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