الفصل الثاني

طرق التكاثر وأهميتها
فى تربية النبات

إن لطريقة تكاثر المحصول أهمية كبيرة للمربى ؛ لما لها من تأثير فى التركيب الوراثى للنبات الواحد ، ومدى التشابه أو الاختلاف الوراثى بين نباتات العشيرة الواحدة ، والطرق المناسبة لتربية المحصول ، والكيفية التى يتم بها تداوله أثناء تنفيذ برنامج التربية ؛ لذا فإن الدراسة المفصلة لطرق التكاثر فى النباتات تعد ضرورية لفهم أساسيات التربية وطرقها . ويمكن - عموماً - تقسيم طرق التكاثر فى النباتات إلى قسمين رئيسين ، هما : التكاثر اللاجنسى ، والتكاثر الجنسى .

التكاثر اللاجنسى

يعنى بالتكاثر اللاجنسى Asexual Reproduction تكوين الأفراد الجديدة بطريقة لاجنسية ، أى دون تلقيح وإخصاب ، ويتبع ذلك أن تكون كل الأفراد الجديدة امتداداً للنبات الأصلى ، الذى نشأت منه ، ومماثلة له تماماً فى تركيبها الوراثى ، وهو مايعنى أن تكون متجانسة تماماً فيما بينها . وتنمو الأفراد الجديدة من الفرد الأصلى بطريقة الانقسام الميتوزى Mitosis (أو غير المباشر) .

الانقسام الميتوزى

يعد الانقسام الميتوزى وسيلة الانقسام الوحيدة للتكاثر اللاجنسى فى النباتات الراقية

وهو لايُحدث أى تغير وراثى فى الخلايا الناتجة من الانقسام ؛ لذا .. فإن جميع خلايا الفرد الجديد تكون مماثلة تماماً فى تركيبها الوراثى لخلايا النبات الأصلى الذى نشأت منه ، ويتضح ذلك عند تتبع خطوات الانقسام الميتوزى ، التى يمكن إيجازها فيما يلى (شكل٢-١):

١- الدور التمهيدى Prophase :

تظهر الكروموسومات - فى هذا الدور- على هيئة خيوط رفيعة مُنشقة طوليًا ، وملتفة حول بعضها فى النواة ؛ حيث يكون كل كروموسوم منشقاً إلى كروماتيدتين . وكلما تقدم هذا الدور .. ازداد انكماش الكروموسومات ؛ حتى يظهر كل كروموسوم فى نهاية هذا الدور؛ كوحدتين أسطوانيتين متوازيتين متصلتين بسنترومير واحد ، هما الكروماتيدات chromatids .

وفى نهاية هذا الدور .. يختفى الغشاء النووى والنوية تدريجيًا ، وتبدأ الكروموسومات فى ترتيب نفسها حول المحور الوسطى للخلية equatorial plane .

٢- دور الوضع المتوسط Metaphase :

يبدأ ظهور المغزل spindle عند طرفى الخلية ، ثم ترتب الكروموسومات نفسها على خيوط المغزل ، ويكون اتصالها بالمغزل فى مناطق السنترومیرات .

٣- الدور الانفصالى Anaphase .

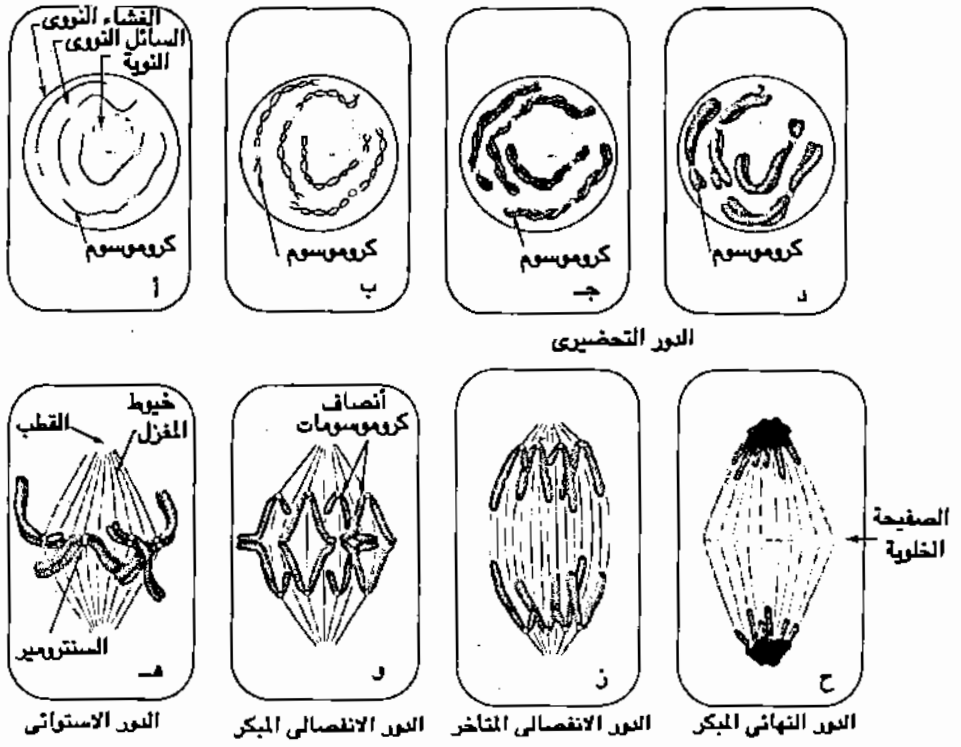
ينشق كل سنترومير طوليًا ، وبعد ذلك .. تبدأ السنترومیرات الشقيقة فى الابتعاد عن بعضها ، كلٌ ساحبًا معه كروماتيدته ؛ ويؤدى ذلك إلى انفصال الكروماتيدتين الشقيقتين عن بعضهما ، وذهاب كل كروماتيدة إلى القطب المضاد . وتعرف كل كروماتيدة بعد ذلك باسم كروموسوم.

٤- الدور النهائى Telophase

يبدأ الدور النهائى بمجرد وصول مجموعتى الكروميتيدات الصنوية إلى قطبى الخلية ؛ فتبدأ فى التغير من الحالة التى كانت عليها إلى حالة خيطية رفيعة طويلة ؛ حتى يصعب تمييزها ، ويتكون - فى أثناء ذلك - الغشاء النووى حول كل مجموعة من مجموعتى

الكروموسومات ، كما تبدأ النوية فى الظهور .

يلى ذلك .. انقسام السيتوبلازم بتكون صفيحة وسطية cell plate ، ويختفى المغزل ، ثم تدخل الخلية فى الدور البينى interphase قبل الابتداء فى انقسام ميتوزى آخر .



شكل (٢ - ١) : خطوات الانقسام الميتوزى (عن Ros وآخرين ١٩٨٤) .

أما الدور البينى .. فإنه يتكون من مرحلة الانقطاع الأولى gap one phase (أو G_1) الذى يبدأ بعد انقسام الخلية مباشرة ، وتقوم الخلايا خلاله بتمثيل مختلف الأحماض النووية

الريبوزية (RNAs) اللازمة لتمثيل البروتين . كما يتحدد -خلال هذه المرحلة - إذا كانت الخلية سوف تبقى ميرستيمية قادرة على الانقسام ، أم تصبح من الخلايا الدائمة ؛ فإذا احتفظت بقدراتها على الانقسام .. فإنها تدخل فى مرحلة التمثيل synthesis phase (أو S) ، وفيها .. يضاعف الـ DNA نفسه من مواد أولية ، سبق تمثيلها خلال مرحلة الانقطاع الأولى. وتلى ذلك .. مرحلة الانقطاع الثانية (G_2) ، وفيها .. يتم تمثيل بعض مكونات الخلية الضرورية لتكوين خيوط المغزل . وبانتهاء هذه المرحلة .. تدخل الخلية فى الانقسام الميتوزى من جديد .. يتضح مما تقدم أن الدور البينى ليس دورسكون - كما كان يعتقد - بل إن الخلية تكون فى أوج نشاطها ، وتزداد فى الحجم ، وتقوم بتمثيل كل احتياجاتها من المواد والمكونات اللازمة لبدء دورة جديدة من الانقسام .

طرق التكاثر اللاجنسى

توجد ثلاث طرق للتكاثر اللاجنسى هى : التكاثر الخضرى ، والتكاثر اللاإخصابى ، والتكاثر بمزارع الأنسجة والخلايا .

١- التكاثر الخضرى :

يعرف التكاثر الخضرى Vegetative Reproduction بأنه : التكاثر بالأجزاء الخضرية للنبات ؛ مثل التكاثر بالدرنات ، والجذور ، والريزومات ، والأبصال ، والعقل ؛ والتكاثر بالترقيد ، والتطعيم ، والتركيب .. إلخ . ويؤدى الإكثار الخضرى المستمر لنبات واحد إلى إنتاج ما يسمى بالسلالة الخضرية clone .

٢- التكاثر اللاإخصابى :

يعرف التكاثر اللاإخصابى Apomictic Reproduction (أو Apomixis) بأنه : التكاثر بالبذور التى تحتوى على أجنة لاإخصابية ، لم تنشأ من إخصاب البويضة بحبة لقاح ، وإنما نشأت من نمو إحدى الخلايا الأمية الثنائية المجموعة الكروموسومية مباشرة ، إلى جنين تتشابه خلاياه - فى تركيبها الوراثى - تماماً - مع النبات الذى نشأت منه . ويتكون - عادة - عدةُ أجنات لاإخصابية فى البذرة الواحدة ، ويؤدى الإكثار اللاإخصابى المستمر لنبات واحد إلى إنتاج مايسمى بالسلالة اللاإخصابية Apomictic Line .

٣- التكاثر بمزارع الأنسجة والخلايا :

تستعمل مزارع الأنسجة والخلاية Tissue and Cell Cultures فى بعض الحالات كوسيلة للإكثار اللاجنسى غير المحدود للتراكيب الوراثية المرغوب فيها من النباتات : ومن أمثلة ذلك مايلى :

(أ) مزارع القمة الميرستيمية :

تستعمل مزارع القمة الميرستيمية Meristem Culture فى إكثار أصناف الشليك وغيره من المحاصيل الزراعية ؛ لإنتاج نباتات خالية من الفيرس . وتعد هذه الطريقة - فى جوهرها - إحدى طرق التكاثر الخضرى .

(ب) مزارع الخلايا :

تستعمل مزارع الخلايا Cell Cultures - هى الأخرى - فى إكثار بعض النباتات ؛ حيث تعطى بعض الخلايا المفردة - بالمزرعة - أجنة لاجنسية Embryoids ، وهى أجسام مكتملة التكوين تشبه الأجنة العادية ؛ تنمو مباشرة إلى نباتات كاملة Swamy & Krishnamurthy ١٩٨٠) . وتوجد بعض أوجه الشبه للمقارنة بين هذه الأجنة والأجنة المتكونة فى حالات التكاثر اللاإخصابى ؛ إذ إن كليهما لاجنسى .

أهمية التكاثر اللاجنسى

ترجع أهمية التكاثر اللاجنسى - بالنسبة للمربى - إلى ماله من مزايا أو عيوب ، كما يلى :

١- يمكن - بواسطة التكاثر اللاجنسى عامة - المحافظة على أى تركيب وراثى ، يتم التوصل إليه ، وإكثاره فى الحال ، وبصفة مستمرة ، دون أن يحدث أى تغير فى تركيبه الوراثى .

٢- وفى المقابل .. فإن التكاثر اللاجنسى الإجبارى - (أى عندما يكون المحصول غير قادر على التكاثر الجنسى إطلاقًا كما فى الثوم ، والموز ، والعنب البناتى) - هذا التكاثر يقلل من فرصة ظهور تراكيب وراثية جديدة لتحسين المحصول .

٣- لاجدوى من الانتخاب بين النباتات الناتجة من التكاثر اللاجنسى لنبات ما ؛ لأنها

تكون – جميعًا – متشابهة فى تركيبها الوراثى .

٤– كثيرا مايلجأ المربى إلى الإكثار الخضرى كوسيلة لزيادة عدد النباتات من نفس التركيب الوراثى ، قبل أن يلجأ إلى الإكثار الجنسى ؛ حتى يحصل على أكبر قدر ممكن من الانغرالات الوراثية ، حينما يبدأ إكثاره جنسيًا ، وتتبع طرق خاصة لتحقيق ذلك فى المحاصيل التى لاتتكاثر خضريًا بصورة طبيعية .

٥– تفيد مزارع القمة الميرستيمية فى إنتاج نباتات خالية من الإصابات الفيرسية ، فى حالة إصابة جميع نباتات سلالة خضرية بمرض فيرسى ، كما لاتنتقل كثير من الأمراض الفيرسية عن طريق الأجنة اللاإخصابية ، ويفيد ذلك فى تجديد السلالات الخضرية التى تتدهور بفعل إصابتها بالأمراض الفيرسية .

٦– يكون التكاثر اللاإخصابى الاختيارى (وهى الحالة التى يتكون فيها جنين جنسى واحد مع الأجنة اللاإخصابية فى البذرة) عائقًا أمام المربى إذا رغب فى الحصول على البادرة الناتجة من الجنين الجنسى ، ولم يتمكن من التمييز بينها وبين البادرات الأخرى الناتجة من الأجنة اللإخصابية فى طور مبكر من النمو ؛ يتعين عليه فى هذه الحالة الاستمرار فى زراعتها ، إلى أن يمكنه التمييز بينها ، وقد يستغرق ذلك عدة سنوات .

حالات التكاثر اللاإخصابى

تعد كل حالات التكاثر اللاإخصابى Apomixis توالداً بكريًا Parthenogensis ولكن العكس ليس صحيحا ؛ لأن التوالد البكرى يعنى أن النبات يعقد ثماراً بذرية ، تحتوى داخلها – أى داخل البذور– على أجنة بكرية ، تكونت بنمو أحد أنوية أو خلايا المبيض مباشرة ، دونما حدوث تزاوج بين خلية ذكرية وأخرى أنثوية ؛ فإذا تكون الجنين بنمو نواة البيضة الأحادية مباشرة .. فإنه يكون أحادى المجموعة الكروموسومية haploid ، ويعطى هذا الجنين – عند نموه – نباتا يختلف وراثيًا ومظهريًا عن النبات الأصلى الثنائى المجموعة الكروموسومية diploid الذى نشأ منه ، ولايعد هذا الجنين لاإخصابيًا . أما إذا تكون الجنين بنمو خلية ثنائية من خلايا المبيض مباشرة .. فإنه يكون ثنائى المجموعة الكروموسومية ، ويعطى عند نموه – نباتاً يتشابه وراثيًا ومظهريًا مع النبات الأصلى الذى نشأ منه ، وهذا هو الجنين اللاإخصابى ، أو الخضرى . وترجع أهمية الأجنة الأحادية إلى أنه قد يمكن استخدامها فى الحصول على نباتات ثنائية أصيلة ، فى جميع العوامل

الوراثية فى وقت قصير نسبيا (بمضاعفة كروموسوماتها بالمعاملة بالكولشيسين) ، بدلاً من اللجوء إلى التربية الداخلية لعدة أجيال .

ويجب التمييز بين ظاهرة التوالد البكرى التى سبق شرحها ، وظاهرة العقد البكرى parthenocarpy التى تعنى تكوّن ثمار بكرية خالية من البذور seedless ، كما هى الحال فى الجوافة البناتى ، والبرتقال أبو سرة ، والموز . وتحتوى مبايض أزهار هذه الفاكهة على تركيزات عالية من الهرمونات الطبيعية ، التى تعمل على انقسام خلايا المبيض ، وزيادة حجمه ، مع بقاء الثمرة لحين نضجها . وتمثل هذه الظاهرة عائقًا أمام المربى ، الذى يرغب – دائمًا – فى الحصول على البذور المحتوية على الأجنة الجنسية ، التى تعد المصدر الرئيسى للتراكيب الوراثية الجديدة ؛ فإذا كانت هذه الظاهرة تحدث بصورة طبيعية .. فإن المربى يلجأ إلى طرق معينة فى تربية المحصول ، لاتعتمد على إجراء التهجينات . أما إذا كانت هذه الظاهرة تحدث تحت ظروف خاصة فإنه يتعين الاحتراس من تجنب وقوعها ؛ لأن تكوين الثمار البكرية يعد عائقا للمربى . وعلى سبيل المثال .. فإن إجراء التلقيحات فى القرعيات – فى أثناء فترة ارتفاع درجة الحرارة بعد الظهر – يؤدى أحياناً إلى عقد ثمار بكرية ؛ وبذا .. يضيع على المربى موسم زراعى كامل ، وربما لايمكنه الاستفادة من تركيب وراثى مرغوب فيه قام بانتخابه .

ومن المظاهر الأخرى للثمار اللابذرية تلك التى تحتوى على أجنة ضامرة aborted embryos لم يكتمل نموها . ويلزم لتكوين هذه الثمار حدوث عمليتى التلقيح والإخصاب ، اللتين يعقبهما بدء انقسام اللاقحة لتكوين الجنين ، الذى يموت فى مراحل مبكرة من تطوره ، بينما تستمر الثمرة –ذاتها– فى نموها لحين نضجها ؛ حيث تُشاهَد داخلها بذور ضامرة ؛ كما فى صنف العنب اللابذرى طومسون سيدلس Thompson Seedless . وقد يضمر الجنين – فى حالات أخرى– نتيجة لفشل الإندوسبرم فى إمداده بحاجته من الغذاء ، خاصة فى المراحل الأولى من نموه ، أو نتيجة لعدم وجود أى توافق بين الهيئة الكروموسومية للجاميطة المذكرة ، وتلك الخاصة بالجاميطة المؤنثة فى الزيجوت ، وتعرف هذه الظاهرة باسم Somatoplastic Sterility ، وهى تحدث فى بعض الهجن الجنسية (بين أجناس مختلفة) ، والنوعية (بين أنواع مختلفة) مثل الهجين بين الطماطم *Lycopersicon esculentum* كأم ، والنوع البرى *L. peruvianum* كأب .

أما الأجنة اللاإخصابية .. فإنها تتكون – كما سبق بيانه – نتيجة لنمو خلية أمية ثنائية إلى جنين مباشرة ، تكون جميع خلاياه ثنائية ، ومماثلة فى تركيبها للنبات الذى نشأت منه. وتقسم حالات الأجنة للإخصابية تبعاً للخلية التى يبدأ منها تكوين الجنين كما يلى :

١– التكوين اللابوغى (أبو سبورى) Apospory :

يتكون الجنين اللاإخصابى واندوسبرم البذرة فى هذه الحالة فى كيس جنينى ، ينشأ من خلية جسمية ثنائية المجموعة الصبغية ، غير الخلية الوالدة للجرثومة الكبيرة megaspore mother cell (أو الخلية الوالدة للكيس الجنينى) ، مثل إحدى خلايا الأغلفة البويضية integuments ، أو النيوسيلة nucellus . وبينما تدخل هذه الخلية فى عمليات انقسام ميتوزية لتكوين الجنين والإندوسبرم .. فإن الخلية الوالدة للجرثومة الكبيرة تبدأ هى الأخرى فى الانقسام الميوزى الطبيعى ، إلاّ أن الكيس الجنينى الذى ينشأ منها .. يضمحل فى بداية مراحل تكوينه . ويتميز الكيس الجنينى المتكون فى هذه الحالة باختفاء الخلايا السمتية . ويعد هذا النوع من الأجنة أكثر التكوينات اللاإخصابية انتشاراً فى المملكة النباتية كما فى buffelgrass ، و Kentuckey bluegrass .

٢– التكوين الديبلوسبورى Diplospory :

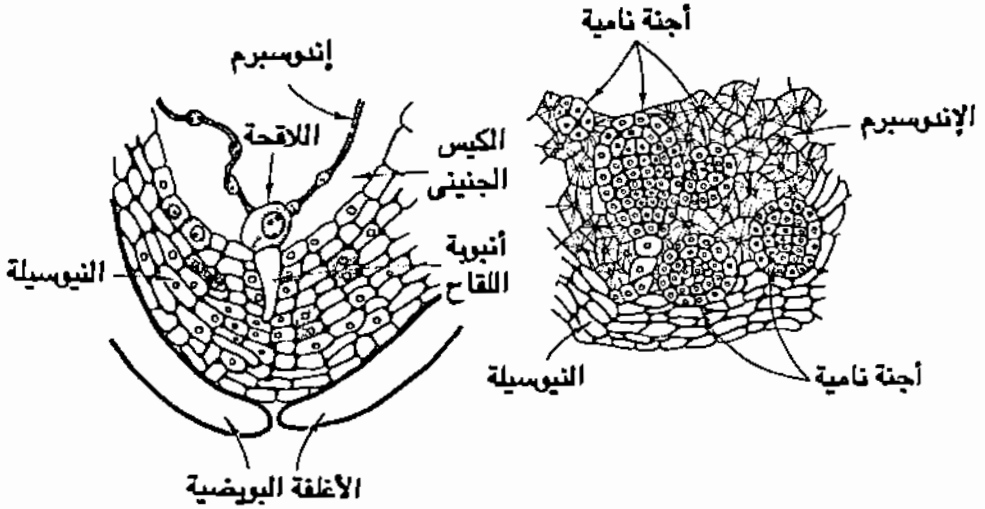
يتكون الجنين اللاإخصابى وإندوسبرم البذرة فى هذه الحالة فى كيس جنينى ينشأ من الخلية الوالدة للجرثومة الكبيرة ، دون أن تدخل نواتها فى عملية الانقسام الاختزالى ، بل تنقسم ميتوزيا مباشرة ، ويزداد حجمها إلى أن تشغل الفراغ الذى كان مفروضا أن يشغله الكيس الجنينى الطبيعى . يوجد هذا النوع من التكاثر اللاإخصابى فى عدة أجناس من الأعشاب النجيلية المعمرة ؛ مثل *Tripsacum* .

٣– الأجنة العرضية Adventitious Embryony :

لايتكون كيس جنينى عندما تتكون بذور تحتوى على أجنة عرضية ، بل تنمو خلية جسمية ثنائية من البويضة ovule أو الأغلفة البويضية integuments ، أو جدار المبيض ovary wall ذاته ، وتنقسم ميتوزيًا لتكوّن جنيناً . ويفترض أن أندوسبرم البذور ينشأ فى هذه الحالة من الأنوية القطبية لكيس جنينى طبيعى ، يتكون مستقلاً فى البويضة . وتكثر

الأجنية العرضية فى بذور بعض أنواع الموالح ، وبعض أصناف المانجو ، وتعرف هذه الظاهرة باسم ظاهرة تعدد الأجنة Polyenbryony .

تنشأ الأجنة اللاإخصابية فى الموالح من نسيج النيوسيلة ؛ لذا .. فإنها تسمى أيضاً أجنة نيوسيلية nucellar embryos (شكل ٢ -٢) . وتحمل البذرة الواحدة من ٣ -١٢ جنيناً ، منها عدة أجنة لإخصابية ، إلى جانب الجنين الجنسى ، وهى الحالة التى تعرف بالتكاثر الإخصابى الاختيارى Facultative Apomixis ، إلا أن بعضها قد يحمل أجنة لاإخصابية فقط ، والبعض الآخر .. يحمل الجنين الجنسى فقط . ويلاحظ - دائمًا - أن البادرات الناتجة من الأجنة اللاإخصابية تكون أقوى نمواً من البادرات الناتجة من الجنين الجنسى . وتعرف الحالة التى تحمل فيها بذورُ النوعِ أو الصنفِ أجنةً لاإخصابية فقط بالتكاثر اللاإخصابى الإجبارى Obligate Apomixis .



شكل (٢ - ٢) : تكوين الأجنة النيوسيلية في الموالح (عن Hartmann & Kester ١٩٨٣) .

وتشاهد ظاهرة كثرة عدد البادرات التى تنمو من البذرة الواحدة فى بعض أصناف المانجو التى توجد بها ظاهرة تعدد الأجنة العرضية النيوسيلية مثلما فى الموالح. وتقسم

أصناف المانجو حسب عدد الأجنة التى توجد فى بذورها إلى قسمين كما يلى :

(أ) أصناف لايوجد فى بذورها سوى الجنين الجنسى ؛ مثل ألفونس ، وبايرى ، ومبروكة ، ودبشة .

(ب) أصناف تحتوى بذورها على جنين جنسى وأجنة لاإخصابية ، وتعطى عند إنباتها من ١-١١ بادرة ، غالباً ماتكون جميعها خضرية ؛ نظراً لضمور الجنين الجنسى ؛ كما فى الأصناف هندى بسنارة ، وتيمور ، وقلب الثور ، ولونج .

ويعد التلقيح ضرورياً فى معظم الحالات ؛ لتكوين البذور المحتوية على أجنة لاإخصابية ، بالرغم من أن النواة الذكرية لاتتحد مع نواة البيضة لتكوين الزيجوت . ويقتصر دور حبوب اللقاح فى هذه الحالات على التحفيز stimulation ؛ حيث يبدو أنها تشجع نمو الجنين والكيس الجنينى ، كما أنها قد تخصب النواتين القطبيتين لتكوين نواة الإندوسبرم . وتعرف هذه الظاهرة باسم التكاثر الجاميطى الكاذب Pseudogamy ، وهى شائعة فى عدة أنواع نباتية هامة ، مثل الموالح ، والتفاح ، والراسبرى ، والـ guayule (جنس *Parthenium*) ، وبعض أنواع الأعشاب النجيلية الزرقاء من جنس *Poa* ، ولكن التلقيح ربما لايكون ضرورياً لتكوين الأجنة اللاإخصابية ، سواء أكانت عرضية كما فى جنس *Opuntia* ، أم غير عرضية كما فى بعض أنواع الأجناس *Crepis* ، و *Taraxacum* ، و *Poa* ، و *Allium* .

حالات الأجنة الأحادية

سبقت الإشارة إلى أن الأجنة الأحادية المجموعة الكروموسومية لاتعد أجنة لاإخصابية (خضرية) ؛ لأنها تعطى بادرات تختلف وراثياً ومظهرياً عن النبات الذى نشأت منه ، إلا أن بعض المؤلفين (خاصة من غير مربى النبات) يميلون إلى تصنيفها ضمن حالات التكاثر اللاإخصابى Apomixis . وتقسم الأجنة الأحادية حسب نشأتها إلى الحالات التالية :

١- التوالد البكرى Parthenogensis :

إن التوالد البكرى هو تكوين جنين أحادى من خلية البيضة داخل كيس جنينى جنسى وتحدث هذه الظاهرة بصورة اعتباطية فى بعض الأنواع النباتية ، إلا أنها تعرف - أيضا - كصفة وراثية فى سلالات معينة من أنواع أخرى ، مثلما يكون فى *Solanum nigrum* .

٢- التكوين اللاجاميطى الأحادى Haploid Apogamy :

تتكون الأجنة الأحادية فى هذه الحالة بنمو أحد الأنوية الأحادية - غير خلية البيضة - داخل كيس جنينى جنسى ؛ حيث قد ينشأ الجنين من أحد الأنوية المساعدة synergids أو الأنوية السمتية antipodal nuclei .

٣- التكوين الذكرى المنشأ (أندروجنسس) Androgensis :

يتكون جنين البذرة الأحادى فى هذه الحالة بنمو النواة التناسلية ، التى توجد فى حبة اللقاح بعد دخولها الكيس الجنينى . وتحدث هذه الظاهرة - اعتباطًا - فى بعض الأنواع ، إلاّ أنها تعرف أيضاً - كصفة وراثية - فى بعض سلالات الذرة ، وتوصف هذه الظاهرة بأنها androgensis *sensu stricto* .

٤- التكوين الأحادى الجاميطى المختلط (سيميجامى) Semigamy :

تحدث ظاهرة السيميجامى حينما تصل النواة التناسلية التى توجد بحبة اللقاح إلى الكيس الجنينى ، وتخترق خلية البيضة ، إلا أنها لاتخصب نواة البيضة ؛ لتكوين زيجوت ثنائى ، بل تنقسم كل منهما مستقلة عن الأخرى ؛ ليكوِّنا جنيناً أحاديا ، يعطى عند نموه نباتاً أحادياً ، تكون بعض أنسجته أمية المنشأ ، وبعضها الآخر أبوية المنشأ ، وقد ذكرت هذه الظاهرة فى قطن بيما Pima .

التكاثر اللاإخصابى الخضرى

يعد التكاثر اللاإخصابى الخضرى Vegetative Apomixis (أو Vivipary) حالة خاصة ، تجمع مابين نوعى التكاثر اللاجنسى ؛ حيث يتكون فى النورات - مكان الأزهار- براعم عرضية يطلق عليها اسم بلابل bulblis . يحدث ذلك - بصورة طبيعية- فى بعض النباتات مثل الثوم (*Allium sativum*) ، والنوع *Allium bulbosa* ، وبعض أنواع الجنس *Agave* . وتتشابه هذه البراعم فى حالة الثوم مع الفصوص العادية التى توجد فى البصلة ، إلا أنها تكون أصغر حجما ، وتعطى عند إنباتها نباتات مماثلة وراثيًا ومورفولوجيًا للنبات الذى نشأت منه . ولاتعد هذه الطريقة تكاثرًا لاإخصابيًا حقيقيًا ؛ لأن الأجزاء المستعملة فى التكاثر ليست بنوراً ، ولاتحتوى على أجنة ، وإنما هى براعم

عرضية ، تكونت مكان البذور (Nygren ١٩٥٤ ، Chaudhari ١٩٧١ & Sneep ، Hendriksen ١٩٧٩ ، Hartman & Kester ١٩٨٣ ، Fehr ١٩٨٧) .

التكاثر الجنسى

يعنى بالتكاثر الجنسى Sexual Reproduction : التكاثر بالبذور التى تحتوى على أجنة نشأت بطريقة جنسية . ويسبق تكوين الجنين الجنسى خطوات ، تعد غاية فى الأهمية بالنسبة للمربى ؛ فيحدث –أولاً– الانقسام الاختزالى فى كل من متوك ومبايض الأزهار ، ومايتبع ذلك من تكوين حبوب اللقاح ، وأنوية الكيس الجنينى الأحادية . وتحدث –أثناء الانقسام الاختزالى– عمليات الارتباط والعبور ، وانعزال الكروموسومات والعوامل الوراثية . ويلى ذلك .. عمليتا التلقيح والإخصاب المزدوج ، التى تنتهى بتكوين جنين ، يكون مختلفاً وراثيًا عن أبويه فى حالات التلقيح الخلطى . وتعد هذه الانعزالات الوراثية المصدر الرئيسى للاختلافات التى يحتاج إليها المربى ؛ لتربية النباتات وتحسينها : كما أن لطريقة التلقيح السائدة فى محصولٍ ما دوراً كبيراً فى تحديد أنسب الطرق لتربيته ، وكيفية تداوله أثناء برنامج التربية .

الانقسام الاختزالى (الميوزى)

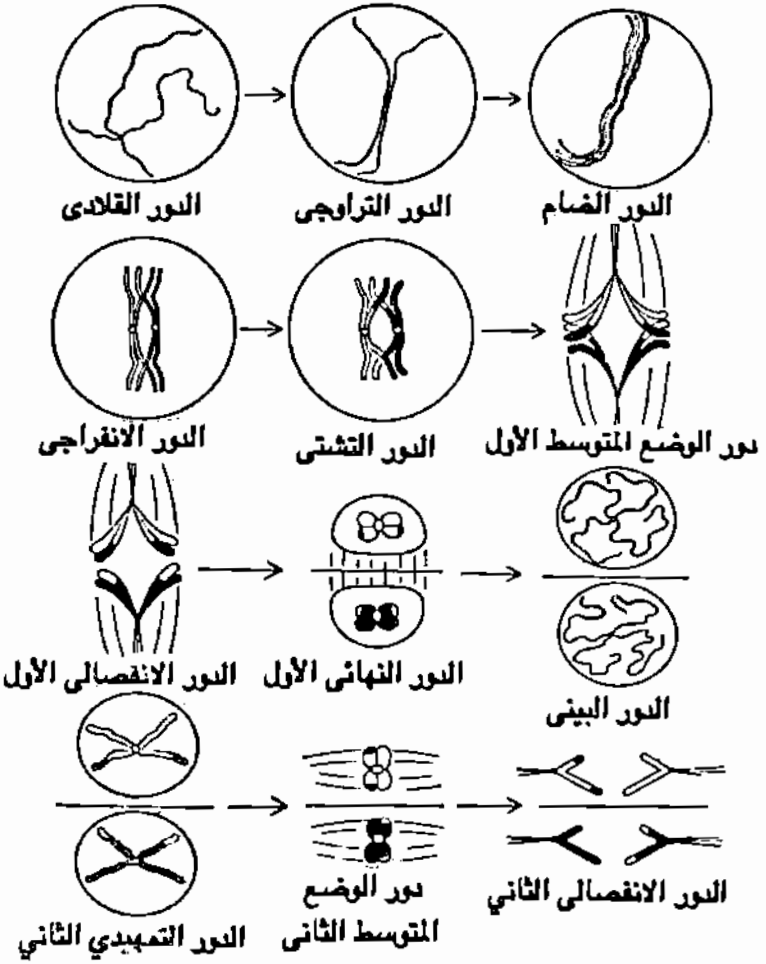
يعد الانقسام الميوزى Meiosis (أو Meiotic Division) عماد عملية التكاثر الجنسى ، ويعد الإلمام بخطواته ضروريًا لتفهم كثير من الأمور التى تبنى عليها قواعد توارث الصفات ، وقواعد تربية النباتات . ويتضمن الانقسام الميوزى (شكل ٢ –٣) انقسامين ، أولهما .. اختزالى ، وينتج منه خليتان ، تحتوى كل منهما على نصف عدد الكروموسومات ، وثانيهما .. ميتوزى ، يؤدى إلى مضاعفة عدد الخلايا الناتجة من الانقسام الأول ، دون أن يؤثر فى عدد الكروموسومات بها . وفيما يلى .. تفاصيل عملية الانقسام الميوزى (عن طنطاوى وحامد ١٩٦٣) :

١– الانقسام الميوزى الأول :

(أ) الدور التمهيدى الأول First Prophase :

(١) الدور القلادى Leptotene :

تظهر الكروموسومات على هيئة خيوط رفيعة جدا ، غير منشقة طوليًا ، وموزعة فى



شكل (٢ – ٣) : خطوات الانقسام الميوزى (عن Briggs & Knowles ١٩٦٧) .

النواة بدون أى نظام .

(٢) الدور التزاوجى Zygotene :

يقترب كل كروموسومين متماثلين من بعضيهما حتى يصبحا زوجًا واحدًا ، وتعرف هذه الظاهرة بـ الاقتران synapsis .

(٣) الدور الضام Pachytene :

تلتف أزواج الكروموسومات المقترنة حول بعضها وتعرف كل وحدة ثنائية الكروموسوم باسم bivalent ، ويكون عددها مساوياً للعدد الأحادى من الكروموسومات.. ويزداد قصر الكروموسومات ، كما تزداد فى السمك . وفى منتصف هذا الدور .. ينشق كل كروموسوم طولياً ، فيما عدا فى منطقة السنترومير ؛ وبذلك .. تصبح كل وحدة ثنائية الكروموسوم مكونة من أربع كروماتيدات ، كل اثنتين متصلتين بسنترومير واحد .

وتعرف الكروماتيدات المتصلة بسنترومير واحد بالكروماتيدات الشقيقة sister chromatids ، كما تعرف الكروماتيدات غير المتصلة بسنترومير واحد فى الوحدة الرباعية الكروماتيدات باسم الكروماتيدات غير الشقيقة .

يحدث – بعد الانشقاق الطولى للكروموسوم – أن تتبادل أجزاء متساوية بين كروماتيدتين غير شقيقتين فى الوحدة الثنائية الكروموسوم ؛ نتيجة لحدوث كسر فى كروماتيدتين غير شقيقتين فى نفس المستوى ، ثم حدوث التئام متبادل ، وهى الظاهرة التى تعرف باسم العبور crossing-over .

(٤) الدور الانفراجى Diplotene :

يتنافر الكروموسومان المتماثلان فى الوحدة الثنائية الكروموسوم عن بعضهما ، فيما عدا فى أماكن حدوث العبور ، التى تعرف باسم كيازمات Chiasmata (المفرد كيازمة chiasma) ، وتنفرج الكروموسومات بين الكيازمات مع نهاية هذا الدور ، كما تتحرك الكيازمات نحو أطراف الكروموسومات ، وهى الحركة التى تعرف باسم الانزلاق terminalization .

(٥) الدور التشتتى Diakinesis :

تظهر الوحدات الثنائية الكروموسوم أقصر وأسمك ، ومنتشرة فى السائل النووى ، ويؤدى استمرار ظاهرة الانزلاق إلى أن تبدو الكيازمات طرفية .

(ب) دور الوضع المتوسط الأول First Metaphase :

يتحلل الغشاء النووى والنوية ، ويختفيان ، وتتحرك الوحدات الثنائية الكروموسوم نحو

المحور الوسطى للخلية ، بحيث يكون سنترومير كل وحدة ثنائية الكروموسوم عموديين على المحور الوسطى .

(جـ) الدور الانفصالى الأول First Anaphase :

تنفصل كل كروماتيدتين شقيقتين عن الكروماتيدتين الأخريين فى الوحدة الثنائية الكروموسوم ، وتتجه السنترومرات نحو القطبين المتضادين . وتعرف كل كروماتيدتين متصلتين بسنترومير واحد باسم وحدة ثنائية الكروموسوم dyad . ويؤدى ذلك إلى اختزال عدد الكروموسومات - فى كل قطب - إلى العدد الأحادى .

(د) الدور النهائى الأول First Telophase :

بعد وصول الوحدات الثنائية الكروموسوم إلى قطبى الخلية .. تبدأ الكروموسومات فى فقدان الشكل الذى كانت عليه ؛ حيث يفرد الحلزون جزئيًا ، وتلتف الخيوط الكروموسومية ، وتظهر النوية والغشاء النووى .

(هـ) الدور البينى Interphase :

تتحول الكروموسومات إلى الشكل المعروف فى السكون الكروموسومى ، وفى نوات الفلقة الواحدة .. تنقسم الخلية إلى خليتين ملتصقتين ببعضهما ، ولكن ربما لايحدث الانقسام السيتوبلازمى ، مع بقاء النواتين الجديدتين فى قطبى الخلية .

٢- الانقسام الميوزى الثانى

(أ) الدور التمهيدى الثانى Second Prophase :

تظهر الوحدات الثنائية الكروماتيدة طويلة نوعاً ، لكنها تنكمش تدريجيًا ، ويظهر تنافر واضح بين كروماتيدتى كل وحدة ، ثم تختفى النوية والغشاء النووى .

(ب) دور الوضع المتوسط الثانى Second Metaphase :

يظهر المغزل ، وتترتب الوحدات الثنائية الكروماتيدة فى المستوى الوسطى للمغزل . وفى نهاية هذا الدور .. ينشق السنترومير - أيضاً - طوليًا فى الوحدات الثنائية الكروماتيدة .

(جـ) الدور الانفصالى الثانى Second Anaphase :

تنفصل كروماتيدتا كل وحدة ثنائية الكروماتيدة ، ويتجه كل سنترومير إلى القطب المضاد، ساحبًا معه كروماتيدة واحدة ، تصبح بعد ذلك كروموسومًا ؛ وبذلك .. يتم توزيع الكروماتيدات الأربع التى كانت موجودة فى الوحدة الثنائية الكروموسوم على أربع نوايا .

(د) الدور النهائى الثانى Second Telophase :

تفقد الكروموسومات الخاصية التى كانت لها فى الدور السابق ، ويظهر الغشاء النووى والنوية ؛ وبذلك .. تتكون أربع نوايا جديدة ، بكل منها العدد الأحادى من الكروموسومات .

ويحدث بعد ذلك .. الانقسام السيتوبلازمى ، وتتكون أربع خلايا . وتعرف هذه الحالة – التى تكون فيها الخلايا الأربع متصلة ببعضها– باسم الحالة الرباعية quartet ، وتعرف كل خلية بأنها بوغه spore .

الزهرة

تعد الزهرة – بحق – مصنع المربى ، الذى يوجه إنتاجه نحو الغاية التى ينشدها من برنامج التربية ، ويحصل منه على الجيرمبلازم الذى يلزمه فى مراحل تحسين المحصول كلها ؛ لذا .. يعد الإلمام بتركيب الزهرة أمراً ضروريًا للمربى ؛ لكى يحسن تداولها .

يُعرِّف النباتيون الزهرة بأنها : فرع قصير لاتظهر به سلاميات واضحة ، ويحمل أوراقًا متزاحمة ، تحورت لغرض التكاثر . وتنشأ الزهرة – عادة – فى إبط ورقة ، تسمى قنابة bract ، قد تشبه الأوراق العادية ، أو تكون حرشفية ، أو ملونة . وقد تكون الزهرة جالسة sessile (أى بدون عنق) ، أو معنقة . وقد تظهر على عنق الورقة أوراق صغيرة ، تسمى قنيبات bracteoles . وقد يوجد فى قمة العنق جزء متضخم يعرف باسم التخت receptacle ، يحمل الأوراق الزهرية التى تنتظم فى محيطات ، وهى : الكأس، والتويج ، والطلع ، والمتاع .

١– الكأس والتويج .

يشكل الكأس والتويج – معًا – الأعضاء غير الأساسية للزهرة . ويعد الكأس calyx المحيط الخارجى للزهرة ، وهو يتركب من أوراق صغيرة خضراء تعرف باسم السبلات

sepals ووظيفته حماية الأجزاء الزهرية الأخرى فى البرعم الزهرى . وقد يكون الكأس متساقطاً – حيث تسقط السبلات بعد عقد الثمرة – أو مستديماً – حيث تنمو أوراقه مع الثمرة كما فى الطماطم – كما قد تكون السبلات منفصلة ، أو ملتحمة . ويوجد – أحياناً – محيط آخر خارج الكأس ، يتركب من أوراق تشبه السبلات ، ويعرف باسم فوق الكأس epicalyx . أما التويج corolla .. فإنه يتركب من عدد من الأوراق الملونة التى تعرف باسم البتلات petals ، تفيد فى جذب الحشرات فى حالات التلقيح الخلطى بالحشرات . وقد تكون البتلات هى الأخرى منفصلة ، أو ملتحمة ، وتأخذ أشكالاً عدة عند التحامها . وقد تتشابه أوراق الكأس والتويج معًا بدرجة كبيرة فى بعض النباتات – خاصة فى ذوات الفلقة الواحدة – ويعرفان – معًا فى هذه الحالة باسم الغلاف الزهرى perianth .

وقد أوضحت الدراسات الحديثة – نسبيًا – أن الكأس والتويج يؤديان دوراً جوهريًا – غير مباشر– فى التطورات التالية للإخصاب ، وأن إلحاق الضرر بهما – قبل تفتح الزهرة – يؤثر تأثيراً سيئًا فى عضو التأنيث gynecium بها ؛ ذلك لأنهما يفرزان بعض المركبات ، التى تعد مبادئ حيوية أساسية للتطورات التالية للإخصاب (Swamy & Krishnamurthy ١٩٨٠) .

٢– الطلع :

يعد الطلع androecium عضو التذكير ، وهو يتكون من عدد من الأسدية stamens . تتركب كل سداة من جزء رفيع ، يعرف بالخيط filament ، يحمل فى قمته جزءاً منتفخاً هو المتك anther . وقد تكون الأسدية منفصلة ، أو ملتحمة بخيوطها ومتوكها سائبة ، أو العكس. كما قد تكون الأسدية ملتحمة مع البتلات ، وتعرف بأنها فوق بتلية epipetalous ، أو تكون منفصلة عنها .

يتركب المتك من فصين lobes طوليين ، يحتوى كل منهما على تجويفين طوليين ، يطلق على كل منهما اسم كيس لقاح pollen sac . يحتوى كل كيس على عدد من حبوب اللقاح pollen grains . وبالفحص المجهرى للقطاع المستعرض فى المتك .. نجد أن جدار المتك يتركب من طبقة البشرة الخارجية ، ثم طبقة ليفية fibrous layer ذات خلايا عمادية بجدرها تغليظ ليفى ، ثم عدد من الطبقات المتوسطة intermediate layers ، ثم الطبقة

الطرازية tapetal lagyer التى تحيط بالتجويف المشتمل على حبوب اللقاح ، وخلاياها غنية بالمواد الغذائية ، ووظيفتها مد حبوب اللقاح بالغذاء أثناء اكتمال تكوينها ، وعند تكون حبوب اللقاح تمر الخلايا الوالدة اللقاحية pollen mother cells بانقسام اختزالى ؛ فينشأ من كل منها أربع حبوب لقاح ، كل منها أحادية المجموعة الكروموسومية . وعند اكتمال نضج المتك يختفى الجدار الفاصل بين تجويفى كيس اللقاح فيصبح كل فص مشتملاً على تجويف واحد .

يعتمد تفتح المتك على أمرين : الأول هو أن التغليظ الليفى فى خلايا الطبقة الليفية لايوجد بالجدر الخارجية ، والثانى هو أن الطبقة الليفية ينعدم وجودها على طول الخط الذي يفصل بين كيسى اللقاح فى الفص ؛ فعندما تنضج حبوب اللقاح .. تجف طبقة البشرة الخارجية ، وكذلك الطبقة الليفية ؛ بسبب رقة جدرها الخارجية ، وتنكمشان ، ولكن نتيجة لتليف جدرها الأخرى .. فإنه يتولد ضغط ، يؤدى – فى النهاية – إلى انشقاق المتك فى منطقة الضعف ، وهى الخط الفاصل بين كيسى اللقاح فى كل فص على الجانبين ، ويتبع ذلك التواء جدر الفص إلى الخارج ، بقوة تشبه قوة انكماش اللولب ؛ مما يؤدى إلى تحرير حبوب اللقاح .

يوجد لكل حبة لقاح جداران ، أحدهما خارجى exine سميك ، والآخر داخلى intine رقيق . يوجد بالجدار الخارجى عدد من المواقع الرقيقة ، تعرف باسم ثقوب الإنبات pores . وتختلف الأنواع النباتية فى شكل حبة اللقاح ، إلاأنها تكون – غالبًا – كروية كما تختلف فى شكل سطحها الخارجى .

وتنقسم نواة حبة اللقاح إلى نواتين تكون إحداهما كبيرة وتسمى النواة التناسلية generative nucleus ، والأخرى صغيرة وتسمى نواة الأنبوبة tube nucleus .

٣- المتاع :

يعد المتاع gynoecium هو عضو التأنيث ، وهو يتكون من كربلة واحدة ، أو عدد من الكرابل ، تتركب كل منها من المبيض ovary ، الذى يحتوى على البويضات ovules ، والقلم style الذى ينتهى بالميسم stigma ، وهو الجزء المعد لاستقبال حبوب اللقاح وتنشأ البويضات على نتوءات تبرز من السطح الداخلى للمبيض ، ويطلق على كل

منهـا اسـم المشيمة placentae . وقد يتركب المتـاع من كربلة واحدة ، أو من عـدة كرابل منفصـلة أو متحـدة . وعندمـا يتركب المتـاع من عـدة كرابل متحدة .. فـإنه يسمـى متـاعاً بسيطاً .

وقد يكون المبيض وحيد الغرفة وإن تعددت كرابل المتاع ، ويحدث ذلك عندما يكون اتحاد الكرابل عند حوافها المتجاورة خارجيًا ، دون أن تلتقى فى المركز . وقد يتكون المبيض من عدة غرف locules عند التحام الجدر الداخلية للكرابل مع بعضها، ويتساوى عدد الغرف فى هذه الحالة مع عدد الكرابل ، لكن الغرف قد تنشأ -أحياناً- نتيجة لنمو حواجز داخلية كاذبة من جدار المبيض ، كما فى ثمرة الكرنب .

تعرف طريقة توزيع المشيمات فى المبيض باسم الوضع المشيمى Placentation ، ويتساوى - غالبًا - عدد المشيمات مع عدد الكرابل فى المتاع . ويتراوح عدد البويضات فى المبيض من بويضة واحدة إلى عدة مئات . وتتصل البويضة بالمشيمة بواسطة الحبل السرى funicle ، وهى تتـركب من الكيس الجنينى embryo sac فى المركز يحيط به نسيج النيوسيلة nucellus . ويغطى نسيج النيوسيلة بغلافين بويضيين integuments ، ينفذ خلالهما ثقب ، يصل مابين سطح البويضة الخارجى وسطح النيوسيلة ، ويعرف باسم النقير micropyle . ويلتحم الغلافان البويضيان مع النيوسيلة عند قاعدة البويضة فى منطقة تعرف باسم الكلازا chalaza .

يتوقف شكل البويضة على شكل الكيس الجنينى وموضع النقير كما يلى :

(أ) البويضة المستقيمة Orthotropus : يقع فيها الحبل السرى ، والكلازا ، والنقير على استقامة واحدة (ويكون الكيس الجنينى مستقيما) ، ويكون النقير أبعد أجزاء البويضة عن المشيمة ، ويكون اتصال البويضة بالمشيمة عند الكلازا .

(ب) البويضة المقلوبة Anatropus : يقع فيها الحبل السرى ، والكلازا ، والنقير على استقامة واحدة كذلك ، إلا أن اتصال البويضة بالمشيمة يكون عند أحد جوانب الغلاف البويضى الخارجي ، ويقع النقير على جانب الحبل السرى مواجها للمشيمة .. وتلك هى أكثر أنواع البويضات شيوعًا .

(جـ) البويضة الكلوية Campylotropous : يكون فيها الكيس الجنينى منحنيا ، ويكون

اتصال البويضة بالمشيمة عند الكلازا ، ويقع النقير على جانب الحبل السرى مواجها للمشيمة .

توصف الزهرة حسب وضع المتاع بالنسبة للمحيطات الزهرية الأخرى كما يلى :

(أ) تحت متاعية Hypogynous : يكون فيها التخت الزهرى محدبًا قليلاً ، ويُحمل المبيض على قمته ، بينما توجد بقية المحيطات الزهرية فى مستوى منخفض عن مستوى المبيض ؛ أى يكون المبيض علويًا .

(ب) محيطية المتاعية Perigynous : يكون فيها التخت الزهرى مقلطحًا ، وتترتب عليه الأجزاء الزهرية فى مستوى واحد تقريبًا ، كما قد يكون التخت الزهرى مقعراً ، ويضم المبيض داخله ، ويكون مستواه منخفضا عن مستوى بقية المحيطات الزهرية ، وتبقى الزهرة – بالرغم من ذلك – محيطية المتاعية ؛ لأن جدار المبيض لايكون ملتحمًا مع التجويف الداخلى للتخت الزهرى .

(جـ) فوق متاعية Epigynous : يكون فيها التخت الزهرى مقعراً ، ويحتوى على المبيض داخله ، ويكون الالتحام بينهما كاملاً ، أما بقية المحيطات الزهرية .. فإنها تكون فى مستوى مرتفع عن مستوي المبيض ؛ أى يكون المبيض سفليًا (عن عبد العزيز وآخرين ١٩٧٦) .

دورة الحياة فى النباتات الزهرية

تمر دورة حياة النباتات الزهرية بطورين ، هما :

١– الطور البوغى :

يعد الطور البوغى Sporophytic Generation الطور السائد فى النباتات الزهرية ، وهو يبدأ بالزيجوت ثنائى المجموعة الكروموسومية ، وينتهى بتكوين الأبواغ spores التى تكون أحادية المجموعة الكروموسومية .

٢– الطور الجاميطى Gametophytic Generation :

يُحْمَل هذا الطور على الطور البوغى فى كل من متوك الأزهار وأمتعتها ، وهو يبدأ بالأبواغ الأحادية المجموعة الكروموسومية ، وينتهى بالجاميطات gametes التى تكون

ونتناول – فيما يلى – خطوات عمليات تكوين الجاميطات المذكرة ، والمؤنثة ، والإخصاب ، وتكوين الجنين بشئ من التفصيل ؛ لما لها من أهمية كبيرة بالنسبة لتربية النبات .

تكوين الجاميطات المذكرة (حبوب اللقاح)

تتكون الجاميطات المذكرة – أى حبوب اللقاح – داخل الأكياس البوغية المذكرة microsporangia التى يوجد أربعة منها فى كل متك ، بواقع اثنين فى كل فص من فصى المتك. وتحتوى هذه الأكياس على خلايا النسيج البوغى archesporium ، التى تنقسم كل منها إلى خليتين بالانقسام الميتوزى . تستمر إحدى الخليتين الناتجتين فى الانقسام الميتوزى ، وتضم نواتج انقسامها إلى جدار الكيس البوغى المذكر ، بينما يتكون من الخلية الأخرى ومثيلاتها الخلايا البوغية المذكرة microspore mother cells (أو الخلايا الوالدة اللقاحية pollen mother cells) وهى ثنائية المجموعة الكروموسومية. ونظراً لأن نمو أنسجة جدار المتك يكون أسرع من نمو النسيج البوغى ؛ لذا .. يتكون فراغ داخلى يطلق عليه اسم كيس اللقاح pollen sac (يوجد منها أربعة أكياس فى كل متك) ، يكون مبطنًا من الداخل بالخلايا الطرازية المغذية .

يبدأ تكوين حبوب اللقاح بانقسام كل خلية من الخلايا الوالدة المذكرة الموجودة فى كيس اللقاح انقسامًا ميوزيًا ؛ لتعطى أربع خلايا أحادية المجموعة الكروموسومية ، يطلق عليها اسم الأبواغ المذكرة . تبقى الأبواغ الأربعة الناتجة من كل خلية والدة مذكرة متصلة ببعضها بجدر دقيقة لفترة قصيرة ثم تستدير ، وتنفصل عن بعضها ؛ وبذلك .. ينتهى الطور البوغى ، ويبدأ الطور الجاميطى المذكر .

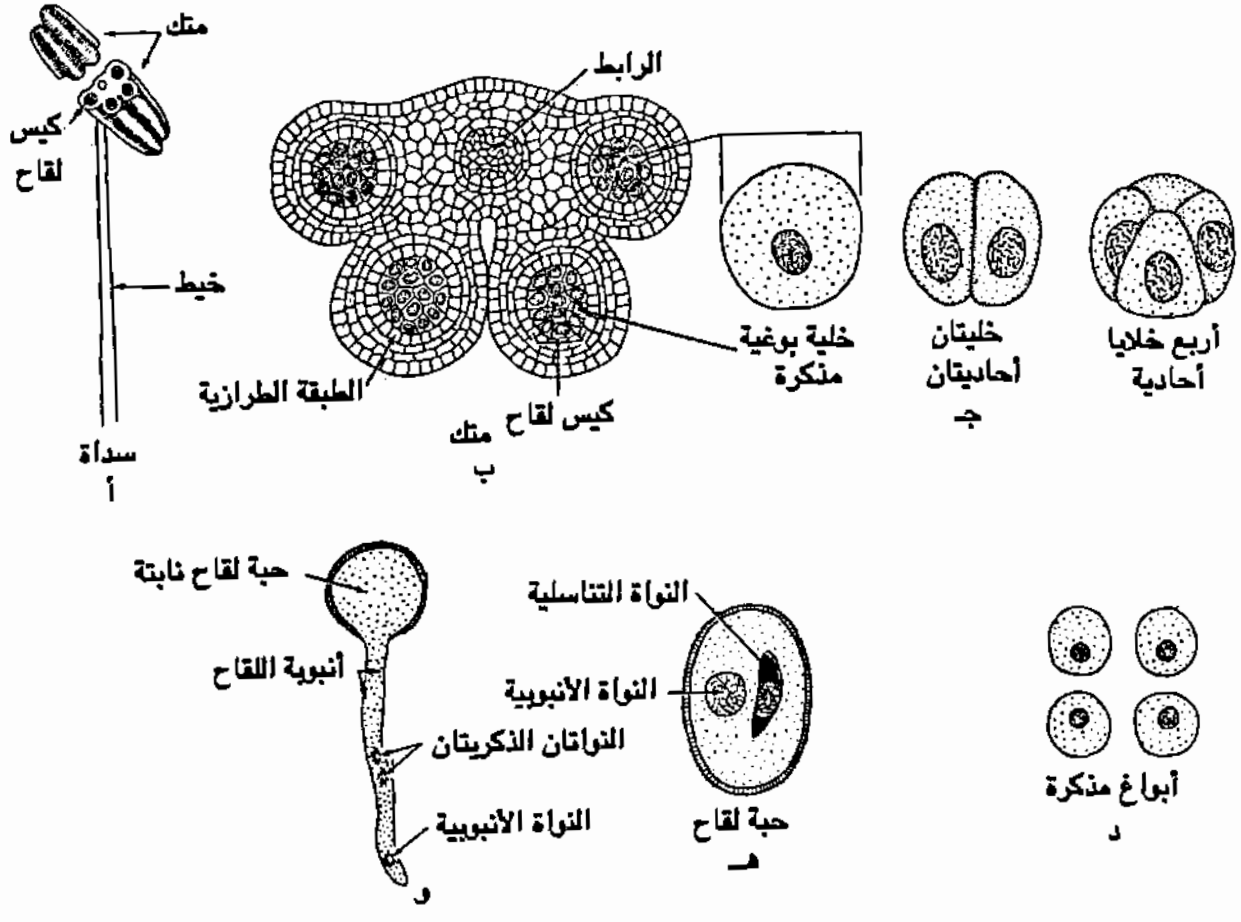
يلاحظ أن كل خلية بوغية مذكرة (حبة لقاح) تحاط بجدارين ، يكون الخارجى منهما سميكا ، وبه ثقوب ، يختلف عددها تبعًا للنوع النباتى ، أما الجدار الداخلى .. فيكون غشائيًا رقيقًا . وتتكون أنبوبة اللقاح pollen tube بنمو الجدار الداخلى ، من خلال أحد الثقوب التى توجد بالجدار الخارجى . ويسبق ذلك انقسام نواة الخلية البوغية المذكرة انقسامًا ميتوزيًا ، معطيه نواتين ، تكون إحداهما صغيرة ، وتعرف باسم النواة

التناسلية generative nucleus ، والأخرى كبيرة ، وتعرف باسم النواة الخضرية vegetative nucleus ، أو نواة أنبوبة اللقاح pollen tube nucleus . كما تنقسم النواة التناسلية – بدورها – انقساما ميتوزيًا إلى نواتين تناسليتين ، لكن ذلك لايحدث – فى كثير من النباتات – إلا بعد تكوين أنبوبة اللقاح . ويعنى ذلك أنه يوجد دائماً ثلاث أنوية أحادية المجموعة الكروموسومية فى حبة اللقاح عند إنباتها . وتكون النواة الخضرية فى المقدمة دائماً ؛ لأنها تنظم نمو أنبوبة اللقاح ، وإذا حدث لها أى ضرر .. يتوقف نمو أنبوبة اللقاح (شكل٢ – ٤) .

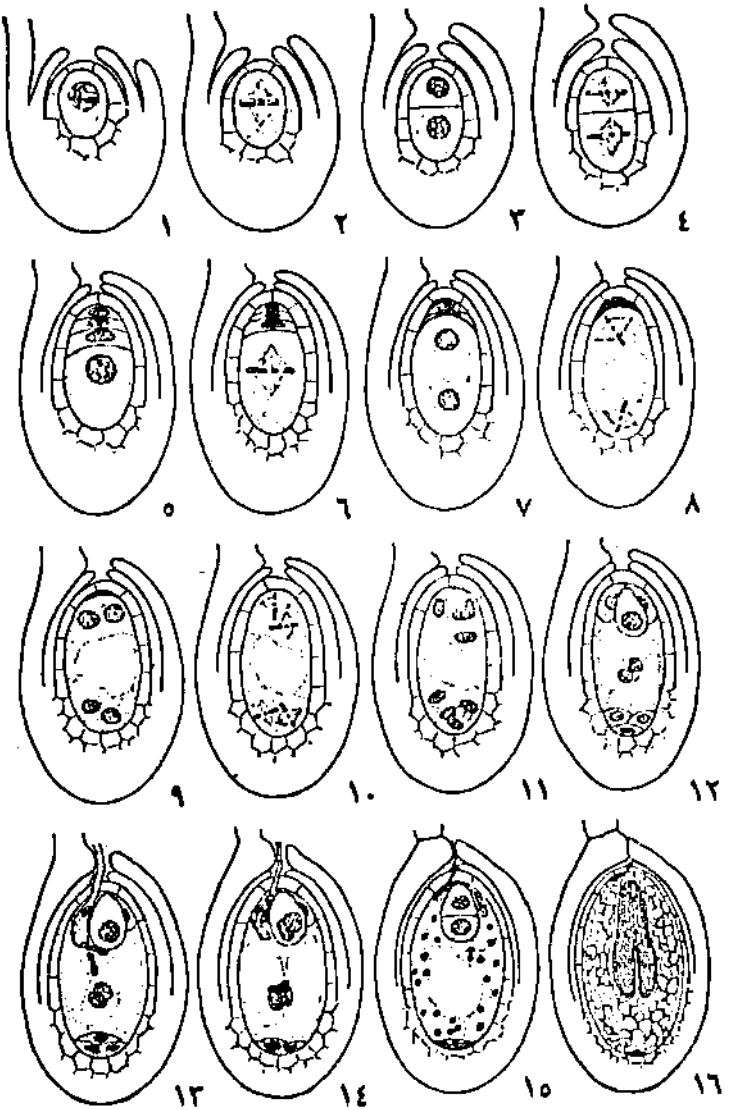
تكوين الجاميطات المؤنثة (البيضات)

تظهر النيوسيلة – عند بداية تكوين البويضة – على هيئة نتوء من المشيمة ، يتكون من مجموعة من الخلايا المتشابهة ، ثم تظهر عند قاعدة هذا النتوء حلقتان نسيجيتان ، تنموان لتكونا الغلافين البويضيين . تكبر إحدى خلايا النيوسيلة الواقعة تحت البشرة عند قمة النيوسيلة ، وتصبح خلية بوغية أمية archesporial cell . تنقسم هذه الخلية – ميتوزيًا – إلى خليتين ، إحداهما خارجية وتكوّن النسيج المغذى ، والأخرى داخلية .. وتصبح الخلية الوالدة للجرثومة الكبيرة megaspore mother cell ، وهى ثنائية المجموعة الكروموسومية ، وتدخل فى انقسام ميوزى ؛ لتعطى أربع خلايا مرتبة رأسيًا ، تكون كل منها أحادية المجموعة الكروموسومية (شكل ٢–٥) ؛ وبذا .. ينتهى الطور البوغى ، ويبدأ الطور الجاميطى المؤنث .

يبدأ الطور الجاميطى بكبر الخلية الأحادية الموجودة عند القطب الكلازى (المتجه إلى داخل النيوسيلة) ، بينما تتحلل الخلايا الثلاث الأخرى ، وتستنفذ محتوياتها بواسطة الخلية الطرفية ، التى تعرف – حينئذ – بالجرثومة الكبيرة Megaspore ، وهى التى يتكون منها الكيس الجنينى embryo sac . وتنقسم نواة الجرثومة الكبيرة (تسمى أيضا نواة الكيس الجنينى) إلى ثلاثة انقسامات ميتوزية متتالية ، دون تكون جدر خلوية . يعطى الانقسام الأول نواتين ، تتحركان إلى القطبين المتضادين ؛ حيث تنقسم كل منهما مرتين ؛ بذا .. يتواجد عند كل قطب من قطبى الكيس الجنينى أربع أنوية ، مغمورة فى سيتوبلازم الكيس الجنينى ، تكون كل منها أحادية المجموعة الكروموسومية . تتحرك – بعد ذلك – نواة واحدة من كل مجموعة ، نحو وسط الكيس الجنينى ، ويكون الكيس – فى ذلك الوقت – محاطا



شكل (٢ – ٤) : خطوات تكوين الجاميطات المذكرة (عن Rost وآخرين ١٩٨٤) .

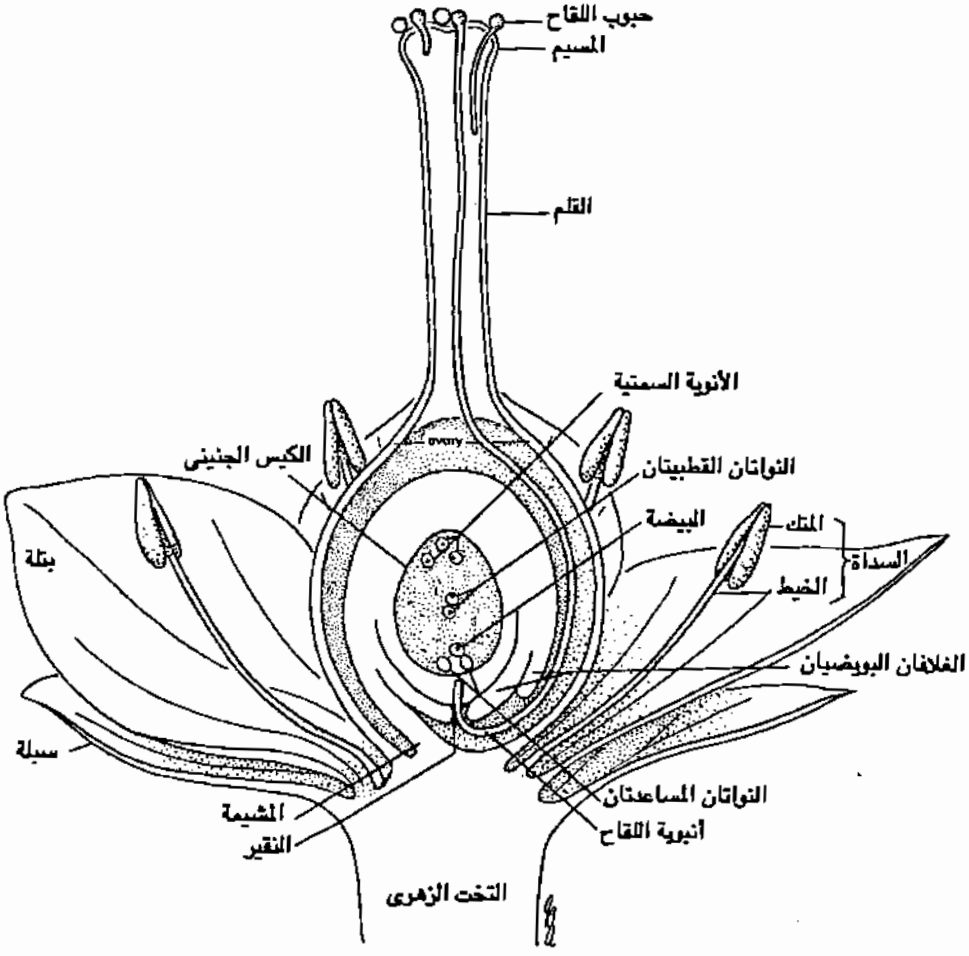


شكل (٢ – ٥) : خطوات تكوين الكيس الجنيني والإخصاب المزدوج وتكوين الجنين : (١ – ٥) الخطوات من بداية ظهور الخلية الوالدة للجرثومة الكبيرة ومرورها بانقسام ميوزى إلى حين تكون الجرثومة الكبيرة ، (٦ – ١٢) تكوين الكيس الجنيني بثلاثة انقسامات ميتوزية متتالية ، (١٣ – ١٤) الإخصاب ، (١٥) انقسام اللاقحة إلى خليتين ، وانقسام نواة الإندوسبرم الابتدائية إلى عدة أنوية حرة (١٦) تكوين الجنين .. يظهر بالشكل جنين الذرة (عن Briggs & Knowles ١٩٧٦) .

بغلافين بويضيين ، توجد بهما فتحة دقيقة ، وهى النقير . تصبح إحدى الأنوية الثلاث الموجودة عند القطب النقيرى البيضة egg الناضجة ، بينما تعرف النواتان الأخريان باسم النواتين المساعدتين synergids . وتعرف الأنوية الثلاث الموجودة فى القطب الآخر (القطب الكلازى) باسم الخلايا السمتية antipodal cells ، بعد أن تحاط كل منها بطبقة من السيتوبلازم وجدار خلوى . أما النواتان المركزيتان .. فإنهما تعرفان بالنواتين القطبيتين polar nuclei .

الإخصاب

تصبح البويضة مهيئة للإخصاب Fertilization عندما يكتمل تكوين الكيس الجنينى ، ويصاحب ذلك استعداد المياسم للتقليح ، بإفرازها سكريات ، ومواد غذائية أخرى ، وهرمونات ، وتبدأ أولى خطوات الإخصاب بعد وصول حبة اللقاح إلى الميسم (وهى العملية التى تعرف باسم التلقيح Pollination ، بامتصاصها لحاجتها من المركبات التى يفرزها الميسم ، ثم تنمو منها أنبوبة لقاح ، تنتقل إلى نهايتها النواة الأنبوبية وتليها النواة التناسلية ، التى تنقسم إلى نواتين ذكريتين male nuclei ، إن لم تكن قد انقسمت قبل ذلك . تنمو أنبوبة اللقاح خلال أنسجة الميسم والقلم (إما بين الخلايا ، وإما داخلها ، ويختلف ذلك من نوع نباتى إلى آخر) ، حتى تصل إلى البويضة . وتتراوح هذه المسافة من ٢,٥مم إلى ٤٠-٥٠ سم كما فى الذرة ، ويستغرق نموها من ساعات قليلة - فى معظم النباتات - إلى يوم ونصف فى الذرة ، إلى عدة أسابيع كما فى البلوط (رغم أن طول الميسم والقلم فيه لايتعدى ٣مم) . تشق أنبوبة اللقاح طريقها بعد ذلك نحو النقير ، مستجيبة لجاذبية مادة تفرزها البويضة ، ويكون نموها أثناء ذلك على امتداد الجدار الداخلى للمبيض، إلى أن تصل إلى الكيس الجنينى، (شكل ٢-٦). حينئذ.. تتلاشى النواة الأنبوبية ، ويتمزق طرف أنبوبة اللقاح التى تفرز محتوياتها من سيتوبلازم ونواتين ذكريتين داخل الكيس الجنينى . وتتحد إحدى النواتين الذكريتين مع نواة البيضة ؛ لتكونا اللاقحة zygote ، التى تكون ثنائية المجموعة الكروموسومية ، وتتحد النواة الذكرية الثانية مع النواتين القطبيتين لتكوّن نواة الإندوسبرم الأولية ، التى تكون ثلاثية المجموعة الكروموسومية . وتعرف هذه العملية بالإخصاب المزدوج double fertiliztion . يلى ذلك .. اختفاء النواتين المساعدتين والخلايا السمتية ، ثم ينشأ الجنين ؛ بانقسام اللاقحة ، بينما تستنفذ النيوسيلة أثناء تكوين الجنين ، ويعمل الأندوسبرم على تغذية الجنين فى المراحل الأولى لتكوينه .



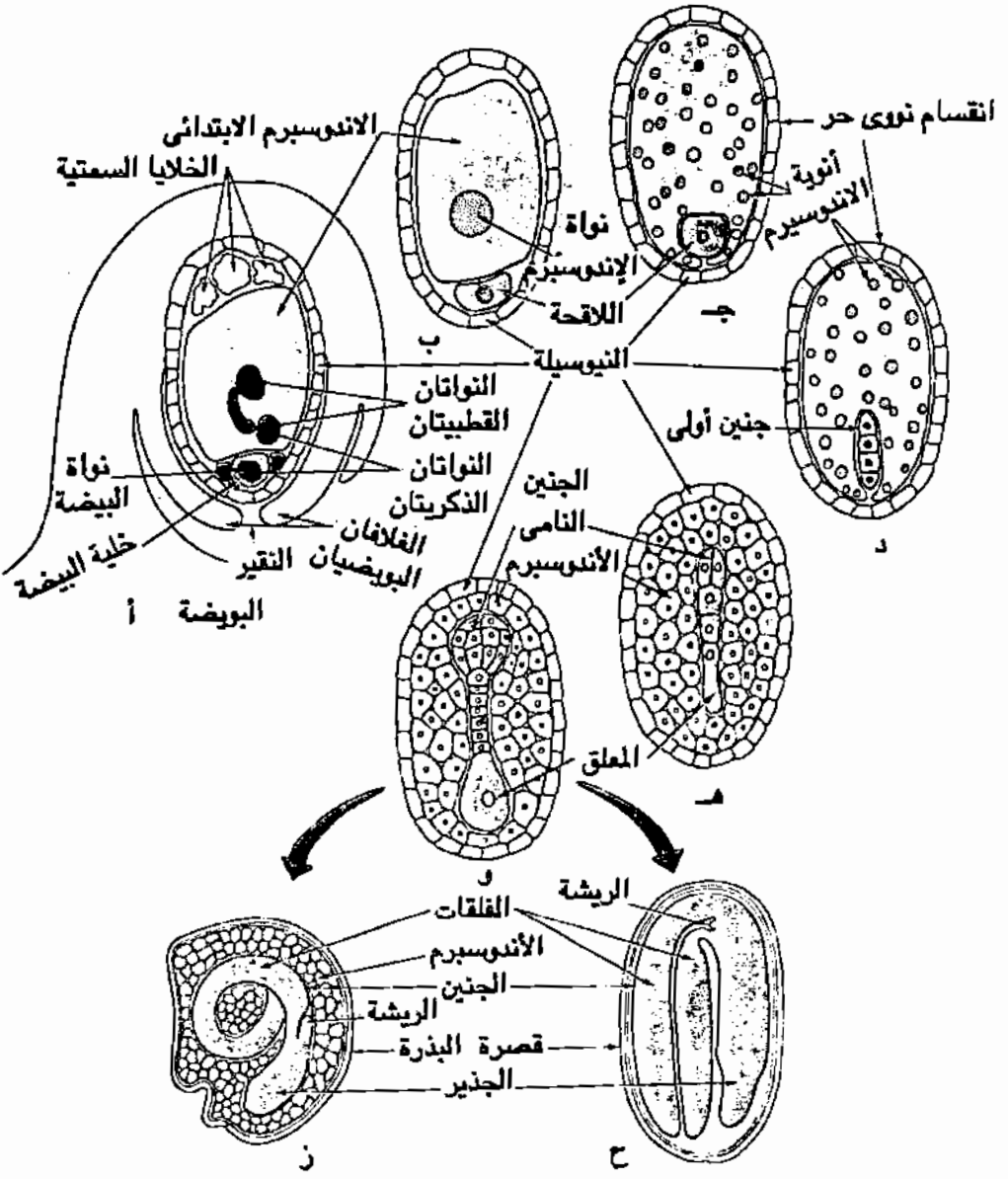
شكل (٢ – ٦) : أجزاء الزهرة وعملية الإخصاب .

تكوين الجنين

يبدأ تكوين الجنين (شكل ٢ – ٧) بعد عملية الإخصاب مباشرة ؛ حيث تنقسم اللاقحة إلى خليتين غير متساويتين ، تكون كبراهما هى الأقرب إلى النقير ، وتسمى الخلية القاعدية ، وهى التى تعمل على تثبيت الجنين فى بداية تكوينه ، أما الأخرى الصغيرة فإنها تنقسم عدة مرات ؛ لتكوّن صفًا من الخلايا . تعرف الخلية التى تقع فى نهاية هذا الصف – أى أبعد الخلايا عن النقير – بالخلية الجنينية embryonic cell ، وهى التى ينشأ منها الجنين الأصلى embryo proper ، بينما تتشرك بقية الخلايا مع الخلية القاعدية فى تكوين المعلق suspensor ، الذى يدفع الخلية الجنينية فى نسيج الإندوسبرم . وتتميز الخلايا العليا – البعيدة عن النقير – الناشئة عن انقسام الخلية الجنينية إلى فصين ، يمثلان الفلقتين فى نباتات ذوات الفلقتين ، ويظهر بينهما تجويف ، تخرج منه الريشة plumule فيما بعد . أما الخلايا السفلية القريبة من النقير .. فينشأ منها الجذير radicle ، والسويقة تحت الفلقية hypocotyl (السويقة الجنينية السفلى) . أما فى النباتات ذوات الفلقة الواحدة .. فإن الجنين يتكون من فلقة واحدة ، تقع على الجانب الملاصق للإندوسبرم ، ويحيط بكل من الجذير والريشة غمد . ويتكون الإندوسبرم – فى الوقت نفسه – بانقسام نواة الإندوسبرم انقسامات سريعة متوالية ، يعقبها تكوّن جدر تغلف الأنوية ، وما يحيط بها من سيتوبلازم .. وإما أن يبقى الإندوسبرم خارج الجنين شاغلا جزءاً من البذرة فتوصف بأنها إندوسبرمية endospermic ، وإما أن يستنفذ أثناء تكوين الجنين – خاصة فى تكوين الفلقات – فتوصف البذرة بأنها لاإندوسبرمية . أما قصرة البذرة seed coat .. فإنها تتكون من الغلافين البويضيين (عبد العزيز وآخرون ١٩٧٦) . ويمكن الاطلاع على مزيد من التفاصيل المتقدمة ، الخاصة بمراحل النمو النباتى، من الزهرة إلى الثمرة ، من جوانبها التشريحية والتكوينية فى Swamy & Krishnamurthy (١٩٨٠).

ظاهرتا الزينيا والميتازينيا

تعرّف الزينيا Xenia بأنها : ظاهرة تأثير حبوب اللقاح على صفات البذور ، ومن أبرز الأمثلة على ذلك .. تأثير حبوب اللقاح على صفات الإندوسبرم فى الذرة . وتفسر هذه الظاهرة من خلال فهمنا لعملية الإخصاب المزدوج ؛ حيث تخصب إحدى النواتين الذكريتين



شكل (٢ – ٧) : خطوات مقارنة البذرة فى كاسيات البذور (عن Weierوآخرين ١٩٨٤) .

النواتين القطبيتين ؛ لتكوّن نواة الإندوسبرم . ويظهر تأثير حبة اللقاح عندما تحتوى النواة الذكرية على جين سائد لإحدى صفات الإندوسبرم ، بينما تكون النواتان القطبيتان متنحيتين فى تلك الصفة ؛ حيث تظهر الصفة السائدة فى الإندوسبرم المتكون . ولهذه الظاهرة أهمية خاصة فى حقول إنتاج المحصول التجارى ، وإنتاج البذور فى كل من الذرة السكرية ، والذرة الشامية ؛ فيؤدى تلقيح نباتات الذرة السكرية – التى تكون أصيلة فى الجين المتنحى su ، الذى يجعل الإندوسبرم سكريًا – بحبوب لقاح من حقل ذرة شامية مجاور – تحمل الجين السائد Su الخاص بالإندوسبرم النشوى – إلى إنتاج حبوب يكون فيها الإندوسبرم ذا تركيب وراثى Su su su ، ونشويًا لايصلح للاستعمال كذرة سكرية ، بينما يكون جنين البذرة ذا تركيب وراثى خليط Su su ؛ وبذا .. لاتصلح البذور هى الأخرى كتقاوى ذرة سكرية . ويحدث الشئ ذاته عند تلقيح صنف من الذرة (الشامية أو السكرية) ذى بذور بيضاء بحبوب لقاح من صنف ذى بذور صفراء ؛ لأن جين اللون الأصفر سائد على جين اللون الأبيض . ومن الأمثلة الأخرى لظاهرة الزينيا .. تأثير حبة اللقاح على لون طبقة الأليرون alerone layer فى الذرة ؛ حيث يكون اللون القرمزى هو السائد ، وعلى شكل نواة ثمرة التمر ، وعلى صفات الجنين فى بعض الأحيان .

أما الميتازينيا Metaxenia فتعرف بأنها : ظاهرة تأثير حبة اللقاح على صفات أنسجة الثمرة ، وهى أنسجة أمية كلية ، ومن أمثلتها .. تأثير حبوب اللقاح على شكل الثمار فى التمر ، وحجمها ، وموعد نضجها . ومن الطبيعى أنه لايمكن تفسير هذه الظاهرة على أساس الإخصاب المزدوج ، بصورة مباشرة ؛ لأن أنسجة الثمرة تكون أمية . إلاّ أن W.Swingle عزاها إلى ذلك – ولكن بصورة غير مباشرة – بالنظر إلى أن الجنين والإندوسبرم ربما يفرزان –أثناء نموهما وتطورهما– هرمونات أو مواد شبيهة بالهرمونات ، يمكن أن تنتشر فى الأنسجة المحيطة بهما ؛ لتحدث التأثير المشاهد (بغدادى ١٩٥٥ ، Elliott ١٩٥٨) .

التلقيح وأهميته فى تربية النبات

تتحدد كثير من الأمور فى برنامج التربية ، كما تتحدد طريقة التربية ذاتها بطريقة التلقيح الشائعة فى الطبيعة للمحصول المراد تربيته ؛ لذا .. فإن دراسة هذا الأمر – بشئ من التفصيل – يعد أمرا ضروريًا للمربى .

تقسم المحاصيل الاقتصادية التى تتكاثر جنسيًا – حسب التلقيح السائد – إلى ثلاث مجموعات كما يلى :

١– ذاتية التلقيح Self-pollinated .. وهى التى تقل فيها نسبة التلقيح الخلطى غالباً عن ١٪ ، وإن كانت تصل –أحياناً– إلى ٥٪ .

٢– خلطية التلقيح جزئيًا Partially cross-pollinated .. وهى التى تزيد فيها نسبة التلقيح الخلطى على ٥٪ ، وقد تصل إلى ٩٠٪ .

٣– خلطية التلقيح بدرجة عالية .. وهى التى تزيد فيها نسبة التلقيح الخلطى على ٩٠٪ .

وقد جرى العرف على تقسيم النباتات إلى نباتات ذاتية التلقيح ، ونباتات خلطية التلقيح ، إلا أن تمييز فئة النباتات الخلطية التلقيح جزئيًا ذو أهمية خاصة للمربى ؛ لأنها لاتتأثر كثيراً – وربما لاتتأثر مطلقاً – بالتربية الداخلية inbreeding (وهى عملية التلقيح الذاتى الصناعى الذى يقوم به المربى) ، بينما تتدهور النباتات التى تزيد فيها نسبة التلقيح الخلطى على ٩٠٪ ، بدرجة متوسطة إلى شديدة بالتربية الداخلية ، ولكل ذلك اعتبارات ، لها أهميتها عند اختيار طريقة التربية المناسبة للمحصول ، كما سيأتى بيانه فى فصول لاحقة.

التلقيح الذاتى والعوامل المؤثرة عليه

يعرف التلقيح الذاتى self-pollination الطبيعى (أو autogamy) بأنه انتقال حبوب اللقاح من متوك الزهرة إلى ميسم الزهرة نفسها . أما من وجهة نظر المربى .. فإن التلقيح الذاتى يتسع ليضم – أيضاً – حالات انتقال حبوب اللقاح ، من متوك الزهرة إلى ميسم أية زهرة أخرى على نفس النبات ، (تعرف هذه الحالة باسم geitonogamy) ، أو أية زهرة من أى نبات آخر من السلالة الخضرية ذاتها ؛ لأن جميع نباتاتها تكون متماثلة تماماً فى تركيبها الوراثى . ويبدو أن حالات التلقيح الذاتى تعد أكثر تطوراً من حالات التلقيح الخلطى . يتطلب حدوث التلقيح الذاتى أن تحتوى الزهرة على أعضاء التذكير وأعضاء التأنيث معًا ، وهو مايعرف باسم bisexuality ، وأن تنضج أعضاؤها الجنسية فى وقت واحد ، وهو ما يعرف باسم homogamy .

إن التلقيح الذاتى التام لأمر نادر الوجود ؛ حيث تحدث –غالبًا– نسبة من التلقيح

الخلطى ، قد تصل إلى ٥٪ ، وأهم الظواهر التى تساعد على حدوث التلقيح الذاتى ما يلى :

١- عدم تفتح الزهرة إلا بعد حدوث التلقيح والإخصاب ، وهى الظاهرة التى تعرف باسم Cleistogamy . وتعد هذه الظاهرة قليلة الانتشار ، وهى توجد فى أزهار النورات القاعدية لنبات عشب كاليفورينا الأزرق Calfornia blue grass (واسمه العلمى *Danthonia californica*) ، وهى النورات التى تختفى - كلية - تحت غمد الورقة ، إلى أن تنضج البذور .

٢- حدوث تطورات معينة فى الأزهار - أثناء عمليتى التلقيح والإخصاب - ، تحدث بموجبها عملية التلقيح الذاتى ، وتعرف هذه الحالات باسم Effective Cleistogamy ، وهى أكثر شيوعًا من الحالة السابقة . وهى توجد -على سبيل المثال- فى القمح حيث تفرغ المتوك محتوياتها من حبوب اللقاح ، قبل أن تبرز من الزهرة ؛ وبذا .. فإنها تكون فارغة ، ولاتتوفر - من ثم - أية فرصة لحدوث تلقيح خلطى . كما يكون التلقيح الذاتى شبه مؤكد فى الطماطم ، على الرغم من أنه لايحدث إلا بعد تفتح الزهرة ؛ ذلك لأن المتوك تلتحم معا وتكوّن أنبوبة متكية ، تحيط بالقلم والميسم إحاطة تامة ، وتمنع بموجبها أية فرصة للتلقيح الخلطى . إلا أن استطالة القلم ، ووصول الميسم إلى قمة الأنبوبة المتكية ، أو بروزه منها (وهو ما يحدث بصورة طبيعية فى بعض السلالات البرية من الطماطم ، وبعض الأنواع القريبة من الجنس *Lycopersicon* ، ونتيجة لتأثير بعض العوامل البيئية فى الأصناف التجارية) تؤدى إلى حدوث نسبة من التلقيح الخلطى عند توفر الحشرات الملقحة . وأهم وسائل انتقال حبوب اللقاح - فى حالات التلقيح الذاتى- هى التلامس بين المياسم والمتوك المتفتحة ، وقوة الجاذبية الأرضية ، عندما تكون المياسم فى مستوى أدنى من مستوى المتوك .

تتأثر نسبة التلقيح الخلطى فى النباتات الذاتية التلقيح بالعوامل التالية :

١- مدى توفر الحشرات الملقحة ودرجة نشاطها .

٢- مدى وجود التيارات الهوائية ، التى تساعد على انتشار حبوب اللقاح فى بعض النباتات .

٣- درجة الحرارة السائدة ؛ حيث قد يؤدى انخفاض الحرارة إلى أقل من درجة التجمد بقليل إلى موت حبوب اللقاح دون التأثير على البويضات ؛ مما يزيد من فرصة حدوث التلقيح الخلطى .

وترجع أهمية التلقيح الذاتى التام إلى مايلى :

١- يمنع التلقيح الذاتى التام حدوث خلط وراثى بين التراكيب الوراثية المرغوب فيها ، وغيرها من التركيب الوراثية ؛ وبذا .. يساعد على حفظ صفات الأصناف ، والسلالات ، والنباتات المنتجة .

٢- يؤدى التلقيح الذاتي إلى الإبقاء على الطفرات الضارة ، محصورة فى نسل النبات الذى ظهرت فيه الطفرة فقط .

٣- كما يؤدى التلقيح الذاتى المستمر إلى سرعة اختفاء الطفرات الضارة المتنحية ، وسيأتى شرح الأساس الوراثى لذلك فى فصل لاحق .

ومن أمثلة النباتات الذاتية التلقيح ما يلى :

١- محاصيل الحقل : القمح - الأرز - الزمير - الشعير - الكتان - الدخان - الفول السودانى - فول الصويا .

٢- محاصيل الخضر : الخس - الهندباء - الطماطم - البسلة - الفاصوليا العادية - اللوبيا - فاصوليا المنج .

٣- الفاكهة : الأصناف المحلية من التفاح والكمثرى والخوخ - معظم الأصناف الأجنبية من الخوخ- بعض أصناف البرقوق الأوروبى واللوز - أصناف قليلة من البرقوق اليابانى- معظم أنواع الموالح - السفرجل - النكتارين - المشمش - الكريز المر - العنب الأوروبى - العنب الأمريكى - الرمان - الجوافة - البشملة (Allard ١٩٦٤ ، Chaudhari ١٩٧١ ، عبد العال ١٩٧٧) .

التلقيح الخلطى والعوامل المؤثر عليه

يعرف التلقيح الخلطى cross-pollination أو allogamy بأنه انتقال حبوب اللقاح من متك زهرة إلى ميسم زهرة على نبات آخر . وتوجد أربع وسائل رئيسية لانتقال حبوب اللقاح من المتوك إلى المياسم فى حالات التلقيح الخلطى ، هى : الانتقال بالماء hydrophily فى النباتات المائية ، وبالحيوانات zoophily ، وبالهواء anemophily ، وبالحشرات entomophily . وتعد الوسيلتان الأخيرتان أهم وسائل التلقيح الخلطى فى النباتات الاقتصادية ، ولكل من النباتات الهوائية التلقيح والحشرية التلقيح خصائصها المميزة .

تتميز النباتات الهوائية التلقيح بأنها تنتج أعداداً ضخمة من حبوب اللقاح الصغيرة الجافة ، كما تتميز بأن أزهارها صغيرة وغير مميزة ، كما تكون مياسمها طويلة ، ومتفرعة، أو ريشية ؛ بغرض زيادة فرصة وصول حبوب اللقاح إليها ، ومن أمثلتها .. نباتات البكان ، والجوز ، والفستق ، والزيتون ، والكستنا (أبو فروة) ، والبندق ، والسبانخ ، والبنجر والسلق ، والذرة . يعتمد نجاح التلقيح فى هذه النباتات على إنتاجها أعداداً هائلة من حبوب اللقاح ؛ فنجد – مثلاً – أن نبات الذرة الواحد ينتج نحو ٢٥ مليون حبة لقاح ، أو حوالى ٢٥ ألف حبة لقاح لكل بويضة فى النورة المؤنثة ، أو حوالى ٦٨٠٠ حبة لقاح لكل سنتميتر مربع من سطح الأرض بالحقل .

أما النباتات الحشرية التلقيح .. فإما أن تكون أزهارها ذات بتلات كبيرة ملونة ، وإما أن تكون لها قنابات كبيرة ملونة لجذب الحشرات ، كما أنه توجد بها غدد رحيقية ، تفرز سكريات ، ومواد أخرى لجذب الحشرات . توجد هذه الغدد فى مكان معين من الزهرة ، يسمح بأن يلامس جسم الحشرة ميسم الزهرة ، عندما تقوم الحشرة بجمع حبوب اللقاح التى تكون كبيرة غالبًا ، ولزجة أحياناً ، ومن أمثلتها : عباد الشمس ، والقرطم ، والقنّب ، والخرشوف ، واليقدونس ، والرويارب ، والكرنب ، والبصل ، والجزر ، والقرعيات ، ومعظم أصناف البرقوق اليابانية والأمريكية ، والأزاليا ، والبنفسج ، وبعض أصناف الخوخ ، والكاكى ، والسابوتا .

يتأثر التلقيح الحشرى بعدة عوامل ، من أهمها ما يلى :

١- مدى تواجد الحشرات الملقحة ، وأعدادها بالنسبة للأزهار .

٢- العوامل البيئية التى تؤثر فى درجة نشاط الحشرات الملقحة . وتعد درجة الحرارة أهم هذه العوامل ؛ حيث ينخفض نشاط النحل بشدة فى درجة حرارة ١٠م ، ولايمكنه الطيران فى درجة حرارة ٤,٤م ، بينما يزداد نشاطه -تدريجيًا- بارتفاع الحرارة عن تلك الحدود .

٣- العوامل الوراثية التى يكون لها تأثير مباشر فى نسبة التلقيح الخلطى من خلال تأثيرها فى موضع الأزهار ، والحجم النسبى للأعضاء الجنسية فى الزهرة ، وسرعة الإزهار ووقت تفتح الزهرة ، ومدى جاذبيتها للحشرات (عن Fryxall ١٩٥٧) ؛ فنجد – على سبيل المثال – أن نسبة التلقيح الخلطى تختلف فى أصناف فاصوليا الليما من أقل من ١٪

لتصل إلى ١٠٠٪ ؛ ويرجع ذلك إلى الاختلافات الوراثية بين الأصناف ، كما تتأثر النسبة فى الصنف الواحد باختلاف الظروف البيئية . كذلك يعرف جين واحد مُتنحٍ فى فول الصويا ، يقلل من حيوية حبوب اللقاح ؛ مما يؤدى إلى زيادة نسبة التلقيح الخلطى من أقل من ١٪ ليصل إلى نحو ١٠٪ (Bernard & Jaycox ١٩٦٩) .

ويحدث التلقيح الخلطى فى النباتات ؛ نتيجة لتميزها بظواهر معينة ، تزيد بعضها من فرصة حدوث التلقيح الخلطى ، ويحتم البعض الآخر حدوثه كما يلى :

١- الظواهر التى تحتم حدوث التلقيح الخلطى :

يكون من المحتم حدوث التلقيح الخلطى فى الحالات التالية ؛ نظرا لاستحالة حدوث التلقيح الذاتى فى أى منها :

(أ) عندما يكون المحصول وحيد الجنس ثنائى المسكن dioecious ، أى توجد منه نباتات مذكرة ، وأخرى مؤنثة كما فى نخيل التمر ، والسبانخ ، والهليون .

(ب) عندما توجد ظاهرة العقم الذكرى male sterility ؛ حيث لايكون النبات قادراً على إنتاج حبوب لقاح ، أو أنه ينتج حبوب لقاح ضامرة ، وعديمة الحيوية .

(جـ) عندما توجد ظاهرة عدم التوافق الذاتى self-incompatibility ؛ حيث ينتج النبات حبوب لقاح خصبة ، إلا أنها تكون غير قادرة على إخصاب بويضات الزهرة نفسها أو أية زهرة أخرى على النبات نفسه .

٢- الظواهر التى تزيد من فرصة حدوث التلقيح الخلطى :

تزيد الظواهر التالية من فرصة حدوث التلقيح الخلطى ، ولكنها لاتحتم حدوثه :

(أ) ظاهرة استعداد المياسم للتلقيح ، وانتثار حبوب اللقاح بعد تفتح الزهرة Chasmogamy .

(ب) ظاهرة اختلاف مواعيد نضج أعضاء الزهرة الجنسية Dichogamy ، كأن تنضج المتوك ، وتنثر حبوب اللقاح قبل استعداد المياسم لاستقبالها ، وهى الظاهرة التى تعرف باسم Protandary ، كما فى الجزر والبنجر ، أو أن تستعد المياسم لاستقبال حبوب اللقاح قبل تفتح المتوك ، وهى الظاهرة التى تعرف باسم Protogyny ، كما فى الأفوكادو . وعلى

الرغم من أن التلقيح الذاتي للزهرة الواحدة غير ممكن في كلتا الحالتين .. إلا أنه لايوجد ما يمنع من حدوث التلقيح بين أزهار مختلفة من النبات نفسه .

(جـ) عندما يختلف مستوى الميسم ، بالنسبة لمستوى المتوك في الزهرة الواحدة ، وهي الظاهرة التي تعرف باسم Heterostyly .

(د) عندما يكون المحصول وحيد الجنس ، وحيد المسكن Monoecious ، وهي الحالة التي يحمل فيها نفس النبات أزهاراً مذكرة ، وأخرى مؤنثة ، وهو الأمر الذي يزيد -كثيراً- من فرص حدوث التلقيح الخلطي ، ولكنه لايمنع حدوث التلقيح الذاتي بين الأزهار المختلفة على النبات ذاته .

(هـ) وجود ظواهر خاصة ، أو عوامل وراثية معينة ، في أصناف دون غيرها ، كما سبق بيانه بالنسبة لفاصوليا الليما ، وفول الصويا . ومن أمثلة الظواهر الخاصة بالمحصول.. أن ميسم الزهرة في البرسيم الحجازي لايمكنه استقبال حبوب اللقاح ، إلابعد أن يتمزق الغشاء الذي يحيط به ؛ حيث تنمو الأسدية والمتاع داخل ورقة زهرية غشائية ، تحيط بهم تحت ضغط كبير ، إلى أن يتمزق هذا الغشاء بفعل حركة النحل عليه . حينئذ.. يندفع الميسم والأسدية نحو الخارج ؛ مما يؤدي إلى التصاق بعض حبوب اللقاح بجسم النحلة، وهو ما يساعد على حدوث التلقيح الخلطي حينما يزور النحل أزهاراً أخرى . يعد التلقيح الخلطي أكثر شيوعًا في المملكة النباتية من التلقيح الذاتي ، وفيما يلي .. أمثلة لحالات التلقيح الخلطي المختلفة :

١- محاصيل خلطية التلقيح جزئيًا ، وهي التي تتراوح فيها نسبة التلقيح الخلطي من ٥ إلى ٩٠٪ ، ومن أمثلتها القطن و الذرة الرفيعة و الفلفل والباذنجان والكرفس والفول الرومي وفاصوليا الليما والخيار والكوسة والشمام والبطيخ والشليك (وتعد المحاصيل الخمسة الأخيرة وحيدة الجنس ؛ وحيدة المسكن) .

٢- محاصيل خلطية التلقيح بدرجة عالية ، وهي التي تزيد فيها نسبة التلقيح الخلطي على ٩٠٪ ، ومن أمثلتها مايلي :

(أ) نباتات وحيدة الجنس ثنائية المسكن ؛ مثل : السبانخ والهليون والفستق والباباظ والنخيل .

(ب) نباتات وحيدة الجنس وحيدة المسكن ؛ مثل : الذرة والبكان والبندق وأبو فروة والعنب والجوز .

(جـ) نباتات غير متوافقة ذاتيًا أو كليًا ؛ مثل : الزيتون ومعظم الأصناف الأمريكية من التفاح والكمثرى ومعظم أصناف البرقوق اليابانى والأوروبى والكريز الحلو وبعض أصناف اللوز والمانجو والزبدية (الأفوكادو) واللوز والكرنب والقنبيط وكرنب بروكسل والبروكولى والكولارد والكرنب الصينى والكيل وكرنب أبو ركبة والفجل واللفت والروتاباجا والبنجر والشيكوريا والبطاطا والشيلم .

(د) نباتات يوجد فيها تفاوت فى موعد نضج الأعضاء الجنسية بالزهرة ؛ مثل : الجزر والبصل .

وتوجد - بالإضافة إلى ماسبق بيانه - محاصيل يعتمد إنتاجها الاقتصادى على الإنسان الذى يقوم بعملية التلقيح الصناعى لها ؛ مثل النخيل ، والقشطة ، وبعض أصناف الجوز والبكان ، وبعض أصناف التين (وهو وحيد الجنس ثنائى المسكن) . كما توجد فواكه تتوالد بكريًا ، ولاتحتاج إلى تلقيح ؛ مثل الموز (وهو وحيد الجنس وحيد المسكن) و بعض أصناف التفاح والكمثرى والكاكى و الجميز و الأناناس (Allard ١٩٦٤، Bleasdale ١٩٧٣ ، عبد العال ١٩٧٧) . ولمزيدٍ من التفاصيل عن طرق التكاثر وأسباب حدوث التلقيح الخلطى فى النباتات المزروعة .. يراجع Fryxall (١٩٥٧) .

تقدير نسبة التلقيح الخلطى

يتطلب الأمر لتقدير نسبة التلقيح الخلطى فى محصولٍ ما .. أن تفحص الأجزاء الزهرية للنباتات - أولا - لتعرف إن كان بها أية ظاهرة من الظواهر التى تحتم التلقيح الذاتى ، أو تشجع عليه ، أو تلك التى تحتم التلقيح الخلطى ، أو تشجع عليه . كما تفيد زراعة النباتات التى تكون أزهارها كاملة (أى التى تكون بها أعضاء التذكير وأعضاء التأنيث) مفردة فى معزل ، أو تكييسها ؛ لمنع وصول الحشرات الملقحة إليها ؛ لأنها إن لم تعقد بذوراً تحت هذه الظروف .. فإن ذلك يعنى أنها خلطية التلقيح فى الطبيعة ، أما إذا عقدت بذوراً .. فإن ذلك يعنى أن التلقيح الذاتى ممكن ، ولكنه ربما لايكون هو القاعدة تحت الظروف الطبيعية . وأفضل الأمثلة على ذلك .. النباتات الوحيدة الجنس ، الوحيدة المسكن الهوائية التلقيح ؛ فهذه النباتات قد تعقد بذوراً إذا زرعت فى معزل عن بعضها ، رغم أنها تكون خلطية التلقيح فى الطبيعة .

وتقدر نسبة التلقيح الخلطى فى محصول ما باختيار صنفين ، يتفقان فى موعد إزهارهما ، ويختلفان فى إحدى الصفات الوراثية البسيطة ، التى تعطى تأثيراً مظهرياً واضحاً فى طور البادرة ، ويزرعان متجاورين فى خطوط متبادلة . وتفضل أن تكون زراعتهما بالتبادل فى نفس الخط ، وفى الخطوط المتجاورة ؛ بحيث يكون كل نبات – من أى من الصنفين – محاطاً من الجهات الأربع بنباتات من الصنف الآخر . وتحصد البذور فى نهاية الموسم من نباتات الصنف الذى يحمل الصفة المتنحية ، ثم تزرع فى الموسم التالي ؛ فتكون كل النباتات الحاملة للصفة السائدة قد جاءت بذورها من تلقيح خلطى . وتحسب نسبة التلقيح الخلطى على حسبان أنها ضعف نسبة النباتات ، التى تكون حاملة للصفة السائدة ؛ ذلك لأن نباتات كل صنف تمثل نصف عدد النباتات فى الحقل ؛ فإذا وصل نبات معين من الصنف الذى يحمل الصفة المتنحية (aa) ١٠٠ حبة لقاح من الصنف الذى يحمل الصفة السائدة (AA) .. فمن المتوقع أن يصل إليه – أيضاً – ١٠٠ حبة لقاح من النباتات الأخرى التى تحمل الصفة المتنحية (وهو ما يعد تلقيحاً خلطياً كذلك) ، إلا أن التلقيح الخلطى مع النباتات التى تحمل الصفة السائدة .. يعطى نسلاً ذا تركيب وراثى Aa ، تظهر به الصفة السائدة ، بينما يعطى التلقيح الخلطى -مع النباتات التى تحمل الصفة المتنحية – نسلاً ذا تركيب وراثى aa ، لايمكن تمييزه عن النسل الناتج من التلقيح الذاتى .

الجنس فى النباتات

حالات الجنس

إن الأزهار إما أن تكون خنثى hermiphroditic (أيضاً bisexual ، و perfect وmonoclinous) ، وإما أن تكون مذكرة staminate (أيضاً male) ، وإما تكون مؤنثة pistillate . (أيضاً: female ، و carpellate) . أما النباتات .. فإنها تقسم – حسب حالة الجنس – إلى الفئات التالية :

١– نباتات تحمل أزهاراً كاملة فقط ؛ مثل : التفاح والكمثرى والخوخ والبرقوق والليمون والبرتقال واللوز والكرنب والفجل والجزر والكرفس والبطاطا والطماطم والفلفل والباذنجان والفول والبامية والبسلة والورد والأراولا والقرنفل والبنفسج والقمح والأرز .

٢- نباتات وحيدة الجنس وحيدة المسكن monoecious ، أى تحمل أزهاراً مذكرة ، وأخرى مؤنثة ؛ مثل : البكان والجوز والبندق وأبو فرورة والخيار والكوسة والذرة .

٣- نباتات تحمل أزهاراً كاملة ، وأخرى مذكرة andromonoecious ، كما فى بعض أصناف القاوون والبطيخ .

٤- نباتات تحمل أزهاراً كاملة وأخرى مؤنثة gynomonoecious كما فى بعض سلالات القرعيات .

٥- نباتات تحمل أزهاراً كاملة ، وأزهاراً مؤنثة ، وأزهاراً مذكرة trimonoecious كما فى بعض سلالات القرعيات .

٦- نباتات تحمل أزهاراً مذكرة فقط ، كما فى بعض سلالات الخيار .

٧- نباتات تحمل أزهاراً مؤنثة فقط ، كما فى بعض أصناف الخيار.

وبالإضافة إلى ماتقدم .. فإن العشائر النباتية لمحصول ما .. قد تكون من أى من الفئات السابقة الذكر (من ١-٧) ، أو قد تتكون العشيرة من نباتات مذكرة ، وأخرى مؤنثة أى تكون وحيدة الجنس ثنائية المسكن dioecious (كما فى السبانخ والهليون ونخيل التمر والكاكى وبعض أصناف عنب البسكات) ، أو قد تتكون من نباتات مذكرة ، ونباتات تحمل أزهاراً كاملة ؛ أى تكون androdioecious ، أو تتكون من نباتات مؤنثة، ونباتات تحمل أزهاراً كاملة ؛ أى تكون gynodioecious (Frankel & Galun ١٩٧٧) .

وراثة الجنس فى النباتات

تتنوع حالات تعيين ووراثة الجنس فى النباتات كما يلى :

١- السبانخ :

يتحدد الجنس فى السبانخ بكروموسومى الجنس X ، و Y ؛ حيث تكون النباتات المؤنثة XX و المذكرة XY . كما توجد جينات محوّرة على الكروموسومات الأخرى للنبات (وهى الكروموسومات الجسمية autosomes) ، يؤدى وجودها إلى ظهور حالات جنسية وسطية بين النباتات المذكرة والمؤنثة (عن Duvic ١٩٦٦) .

٢- الخيار المؤنث gynoecious cucumber :

يؤدى وجود عامل وراثى واحد سائد إلى تحويل الخيار من نبات وحيد الجنس وحيد

المسكن إلى نبات ينتج أزهاراً مؤنثة فقط .

٣- الهليون :

يعد الهليون من النباتات الوحيدة الجنس الثنائية المسكن ، وتبعاً لدراسات Rick & Hanna (عن Ellison ١٩٨٦) .. فإن جنس الهليون يورث كما لو كان محكوماً بعامل وراثى واحد سائد لصفة الذكورة . كما أمكن التعرف على اختلافات سيتولوجية فى زوج الكروموسوم الخامس للنبات ، ترتبط بحالة الجنس ؛ وبذا .. تعرف النباتات المؤنثة بأنها XX ، بينما تعرف النباتات المذكرة بأنها XY .

٤- الذرة :

تعد الذرة نباتاً وحيد الجنس ، وحيد المسكن . وقد ظهرت طفرة متنحية ، يؤدى وجودها فى حالة أصيلة bs bs إلى أن تصبح القولحة خالية من البنور barren stalk ، وتكون النورة المؤنثة خالية من الحريرة ، ومبايض أزهارها عقيمة ، ولاتنتج بها حبوب ؛ وبذا .. يصبح النبات مذكراً . كما ظهرت طفرة متنحية أخرى ، يؤدى وجودها فى حالة أصيلة كذلك ts ts إلى استبدال الأزهار فى النورة المذكرة بأزهار مؤنثة ، وينتج فيها حبوب ؛ وبذا .. يصبح النبات مؤنثاً ، وينتج حبوباً فى النورتين : الجانبية ، والطرفية . ويتفوق الجين ts فى تأثيره على الجين bs ؛ بحيث يمكن تميز التراكيب الوراثية والأشكال المظهرية التالية :

التركيب الوراثي	الشكل المظهر
Bs - Ts -	وحيد الجنس وحيد المسكن
bs bs Ts -	مذكر
Bs - ts ts	مؤنث
bs bs ts ts	مؤنث

ويعنى ذلك .. أنه يمكن إنتاج سلالة من الذرة وحيدة الجنس ثنائية المسكن ، تكون فيها النباتات المذكرة bs bs TS ts ، والمؤنثة bs bs ts ts ، ويكون النبات المذكر هو المسئول عن تعيين الجنس ؛ لأنه ينتج نوعين من الجاميطات . ويؤدى الإكثار من هذه السلالة إلى

المحافظة على نفس النسبة الجنسية فى النسل بشكل دائم (عن Burns ١٩٨٣) .

ويمكن الرجوع إلى مزيد من التفاصيل عن وراثة الجنس فى النباتات الوحيدة الجنس الثنائية المسكن فى Westergaard (١٩٥٨) .

النسبة الجنسية وأهميتها

يعد عدد العقد على الساق – حتى ظهور أول زهرة مؤنثة ، أو خنثى فى القرعيات – من الصفات الوراثية الثابتة لكل صنف ، وكلما قربت أول عقدة تحمل زهرة مؤنثة ، أو خنثى من قاعدة الساق .. دل ذلك على ارتفاع نسبة الأزهار المؤنثة ، أو الخنثى إلى الأزهار المذكرة . وكل العوامل التى تزيد نسبة الأزهار المؤنثة تؤدى بطبيعة الحال إلى ظهور أول زهرة مؤنثة على عقدة أقرب لقاعدة الساق . وعلى العكس من ذلك .. فإن كل العوامل التى تزيد من نسبة الأزهار المذكرة .. تؤدى إلى ظهور أول زهرة مؤنثة على عقدة بعيدة عن قاعدة الساق. وترجع أهمية النسبة الجنسية إلى أن الأزهار المؤنثة هى التى تنتج الثمار ، وهي تتأثر بحالة النبات ، وبالظروف البيئية ، ومعاملات منظمات النمو .

فكلما كثر عدد الثمار التى يحملها النبات فى وقت واحد .. اتجه النبات نحو تكوين أزهار مذكرة . ونجد – بصفة عامة – أن ظروف الحرارة المنخفضة ، والإضاءة الضعيفة ، والنهار القصير .. تؤدى إلى زيادة نسبة الأزهار المؤنثة ، بينما تؤدى ظروف الحرارة المرتفعة ، والإضاءة العالية ، والنهار الطويل إلى زيادة نسبة الأزهار المذكرة .

وتؤدى معاملة نباتات القرعيات – فى طور مبكر من النمو بالماليك هيدرازيد بتركيز ٢٥٠ – ٥٠٠ جزء فى المليون ، أو بالأوكسينات مثل نفثالين حامض الخليك NAA بتركيز ١٠٠ جزء فى المليون ، و ٢ ، ٣ ، ٥ – ثلاثى يوديد حامض البنزويك 2,3,5 - triiodobenzoic acid بتركيز ٢٥ جزءاً فى المليون – إلى زيادة نسبة الأزهار المؤنثة ، إلا أن أكثر منظمات النمو تأثيراً فى هذا الشأن هو الإيثيفون Ethephon ؛ حيث تؤدى رشة واحدة أو عدة رشات منه –بتركيز ١٢٥ – ٢٥٠ جزءاً فى المليون فى مراحل نمو وتكوين الورقة الحقيقية الأولى حتى الخامسة – إلى إحداث زيادة جوهرية فى نسبة الأزهار المؤنثة أو الكاملة ، بينما يقل –أو ينعدم– ظهور الأزهار المذكرة على العقد الخمس عشرة الأولى ، ثم تعود النباتات إلى حالتها الطبيعية بعد ذلك .

وتؤدى هذه المعاملة إلى زيادة المحصول المبكر ، والمحصول الكلى فى القرعيات ، خاصة فى المحاصيل التى تقطف ثمارها وهى صغيرة ؛ مثل الكوسة والخيار ، كما يمكن الاستفادة من التأثير الذى تحدثه هذه المعاملة عند إنتاج هجن القرعيات ؛ حيث تعامل نباتات خطوط الأمهات ، وتؤخذ البذور من الثمار التى تعقد أولا (de Wilde ١٩٧١)

وعلى العكس من التأثير الذى تحدثه منظمات النمو الى سبق ذكرها .. فإن معاملة القرعيات بحامض الجبريلليك وGA ، وبعض الجبريللينات الأخرى .. يؤدى إلى إحداث زيادة كبيرة فى نسبة الأزهار المذكرة . وتفيد هذه المعاملة عند إكثار بذور الأصناف المؤنثة gynoccious ؛ حيث تؤدى إلى جعل هذه الأصناف وحيدة الجنس وحيدة المسكن فى مراحل نموها الأولى ؛ وبذلك .. يمكن أن تعقد الثمار ، وتتكون فيها بذور تحمل أجنتها الصفة الوراثية للنباتات المؤنثة لزراعتها تجارياً . وتجدر الإشارة إلى أن هذه الأصناف ، إما أنها تعقد بكرياً ؛ فلاتحتاج إلى ملقحات فى الحقول التجارية ، وإما أن بذورها تخلط بنسبة ١٠-١٢/ ببذور سلالة أخرى من الصنف نفسه ، ولكنها تكون وحيدة الجنس وحيدة المسكن ؛ لتوفير حبوب اللقاح اللازمة للتلقيح .