٢ – عدم كفاءة جينات استعادة الخصوبة أحيانًا؛ الأمر الذى لا يسمح باستعمال تلك المصادر فى إنتاج الهجن.

٣ – تشارك حبة اللقاح أحيانًا كمصدر للسيتوبلازم؛ الأمر الذى يؤدى – على المدى البعيد – إلى فقد خاصية العقم الذكرى.

٤ – عدم كفاية التلقيح:

لا يكون التلقيح الخلطى الطبيعى مرضيًا فى بعض الأحيان. باستثناء الحالات التى يكون فيها عن طريق الهواء، كما فى الذرة؛ الأمر الذى يقلل إنتاج البذرة الهجين؛ مما يزيد من تكلفة إنتاجها. وقد أدت تلك الظاهرة فى بعض الحالات – مثل جنس الفلفل *Capsicum* – إلى عدم استعمال خاصية العقم الذكرى فى إنتاج بذور الهجن. ويعد ضعف التلقيح من أكبر مشاكل إنتاج بذور الهجن فى المحاصيل الذاتية التلقيح. ويتم التغلب على تلك المشكلة فى الأرز بهز النورات بانتظام كل صباح باستعمال حبل يمرر فوقها.

٥ – وجود الجينات المحورة التى يمكن أن تقلل من كفاءة صفة العقم الذكرى السيتوبلازمى.

٦ – التأثيرات البيئية التى يمكن أن تؤثر – كذلك – سلبيًا – أحيانًا – على كفاءة صفة العقم الذكرى.

٧ – عدم توفر سلالات مناسبة لاستعادة الخصوبة فى بعض الأحيان، أو صعوبة إنتاجها بسبب ارتباط الـ R genes بجينات أخرى ضارة (عن Singh ١٩٩٣).

الجينات المُعلِّمة

الجينات المُعلِّمة Marker genes هى جينات تتحكم فى صفات بسيطة فى وراثتها، ويمكن تمييزها بسهولة؛ ويفضل إمكان التعرف عليها فى طور البادرة، ويستفاد منها فى أحد الأمرين التاليين، وكلاهما يتعلق بظاهرة العقم الذكرى فى إنتاج الهجن:

١ – إذا كان الجين المُعلِّم شديد الارتباط بالجين الخاص بالعقم الذكرى، أو إذا كان جين العقم الذكرى ذاته ذا تأثير واضح فى صفة أخرى يمكن تمييزها بسهولة (أى

حينما يمكن اعتبار جين العقم الذكرى جينًا معلمًا – أيضًا – ذا تأثير متعدد pleotropic gene) .. فإنه يمكن تمييز النباتات العقيمة الذكر بسهولة عن النباتات الخصبة الذكر، ويمكن – بالتالى – إزالة النباتات الخصبة الذكر من خطوط الأمهات عند إنتاج الهجن.

ومن بين حالات التأثير المتعدد لجينات العقم الذكرى أو ارتباطها الشديد بجينات أخرى، ما يلى (عن Bar & Frankel ١٩٩٣):

النوع النباتى	الصفة الملازمة للعقم الذكرى
Arachis hypogaea	قصر السيقان، وضعف خصوبة الأعضاء الأنثوية
Chionachne koenigii	قصر النباتات، والإزهار المبكر
Citrullus vulgaris	انغلاق الأزهار الذكرة **cleistogamy**، وخلو النباتات من الشعيرات (أى تكون النباتات ملساء).
Corochorus capsularis	تكون الأوراق شريطية، والأزهار صغيرة، وتتأخر المياسم فى الاستعداد لاستقبال حبوب اللقاح

ويوجد فى الخس ثلاثة جينات متنحية (ms_1، و sm_2، و sm_3)، يؤدى وجودها – مجتمعة بحالة أصيلة – إلى جعل النبات عقيم الذكر، وذا أوراق ضيقة، قمتها حادة، ويمكن تمييزها. وفى هذه الحالة .. تكون النباتات الخصبة الذكر ذات أوراق طبيعية، بحيث يمكن تمييزها بسهولة، وإزالتها من خطوط الأمهات.

وفيما يتعلق بهذا الأمر .. فإن التأثيرات المتعددة لجينات العقم الذكرى أو ارتباطها بشدة بجينات أخرى قد لا يكون دائمًا مفيدًا. وكمثال على ذلك .. درس Bar & Frankel (١٩٩٣) الاختلافات بين هجن الطماطم الناتجة من التلقيح بين سلالات ذات أصول وراثية متشابهة، تختلف فيما بينها فى احتواء كل منها على جين واحد مختلف من سبع جينات للعقم الذكرى، حيث وجدا اختلافات بين مجموعات: الهجن التى استخدمت فيها جينات العقم الذكرى sm-14، و ms-17، و ms-18 فى المحصول المبكر الصالح للتسويق؛ والهجن التى استخدمت فيها الجينات ms-17، و ms-31، و ms-47 فى متوسط وزن الثمرة؛ والهجن التى استخدمت فيها الجينات ms-14، و ms-17، و ms-33 فى المحصول الكلى الصالح للتسويق؛ كما أثرت جينات العقم الذكرى على

القدرة العامة على التآلف لسلالات الأمهات. وقد أرجع الباحثان تلك الاختلافات إما إلى تأثيرات متعددة لجينات العقم الذكرى، وإما إلى ارتباطها بشدة بجينات أخرى تتحكم فى الصفات المذكورة.

٢ - إذا تحكم الجين المعلم فى صفة بسيطة، وكان يوجد بحالة متنحية أصيلة فى سلالات الأمهات العقيمة الذكر، وبحالة سائدة أصيلة فى سلالات الآباء الخصبة الذكر .. فإن الهجن الناتجة تكون حاملة للجين السائد (المُعلَّم) بحالة خليطة؛ وبذا .. يمكن تمييز الهجن عن النباتات التى تنتج من التلقيح الذاتى لسلالات الأمهات.

العقم الذكرى المُحدَث صناعيًّا

وُجِدَ أن بعض المركبات الكيميائية تحدث عقمًا ذكريًّا فى النباتات التى تعامل بها، وقد أطلق عليها اسم "مبيدات الجاميطات" gametocides.

تعرف حالة العقم الذكرى التى تنتج عن المعاملة بالمركبات الكيميائية باسم chemically-induced male sterility، وتعرف تلك المركبات باسم chemical hybridizing agents، وتعرف عملية الخصى الكيميائى تلك باسم chemical emasculation.

استعمالات مبيدات الجاميطات

تتميز مبيدات الجاميطات - التى تُحدثُ عقمًا ذكريًّا - بإمكان استخدامها فى إحداث العقم الذكرى فى سلالة يرغب فى استخدامها كأم فى الهجن، وتفيد فى تجنب ضرورة الاعتماد على تركيب وراثى معين كمصدر للعقم الذكرى السيتوبلازمى، وما يصاحب ذلك من أخطار الاعتماد على مصدر واحد للسيتوبلازم، وهو الذى أدى فى محصول مثل الذرة إلى سرعة انتشار مرض لفحة الأوراق بحالة وبائية فى الولايات المتحدة الأمريكية.

أنواع مبيدات الجاميطات

من بين المركبات التى استخدمت فى تعقيم النباتات ذكريًّا ما يلى (عن Nickell ١٩٨٢، و Singh ١٩٩٣):