes ، أو S. vernei ، أو S. gourlayi ، أو S. capsicibaccatum . كما وجدت المقاومة للسلالة P5A فى الأنواع السابقة ، وفى النوع S. sparsipilum .

وكان Ellenby قد أجرى أول اختبار موسع لتقييم مقاومة النيماتودا G. rostochien-sis وذلك فى عام ١٩٥٢ (عن Holmes ١٩٧٨) ، وتوصل من دراسته إلى توفر المقاومة فى النوع البرى الثنائى S. vernei ، وفى خمس سلالات من تحت النوع S. tuberosum ssp. andigena ، وقد استخدمت إحداها – وهى السلالة CPC 1673 – بنجاح وعلى نطاق واسع فى برامج التربية للمقاومة ، وهى مقاومة يتحكم فيها جين واجد سائد أعطى الرمز H_1 . وترجع مقاومة هذه السلالة إلى أن يرقات النيماتودا لا يمكنها النمو إلى إناث كاملة ؛ الأمر الذى يؤدى إلى نقص أعداد النيماتودا فى التربة .

٢ – التربية لمقاومة نيماتودا تعقد الجذور :

تتوفر مقاومة نيماتودا تعقد الجذور فى عدة أنواع من الجنس Solanum ، مثل S. sparsipilum . وتبين – لدى تلقيح سلالات خضرية مقاومة وأخرى قابلة للإصابة من نفس النوع – أن المقاومة لنوع النيماتودا Meloidogyne arenaria تورث عن طريق الأم ؛ أى سيتوبلازميا . كما تبين أن السلالة المقاومة للنيماتودا M. arenaria كانت مقاومة – كذلك لكل من نوعى نيماتودا تعقد الجذور M. incognita ، و M. javanica (Gomez وآخرون ١٩٨٣) .

التربية لمقاومة الحشرات

لم تجر محاولات جادة لتربية البطاطس لمقاومة الحشرات ، باستثناء مابذل من جهد للتربية لمقاومة كل من حشرتى المن وخنفساء كولورادو . وقد توقفت جهود التربية لمقاومة خنفساء كولورادو بعد أن أمكن السيطرة عليها بالمبيدات . أما بالنسبة لحشرة المن .. فإن خطورتها لا ترجع - فقط - إلى ما قد تحدثه من أضرار مباشرة ، وإنما ترجع خطورتها - أساساً - إلى كونها وسيلة رئيسية لانتشار ونقل الأمراض الفيروسية .

وتتوفر المقاومة لكل من نوعى المن Myzus persicae ، و Macrosiphum euphorbi-ae فى بعض الأنواع البرية للجنس Solanum (Radecliffe & Lauer ١٩٦٦) ، إلا أن معظم هذه الأنواع المقاومة يصعب تلقيحها مع البطاطس . تجرى اختبارات المقاومة للمن فى الحقل أو فى البيوت المحمية على النباتات الكاملة ، كما يمكن إجراؤها على الأوراق فى المختبر . وقد تبين من الاختبارات المعملية أن صفة المقاومة سائدة جزئياً ، وتتراوح درجة توريثها - فى الأنواع الثنائية والرباعية - من ٥٠ - ٦٠ ٪ .

وقد تبين أن المقاومة لنوعى المن - المشار إليهما آنفا - فى أنواع البطاطس S. poly-adenium ، و S. tarijense ، و S. berthaultii ترتبط بوجود الشعيرات الغدية على أوراق وسيقان النباتات ؛ فعندما يتحرك المن على سطح الأوراق .. تجرح الجدر الخلوية للشعيرات الغدية ، ويخرج منها سائل لزج ، يلتصق بأرجل الحشرة ، ويشل حركتها إلى أن تموت جوعاً . كما وجد أن الأوراق المسنة لهذه الأنواع شديدة القابلية للإصابة ؛ وربما كان ذلك بسبب قلة شعيراتها الغدية ، ونقص إفرازتها . ويذكر أن هذه المقاومة عامة ضد كل أنواع وسلالات المن ، وأنها تفيد - لو نقلت إلى البطاطس - فى مقاومة كل من المن والفيروسات التى ينقلها المن (عن Russell ١٩٧٨) .

ولمزيد من التفاصيل عن جهود التربية لمقاومة الآفات فى البطاطس .. يراجع كل من: Akeley (١٩٦٦) ؛ بخصوص مصادر المقاومة لاثنى عشر مرضا من أمراض البطاطس ، وطرق تقييم المقاومة ، و Smith (١٩٦٨) بخصوص مصادر مقاومة الأمراض والحشرات فى ٦٣ صنفاً من البطاطس وفى الأنواع الأخرى المزروعة والبرية من الجنس Solanum ، و Wiersema (١٩٧٢) فيما يتعلق بجهود التربية لمقاومة الأمراض الفيروسية ، و Rus-

sell (١٩٧٨) بخصوص مصادر ووراثة وطبيعة المقاومة لعدد كبير من أمراض البطاطس . كما أعطى Painter (١٩٥١) حصراً شاملاً لكل جهود التربية لمقاومة الحشرات فى البطاطس قبل عام ١٩٥١ .