## مقارنة الحالات المختلفة للعقم الذكرى

يعطى شكل (٧-١) مقارنة بين مختلف أنواع العقم الذكرى فيما يتعلق بوراثة الصفة، كما يتبين من الشكل - كذلك - حالة الخصوبة فى الهجن التى تنتج من مختلف التلقيحات. والتى تكون فيها سلالات الأمهات عقيمة ذكريًا (Agrawal ١٩٩٨).

وللاطلاع على التفاصيل المتعلقة بالوراثة الجزيئية لحالات العقم الذكرى المعروفة فى بعض الأنواع المحصولية (الذرة، والدخن، والصليبيات، والجنس *Phaseolus*، والبيتونيا، ودوار الشمس، والقمح، والأرز) .. يراجع Kempken & Pring (١٩٩٩).

## عيوب الاعتماد على العقم الذكرى الوراثى السيتوبلازمى فى إنتاج بذور الهجن

يُعيب الاعتماد على ظاهرة العقم الذكرى الوراثى السيتوبلازمى فى إنتاج بذور الهجن، ما يلى:

١ - التأثيرات غير المرغوب فيها للسيتوبلازم.

٢ - نجد فى كثير من حالات العقم الذكرى السيتوبلازمى تأثيرات ضارة للسيتوبلازم العقيم؛ فمثلاً .. نجد فى الذرة أن سيتوبلازم تكساس العقيم cms-T أكثر طرز السيتوبلازم العقيم شيوعًا واستخدامًا على النطاق التجارى، ولكنه يعد مثبطًا لكل من: النمو النباتى (قليلاً) والمحصول (بنسبة ٢-٤٪)، وارتفاع النبات وعدد الأوراق. كما أنه يبكر من ظهور الحريرة بينما يؤخر من انتشار حبوب اللقاح، ويجعل النبات شديد القابلية للإصابة بلفحة أوراق هلمنثوسبوريم leaf blight *Helminthosporium*. وترجع تلك القابلية للإصابة بالمرض إلى شدة حساسية ميتوكوندريا النباتات ذات الـ cms-T لسم يفرزه الفطر (عن Singh ١٩٩٣).

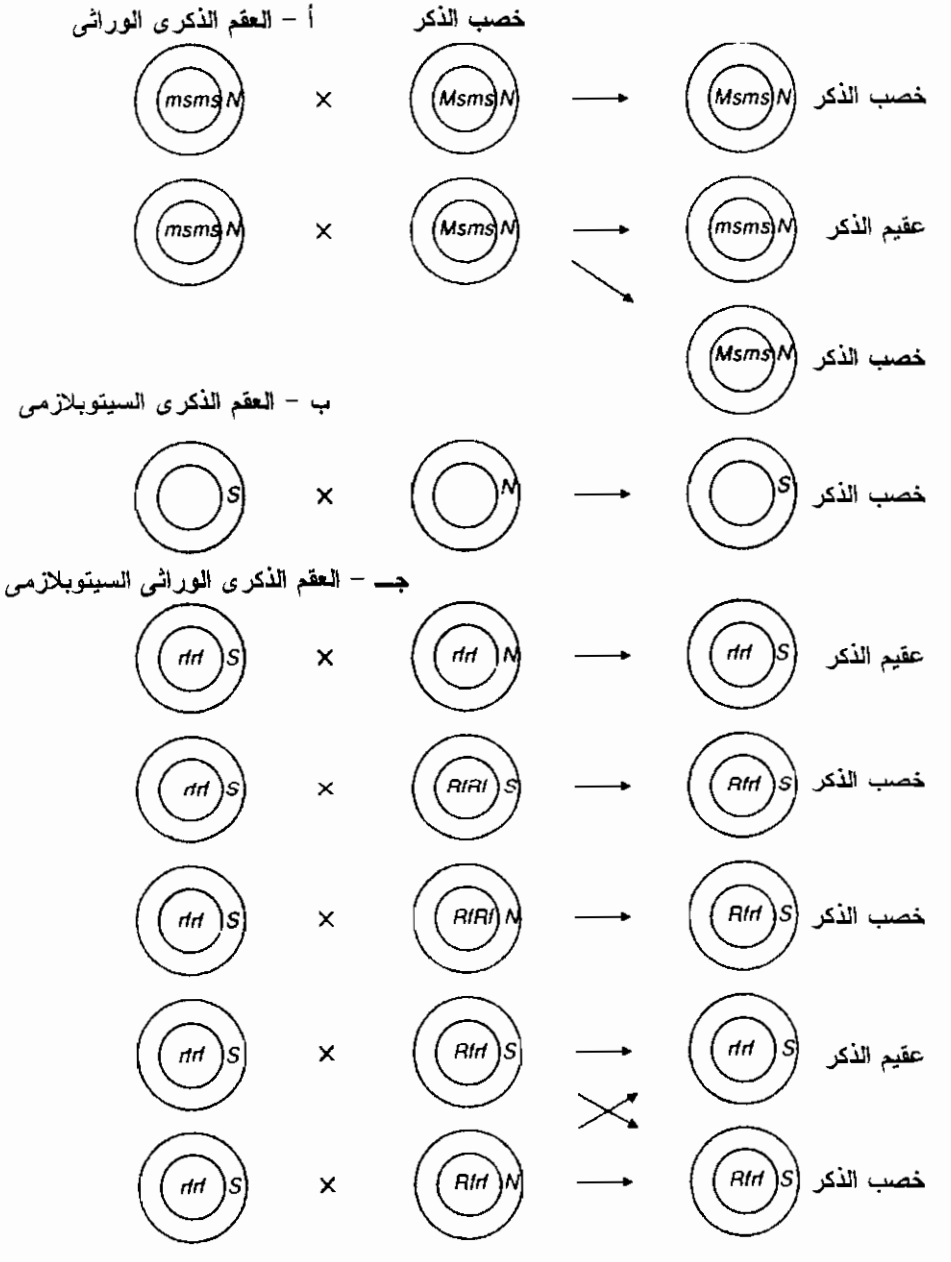
ولقد درس مصدر تكساس للعقم الذكرى السيتوبلازمى Texas cytoplasmic male sterility دراسة مستفيضة منذ اكتشافه فى أربعينيات القرن العشرين. ونظرًا لثباته الشديد .. فقد ساد استخدامه فى إنتاج هجن الذرة حتى نهاية الستينيات، ولكن تبين فى عام ١٩٦٩ شدة قابلية الـ T-cytoplasm الشديدة للإصابة بفطرين، هما: *Mycosphaerella zea-maydis* (مسبب مرض لفحة الأوراق الصفراء yellow leaf blight)، والسلالة T من *Cochliobolus heterostrophus* (مسبب مرض لفحة الذرة

الجنوبية southern corn leaf blight). اللذان يحدثان أعراضهما المرضية بإفرازهما لسموم معينة تعرف باسم β-polyketol toxins. وفى عام ١٩٧٠ أدت إصابة محصول الذرة فى مختلف أنحاء العالم – وبخاصة فى الولايات المتحدة – بالفطر *C. heterostrophus* بصورة وبائية إلى إنهاء الاعتماد على سيتوبلازم تكساس العقيم الذكر فى إنتاج الذرة. ولقد أظهر ذلك الوباء قدر الأخطار التى يمكن أن يتعرض لها الإنتاج الزراعى من جراء التجانس الوراثى الشديد فى النظم الزراعية الحديثة.

ولقد تبين بعد ذلك أن صفة العقم الذكرى يتحكم فيها الجين ذاته المسئول عن الحساسية لسموم الفطرين، وتبين وجود هذا الجين فى الميتوكوندريا، وأمكن التعرف على هذا الجين وفصله بالاستفادة من خاصية الحساسية للسموم الفطرية بدلاً من الاعتماد على خاصية العقم الذكرى. واتضح أن هذا الجين – الذى أعطى فى البداية الرمز T-urf 13 – يتحكم فى إنتاج بروتين (oligomeric protein، هو URF 13) يتواجد فى غشاء الميتوكوندريا الداخلى. ويؤدى التحام السموم الفطرية بهذا البروتين إلى تلف غشاء الميتوكوندريا، وبالتالى عدم قيامها بوظائفها. ولمزيد من التفاصيل عن هذا الموضوع .. يراجع Wise وآخرين (١٩٩٩).

كذلك فإن من أهم مشاكل سيتوبلازم الفجل العقيم الذكر (وهو الذى يعرف باسم Ogura cytoplasm) عد نقله إلى النوع *Brassica* إحداثه لصفات غير مرغوب فيها، ربما قد تكون من تأثيراته المتعددة، أو ربما كانت مرتبطة به بشدة. وتحدث تلك التأثيرات الضارة نتيجة لعدم التوافق بين نواة الجنس *Brassica* وسيتوبلازم الفجل. ومن أهم تلك التأثيرات فى الكرنب اصفرار الأوراق فى الحرارة المنخفضة، وضعف عقد البذور. وصغر الرؤوس فى الحجم وضعف اندماجها. وفى القنبيط تكون الأقراص أقل جودة. وفى الكرنب الصينى تكون الأقراص أقل اندماجًا وأصغر حجمًا وأكثر تأخيرًا عما فى السلالات التى لا تحتوى على الـ ogura cytoplasm (عن Melo & Giordano ١٩٩٤).

هذا .. ونادرًا ما يوجد سيتوبلازم عقيم ليست له تأثيرات جانبية ضارة، لدرجة أنه لم يمكن استخدام تلك الصفة فى عدد من المحاصيل ومنها التبغ؛ علمًا بأن جينات استعادة الخصوبة لا تكون قادرة على التخلص من التأثيرات الضارة للسيتوبلازم.




شكل ( ٧–١ ): وراثة الحالات المختلفة للعقم الذكرى، وحالة الخصوبة فى الهجن التى تنتج من مختلف التلقيحات التى تكون فيها سلالات الأمهات عقيمة ذكريًّا (ms: جين العقم الذكرى، و Rf: جين استعادة الخصوبة، و N السيتوبلازم الطبيعى، و S: السيتوبلازم العقيم ذكريًّا).

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