الفصل التاسع

تربية الصليبيات الرئيسية :
الكرنب ، والقنبيط ، واللفت ، والفجل

يعتبر الكرنب ، والقنبيط ، واللفت ، والفجل أهم محاصيل الخضر التى تتبع العائلة الصليبية Cruciferae ، وهى عائلة كبيرة – نسبياً – تضم نحو ٣٠٠ جنس ، وحوالى ٣٠٠٠ نوع .

من الأسماء الأخرى التى يعرف بها الكرنب فى بعض الدول العربية كل من : الملفوف ، واللهانة . وهو يعرف فى الإنجليزية باسم Cabbage ، واسمه العلمى Brassica oleracea var. capitata L. . وينتمى الكرنب إلى مجموعة من الصليبيات تعرف باسم " الكرنبيات " Cole Crops ، وهى تضم – إلى جانب الكرنب – القنبيط ، والبروكولى ، والكولارد ، والخردل ، والكرنب الصينى ، وكرنب أبو ركبة ، وكرنب بروكسل .

ويطلق على القنبيط (أو الزهرة) بالإنجليزية اسم Cauliflower ، أو Heading Broccoli ، واسمه العلمى Brassica oleracea var. botrytis .

ويعرف اللفت فى العراق باسم شلغم ، وهو فى الإنجليزية turnip ، واسمه العلمى Brassica campestris L. var. rapifera Metz. ، ومن أسمائه العلمية السابقة : B. rapa L. ، و B. campestris L. .

أما الفجل .. فيطلق عليه اسم الروبد فى بعض الدول العربية ، ويسمى بالإنجليزية

Radish ، واسمه العلمى Raphanus sativus L. . وتوجد من الفجل خمسة أصناف نباتية ، هى :

١ – R. sativus var. radicula : جذوره صغيرة ، ويصل إلى مرحلة النضج المناسبة للحصاد بعد فترة قصيرة من النمو ، وتنتمى إليه معظم الأصناف التجارية المعروفة من الفجل .

٢ – R. sativus var. niger : جذوره كبيرة ، وتوجد منه أصناف تجارية ذات جذور ضخمة تؤكل طازجة ، أو مطبوخة . وتنتشر زراعتها فى الصين ، واليابان ، ومازالت له بعض الأهمية فى ألمانيا .

٣ – R. sativus var. longipinnatus : تزرع بعض الأصناف التجارية التى تنتمى لهذا الصنف النباتى – بصورة تجارية – فى الصين ، واليابان وشرق آسيا . تنتج هذه الأصناف جذوراً بيضاء أسطوانية ضخمة ، قد يصل وزن الجذر الواحد منها إلى ٢٫٥ كجم ، ويصل فى بعض الأصناف اليابانية إلى ١٨ – ٢٢ كجم . وتؤكل هذه الجذور طازجة، أو مطبوخة .

٤ – R. sativus var. mougri : لايكون هذا الصنف النباتى جذوراً متضخمة ، ويزرع لأجل أوراقه ، وقرونه (ثماره) التى تؤكل وهى مازالت غضة ، والتى يتراوح طولها – عادة – من ٢٠ – ١٠٠ سم . وتنتشر زراعته فى دول جنوب شرقى آسيا .

٥ – R. sativus var. oleifera : لايكون هذا الصنف النباتى جذوراً متضخمة ، ويزرع لأجل استعماله كعلف ، أو كسماد أخضر . وتنتشر زراعته فى دول شمال أوروبا (Purseglove ١٩٧٤) .

الموطن وتاريخ الزراعة

من المعتقد أن الكرنب المزروع – حالياً قد نشأ من طراز برى لايكون رؤوساً ، وينمو منذ آلاف السنين فى تركيا ، ومنطقة شرق البحر الأبيض المتوسط . ويوجد الكرنب نامياً بحالة برية على سواحل إنجلترا ، والدانمرك ، وشمال فرنسا ، وفى أماكن أخرى متفرقة من أوروبا تمتد شرقاً حتى اليونان . ويزرع الكرنب منذ أكثر من ٤٥٠٠ سنة .

وقد كان الكرنب معروفاً لدى قدماء المصريين ، والإغريق ، والرومان . ويقال إنه وجد فى المقابر الرومانية بهوارة . وقد انتقلت زراعة الكرنب إلى الأمريكتين فى القرن السابع عشر (سرور وآخرون ١٩٣٦ ، Asgrow Seed Co. ١٩٧٧) .

كذلك يعتقد أن موطن القنبيط فى صقلية ، وجنوب إيطاليا ، وربما فى مناطق أخرى فى حوض البحر الأبيض المتوسط .

وقد ذكرت أصناف القنبيط التى كانت معروفة فى مصر وتركيا فى القرن السادس عشر. ولمزيد من التفاصيل عن نشأة كل من الكرنب والقنبيط .. يراجع Hedrick (١٩١٩) ، و Thompson (١٩٧٦) .

أما اللفت .. فقد وجد نامياً بحالة برية فى روسيا . ومن المعتقد أن مراكز نشأته الأولية كانت فى منطقة البحر الأبيض المتوسط – التى تطورت منها الطرز المستعملة فى الزراعة فى أوروبا – ومنطقة شرق أفغانستان ، والمنطقة المجاورة لها من باكستان ، كما يعتقد بوجود مراكز نشوء ثانوية للفت فى كل من تركيا ، وإيران (McNauaghton ١٩٧٦) .

ويعتقد أن الفجل نشأ فى الصين ؛ حيث لايزال ينمو فيها بحالة برية . كما يعتقد أن منطقة وسط آسيا تمثل مركزا ثانويا لنشأة الطرز المختلفة من الفجل ، بعد أن انتقل إليها من الصين فى عصور ماقبل التاريخ .

وقد كان الفجل غذاءً معروفاً لدى قدماء المصريين ، والإغريق ، والرومان (Asgrow Seed Co. ١٩٧٧) هذا .. بينما يذكر Yamaguchi (١٩٨٣) أن الفجل نشأ فى منطقة شرق البحر الأبيض المتوسط ، ثم انتقل منها إلى الصين . ولمزيد من التفاصيل عن هذا الموضوع .. يراجع Banga (١٩٧٦) .

السيتولوجى . والأنواع القريبة . والهجن النوعية والجنسية

إن جميع محاصيل الخضر التى تتبع العائلة الصليبية ثنائية التضاعف ، ولكن عدد كروموسوماتها يختلف من نوع محصولى لآخر . ففى الفجل R. sativus .. نجد أن ٢ن = ٢س = ١٨ كروموسوماً . وتختلف كروموسومات الهيئة الكروموسومية للفجل (التى تأخذ الرمز r) اختلافاً بيناً عن كروموسومات الهيئات الكروموسومية الثلاث المعروفة فى

الجنس Brassica ، وهى كمايلى :

الهيئةالكروموسومية	عدد الكروموسومات (ن)
a	١٠
b	٨
c	٩

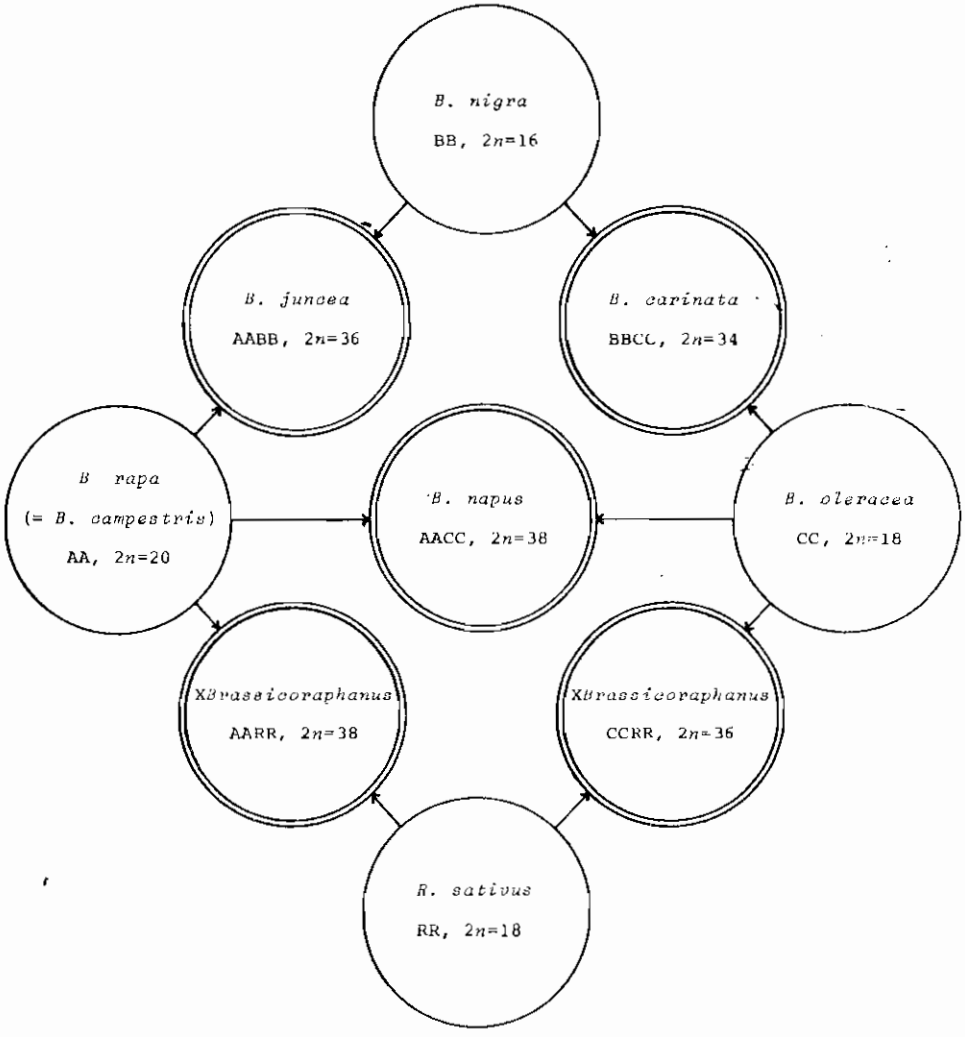
وتتوزع الهيئات الكروموسومية الثلاث التى توجد فى الجنس Brassica على مختلف الأنواع المحصولية التى تتبع الجنس كمايلى (عن Yamaguchi ١٩٨٣ ، و Dikson & Wallace ١٩٨٦) :

النوع النباتى	الأنواع المحصولية	الهيئاتالكروموسومية	السيتوبلازم	عددالكروموسومات (٢ن = ٢س)
B. campestris	اللفت والكرنب الصينى وغيرهما	aa		٢٠
B. nigra	المسترد الأسود	bb	B	١٦
B. oleracea	الكرنب والقنبيط والبروكولى والكيل	cc	C	١٨
	وكرنب أبو ركبة وغيرها	bb cc	BC	٣٤
B. carinata	مسترد الحبشة			
B. juncea	المسترد الهندى	aa bb	AB	٣٦
B. napus	الروتاباجا ولفت الزيت	aa cc	AC	٣٨

ويوضح شكل (٩ ١) العلاقة الوراثية بين مختلف الأنواع المحصولية التى تتبع العائلة الصليبية (عن Ayotte وآخرين ١٩٨٩) . وتهجن هذه الأنواع بين بعضها البعض بصعوبة ، مع الاستعانة بمزارع الأجنة . ونتناول بالشرح - فيما يلى - بعض الهجن النوعية والجنسية فى العائلة الصليبية .

١ - الهجين النوعى B. oleracea x B. campestris

أمكن إجراء هذا التهجين - صناعياً - بالاستعانة ببيئات الأجنة ، وكان الهجين النوعى الناتج على درجة عالية من العقم إلا أنه استعاد خصوبته لدى مضاعفة كروموسوماته ؛ أى فى النبات المتضاعف هجينياً amphidiploid . وقد حدث ذلك كله تلقائياً فى الطبيعة منذ



شكل (٩-١) : العلاقة الوراثية بين مختلف الأنواع المحصولية التى تتبع العائلة الصليبية . يلاحظ أن الأنواع المبنية داخل دوائر مزدوجة هى أنواع متضاعفة هجينياً amphidiploids .

أمد بعيد ، ونتج منه النوع B. napus ، الذى يشتمل على الروتاباجا ، ولفت الزيت .

يحتوى هذا النوع على الهيئات الكروموسومية الكاملة لكل من النوعين الداخلين فى تكوينه ؛ أى إن به ٣٨ كروموسوماً (٢٠ كروموسوماً من B. campestris ، و ١٨ كروموسوماً من B. oleracea) .

يعتبر هذا النوع الهجين (B. napus) متوافقاً ذاتياً ، برغم أن كلاً من أبوية غير متوافق ذاتياً . كما لايحدث بالهجين نقص فى قوة النمو مع التربية الداخلية ، بعكس الحال بالنسبة للآباء الداخلة فى تكوينه (عن McNaughton ١٩٧٦ ، ١٩٧٦ أ ، و Honma & Summers ١٩٧٦) .

٢ - الهجين النوعى B. nigra x B. oleracea var. italica

قام Pearson (١٩٧٢) بتهجين البروكولى (B. oleracea var. italica) كأب مع المسترد الأسود (B. nigra) كأم ، ثم عامل نباتات الجيل الأول بالكولشيسين لإنتاج الهجين المتضاعف amphidiploid ، ثم أعاد الهجين إلى الحالة الثنائية مرة أخرى بالتلقيح الرجعى المتكرر للبروكولى مع استعماله كأب فى هذه التهجينات الرجعية ؛ وبذا .. أمكن وضع الهيئة الكروموسمية للبروكولى فى سيتوبلازم المسترد الأسود .

وقد كانت النباتات - بعد التلقيح الرجعى الثالث - مشابهة للبروكولى ، إلا أنها كانت تختلف عنه فى الطعم . واقترح Pearson - لتسمية هذا الطراز الجديد من البروكولى - إضافة الحرف n إلى الاسم broccoli ؛ ليصبح broccolin كإشارة إلى سيتوبلازم B. nigra الذى نقل إليه .

٣ - الهجين النوعى B. napus x B. campestris

ينجح هذا التهجين بدرجة عالية خاصة عند استعمال النوع B. napus كأم . يحتوى النوع B. campestris على ٢٠ كروموسوماً ، وهو ثنائى التضاعف ، بينما يحتوى النوع B. napus على ٣٨ كروموسوماً ، وهو هجين متضاعف amphidiploid أصلاً . أما

الهجين بينهما .. فتلزم مضاعفة كروموسوماته ليصبح – بذوره – متضاعفاً هجينياً ، وتكون فيه ٢ ن = ٤س = ٥٨ كروموسوماً ، ويطلق عليه اسم B. napocampestris .

تتوفر من هذا الهجين طرز تصلح لاستعمال الجذور ، وأخرى لاستعمال الأوراق ، وثالثة لاستخراج الزيت من بذورها ، إلا أنها لم تستعمل على نطاق تجارى بعد . ويوفر هذا الهجين إمكانية نقل صفة – أو مجموعة من الصفات – من أحد النوعين المهجنين إلى الآخر باستمرار التهجين الرجعى إلى النوع الذى يراد نقل الصفات إليه (McNaughton ١٩٧٦) .

وقد تمكن Johnston (١٩٧٤) من نقل صفة المقاومة للسلالة رقم ٣ من الفطر المسبب لمرض تدرن جذور الصليبيات من صنف اللفت Waaslander إلى الصنف Nevin من لفت الزيت rape ؛ عن طريق إنتاج الهجين النوعى المتضاعف B. napocampestris ، ثم تهجينه رجعياً إلى الصنف Nevin . وقد استعيدت صفات لفت الزيت – بسرعة كبيرة – بعد تلقيحين رجعيين فقط .

٤ – الهجين النوعى B. napus x B. juncea

أمكن إنتاج الهجين النوعى B. napus x B. juncea ، وكذلك الهجين العكسى بينهما ؛ بالاستعانة بمزارع المبايض ovary culture ، ومزارع البويضات ovule cultre ، ومزارع الأجنة embryo culture (Bajaj وآخرون ١٩٨٦) .

٥ – الهجين النوعى B. juncea x B. campestris

يذكر Mohapatra & Bajaj (١٩٨٨) أن مزارع المبايض أعطت هجيناً متوافقاً جزئياً بين B. juncea (٢ن = ٣٦ كروموسوماً) كأم ، و B. campestris (٢ن = ٢٠ كروموسوماً) كأب . زرعت المبايض – وهى فى عمر ٥ إلى ٧ أيام – فى بيئة هوايت White زودت بكل من الـ casein hydrolysate (٣٠٠ جم / لتر) ، والسكروز (٥ ٪) ؛ حيث أمكن الحصول على أعداد كبيرة من البذرة الهجين . نقلت النباتات المتحصل عليها من تلك البذور إلى الحقل ، وتبين أنها متوسطة بين أبويها فى كل من عدد الكروموسومات (٢ن = ٢٨) ، وبعض الصفات المورفولوجية . هذا .. ولم تتفتح البراعم الزهرية فى هذه النباتات ،

وكانت متوكها غير مكتملة النمو ، وحبوب لقاحها عقيمة ، ولكن أمكن – بالرغم من ذلك – الحصول على بعض البذور منها .

٦ – الهجين النوعى B. napus x B. oleracea

ينجح التهجين بين الروتاباجا (اللفت السويدى) B. napus ، وبين كل من : الكيل ، والكرنب ، والقنبيط التى تتبع النوع B. oleracea . ويذكر Honma & Summers (١٩٧٦) أن الهجين مع القنبيط كان وسطاً بين نوعى الآباء . هذا .. إلا أن نسبة نجاح التهجينات – مع الحصول على نباتات من البذور – كانت منخفضة للغاية ؛ حيث تراوحت – مع مختلف الباحثين – من ٠٫٥ ٪ – ٠٫٣ ٪ (عن Ayotte وآخرين ١٩٨٧) .

وقد استُخْدِمت طرز مختلفة من اللفت السويدى كقنطرة وراثية لنقل صفة المقاومة للأمراض من الكرنب إلى الكرنب الصينى (McNaughton ١٩٧٦) .

كما أجرى Ayotte وآخرون (١٩٨٧ ، ١٩٨٨) هذا التهجين ؛ بغرض نقل صفة المقاومة لمبيد الحشائش ترايزين triazine من اللفت السويدى إلى ثلاثة أنواع محصولية من النوع النباتى B. oleracea ، واستخدمت مزارع الأجنة للحصول على نباتات الجيل الأول . وبالرغم من أن نباتات الجيل الأول لهذا الهجين كانت وسطاً – فى صفاتها المورفولوجية – بين نوعى الآباء .. إلا أنها اختلفت – لدى فحصها سيتولوجياً – فى أعداد الكروموسومات التى وجدت بها . ومن بين ٤٩ هجيناً تم فحصها .. كانت نتيجة الفحص كمايلى :

عدد الهجن	عدد الكروموسومات بكل منها	الهيئات الكروموسومية المحتمل وجودها بها
٤٤	٢٨	$A_1 C_1 C$
٢	٣٧	$A_1 C_1 CC$
١	٣٨	matromorph
٢	٥٦	$A_1 A_1 C_1 C_1 CC$

وتمكن الباحثون (Ayotte وآخرون ١٩٨٨ أ) من تهجين الجيل الأول – لهذا الهجين النوعى – رجعياً إلى اللفت السويدى ، وكان الهجين الرجعى ناجحاً – سواء استخدم اللفت السويدى كأم ، أم كأب – ولكن البذور المتحصل عليها من الهجين الرجعى كانت أكثر عدداً

عندما استخدم اللفت السويدى كأم . أما التلقيحات الرجعية إلى النوع B. oleracea .. فقد فشلت تماماً . وبالرغم من ذلك .. فقد أمكن فصل الأجنة الصغيرة الناتجة من التهجين (الذى استخدم فيه B. oleracea كأب) وزراعتها فى بيئة خاصة . حدث ذلك فى تلقيحات رجعية استخدم فى إنتاجها نبات هجين رباعى التضاعف فيه ٢ ن = ٤س = ٣٧ ($A_1 A_1$ CC) ، ونبات آخر هجين sesquidiploid فيه ٢ن = ٣س = ٢٨ (A_1C_1 C) . وقد تراوحت أعداد الكروموسومات فى النباتات الناتجة من تلك التلقيحات الرجعية من ٢١ إلى ٢٧ كروموسوماً .

ومع استمرار المحاولات لنقل صفة المقاومة لمبيد الحشائش ترايزين من اللفت السويدى للنوع B. oleracea .. لقح الباحثون (Ayotte وآخرون ١٩٨٩) نباتات من الجيل الأول للتلقيح الرجعى الأول (تراوح عدد كروموسوماتها من ٢٥ – ٢٧ كروموسوماً) رجعياً – مرة ثانية – إلى النوع B. oleracea ، ولكن لم ينجح التهجين إلا حينما زرعت الأجنة الناتجة منه فى بيئات صناعية ؛ حيث أمكن عزل تسعة نباتات (من هذا الجيل الأول للتلقيح الرجعى الثانى $F_1 BC_2$) احتوت على ما بين ١٩ – ٢٥ كروموسوماً ، مع استمرار احتفاظها بصفة المقاومة للترايزين . وقد تبع ذلك استخدام هذه النباتات – بنجاح – فى إجراء التهجين الرجعى الثالث .

٧ – الهجين النوعى Raphanus sativus x R. raphanistrum

يسهل التهجين بين الفجل المزروع R. sativus ، والفجل البرى R. raphanistrum ، علما بأن كليهما يحتوى على ٩ أزواج من الكروموسومات (عن Poole ١٩٣٧) . تتميز نباتات الجيل الأول لهذا الهجين النوعى بأن نباتاتها قوية النمو وجذورها متليفة ، كما تظهر صفة القرون (الخريدلات) المتخشبة – التى توجد فى النوع البرى – فى الجيل الأول كذلك ؛ نظراً لسيادتها على صفة القرون الورقية الملمس papery التى توجد فى النوع المزروع (عن Watts ١٩٨٠) .

٨–الهجن الجنسية بين الفجل Raphanus sativus والجنس Brassica

أمكن التهجين بسهولة بين الفجل R. sativus كأم ، والكرنب B. oleracea var. capit-

ata كأب ، وبمضاعفة عدد كروموسومات الجيل الأول الهجين .. أمكن الحصول على الهجين المتضاعف الذى احتوى على الهيئة الكروموسومية الكاملة لكل من الفجل والكرنب (٢ن = ٣٦ كروموسوماً) ، والذى أطلق عليه اسم Raphanobrassica (عن Poole ١٩٢٧) . ويأخذ هذا الهجين الاسم العادى Radicole .

كذلك أمكن التهجين بين الفجل كأم واللفت B. campestris كأب . وبمضاعفة عدد كروموسومات الجيل الأول الهجين .. أمكن الحصول على الهجين المتضاعف الذى احتوى على الهيئة الكروموسومية الكاملة لكل من الفجل واللفت (٢ ن = ٣٨ كروموسماً) ، والذى أطلق عليه اسم Brassicoraphanus x ، وأعطى الاسم العادى raparadish . كان هذا الهجين عقيماً تاماً ، ولم تظهر له أية أهمية زراعية (عن McNaughton ١٩٧٦) . ولكن Lange وآخرين (١٩٨٩) استمروا فى زراعة وإكثار وتقييم هذا الهجين إلى الجيل العاشر ، فى محاولة من جانبهم لاستئناسه كمحصول علف جديد .

وجدير بالذكر أن هذا الاسم العلمى الأخير – Brassicoraphanus x – يطلق على جميع الهجن الجنسية بين الجنسين Brasica ، و Raphanus .

هذا .. ولمزيد من التفاصيل عن الدراسات الأولى على الهجن النوعية والجنسية فى العائلة الصليبية – بوجه عام – يراجع Poole (١٩٣٧) .

أساسيات وطرق تداول الصليبيات لأغراض التربية

الإزهار والتلقيح

تحمل أزهار الكرنب فى نورات غير محدودة racemes طرفية طويلة (يتراوح طولها من متر إلى مترين) على الساق الرئيسية وفروعها . وتكون الأزهار معنقة ، وصفراء اللون ، منتظمة ، تحتوى على أربع سبلات ، وأربع بتلات على شكل صليب ، وست أسدية ؛ منها اثنتان قصيرتان ، وأربع طويلة . والمتاع علوى مكون من كربلتين ملتحمتين ، والمبيض مكون من حجرة واحدة يقسمها حاجز كاذب إلى قسمين ، وهو كاذب ؛ لأنه لا ينشأ نتيجة لالتحام حواف الكرابل . الوضع المشيمى جدارى ، وتمتد فترة إزهار نبات الكرنب لنحو شهرين .

وتتفتح متوك الكرنب طولياً ، ويكون ميسم الزهرة مستعداً لاستقبال حبوب اللقاح لمدة

تمتد من قبل تفتح الزهر بنحو خمسة أيام إلى مابعد تفتحها بأربعة أيام . وتنتثر حبوب اللقاح بعد ساعات قليلة من تفتح الزهرة ، علماً بأن التفتح يبدأ بعد الظهر ، ويستكمل فى صباح اليوم التالى .

والتلقيح - فى جميع الصليبيات - خلطى ؛ يسبب وجود ظاهرة عدم التوافق الذاتى Self Incompatibility ، ويتم بواسطة النحل ، والحشرات الأخرى التى تجمع حبوب اللقاح ، والرحيق الذى تفرزه غدتان توجدان بين قاعدتى السداتين القصيرتين والمبيض . ويتراوح المجال الحرارى المناسب للتلقيح وعقد الثمار من ١٣ - ٢١°م (عن Dickson & Wallace ١٩٨٦) .

ويتشابه تركيب زهرة القنبيط مع زهرة الكرنب . تُحمل الأزهار على شماريخ زهرية أقصر مما فى الكرنب ، وتأخذ النورة - وهى غير محدودة - شكل المظلة ؛ نظراً لعدم وجود محور رئيسى بها . ويبلغ طول النورة عادة من ٦٠ - ٧٠ سم . وينتج النبات الواحد من ٥٠٠٠ - ٨٠٠٠ زهرة على مدى ١٠-١٤ يوما ، وهى فترة تقل - كثيراً - عن مثيلتها فى الكرنب .

كذلك تتشابه أزهار ونورات اللفت والفجل مع أزهار ونورات الكرنب . ويكون لون أزهار اللفت أصفر زاهياً فى الأصناف ذات الجنور البيضاء ، ويكون أصفر برتقاليا فاتحا فى الأصناف ذات الجنور الصفراء . أما أزهار الفجل .. فهى بيضاء اللون .

الثمار والبذور

ثمرة الكرنب خردلة Silique ، ولكنها تسمى قرناً pod ، وهى طويلة ، ورفيعة ، وتبلغ نحو ١٠ سم طولاً ، و ٤ - ٥ مم سمكاً ، وتنتهى بطرف مدبب خال من البذور ، ويحتوى القرن على نحو ١٠ - ٣٠ بذرة . تتفتح الثمرة عند النضج . وتمتلىء بذرة الكرنب بالجنين - كما فى الصليبيات الأخرى - نظراً لأن الإندوسبرم - الذى يشكل معظم البذرة فى الأسبوعين الأول والثانى من بداية تكوينها - يمتص تدريجياً أثناء تكوين الفلقتين . البذرة صغيرة كروية ، ويبلغ قطرها نحو ١٫٥مم ناعمة ، ويكتمل تكوينها بعد ٥ - ٦ أسابيع من العقد .

ويتغير لون البذرة من البنى الفاتح عند الحصاد إلى البنى القاتم عند تخزينها لفترة طويلة . ويصعب تمييز بذور الكرنب من بذور عدد من الصليبيات الأخرى ؛ مثل : القنبيط ، والبروكولى ، وكرنب بروكسل ، والكيل ، و الكولارد ، والخردل ، والكرنب الصينى .

يتشابه القنبيط مع الكرنب فى شكل الثمرة ، ويصعب - كما أسلفنا - تمييز بذور القنبيط من بذور الكرنب ، إلا أن بذور اللفت تميز بسهولة عنهما بكونها أصغر حجماً ، وبلونها البنى الضارب إلى الحمرة .

أما ثمرة الفجل .. فهى ليست خردلة كبقية الصليبيات ، ولكنها قرن حقيقى true pod ، ويطلق عليها اسم خريدلة . يبلغ طولها من ٢ر٥ - ٧ر٥ سم ، ولها طرف مدبب ، ولايوجد بها تقسيم داخلى ، ولا تنشق عند النضج ، ويوجد بها من ٦ - ١٢ بذرة (عن Hawthorn & Pollard ١٩٥٤) .

طرق إجراء التلقيحات

يلزم - عند إجراء التلقيحات - خصى أزهار نباتات الأمهات قبل تفتحها بيوم ، أو يومين ، ثم تنقل إلى مياسمها - بعد الخصى مباشرة - حبوب لقاح من أزهار متفتحة لنباتات الآباء ، مع ضرورة توفير الحماية من التلوث بحبوب لقاح غريبة لكل من الأزهار المستخدمة ؛ كمصدر لحبوب اللقاح من قبل تفتحها ، والأزهار الملقحة من بعد تلقيحها . وتلقح أزهار نباتات الأمهات عند تفتحها مباشرة - ودونما حاجة إلى إجراء عملية الخصى - إذا كانت تلك النباتات عقيمة (غير متوافقة) عقماً تاماً .

تداول حبوب اللقاح

تحتفظ حبوب لقاح الصليبيات بحيوتها - تحت الظروف الطبيعية - لمدة أربعة أيام ، ولكن أمكن تخزين حبوب لقاح الكرنب بحالة جيدة لمدة ٢٥ يوماً فى درجة حرارة ٤°م .

ودرس Chiang (١٩٧٤) تأثير ١٦ نوعاً من السكر - كمصدر للكربون - فى إنبات حبوب لقاح الكرنب ، ووجد أن خمسة منها فقط هى التى أدى توفر أى منها - فى بيئة النمو - إلى إنبات حبوب اللقاح ؛ وهى : السكروز ، والرافينوز raffinose ، والمالتوز mal-tose ، والميليزيتور melizitose ، والتريهالوز trehalose . وأدى استعمال الرافينوز إلى زيادة طول أنبوبة اللقاح . وقد استعمل الباحث حامض البوريك H_3BO_3 كمصدر للبورون؛

بتركيز ٥٠ جزءاً فى المليون من البورون ، وكلوريد الكالسيوم كمصدر للكالسيوم بتركيز ١٠٠ جزء فى المليون من الكالسيوم فى البيئة الصناعية .

العقم الذكرى وإنتاج الهجن

تتوفر مختلف حالات العقم الذكرى فى الصليبيات ؛ فقد وجد العقم الذكرى الوراثى الذى يتحكم فيه جين واحد متنح فى الكرنب بروكسل ، والكرنب ، والقنبيط . وكانت بعض الحالات حساسة لدرجة الحرارة ؛ حيث ظهر تأثير جين العقم الذكرى كاملاً فى نظام حرارى ٢٤ / ١٧°م (نهار/ ليل) ، بينما كان النبات خصباً تماما فى درجة حرارة ١٠°م .

كذلك توجد حالة تحور الأسدية إلى بتلات petaloidy فى الكرنب (عن Ryder ١٩٧٩) .

كما اكتشف العقم الذكرى السيتوبلازمى فى الفجل . وبإحلال نواة الكرنب فى سيتوبلازم الفجل .. أمكن انتخاب نباتات عقيمة – سيتوبلازمياً – من كل من الكرنب ، ولفت الزيت B. napus . وقد أعقب ذلك إنتاج لفت عادى B. campestris عقيم الذكر – سيتوبلازمياً – بتلقيح اللفت مع الزيت العقيم الذكر ، ثم التلقيح رجعياً إلى اللفت .

ومن أهم عيوب العقم الذكرى السيتوبلازمى أنه يكون مصاحباً بتثبيط جزئى أو كلى ؛ لتكوين الغدد الرحيقية ؛ الأمر الذى يحد من استخدام الظاهرة فى إنتاج البذرة الهجين ؛ لأن التهجينات لا تتم إلا بواسطة الحشرات التى تزور الأزهار بهدف جمع الرحيق . إلا أنه أمكن استعادة تكوين الغدد الرحيقية فى نباتات B. campestris العقيمة الذكر ؛ بواسطة بضع دورات من الانتخاب لزيادة عدد وحجم تلك الغدد (Leung وآخرون ١٩٨٣) .

كذلك تمكن Pearson (١٩٧٢) من إدخال العقم الذكرى السيتوبلازمى فى الكرنب ؛ من خلال تلقيحات نوعية بين أنواع الجنس Brassica ؛ ففى البداية .. أجرى تلقيحاً بين المسترد الأسود B. nigra كأم ، والبروكولى B. oleracea كأب ، ثم عامل نباتات الجيل الأول بالكولشيسين لإنتاج النباتات المتضاعفة هيجنياً (٤ن) ، وتلا ذلك اختزال عدد الكروموسومات إلى الحالة الثنائية (٢ ن) مرة أخرى بالتلقيح الرجعى المستمر بحبوب لقاح البروكولى ؛ وبذا .. وضعت الهيئة الكروموسومية للبروكولى فى سيتوبلازم المسترد الأسود . واقترح إعطاء النوع الجديد الاسم broccolin .

وعندما لقحت الأجيال الأولى من هذا النوع مع الكرنب .. أمكن عزل طرازين من العقم الذكرى ، كان السيتوبلازم فى كليهما من B. nigra . وقد كان الطراز الأول من نوع الـ petaloidy الذى تتحول فيه الأسدية إلى بتلات ، وكانت أزهاره خالية من الرحيق . أما النوع الثانى .. فكانت متوكه أثرية ، وأزهاره رحيقية ، وهو طراز يمكن استعماله – بكفاءة – فى إنتاج البذرة الهجين ، وقد أعطى الرمز : Npsps .

ظاهرة عدم التوافق وإنتاج الهجن

أولاً : عوامل عدم التوافق المعروفة فى الصليبيات

بدأت محاولات حصر وجمع أليلات S – المسئولة عن ظاهرة عدم التوافق فى الصليبيات – فى كمبردج Cambridge بإنجلترا سنة ١٩٦٨ ، ثم انتقلت تلك الجهود إلى محطة بحوث الخضر الوطنية National Vegetable Res. Sta . فى إنجلترا أيضا منذ عام ١٩٧١ . وقد تجمع لدينا – الآن– كثير من المعلومات عن أليلات S فى الكيل ، وكرنب بروكسل ، والبركولى ، يمكن الرجوع إلى تفاصيلها فى Ockendon (١٩٨٢) .

يعتبر نظام عدم التوافق فى الصليبيات من النوع الاسبوروفيتى Sporophytic ، وهو يتماثل فى مختلف الكرنبيات cole crops ؛ مثل : الكرنب ، والكيل ، والبروكولى ، وكرنب بروكسل ، وكرنب أبو ركبة . وتأكد ذلك بفحص النسل الناتج من التهجينات بين كل من الكيل وكرنب بروكسل ، والكرنب والبروكولى والكرنب البرى ، وكرنب أبو ركبة والقنبيط . هذا .. إلا أن عدد أليلات عدم التوافق يختلف من محصول لآخر وقد أمكن التعرف على ٧ أليلات فى البروكولى ، و٢٨ فى الكليل .

وفى دراسة أخرى .. ذكر أنه يوجد ٤١ أليلاً لعدم التوافق ؛ منها ١٣ فى الكيل وكرنب بروكسل ، و ١٩ أليلاً فى كرنب بروكسل ، ونحو ١٠ أليلات فى الكرنب . هذا .. بينما قدر العدد الإجمالى لأليلات S فى مختلف الكرنبيات بنحو ٥٠ أليلاً (عن Ryder ١٩٧٩ ، وDickson & Wallace ١٩٨٦) . ومن المحتمل أن يزيد العدد المعروف حاليا – كثيراً – على هذا الرقم ؛ ففى دراسة أجراها Ockendon (١٩٨٢) .. أمكن حصر ٣١ أليلاً فى ١٩٧ نباتا من الكرنب ؛ تمثل ١١ صنفا من مختلف الطرز . كذلك وجدت معظم هذه الأليلات

إما فى الكيل ، وإما فى الكرنب بروكسل ، إلا أن خمسة منها لم تكن معروفة من قبل ، ويبدو أنها توجد فى الكرنب فقط .

وفى دراسة أخرى مفصلة على خمسة أصناف من الكرنب .. وجد بها ١٢ أليلاً فقط ، وكان الأليل S_2 أكثرها شيوعاً ، وتلك حقيقة معروفة فى النوع B. oleracea بوجه عام . كذلك أوضحت الدراسة أن الأليلين S_5 ، و S_{15} الشديدى التنحى لم يكونا شائعين فى الكرنب بدرجة شيوعهما فى كرنب بروكسل ؛ الأمر الذى يفسر عدم التلقيحات بين نباتات الصنف الواحد فى الكرنب – عند إنتاج الهجن – على خلاف الحال فى كرنب بروكسل .

وجدير بالذكر أن بعض أصناف القنبيط – خاصة الصيفية منها – متوافقة ذاتياً ، بينما البعض الآخر – خاصة من الأصناف الخريفية والشتوية – غير متوافقة ذاتياً ، علماً بأن الأصناف المتوافقة ذاتياً لا تتدهور مع التربية الداخلية (Thompson ١٩٧٦) . وقد توصل Nieuwhof (١٩٧٤) – من دراسته على ٣٠ صنفاً من القنبيط – إلى أن حالة عدم التوافق كانت ضعيفة فى الأصناف المبكرة ، بينما كانت قوية فى الأصناف المتأخرة .

وتوجد ظاهرة عدم التوافق الأسبوروفيتى كذلك فى كل من اللفت والفجل ، ولكنها تختلف فى شدتها باختلاف الأصناف (Matsubara ١٩٨٠) .

وبصفة عامة .. فإن ظاهرة عدم التوافق تعد شائعة فى جميع الصليبيات ، ولكن عدداً من النباتات تكون متوافقة ذاتياً ، وتتوقف نسبة النباتات المتوافقة على النوع المحصولى ، والصنف .

هذا .. ويمكن الرجوع إلى التفاصيل الخاصة بنظام عدم التوافق الأسبوروفيتى الذى ينتشر فى الصليبيات فى حسن (١٩٩١) .

ثانياً : طرق التعرف على عوامل عدم التوافق

يمكن تقسيم الطرق المستخدمة فى التعرف على عوامل عدم التوافق إلى فئتين – حسب كون إجراء التلقيحات ضرورياً ، أم غير ضرورى – كمايلى :

١ – طرق تعتمد على إجراء التلقيحات بين مختلف التراكيب الوراثية المعلومة والمجهولة :

تعتمد تلك الطرق على إجراء مئات – أو آلاف – التلقيحات بين عديد من التراكيب

الوراثية المعلومة والمجهولة ، ثم يستدل على طبيعة العلاقة بين العوامل التى توجد فى مختلف التراكيب الوراثية من نتيجة تلك التلقيحات : هل هى متوافقة ، أم نصف متوافقة ، أم غير متوافقة ؟ ويتم التعرف على نتيجة التلقيحات بإحدى الطرق الآتية :

أ – بالإنتظار لحين نضج القرون ، ثم حساب عدد البذور الناتجة من كل تلقيح ، وهى طريقة تتطلب وقتا طويلا يصل إلى شهرين .

ب – جمع الأزهار بعد يومين من التلقيح ، وعمل قطاعات فى مياسم وأقلام أمتعتها ، وهى طريقة تتطلب جهداً كبيراً .

جـ – جمع الأزهار بعد ٢٤ – ٤٨ ساعة من التلقيح كما فى الطريقة السابقة ، ثم فحص مدى توافق التلقيحات باستخدام ميكرسكوب تعتمد الرؤية فيه على الأشعة فوق البنفسجية Ultraviolet Microscope ، وهى طريقة سهلة ، وتتلخص فى صبغ مياسم وأقلام الأزهار – بعد يوم ، أو يومين من التلقيح – بصبغة أزرق الأنيلين aniline blue ، بعد تطريتها فى محلول أيدروكسيد الصوديوم بتركيز ٦٠ ٪ ، ثم تهرس تحت غطاء شريحة زجاجية ، وتفحص – مباشرة – بواسطة الميكرسكوب المذكور آنفا ، مع استخدام أشعة فوق بنفسجية يتراوح طول موجاتها من ٣٥٠ – ٤٥٠ ملليمكروناً (Crehu ١٩٦٨) . وقد استخدم Hal & Verhoeven (١٩٦٨) تلك الطريقة فى دراسة حالة عدم التوافق فى ٦٠ سلالة من كرنب بروكسل ، وتمكنا – خلال موسم واحد – من التعرف على العلاقة ودرجات السيادة بين ١٥ أليلا من أليلات عدم التوافق .

٢ الطريقة السيرولوجية Serclogical Method :

لا تعتمد هذه الطريقة على إجراء تلقيحات بين التراكيب الوراثية التى يراد دراستها كما فى الطرق السابقة ، وإنما على نتائج الاختبارات السيرولوجية للتراكيب الوراثية المعلومة والمجهولة . فقد تبين من دراسات سيرولوجية – أجريت على سلالات كرنب عديمة التوافق ذاتياً وذات تركيب وراثى $S_1\ S_1$ ، أو $S_2\ S_2$ – أن مياسم أزهارها تحتوى على أنتيجينات antigens مختلفة ، بينما لم يمكن تمييز تلك الأنتيجينات ، أو الكشف عنها فى حبوب اللقاح ، أو فى الأجزاء الأخرى من النبات . كذلك وجد أن مياسم النباتات الخليطة $S_1\ S_2$ ، أو $S_1\ S_3$ ، و $S_2\ S_3$ تحتوى على الأنتيجينات الأبوية ، علماً بأن كل هجين منها لم يكن متوافقاً مع أى من أبويه . وقد أمكن تحضير أجسام مضادة لتلك الأنتيجينات ؛ بحقن

مستخلص المياسم فى الأرانب ؛ ثم الحصول على الأمصال المضادة antisera المحتوية على الأجسام المضادة من دم الأرانب المحقونة . وأمكن بعد ذلك - باستخدام أمصال مضادة للتراكيب الوراثية الخليطة - التمييز بين التراكيب الوراثية الأصيلة والهجن بينها (Nasrallah ١٩٦٨) . وقد شرح حسن (١٩٩١) تفاصيل هذه الطريقة وكيفية استخدامها فى التعرف على عوامل عدم التوافق .

وقد اعترض البعض على هذه الطريقة ؛ فذكر Sedgley (١٩٧٤) أنها ليست سهلة ، أو سريعة ؛ إذ لم يتمكن من إنتاج أمصال إلا لأليلين فقط - هما S_{16} ، و S_{23} - من بين ٧ أليلات تضمنتها دراسته ؛ علما بأن هذين الأليلين كانا على درجة عالية من السيادة ، وأن الأجسام المضادة التى حصل عليها كانت بتركيزات منخفضة .

ثالثاً : طرق إكثار النباتات غير المتوافقة ذاتياً

يتعين - عند الاستفادة من ظاهرة عدم التوافق فى إنتاج الهجن التجارية - المحافظة على عوامل عدم التوافق التى توجد فى الآباء بصورة نقية ؛ وهو ما يعنى استحالة إكثار هذه الآباء بصورة طبيعية ؛ ليتسنى استمرار استخدامها فى إنتاج الهجن . وقد توصل مربو النبات إلى عدة طرق للتغلب على هذه المشكلة ، نوجزها فيما يلى :

١ - التلقيح البرعمى Bud Pollination :

يستفاد من التلقيح البرعمى فى التغلب على مشكلة إكثار سلالات آباء الهجن غير المتوافقة ذاتياً ؛ لأن المواد التى تمنع إنبات حبوب اللقاح على مياسم الأزهار لا تكون - على ما يبدو - قد تكونت بعد فى تلك المرحلة المبكرة من نمو البرعم الزهرى . يجرى تلقيح البراعم قبل تفتحها بنحو ٣ - ٤ أيام ؛ بوضع نهاية ملقط التلقيح بين سبلتين ، ثم يسمح له بالانفراج ؛ فتتفرق السبلات ، ويظهر الميسم ، الذى يتم تلقيحة - حينئذ - بحبوب لقاح من زهرة أخرى حديثة التفتح ، تكون قد سبقت حمايتها - قبل تفتحها - من احتمال تلوثها بحبوب لقاح غريبة ، بتكييس نورة النبات أو جزء منها . وتجرى عملية التلقيح بنقل اللقاح بفرشاة ، أو على ظفر الإبهام ، أو باستعمال الأزهار المتفتحة مباشرة .

تكرر عملية التلقيح البرعمى على عدة براعم أخرى غير متفتحة بنفس النبات ، ثم تكيس

بنفس الطريقة لمنع وصول الحشرات إليها . وبطبيعة الحال .. لاتكون هناك ضرورة لعملية التكييس إذا أجريت عملية التلقيح البرعمى فى بيت محمى خالٍ من الحشرات الملقحة .

٢ – إجراء التلقيح الذاتى فى الفترة المناسبة من موسم الأزهار :

أوضحت دراسات Johanson (١٩٧١) – التى فحص فيها مياسم وأقلام أزهار الكرنب بروكسل بميكروسكوب الأشعة فوق البنفسجية Ultraviolet Microscope بعد ٢٤ ساعة من التلقيح – أن حالة عدم التوافق الذاتى كانت أقوى مايمكن فى كل المراحل الوسطية والمتأخرة من فترة الإزهار . كذلك وجد – فى بعض السلالات – أن حالة عدم التوافق تضعف فى درجات الحرارة المرتفعة .

٣ – الاستفادة من ظاهرة التوافق الكاذب :

تحدث ظاهرة التوافق الكاذب pseudo compatibility عندما تحمل النباتات أليلات ضعيفة لعدم التوافق – خاصة الأليلات المتنحية – التى يؤدى وجودها إلى حدوث عقد جزئى للبذور ، يمكن الاستفادة منه فى إكثار مثل هذه السلالات (عن Ryder ١٩٧٩) .

٤ – إجراء التلقيح بفرشاة من الصلب :

تمكن Roggen & Van DijK (١٩٧٢) من التغلب على حالة عدم التوافق فى كرنب بروكسل بتجريح الميسم أثناء التلقيح ، بالاستعانة فى عملية التلقيح بفرشاة من الصلب ، يبلغ قطر شعيراتها ١ر٠ مم ، وطولها ٤ مم ؛ وتمكنا بذلك من إنتاج ١ر١ – ٦ر٢ بذرة من كل تلقيح ، مقارنة بنحو ١ – ٣ بذرات تنتج من كل تلقيح برعمى . وفى المقابل .. تتميز هذه الطريقة على طريقة التلقيح البرعمى بأنه يمكن – عند اتباعها – تلقيح النبات ، وبذا .. تزيد كمية البذور التى يمكن الحصول عليها من النبات الواحد .

٥ – زيادة الرطوبة النسبية :

تمكن Carter & McNeilly (١٩٧٦) من الحصول على عقد جيد فى سلالات كرنب بروكسل – على درجة عالية من عدم التوافق الذاتى – بزيادة الرطوبة النسبية فى الجو المحيط بالنباتات بعد تلقيح الأزهار المتفتحة .

وتعد هذه الطريقة أسرع من طريقة التلقيح البرعمى ؛ إذ إنها أعطت ٤٦ بذرة فى دقيقة عمل ؛ مقارنة بـ ٢٧ بذرة / دقيقة فى حالة التلقيح البرعمى .

٦ – رفع درجة حرارة المياسم :

عندما عرضت ٦ سلالات كرنب بروكسل – أصيلة فى آليلات مختلفة لعدم التوافق – لدرجات حرارة ثابتة مقدارها ١٤ ، أو ١٧ ، أو ٢٠°م ، أو لدرجات حرارة متغيرة مقدارها ١٧ ، أو ٢٠ ، أو ٢٣ ، أو ٢٦°م نهاراً مع ١٤°م ليلاً .. وجد أن أكثر حالات التلقيح الذاتى حدثت فى السلالات الحاملة لأضعف آليلات عدم التوافق عند ارتفاع درجة الحرارة نهاراً ، بينما لم تتأثر آليلات عدم التوافق القوية بأى من المعاملات الحرارية (عن Ryder ١٩٧٩) .

كذلك تمكن Roggen & Van Dijk (١٩٧٦) من التغلب على حالة عدم التوافق الذاتى – فى بعض سلالات الكرنب ، والكرنب بروكسل – بمعاملة الأزهار المتفتحة بمكواة كهربائية دقيقة تتراوح حرارتها – عند تشغيلها – من ٧٠ – ٨٠ °م وقد أعطت هذه الطريقة كمية أكبر من البنور ؛ مقارنة بطريقة التلقيح البرعمى .

كما وجد Matsubara (١٩٨٠) أن تعريض نباتات الفجل لدرجة حرارة مقدارها ٥٠°م – لمدة ٢٥ دقيقة – أدى إلى إنبات حبوب اللقاح بصورة طبيعية . ويعتقد أن هذه المعاملة أحدثت دنترة denaturation للبروتينات المسئولة عن حالة عدم التوافق فى مياسم الأزهار .

٧ – رفع درجة حرارة حبوب اللقاح :

أدى رفع درجة حرارة لقاح الفجل – قبل استخدامها فى التلقيح – إلى ٦٠°م لمدة ١٥ ، أو ٣٠ دقيقة إلى زيادة نسبة الثمار العاقدة ، وزيادة عدد البنور بالثمرة (Matsubara ١٩٨٤) .

٨ – زيادة تركيز غاز ثانى أكسيد الكربون :

تمكن NaKanishi & Hinata (١٩٧٥) من زيادة نسبة البنور العاقدة بالتلقيح الذاتى فى سلالات الكرنب غير المتوافقة ذاتياً ؛ بزيادة نسبة غاز ثانى أكسيد الكربون حول الأزهار ، بعد إجراء عملية التلقيح . ففى إحدى سلالات الكرنب التى لايعقد بها – فى

الظروف الطبيعية – أكثر من ٢ ر٠ بذرة / زهرة .. أمكن دفعها إلى إنتاج ١٠ بذور/ زهرة ؛ بزيادة تركيز الغاز إلى ٦ر٣ ٪ – ٩ر٥ ٪ لمدة خمس ساعات بعد التلقيح .

وفى سلالة أخرى على درجة أقل من عدم التوافق الذاتى .. كانت زيادة تركيز الغاز إلى ٤ر١ ٪ فقط – ولمدة أربع ساعات فقط – كافية لزيادة عقد البذور بها . وجدير بالذكر أن معاملة زيادة تركيز غاز ثانى أكسيد الكربون أحدثت زيادة مماثلة فى عقد البذور فى حالة التلقيح البرعمى كذلك .

وقد نجح Taylor (١٩٨٢) فى تطبيق هذه الطريقة على نطاق واسع فى كل من : الكيل ، والكرنب بروكسل ؛ حيث قام برفع تركيز غاز ثانى أكسيد الكربون إلى ٨ – ١٠ ٪ لمدة ٤ ساعات بعد التلقيح ، ولكنه ذكر أن ذلك التركيز كان مرتفعاً ، وأنه كان ممكنا تخفيضه إلى النصف دون أن تتأثر النتائج ، كما اقترح الاعتماد على الحشرات فى إجراء التلقيحات الذاتية .

٩ – معاملة مياسم الأزهار بمحلول كلوريد الصوديوم :

وجد Tao & Yang عام ١٩٨٦ أن رش أزهار – الكرنب الصينى بمحلول ٣ ٪ كلوريد صوديوم – بعد نصف ساعة إلى ساعة من تلقيحها ذاتياً – أدى إلى التخلص من حالة عدم التوافق . وأوضح Monteiro وآخرون (١٩٨٨) أن أفضل معاملة هى استعمال كلوريد الصوديوم بتركيز ٥ر١ ٪ قبل التلقيح بنحو ١٠ – ١٥ دقيقة ، مع إضافته إما بالاستعانة بماصة صغيرة ، وإما بواسطة قطعة قطن مبللة بالمحلول . أدت المعاملة إلى زيادة تثبيت حبوب اللقاح وإنباتها على المياسم ، مع تقليل تكوين الكالوز Callose بها ؛ وبذا .. ارتفع عقد البذور إلى ٢ر٧ – ٢ر٨ بذرة / ثمرة .

١٠ – معاملة المياسم بمنظمات النمو والأحماض الأمينية والفيتامينات :

أفادت معاملة مياسم أزهار الفجل ببعض منظمات النمو (مثل نفثالين حامض الخليك) ، وبعض الأحماض الأمينية (مثل حامضى الجلوتاميك والجليسين) ، وبعض الفيتامينات (مثل حامضى الفوليك والنيكوتينك) فى زيادة نسبة عقد الثمار ، وعدد البذور/ ثمرة ، لكن النتائج اختلفت باختلاف الأصناف (Matsubara ١٩٨٤) .

١١ – توليد جهد كهربائى بين أجزاء الزهرة :

تمكن Roggen وآخرون (١٩٧٢) من كسر حالة عدم التوافق الذاتى فى كرنب بروكسل ؛ بتوليد جهد كهربائى قدره ١٠٠ فولت بين حبوب اللقاح والمياسم أثناء عملية التلقيح . وتتلخص هذه الطريقة فى توصيل نهاية سلك نحاسى مغطى ، يبلغ قطره ٥ر٠ مم بالقطب السالب لبطارية ، بينما تدفع النهاية الأخرى للسلك فى الحامل النورى بالقرب من الأزهار التى يرغب فى تلقيحها ، ويوصل سلك نحاسى مماثل بالقطب الموجب ، ويثبت طرفه الآخر فى ملقط تلقيح . وعند إجراء التلقيح .. تحرك قمة الملقط على متك ناضج ، إلى أن تعلق بها كمية كافية من حبوب اللقاح ، ثم تحرك قمة الملقط على مياسم الأزهار التى يراد تلقيحها ، مع الضغط على مفتاح تشغيل الجهاز بالقدم لمدة ١ – ٢ ثانية أثناء عملية التلقيح .

وقد أمكن – باتباع هذه الطريقة – زيادة عدد البذور العاقدة إلى الضعف فى إحدى سلالات الكرنب الضعيفة فى حالة عدم التوافق ، وإلى ٣٠ ضعفاً فى سلالة أخرى قوية فى حالة عدم التوافق ، بينما لم تكن للمعاملة أية تأثيرات أخرى جانبية . وتتميز هذه الطريقة بإمكان تلقيح كل الأزهار المتفتحة .

وقد قارن Roggen & Van Dijk (١٩٧٣) الطريقة الكهربائية مع طريقة التلقيح البرعمى فى كل من الكرنب وكرنب بروكسل ، ووجدا أن طريقة التلقيح البرعمى تعطى عددا أكبر من البذور / زهرة ، إلا أن عدد الأزهار العاقدة كان أقل فى حالة التلقيح البرعمى ؛ مما أدى إلى تساوى عدد البذور الكلية المتحصل عليها من عدد متساو من التلقيحات .

التربية الداخلية

تعتبر التربية الداخلية أمراً ضرورياً لإنتاج السلالات المرباة داخلياً inbred lines التى تستخدم فى إنتاج الهجن . ويستفاد من الطرق التى سبق شرحها – للتغلب على ظاهرة عدم التوافق الذاتى – عند إنتاج هذه السلالات . وتكون حالة عدم التوافق الذاتى أقوى ما يمكن فى الطرز البدائية من الصليبيات مثل الكيل ، بينما تكون أضعف ما يمكن – وتسمح بحدوث نسبة من التلقيح الذاتى الطبيعى – فى الطرز المتقدمة التى تدخّل الإنسان لانتخابها مثل القنبيط ؛ وعليه .. يتفاوت تأثير التربية الداخلية باختلاف المحصول ؛ ففى الكيل .. يحدث

نقص كبير فى قوة النمو بعد جيل واحد من التلقيح الذاتى ، بينما يكون تأثر القنبيط قليلاً بالتربية الداخلية ، خاصة فى الأصناف المتوافقة ذاتياً . ويعد النقص فى الخصوبة أكثر مظاهر النقص فى قوة النمو الذى يكون ملازماً للتربية الداخلية فى الصليبيات . ويبين جدول (٩-١) مدى تأثر مختلف المحاصيل الكرنبية Cole Crops بجيل واحد من التربية الداخلية (عن Watts ١٩٨٠)

جدول (٩-١) : تأثير جيل واحد من التربية الداخلية (التلقيح الذاتى) على مختلف المحاصيل الصليبية التى تتبع B. oleraca .

المحصول	عقد البذور الطبيعى (٪)	عقد البذور بعد جيل واحد من التلقيح الذاتى (٪ من العقد الطبيعى)	النقص فى قوة النمو (٪) بعد جيل واحد ن التلقيح الذاتى
الكيل العملاق	٣٤ - ٤٠	١١	٤٥
الكيل المجعد	٢٥ - ٢٧	٢٠	٣٠
كرنب أبو ركبة	٢٤ - ٢٦	١٢ - ١٨	١٧
كونب بروكسل	١٨ - ٢٤	١١ - ٤١	٢١
البروكولى	٢١ - ٢٨	٩ - ١٠	٢٦
الكرنب	٢٤ - ٣١	٣ - ٢٢	١٠
قنبيط الشتاء	٢٠ - ٣٠	٥ - ٣٩	٢٩
قنبيط الخريف	٢٢ - ٣٤	١٢ - ٤٣	٢٤
قنبيط الصيف	٢٢ - ٣٢	١٩ - ٣٨	صفر

إنتاج الهجن التجارية

يعتمد إنتاج بذور الأصناف الهجين فى الصليبيات على ظاهرة عدم التوافق الذاتى . . وتستخدم لذلك سلالات مرباة تربية داخلية لمدة خمسة أجيال (أى يستخدم جيل التلقيح الذاتى الخامس S_5 الذى يكثر - بعد ذلك - بالتلقيح الأخوى sib pollination) . تزرع بذور سلالتى الآباء مخلوطتين معاً - إن كانتا متساويتين فى القدرة على إنتاج البذرة الهجين - أما إن كانت إحداهما أكثر إنتاجاً للبذور من الأخرى .. فإنها تزرع فى خطوط بالتبادل مع السلالة الأخرى بنسبة ٣ - ٤ : ١ على التوالى ، مع حصاد البذرة

الهجين من كليهما .

ومن أهم مشاكل إنتاج البذرة الهجين فى الصليبيات ما يلى :

١ – يكثر الاعتماد على السلالات التى تكون حالة عدم التوافق فيها ضعيفة ليسهل إكثارها ، ويزيد ذلك من فرصة حدوث تلقيح ذاتى لهذه السلالات فى حقول إنتاج البذرة الهجين .

٢ – تكون السلالات المرباة داخلياً ضعيفة النمو إلى درجة كبيرة ، وتكون قدرتها على إنتاج حبوب اللقاح والبويضات منخفضة بشكل واضح ؛ يؤدى ذلك إلى نقص إنتاج البذرة الهجين .

٣ – غالبا ما تفضل الحشرات الملقحة – خاصة النحل – إحدى السلالات على الأخرى ، وتستمر فى زيارة أزهارها دون الانتقال إلى السلالة الثانية . ويؤدى ترتيب خطوط سلالتى الآباء – طولياً ، أو عرضياً ، أو بالتبادل – إلى زيادة فرصة بقاء النحل على السلالات التى يفضلها ؛ لدرجة أن البذرة الهجين تنتج – فى حالات كهذه – من التلقيحات التى تحدث بمحض الصدفة . وللتغلب على هذه المشكلة .. يفضل – دائماً – خلط بذور السلالتين معاً ، وزراعتها عشوائياً تماماً .

ومن عادة النحل – أيضاً – البقاء على النبات الواحد لفترة طويلة قبل الانتقال إلى نبات جديد ؛ وهو ما يعنى أن الأزهار التى يبدأ بزيارتها هى التى تتعرض للتلقيح الخلطى ، بينما تقل الفرصة بالنسبة لبقية أزهار النبات قبل انتقال الحشرة إلى نبات جديد ؛ ذلك لأن حبوب اللقاح التى تكون محمولة على جسم الحشرة عند انتقالها إلى نبات جديد هى التى تفيد فى التلقيح الخلطى ، وهى تفقد بعد زيارة عدد قليل من الأزهار .

٤ – تزداد فرصة حدوث التلقيح الذاتى عندما لا تتوافق سلالتا الآباء فى موعد الإزهار، وتكون النباتات الناتجة من هذه البذور ضعيفة النمو ، وصغيرة الحجم ؛ لأنها تمثل سلالات الآباء المرباة داخلياً .

ولأجل ذلك .. يجب اختبار عينة من البذرة " الهجين " ؛ لمعرفة نسبة البذور التى تكون ناتجة من التلقيح الذاتى ، وتستبعد – عادة – لوطات بذور الهجن التى تزيد فيها نسبة البذور الناتجة من التلقيح الذاتى على ٥ ٪ . (عن Watts ١٩٨٠) .

هذا .. وتكثر الأصناف التجارية الهجين من الكرنب ، والقنبيط ، وكرنب بروكسل ،

والبروكولى ، والكرنب الصينى . وبرغم إمكانية إنتاج الهجين فى محاصيل كاللفت ... إلا أن زراعتها لم تنتشر تجارياً ؛ إذ إن معظم الأصناف التجارية الناجحة منها - حالياً - هى أصناف تركيبية (McNaughton ١٩٧٦) .

وللتفاصيل الخاصة بتاريخ إنتاج الهجن فى الصليبيات .. يراجع Wallace & Nas-rallah (١٩٦٨) ، وتلك الخاصة بكيفية الاستفادة من ظاهرة عدم التوافق الاسبوروفيتى فى إنتاج بذور الهجن .. يراجع حسن (١٩٩١) .

وقد بدأت - منذ سنوات قليلة - محاولات للاستفادة من ظاهرة العقم الذكرى فى إنتاج هجن الصليبيات - خاصة الكرنب - وهو اتجاه آخذ فى الازدياد ؛ نظراً لصعوبة التعامل مع نظام عدم التوافق الاسبوروفيتى الموجود فى الصليبيات ، ولأن اختلاط البذرة الهجين ببذور ناتجة من التلقيح الذاتى يعد أمراً مستحيلاً فى حالة الاعتماد على العقم الذكرى فى إنتاج الهجن . ومع إنتاج السلالات العقيمة الذكر .. فإنه يكون من المرغوب فيه الانتخاب - كذلك - لصفة التوافق الذاتى .

التضاعف

يفيد إحداث التضاعف للتغلب على مشكلة العقم فى بعض الهجن النوعية كما سبق بيانه . ولكن التضاعف لا يكون - دائما - مفيداً بالنسبة لمختلف المحاصيل الصليبية ؛ فمثلاً .. كانت نباتات الكرنب المتضاعفة (٤ن) أصغر حجما من الصنف الأصلى ، واختلفت عنه فى الشكل . وقد تميزت هذه النباتات - كالنباتات المتضاعفة عامة - بانخفاض عدد الثغور فى وحدة المساحة من الورقة ، وكبر حجم الخلايا الحارسة بها (Prihod'ko ١٩٧٠) .

وفى المقابل .. أمكن (كلية الزراعة - جامعة القاهرة) إنتاج فجل بلدى متضاعف ذى جذور عملاقة ، يتراوح وزن الجذر الواحد منها من ١ر٠ - ٢ر٠ كجم ، مع احتفاظه بالصفات الأكلية المرغوبة فى الفجل البلدى سواء بالنسبة للجذور ، أم الأوراق (عبد العظيم على عبد الحافظ - اتصال شخصى) .

الإكثار الخضرى

يستفيد المربى من الإكثار الخضرى للمحاصيل الجنسية التكاثر فى المحافظة على التراكيب الوراثية المرغوبة ، وإكثارها ، وتعريضها لعدة اختبارات فى آن واحد . وتزداد أهمية الإكثار الخضرى فى محصول كالقنبيط ، الذى تؤدى محاولة نقل النباتات المنتخبة منه إلى البيوت المحمية – لتوفير المناخ المناسب لها – إلى موتها حتما .

وأفضل طريقة لإكثار – القنبيط – خضرياً – تكون بقطع رأس النبات (القرص) المنتخب فى الحقل ، مع ترك النبات فى مكانه لمدة أسبوعين – على الأقل – لتشجيع تكوين طبقة الكالوس على السطح المقطوع . وبعد ذلك .. يقلع النبات بجذوره بعناية ، ويزرع فى صندوق ، أو " بنش " يحتوى على رمل خشن ؛ بحيث يظهر نصف جذور النبات ، بينما يكون نصفها الآخر مدفوناً فى الرمل . يقلل الرى إلى الحد الأدنى ، ويحافظ على درجة حرارة معتدلة . وبهذه الطريقة .. تظهر الجذور العرضية من قاعدة الساق فى خلال أسبوعين ، ويلى ذلك – مباشرة – نمو براعم خضرية من أى جزء من الساق فوق سطح الرمل أو تحته . ويكون ظهور النموات الخضرية عشوائياً من أى مكان على الساق ، نظراً لخلو نبات القنبيط من البراعم الجانبية ؛ بسبب الانتخاب الدائم – الذى مارسه المزارعون والمربون – للنباتات الوحيدة القرص . تفصل – بعد ذلك – هذه النموات الخضرية ، وتكثر بالطرق العادية (عن Watts ١٩٨٠) .

ويذكر Dodds & Sencan (١٩٧٠) أنه أمكن إكثار القنبيط – خضرياً – بتقطيع ساق النبات إلى أجزاء ، يحتوى كل منها على عنق ورقة ، ثم غمسها فى محلول مكون من ١٠٠ مل ماء مقطر ، و١٠٠ مل كحولاً (إيثانول) ٩٥ ٪ ، و ٤٠٠ مجم إندول حامض البيوتريك ، ثم زراعتها – بعد ذلك – فى أصص .

التربية لتحسين صفات الجودة

التربية لتحسين اللون

وجد Dickson & Lee (١٩٨٠) أن سلالة القنبيط المصرية المنشأ P.I. 183214 ذات قرص أبيض زاه ، يستمر محتفظاً بلونه بعد تعرضه للشمس . وكانت تلك

الأقراص صغيرة الحجم ، وغير محببة ، وخالية من الأوراق الصغيرة التى تظهر بالقرص أحياناً . وتبين أن صفة لون القرص الأبيض الزاهى يتحكم فيها ٢ – ٣ أزواج من العوامل الوراثية ، وقدرت درجة توريثها – على النطاق الضيق – بنحو ٣٣ر٠ – ٣٨ر٠ .

وفى اللفت .. يعتبر لون الجذر الداخلى الأبيض صفة بسيطة وسائدة على اللون الداخلى الأصفر .

أما فى الفجل .. فإن لون الجذور الأحمر صفة بسيطة وسائدة على اللون الأبيض ، بينما يعتبر اللون الأرجوانى صفة بسيطة وسائدة على اللون الأحمر (عن Watts ١٩٨٠) .

ويورث اللون الأحمر فى الكرنب كصفة كمية يتحكم فيها عدة جينات ، وتكون نباتات الجيل الأول للتلقيح بين السلالات الخضراء والحمراء وردية اللون . يعطى الجين M لونا أحمر ضارباً إلى الأرجوانى ، ومع وجود جين آخر (S) .. يكون لون السطح العلوى للأوراق أرجوانياً .

التربية لتحسين الشكل

تعتبر الرأس المستديقة فى الكرنب صفة سائدة على الرأس الكروية ، كما تسود صفة الأوراق المجعدة على الأوراق الملساء ، ويتحكم فيها ثلاثة جينات على الأقل ، بينما تورث صفة عدم تكوين الرؤوس non - heading كصفة سائدة على صفة تكوين الرؤوس head-ing ، وتكون نباتات الجيل الأول وسطاً بينهما ، ويتحكم فى ذلك جينان أعطيا الرمزين n1 ، و n2 . كذلك تسود صفة الرأس المندمجة للأصناف الملساء الأوراق على صفة الرأس المفككة للأصناف المجعدة الأوراق .

ومن صفات الجودة الهامة المؤثرة فى شكل الرأس فى الكرنب صفة طول الساق الداخلية ؛ حيث إن زيادتها تؤدى إلى ظهور حالة التورد rosetting ، وهى صفة غير مرغوبة ؛ لأنها تجعل الرأس غير مندمجة ، ويمكن التعرف عليها بسهولة بجس الرأس باليد؛ حيث تكون قليلة الصلابة ، خاصة عندما تقترب الساق الداخلية من قمة الرأس . وقد وجد Dickson & Carruth (١٩٦٧) أن صفة طول الساق الداخلية بالكرنب – كنسبة مئوية من عمق الرأس – يتحكم فى وراثتها زوجان من العوامل الوراثية ذوا سيادة جزئية لصفة

الساق القصيرة ، وقدرت درجة توريثها بنحو ٧٠ر٠ هذا .. وتبين أن صفة الساق الداخلية القصيرة ترتبط بشكل الرأس الكروية بينما ترتبط الساق الطويلة بصفة شكل الرأس المنضغطة .

ومن بين الصفات الأخرى المؤثرة فى مظهر الرأس فى الكرنب .. تسود صفة العدد القليل من الأوراق المغلفة الخارجية للرأس على صفة العدد الكبير من تلك الأوراق ، بينما يعتبر حجم الرأس صفة كمية تتأثر - إيجابياً - بطول الفترة الضوئية ، ويتحكم جين واحد سائد (يأخذ الرمز T) - مع جينات أخرى محورة - فى صفة الساق الطويلة ، وهى صفة غير مرغوبة ؛ لأنها تسمح بميل الرأس نحو الأرض تحت ثقلها ، وتسود صفة القلب الداخلى العريض - وهى صفة غير مرغوبة - على القلب الرفيع (عن Dickson &Wallace ١٩٨٦) .

التربية لتحسين القيمة الغذائية

أنتج صنف الكرنب Huguenot الغنى بفيتامين جـ ، ولكن زراعته لم تنتشر لمجرد كونه غنياً بالفيتامين (عن Munger ١٩٧٩) .

وظهرت طفرة ذات قرص برتقالى اللون فى صنف القنبيط Snowball . ووجد أن صفة اللون البرتقالى يتحكم فيها جين واحد سائد أعطى الرمز Or ، ولكن اختلفت شدة اللون البرتقالى بين التركيب الوراثى السائد الأصيل Or Or ، والخليط Or or ؛ بسبب وجود جينات محورة ؛ حيث كانت أقراص النباتات الأصيلة ذات لون برتقالى أكثر دكنة من النباتات الخليطة .

وقد تميزت الأقراص البرتقالية اللون بارتفاع محتواها من البيتاكاروتين ، بينما كانت الأقراص البيضاء خالية تقريباً منه . وفى محاولة لإنتاج هجن ذات محتوى مرتفع من فيتامين أ .. قام Dickson وآخرون (١٩٨٨) بإنتاج ثلاث سلالات أصيلة سائدة فى صفة اللون البرتقالى ؛ هى : NY 156 ، و NY 163 ، و NY 165 ؛ لاستخدامها كآباء لبعض الهجن التى كان محتواها من الكاروتين كمايلى :

الهجين	التركيب الوراثى	محتوى الهجن (ميكروجرام / ١٠٠ جم) من الألفا كاروتين	البيتا كاروتين
Stove Pipe x NY 163	Or or	٥ر٥	٣٢٠
7632 x NY 165	Or or	٥ر١	٦١
7632 x 78 - 882	or or	–	٣ر٠

التربية لتحسين نسبة المادة الجافة والقدرة التخزينية

تورث نسبة المادة الجافة فى الكرنب كصفة كمية ، مع سيادة النسبة العالية للمادة الجافة ، التى توجد – عادة – فى أصناف الشتاء المتأخرة التى تصلح أكثر من غيرها للتخزين ، بينما توجد نسبة المادة الجافة المنخفضة فى الأصناف المبكرة . وتصل المادة الجافة إلى أعلى مستوى لها عند نضج الرؤوس ؛ لذا .. فإن بقاء نسبة المادة الجافة ثابتة لقراءتين متتاليتين يفصل بينهما أسبوعان .. يعنى أن الحقل أصبح جاهزاً للحصاد . ويمكن اتخاذ الكثافة النوعية – – أيضاً – دليلاً على النضج ؛ حيث يكون الحقل جاهزاً للحصاد حينما تقترب نسبة وزن الرأس فى الهواء إلى وزن الماء المزاح (عند وضع الرأس فى الماء) من الواحد الصحيح .

تقدر المادة الجافة فى عينة من نسيج الرأس (نحو ٢٠٠ جم) ، لاتتضمن أجزاء من الرأس الداخلية . ويوجد ارتباط (r = ٧٨ر٠) بين المادة الجافة والمادة الصلبة ، ولكن يصعب تقدير نسبة المادة الصلبة الذائبة فى الكرنب باستخدام الرفراكتومتر اليدوى .

وتعد الأصناف المتأخرة البطيئة النمو أكثر الأصناف صلاحية للتخزين . تكون رؤوس هذه الأصناف – غالباً – صلبة ، وعروق أوراقها سميكة ، وأوراقها صلبة ومتليفة ، وذات صفات أكلية رديئة ؛ مقارنة بغيرها من الأصناف المبكرة ، أو المتوسطة فى موعد النضج .

هـذا .. وتـكون نسبة المادة الجافة أعلى ما يمكن فى الأصناف ذات الأوراق المجعدة (المكرمشة) Savoy Type (Dickson & Wallace ١٩٨٦) .

١ - المقاومة لاحتراق حواف الأوراق فى الكرنب

درس Dickson (١٩٧٧) وراثة المقاومة لاحتراق حواف الأوراق فى ثلاثة عشائر من الكرنب ذات أصول وراثية متشابهة تقريباً near isogenic ، ووجد أنه يتحكم فى هذه الصفة من ٢ - ٣ أزواج من العوامل الوراثية السائدة ، وأن درجة توريثها تقدر بنحو ٦٤ر٠ - ٧٧ ر٠ على النطاق العريض ، وبنحو ١٤ر٠ - ٤٩ر٠ على النطاق الضيق . ولتحفيز ظهور العيب الفسيولوجى عند التقييم للمقاومة .. قام الباحث بإجراء الاختبارات تحت ظروف ارتفاع كل من : مستوى التسميد الآزوتى ، والرطوبة الأرضية والرطوبة النسبية المرتفعتين لزيادة حاجة النبات إلى عنصر الكالسيوم (بزيادة معدلات النمو) ، مع إبطاء وصوله إلى قمة الأوراق السريعة التكوين (بزيادة الرطوبة النسبية ؛ لأن الكالسيوم ينتقل مع ماء النتح) .

٢ - مقاومة العيوب الفسيولوجية بالقنبيط

يعتبر القرص غير المحبب non - ricey صفة سائدة ترتبط بصفة لون القرص الناصع البياض ، وهى صفة لا تتأثر كثيراً - بالعوامل البيئية .

وترتبط صفة الخلو من الأوراق بلون القرص الناصع البياض كذلك ، إلا أنها تتأثر بالعوامل البيئية (Dickson & Lee ١٩٨٠) .

٣ - المقاومة للإزهار المبكر

درست وراثة صفة الإزهار الحولى annual flowering فى الجيلين الأول والثانى لتلقيحات بين سلالات مبكرة أو متأخرة النضج - مرباة داخليا - من البروكولى ، وبين الكرنب ، وكرنب أبو ركبة ، و الكولارد ، والكيل ، وكرنب بروكسل . كانت نباتات الجيل الأول حولية غالبا ، أما فى الجيل الثانى .. فقد احتوت العشائر الناتجة من سلالات البروكولى المتأخرة على نباتات ثنائية الحول بنسبة فاقت ما ظهر منها فى العشائر الناتجة من التلقيح مع سلالات البروكولى المبكرة بمقدار ٢ - ٥ أضعاف . وظهر أن الإزهار الحولى صفة سائدة يتحكم فيها عدة جينات رئيسية ، مع وجود تأثير قوى من الجينات المحورة التى توجد فى كل من الأبوين : الحولى ، وذى الحولين (Baggett & kean ١٩٨٩) .

٤ - المقاومة لتكوين الرؤوس الجانبية الصغيرة فى الكرنب

تتكون - أحيانا - براعم جانبية كبيرة على شكل رؤوس صغيرة أسفل مستوى الرأس الأصلية ، أو بداخل الرأس ذاتها ، وكلاهما أمر غير مرغوب . وقد وجد أن تلك الصفة متنحية ، ويتحكم فيها جين واحد رئيسى ، وجينات أخرى محورة ، إلا أن درجة توريثها منخفضة ؛ الأمر الذى يجعل الانتخاب ضد الصفة أمراً صعباً وبطيئاً .

التربية للتأقلم على الظروف البيئية القاسية

المقاومة للصقيع

درس Dickson & Stamer (١٩٧٠) الارتباط بين نسبة المادة الجافة والمقاومة للصقيع فى عدد من أصناف الكرنب وكرنب بروكسل . تراوحت نسبة المادة الجافة فى هذه الأصناف من ٦ر٥ - ١٨ ٪ ، وتراوحت درجة توريث تلك الصفة من ٥٠ر٠ - ٦٠ر٠ ، وكانت نسبة المادة الجافة مرتبطة - جوهرياً - مع نسبة المواد الصلبة الذائبة الكلية . وقد وجد الباحثان علاقة وثيقة بين نسبة المادة الجافة والمقاومة للصقيع ؛ حيث ازدادت المقاومة كلما ازدادت نسبة المادة الجافة ؛ كما هو موضح فى جدول (٩ - ٢) .

جدول (٩-٢) : العلاقة بين نسبة المادة الجافة والمقاومة للصقيع فى أصناف الكرنب وكرنب بروكسل .

معاملة البرودة	نوع الضرر	متوسط نسبة المادة الجافة (والمدى)	عدد النباتات
- ٥°م	نباتات متجمدة	٤ر٧ (٤ر٦ - ٦ر٨)	٦٨
	أضرار بأطراف الأوراق فقط	٥ر٨ (٤ر٧ - ٢ر٩)	٩٦
	أضرار بسيطة	١ر٩ (٣ر٨ - ٣ر١٠)	٦٤
	لاتوجد أضرار	١ر١١ (٠ر٩ - ٥ر١٣)	٥٤
- ١٥°م	نباتات متجمدة	٥ر٨ (١ر٧ - ٣ر١٠)	٣٣
	نباتات متجمدة جزئياً	٣ر٩ (٢ر٨ - ٣ر١١)	١١
	لاتوجد أضرار	٤ر١٣ (٣ر١٠ - ٤ر١٦)	٢٢

المقاومة للجفاف

درس Denna (١٩٧٠) العلاقة بين كمية الماء التى يفقدها النبات وسمك طبقة الشمع على الأوراق فى عدد من أصناف الكرنب ، والقنبيط ، والبروكولى ، وكرنب بروكسل ،

والكولارد . اختلفت هذه الأصناف – جوهرياً – فى كمية الشمع التى توجد فى وحدة المساحة من الورقة ، وفى كمية الماء التى تفقدها عن طريق أى من : الثغور ، أو الأدمة (النتح الأديمى) .

وأدت إزالة طبقة الشمع إلى زيادة معدلات النتح الأديمى ، لكن لم يظهر سوى ارتباط ضعيف بين كمية الشمع التى توجد على سطح الورقة ، وبين كمية الماء المفقودة من وحدة المساحة من الورقة ليلاً ، أو نهاراً . وبناء على هذه النتائج .. أوصى الباحث بعدم التربية لزيادة الطبقة الشمعية السميكة heavy bloom ، أو لزيادة كمية الشمع بوحدة المساحة من الورقة كوسيلة لزيادة القدرة على تحمل الجفاف فى النوع B. oleracea .

تحمل نقص العناصر الغذائية

اختبر Hochmuth (١٩٨٤) كفاءة ٤٠ سلالة من القنبيط فى الاستفادة من الكالسيوم الذى وفر لها فى محلول مغذ بمعدل ٣٧٥ ميكرومولاً / نبات ، ووجد أن أكثر السلالات كفاءة أنتجت ١٤ مثل الوزن الجاف لأقل السلالات كفاءة . كما زادت نسبة كفاءة الكالسيوم (مجم مادة جافة / مجم كالسيوم بالنسيج النباتى) فى أعلى السلالات كفاءة بمقدار ثلاثة أمثال عما فى أقل السلالات كفاءة .

التربية لمقاومة الآفات

التربية لمقاومة الامراض

١ – التربية لمقاومة مرض الجذر الصولجانى

تصاب الصليبيات – عامة – بمرض الجذر الصولجانى club root ، أو تدرن الجذور الذى يسببه الفطر Plasmodiophora brassicae – وهو أحد الفطريات الهلامية .

يذكر WalKer (١٩٦٩) أن معظم أصناف اللفت والفجل مقاومة لفطر فى الولايات المتحدة ، بينما تكون قابلة للإصابة فى أوروبا ؛ مما يدل على وجود سلالات فسيولوجية من الفطر .

وقد وجدت اختلافات بين الأصناف فى مقاومتها للفطر المسبب للمرض فى كل من اللفت،

ولفت الزيت rape . كما وجدت أصناف مقاومة من الكرنب . ويعتبر صنف الكرنب Badger Shipper مقاوماً للسلالة رقم ٦ ، التى تعد أكثر السلالات انتشاراً فى الولايات المتحدة ، إلا أنه قابل للإصابة بالسلالة رقم ٧ . وتوجد بعض المقاومة للفطر فى الفجل . وبرغم أن المسترد الأسود B. nigra يعتبر مقاوماً للفطر .. إلا أنه أصيب بالسلالة رقم ٦ فى وسكنس. وفى المقابل.. لم تعرف أية مصادر لمقاومة الفطر فى كل من القنبيط ، والبروكولى.

وفى محاولة لحصر مصادر المقاومة للفطر فى النوع B. oleracea .. اختبر Crisp وآخرون (١٩٨٩) نحو ١٠٠٠ صنف وسلالة منه ، وأكدت الدراسة على مقاومة بعض أصناف الكيل والكرنب الأوروبية . وأعطى الباحثون قائمة بأقل الأصناف والسلالات إصابة· اشتملت على ثلاثين سلالة ؛ منها ١٤ من الكرنبيات ، و١٥ من الكيل ، وسلالة واحدة من القنبيط هى IVT 70139 .

وترجع المقاومة فى بعض سلالات الكرنب الصينى إلى عامل وراثى واحد سائد ، كما وجد Chiang & Crete أن جين المقاومة للسلالة رقم ٢ المنقول من B. napus سائد سيادة تامة على القابلية للإصابة . إلا أن المقاومة فى الكرنبيات cole crops – عامة – كمية ومتنحية ؛ فمثلاً .. يتحكم فى المقاومة فى كل من صنفى الكرنب Golden Acre ، و Red Acre زوجان من العوامل الوراثية المتنحية ، ولاتظهر المقاومة إلا فى الحالة المتنحية الأصلية (عن Dixon ١٩٨٣) .

وقد أجريت عديد من المحاولات لنقل المقاومة من الكرنب إلى الكرنب بروكسل ، والقنبيط ، والبروكولى . كما جرت محاولات أخرى لنقل المقاومة من B. napus إلى القنبيط . إلا أن أكبر مشكلة تواجه التربية للمقاومة لهذا المرض هى سرعة ظهور سلالات فسيولوجية جديدة من الفطر قادرة على كسر المقاومة ، ويعرف – حالياً – أكثر من ٢٤ سلالة منها . ويجرى التقييم للمقاومة بزراعة البادرات فى تربة ملوثة بالفطر بشدة ، تتراوح درجة حموضتها (pH) من ٥ – ٦ ، مع إبقاء النباتات فى حرارة ٢٠ – ٢٥°م . وقد تغمر جذور البادرات فى معلق لجراثيم الفطر لعدة ساعات ، ثم تزرع . وتظهر الإصابة بعد نحو ٥ – ٦ أسابيع .

٢ - التربية لمقاومة مرض الذبول الفيوزارى

يطلق على مرض الذبول الفيوزارى اسم الاصفرار yellows - فى الكرنب - ويسببه الفطر Fusarium oxysporum f. conglutinans .

يتوفر نوعان من المقاومة للفطر فى الكرنب : إحداهما كمية (طراز B) ، وتمثلها المقاومة التى توجد فى الصنف Wisconson Hollander ، والأخرى بسيطة (طراز A) ، وهى توجد - مصاحبة للمقاومة الكمية - فى الصنف Wisconsin All Seasons . ويمكن التمييز - بسهولة - بين نوعى المقاومة بالتحكم فى درجة حرارة التربة أثناء الاختبار للمقاومة فى مرحلة نمو البادرة . ففى درجة حرارة ثابتة مقدارها ٢٤°م .. تصاب جميع النباتات القابلة للإصابة ، وكذلك جميع النباتات التى تحمل المقاومة الكمية ، بينما لا تصاب النباتات التى تحمل المقاومة البسيطة ، سواء أكانت أصيلة ، أم خليطة . وإذا ارتفعت درجة الحرارة إلى أكثر من ٢٨°م .. فإن جميع التراكيب الوراثية تصاب بالمرض - بما فى ذلك النباتات الحاملة للمقاومة البسيطة - ولاتكون المقاومة الكمية فعالة إذا ارتفعت درجة حرارة التربة عن ٢٢°م ، بينما إذا انخفضت درجة الحرارة عن ٢٢°م .. فإنه لا تصاب سوى النباتات القابلة - وراثياً - للإصابة ؛ أى التى لاتحمل أى من طرازى المقاومة . وإذا استمر انخفاض الحرارة إلى ١٨°م .. تتوقف إصابة النباتات القابلة للإصابة كذلك . ويمكن التمييز بين النباتات القابلة للإصابة والنباتات ذات المقاومة الكمية بإجراء اختبار المقاومة فى درجة حرارة مقدارها ٢٤°م (عن Walker ١٩٧٩) .

وقد احتفظت أصناف الكرنب المقاومة - التى أنتجها J.C. Walker ومعانوه - بمقاومتها لأكثر من ٧٠ عاما ، واستخدمت تلك الأصناف كمصدر لمقاومة المرض فى عديد من برامج التربية . ولكن اكتشفت - مؤخراً - سلالة جديدة من الفطر فى كاليفورنيا أعطيت - ابتداء - الرقم ٥ ، ثم أعطيت - بعد ذلك - الرقم ٢ . كانت هذه السلالة قادرة على إصابة النباتات الحاملة لطراز المقاومة البسيطة (طراز A) .. حتى عند انخفاض درجة حرارة التربة إلى ١٤°م ، بينما لم تكن السلالة ١ قادرة على إحداث الإصابة فى تلك الظروف (Bosland & Williams ١٩٨٧) .

وقد درس Bosland وآخرون (١٩٨٨) تأثير درجة حرارة التربة - حيث تراوحت من ١٠

- ٢٤°م - على أعراض المرض مع استخدام خمس سلالات فسيولوجية من الفطر المسبب للاصفرار . أجريت الدراسة فى أحواض زراعة حرارية خاصة Soil Temperature Tanks ، كما اختبرت عدة أصناف من الكرنب تحت الظروف الطبيعية فى كاليفورنيا فى حقول مصابة بالسلالة رقم ٢ من الفطر . أوضحت هذه الدراسة أن جميع السلالات المستعملة زادت قدرتها على إحداث الإصابة جوهرياً - فى عوائلها القابلة للإصابة- بارتفاع درجة حرارة التربة . وعند درجة ١٠°م .. أحدثت السلالة رقم ٢ من الفطر F. oxysporum f. conglutinas إصابة طفيفة بصنف الكرنب Golden Acre ، وأحدث الفطر F. oxysporum f. raphani إصابة طفيفة كذلك بصنف الفجل White Icicle . وكانت المقاومة البسيطة (طراز A) فى الكرنب عالية الكفاءة ضد السلالة رقم ١ من الفطر المسبب للاصفرار ، إلا أن كفاءة تلك المقاومة ضعفت ضد السلالة رقم ٢ مع ارتفاع درجة حرارة التربة من ١٤ إلى ٢٠°م ، وفقدت فاعليتها - تماماً - فى حرارة ٢٢ ، و ٢٤°م .

أما المقاومة الكمية (طراز B) .. فقد كانت عالية الكفاءة ضد السلالة رقم ١ من الفطر فى درجة حرارة ٢٠°م ، والأقل منها ، بينما لم تكن فعالة ضد سلالة الفطر رقم ٢ إلا فى درجتى ١٠ ، و ١٢°م فقط .

ويجرى التقييم لمقاومة الاصفرار فى الكرنب بزراعة البذور فى مهاد خالٍ من الفطر . وبعد الإنبات .. تقلع البادرات قبل أن تكمل تكوين الورقة الحقيقية الأولى ، وتغمر جذورها فى معلق لجراثيم الفطر ، ثم تشتل فى تربة رملية . هذا .. وتؤدى عملية التقليع إلى تقطيع الجذور ؛ الأمر الذى يؤدى إلى تجانس الإصابة (Walker ١٩٦٥) .

٣ - التربية لمقاومة مرض البياض الزغبى

يسبب الفطر Peronospora Parasitica مرض البياض الزغبى فى الصليبيات ، وقد وجد Greenhalgh & Mitchell (١٩٧٦) علاقة بين المقاومة للفطر ، وبين محتوى النباتات من المواد القابلة للتطاير المسئولة عن النكهة المميزة بالصليبيات ، وهى مواد تفرز عندما يحدث ضرر ما للأنسجة النباتية . فمثلاً .. كان صنف الكرنب January King مقاوماً للمرض ، وظهر بأنسجته أعلى تركيز من المواد القابلة للتطاير ، كان منها المركب allyl isothiocyanate ، الذى يعد شديد السمية للفطر . كذلك وجدت علاقة مماثلة فى

الطرز البرية من الكرنب ، فكانت أكثر الطرز مقاومة أكثرها محتوى من المواد المتطايرة . ويبدو أن الانتخاب المستمر ضد التركيز المرتفع من المواد القابلة للتطاير فى الأصناف المحسنة أضعف المقاومة للفطر فى تلك الأصناف .

تتوفر المقاومة للمرض – كذلك – فى سلالة الكرنب رقم P.I. 245015 التى تحمل جينين سائدين يتحكمان فى مقاومة سلالتى الفطر رقمى ١ ، و ٢ ، ويورث كلٌ منهما مستقلاً عن الآخر .

يجرى الاختبار للمقاومة برش الأوراق الفلقية للنباتات الصغيرة بمعلق لجراثيم الفطر ، ثم توضع النباتات فى مكان ذى رطوبة نسبية مرتفعة على درجة ١٦°م لمدة ١٢ – ١٨ ساعة ، وتعاد إلى هذه الظروف لمدة يوم كامل بعد مرور خمسة أيام أخرى ؛ حيث يشاهد –حينئذ – تجرثم الفطر على السطح السفلى لأوراق النباتات القابلة للإصابة .

٤ – التربية لمقاومة البياض الدقيقى

يسبب الفطر Erysiphe polygoni مرض البياض الدقيقى فى الصليبيات ، وتتوفر المقاومة فى الصنف Globelle ، وهى بسيطة وسائدة ، مع وجود جينات محورة تؤثر فى شدة الإصابة بالفطر . ويعتمد التقييم للمقاومة على الإصابة الطبيعية بالفطر .

٥ – المقاومة لمرض الصدأ الأبيض

يسبب الفطر Albugo candida مرض الصدأ الأبيض white rust فى الصليبيات . ويتوفر طرازان من المقاومة : لا يمكن للفطر – فى أحدهما – اختراق أنسجة العائل ، ويمثله الصنف Round Black Spanish ، ويحدث تفاعل فرط حساسية hypersensitivc reac-tion – فى الثانى – يؤدى إلى وقف انتشار الإصابة – بعد اختراق الفطر لأنسجة العائل – ويمثله الصنف China White Rose . والمقاومة فى كلتا الحالتين بسيطة وسائدة (Walker ١٩٦٩) .

٦ – المقاومة للعفن الأسود

تسبب البكتيريا Xanthomonas campestris pv. campestris مرض العفن الأسود

Black Rot فى الصليبيات . وتتوفر المقاومة للفطر – فى طورى البادرة والنبات البالغ – فى سلالة الكرنب P.I. 436606 من الصين ، وهى مقاومة بسيطة ومتنحية (عن Dickson & Hunter ١٩٨٧) . كذلك عثر على عدد من سلالات القنبيط المقاومة للفطر ، وتبين أن مقاومة إحدى السلالات التى اختيرت للدراسات الوراثية – وهى السلالة SN 445 – بسيطة وسائدة (Jamwal & Sharma ١٩٨٦) .

ويجرى التقييم للمقاومة برش النباتات المتقدمة فى النمو بمعلق للبكتيريا المسببة المرض فى الصباح الباكر ؛ مما يسمح بوصول البكتيريا إلى قطرات الإدماع guttation drop-lets التى تتواجد – حينئذ – عند الثغور المائية hydathodes فى نهايات العروق الرئيسية بالورقة . ومع ارتفاع حرارة الجو تدريجياً .. تنسحب البكتيريا مع ماء الإدماع إلى داخل النبات من خلال الثغور المائية . وتظهر أعراض المرض على النباتات القابلة للإصابة فى غضون ٢ – ٣ أسابيع على شكل بقع كبيرة عند حواف الورقة ، مع اسوداد العروق بامتداد الورقة والساق . هذا .. بينما لا تظهر بالأصناف المقاومة سوى بقع صغيرة متحللة عند حواف الورقة .

٧ – التربية لمقاومة فيرس تبرقش اللفت

يحمل صنف الكرنب Globelle مقاومة كمية للسلالتين ١ ، و ٢ من فيرس تبرقش اللفت Turnip Mosaic Virus ، كما يقاوم الكرنب الصينى السلالات الأربع المعروفة للفيرس . وتورث المقاومة لكل سلالة منها مستقلة عن الأخرى . يجرى تقييم المقاومة بعدوى النباتات بالفيرس – فى الصوبة – باستخدام المن الحامل للفيرس ، ثم توضع النباتات فى حرارة ٢٥°م لمدة أسبوع ؛ لتشجيع تكاثر الفيرس ، ثم تنقل إلى حرارة ١٥°م ؛ لتحفيز ظهور أعراض الإصابة . ولاتظهر الإصابة – بصورة جيدة – تحت ظروف الحقل إلا فى الجو البارد نسبياً .

٨ – التربية لمقاومة عديد من الأمراض

تمكن Williams وآخرون (١٩٦٨) من إنتاج صنفين من الكرنب الهجين ؛ هما : Sanibel ، و Hybelle ، كان كل منهما مقاوماً للذبول الفيوزارى ، وعفن الرأس

الرايزكتونى ، والبياض الدقيقى ، وفيرس موزايك الكرنب ، والعيب الفسيولوجى : احتراق حواف الأوراق الداخلى .

وقد استخدم الصنف Globelle كأب لكلا الصنفين الهجينين ، بينما كانت الأمهات : Badger Inbred 12 للهجين Hybelle ، و Badger Inbred 13 للهجين Sanibel. وتتميز سلالات الأمهات بأنها غير متوافقة ذاتياً ، مع مقاومتها لكل من الاصفرار ، وموزايك الكرنب ، واحتراق حواف الأوراق ، بينما تميز الصنف Globelle بمقاومته للبياض الدقيقى، وعفن الرأس الرايزكتونى ، والاصفرار ، واحتراق حواف الأوراق .

التربية لمقاومة الحشرات

١ - التربية لمقاومة مَنّ الكرنب

تعتبر حشرة مَنّ الكرنب Brevicoryne brassicae من الآفات الهامة التى تصيب الصليبيات ، وتتكاثر بأعداد كبيرة فى الظروف المناسبة ؛ معطية غطاءً كثيفاً من الحشرة على الأوراق ، والسيقان ، والنورات ؛ الأمر الذى يشوه شكل الأوراق ، وينقل إلى النباتات بعض الفيروسات الهامة ؛ مثل فيرس تبرقش القنبيط ، وفيرس تبرقش اللفت .

تتوفر المقاومة لهذه الحشرة فى صنف اللفت السويدى (الروتاباجا) Calder ، وأمكن نقلها إلى لفت الزيت rape . تعطى هذه المقاومة مكافحة جيدة للحشرة فى معظم الظروف ، وتعتمد على ثلاثة عوامل ؛ هى : عدم تفضيل الحشرة التغذية على النبات المقاوم - non preference ، والتأثير البيولوجى المثبط للنبات المقاوم على تكاثر الحشرة (antibiosis) ، والقدرة على تحمل الإصابة tolerance .

وتعتبر أصناف كرنب بروكسل - ذات الأوراق المغطاة بطبقة شمعية كثيفة - أكثر قابلية للإصابة بحشرة مَنّ الكرنب من الأصناف غير المغطاة بطبقة شمعية سميكة ، إلا أن من الخوخ الأخضر Myzus persicae يفضل البقاء على الأوراق البراقة glossy عنه على الأوراق الشمعية waxy .

كما تفضل كثير من الأعداء الطبيعية لحشرة مَنّ الكرنب وضع بيضها على الأوراق غير الشمعية ؛ الأمر الذى قد يزيد من مقاومة المنّ فى الأصناف ذات الأوراق غير الشمعية . وبرغم أن أصناف كرنب بروكسل – ذات الأوراق البراقة غير الشمعية – تتميز بمقاومة جيدة لمنّ الكرنب .. إلا أنها شديدة القابلية للإصابة بمنّ الخوخ الأخضر ، الذى ينقل إلى النبات عدداً أكبر من الفيروسات بكفاءة أكثر مما يستطيع أن يقوم به مَنّ الكرنب . ولمزيد من التفاصيل عن هذا الموضوع .. يراجع Russell (١٩٧٨) .

٢ – التربية لمقاومة التربس

تتوفر المقاومة لحشرة التربس Thrips tabaci فى الكرنب ، وهى مقاومة متنحية . وتتراوح درجة توريثها – على النطاق الضيق – بين المنخفضة جداً (صفر – ١١ ٪) ، والمرتفعة جداً (أكثر من ٩٠ ٪) ، ويتوقف ذلك على الأصناف القابلة للإصابة المستخدمة فى الدراسة الوراثية (Stoner وآخرون ١٩٨٩) .

٣ – التربية لمقاومة الفراشة ذات الظهر الماسى

تصيب الفراشة ذات الظهر الماسى Plutella xylostella نباتات الصليبيات . تتوفر المقاومة للحشرة فى سلالة الكرنب NY 2518 ، وترجع إلى ضعف قدرة الحشرة على البقاء على النباتات المقاومة . وقد وجد Eigenbrode & Shelton (١٩٩٠) أن مقاومة هذه السلالة تبدأ فى الظهور بعد أسبوعين من الشتل ، وتستمر لمدة شهرين بعد ذلك . وتتميز نباتات هذه السلالة بأن أوراقها براقة glossy . وقد انتخب Dickson وآخرون (١٩٩٠) عدداً من سلالات الكرنب المقاومة للحشرة – بدرجة عالية – كانت جميعها ذات أوراق براقة glossy - leaved ، كما عثروا على سلالات متوسطة فى مقاومتها للحشرة كان غطاء أوراقها الشمعى عادياً ، وعلى بعض الهجن التى كان غطاؤها الشمعى ورقياً عادياً ، بينما كانت أكثر مقاومة للحشرة من أى من آبائها . وقد أعطت بعض الهجن – ممن كانت أوراقها براقة – – محصولاً اقتصاديا ، دونما أية حاجة إلى الرش بالمبيدات الحشرية ، بالرغم من توفر الحشرة – بكثرة – فى حقل الدراسة .

كذلك وجد أن سلالة القنبيط ذات الأوراق البراقة P.I. 234599 مقاومة بدرجة عالية لكل

من الفراشة ذات الظهر الماسى ، ودودة الكرنب :Pieris rapae ، و Trichoplusia ni . وترجع المقاومة إلى لون أوراقها الأخضر القاتم البراق ، ولكن توجد عوامل أخرى مسئولة عن المقاومة غير الأوراق البراقة ، بدليل وجود اختلافات بين نباتات الجيل الثانى – ذات الأوراق البراقة والأوراق غير البراقة – فى درجة مقاومتها ، أو قابليتها للإصابة ؛ حيث كانت النباتات ذات الأوراق البراقة متوسطة المقاومة ، أو مقاومة بدرجة عالية ، بينما كانت النباتات ذات الأوراق غير البراقة متوسطة المقاومة ، أو قابلة للإصابة بدرجة عالية (عن Dickson وآخرين ١٩٩٠) . وقد كانت تلك المقاومة كمية ومتنحية .

مصادر إضافية

لمزيد من التفاصيل عن تربية الصليبيات .. يراجع Magruder (١٩٣٧) بالنسبة للدراسات القديمة . أما المراجع الحديثة نسبياً .. فمنها : Thompson (١٩٧٦) ، و Dickson & Wallace (١٩٨٦) بالنسبة للكرنب ، و McNaughton (١٩٧٦) بالنسبة للفت ، و Banga (١٩٧٦) بالنسبة للفجل .