هى restorer lines التى تلزم لاستعادة الخصوبة فى الـ A-lines). ويتطلب إنتاج وإكثار هذه السلالات (A، و B، و R) وقتًا. وجهدًا ومساحات كبيرة لتوفير العزل المناسب لها. كما أن استعمال الـ A-lines سريعًا ما يؤدى إلى تضييق القاعدة الوراثية النووية والسيتوبلازمية فى الهجن المنتجة، ويحدث ذلك أيضًا بفعل الـ R-lines. هذا بينما نجد أن المتطلب الوحيد اللازم لإنتاج هجين لاإخصابى هو توفر أم لديها بعض القدرة على التكاثر الجنسى وتكون متوافقة مع أب لاإخصابى التكاثر يستعمل كمصدر لحبوب اللقاح. ونجد فى الأنواع ذات التكاثر اللاإخصابى أن توفر الأم التى يمكن أن تتكاثر جنسيًا هو العامل المحدد، وعندما ينقل جين (أو جينات) التكاثر اللاإخصابى إلى نوع جنسى التكاثر، فإن كل جيرمبلازم هذا النوع تصلح كأمهات لإنتاج هجن تجارية.

٢ – يثبت التركيب الوراثى لأى هجين لاإخصابى التكاثر فى صورة جيل أول، كما أن كل تركيب وراثى لاإخصابى هجين يمكن أن يصبح صنفًا جديدًا. ولا تفقد قوة الهجن باستمرار التكاثر اللاإخصابى على غير الحال فى التكاثر الجنسى.

٣ – للتكاثر بالبذور الحقيقية التى تحتوى على أجنة لاإخصابية مزايا كثيرة مقارنة بطرق التكاثر الخضرى الأخرى، منها الحد من انتشار الأمراض، وخفض تكلفة التخزين، والشحن، والزراعة؛ نظرًا لعدم الاعتماد على الأجزاء الخضرية – مثل الدرنات والجذور والأبصال ... إلخ – فى الزراعة.

٤ – تمكن ظاهرة التكاثر اللاإخصابى مربى النبات من هندسة النباتات، حيث تسمح بإنتاج تراكيب وراثية ذات صفات معينة، مثل الجودة، والاستجابة للمعاملات الزراعية. وموعد النضج مع ثبات ظهور الصفات من سنة لأخرى؛ كما يمكن خلط مجموعة من التراكيب الوراثية معًا فى توافيق مختلفة لتحقيق التباينات الوراثية التى تحقق أهدافًا خاصة.

٥ – تحقق الأصناف التى تتكاثر لاإخصابيًا طفرة جديدة فى طريقة إنتاج التقاوى وتسويقها .. هى بالتأكيد فى صالح المزارعين (عن Hanna ١٩٩٥).

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، وما يتبع 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 وراثيًّا 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 محصول ما دورًا كبيرًا 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 ضروريًّا لتفهم كثير من الأمور التى تبنى عليها قواعد توارث الصفات، وقواعد تربية النباتات.

ويتضمن الانقسام الميوزى (شكل ٢–٤) 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:

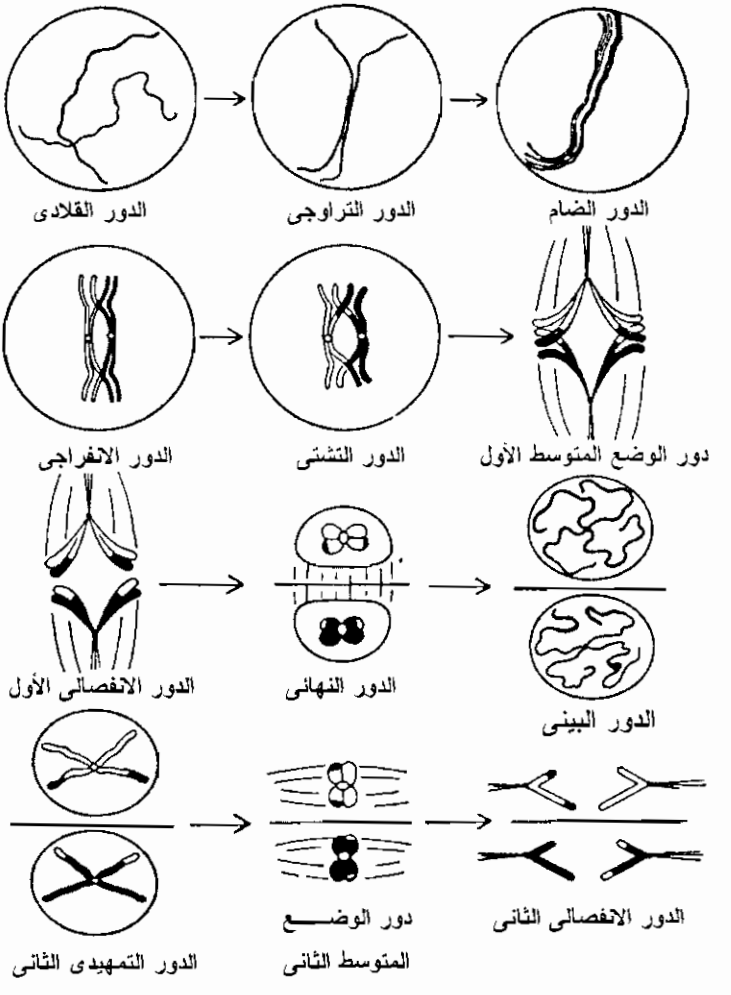
أ – الدور التمهيدى الأول First Prophase:

(١) الدور القلادى Leptotene:

تظهر الكروموسومات على هيئة خيوط رفيعة جدًّا، غير منشقة طوليًّا، وموزعة فى النواة بدون أى نظام.

(٢) الدور التزاوجى Zygotene:

يقترب كل كروموسومين متماثلين من بعضهما حتى يصبحا زوجًا واحدًا. وتعرف هذه الظاهرة بالاقتران synapsis.



شكل (٢-٤): خطوات الانقسام الميوزى (عن Briggs & Knowles ١٩٦٧).

(٣) الدور الضام Pachytene:

تلتف أزواج الكروموسومات المقترنة حول بعضها وتعرف كل وحدة ثنائية الكروموسوم باسم bivalent، ويكون عددها مساويًا للعدد الأحادى من الكروموسومات. ويزداد قصر الكروموسومات، كما تزداد فى السمك. وفى منتصف هذا الدور .. ينشق كل كروموسوم طوليًا، 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 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 الكيزامات نحو أطراف الكروموسومات، وهى الحركة التى تعرف باسم الانزلاق teminalization.

(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 ذوات الفلقة الواحدة .. تنقسم الخلية إلى خليتين ملتصقتين ببعضهما، ولكن ربما لا يحدث الانقسام السيتوبلازمى، مع بقاء النواتين الجديدتين فى قطبى الخلية.

٢ – الانقسام الميوزى الثانى

أ – الدور التمهيدى الثانى Second Prophase:

تظهر الوحدات الثنائية الكروماتيدة طويلة نوعًا، 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 – أيضًا – 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، لكل 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 أمرًا ضروريًّا للمربى، لكى يحسن تداولها.

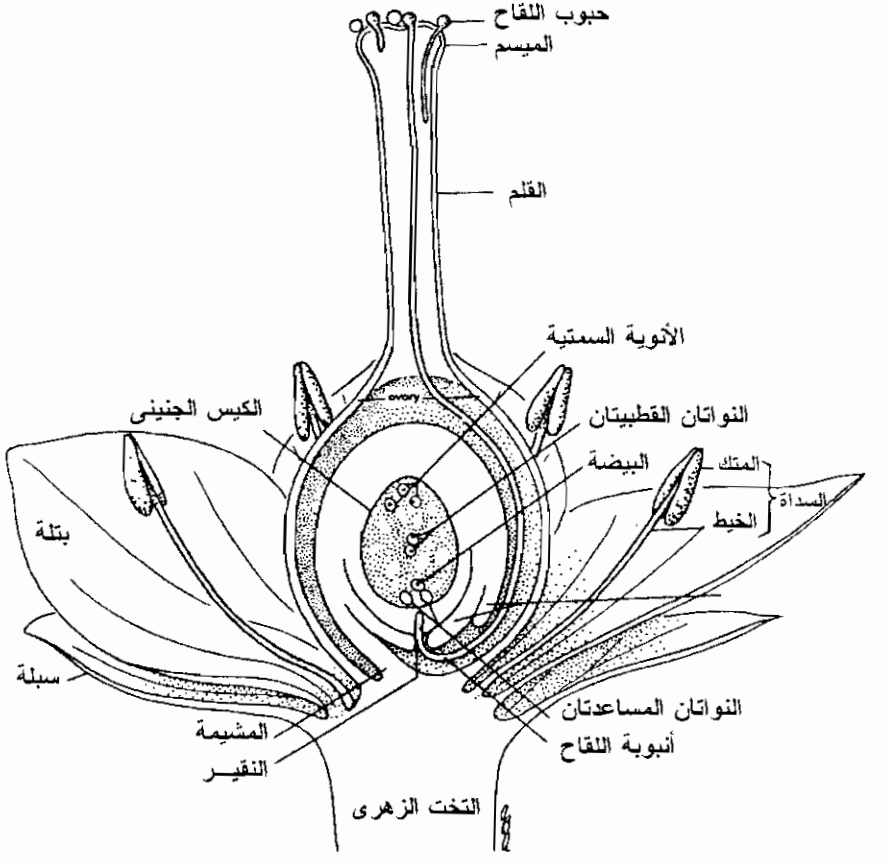
يُعرِّف النباتيون الزهرة بأنها: فرع قصير لا تظهر به سلاميات واضحة، ويحمل أوراقًا متزاحمة، تحورت لغرض التكاثر. وتنشأ الزهرة – عادة – فى إبط ورقة، تسمى قنابة bract، قد تشبه الأوراق العادية، أو تكون حرشفية، أو ملونة. وقد تكون الزهرة جالسة sessile (أى بدون عنق)، أو معنقة. وقد تظهر على عنق الورقة أوراق صغيرة، 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 (شكل ٢–٥).

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 متساقطًا – حيث تسقط السبلات بعد عقد الثمرة – أو مستديمًا – حيث تنمو أوراقه مع الثمرة كما فى الطماطم، كما قد تكون السبلات منفصلة، أو ملتحمة. ويوجد – أحيانًا – 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.



شكل (٢-٥): أجزاء الزهرة وعملية الإخصاب.

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 دورًا جوهريًا - غير مباشر - فى التطورات التالية للإخصاب، وأن إلحاق الضرر بهما - قبل تفتح الزهرة - يؤثر تأثيرًا 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 منتفخًا 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 layer 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 لا يوجد بالجدر الخارجية، والثانى هو أن الطبقة الليفية ينعدم وجودها على طول الخط الذى 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، إلا أنها 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 منها اسم المشيمة placentae. وقد يتركب المتاع من كربلة واحدة، أو من عدة كرابل منفصلة أو متحدة. وعندما يتركب المتاع من عدة كرابل متحدة .. فإنه يسمى متاعًا بسيطًا.

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 – أحيانًا – 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 تتركب من الكيس الجنينى embryo sac فى المركز يحيط به نسيج النيوسيلة nucellus. ويغطى نسيج النيوسيلة بغلافين بويضيين integuments، ينفذ خلالهما ثقب، يصل ما بين 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 مستقيمًا). 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 الخارجى. ويقع النقير على جانب الحبل السرى مواجها للمشيمة .. وتلك هى أكثر أنواع البويضات شيوعًا.

جـ – البويضة الكلوية Campylotropous: يكون فيها الكيس الجنينى منحنيًا، 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 مفلطحًا. وتترتب عليه الأجزاء الزهرية فى مستوى واحد تقريبًا. كما قد يكون التخت الزهرى مقعرًا. ويضم المبيض داخله، ويكون مستواه منخفضًا عن مستوى بقية المحيطات الزهرية. وتبقى الزهرة – بالرغم من ذلك – محيطية المتاعية، لأن جدار المبيض لا يكون ملتحمًا مع التجويف الداخلى للتخت الزهرى.

جـ – فوق متاعية Epigynous: يكون فيها التخت الزهرى مقعرًا، ويحتوى على المبيض داخله. ويكون الالتحام بينهما كاملاً. أما بقية المحيطات الزهرية .. فإنها تكون فى مستوى مرتفع عن مستوى المبيض، أى يكون المبيض سفليًا (عن عبدالعزيز 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 أحادية المجموعة الكروموسومية كذلك.

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 توجد 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. ونظرًا 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.

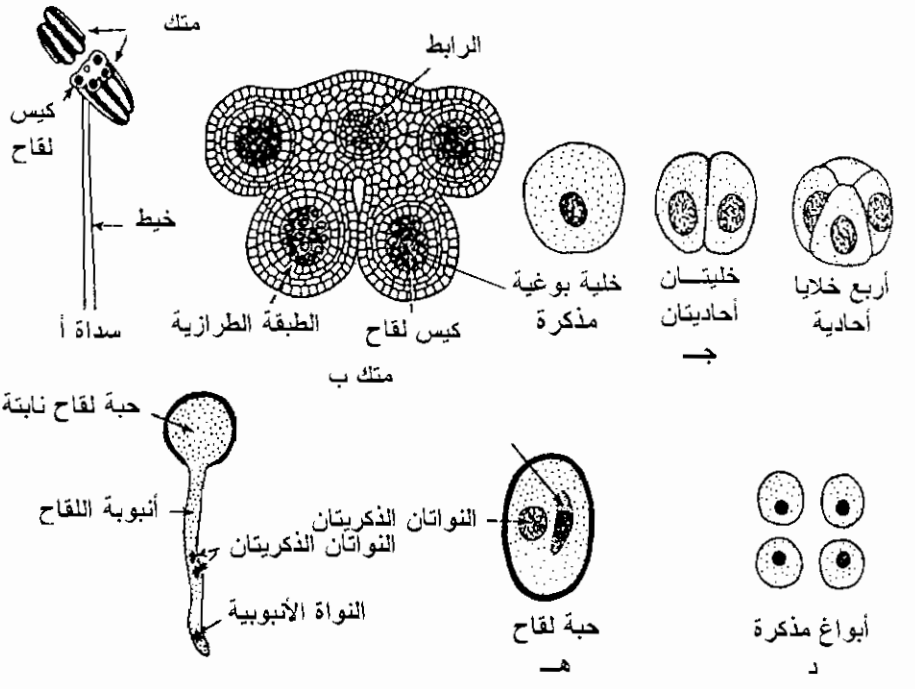
يبدأ تكوين حبوب اللقاح بإنقسام كل خلية من الخلايا الوالدة المذكرة الموجودة فى

كيس اللقاح انقسامًا ميوزيًّا، لتعطى أربع خلايا أحادية المجموعة الكروموسومية. يطلق عليها اسم الأبواغ المذكرة. تبقى الأبواغ الأربعة الناتجة من كل خلية والدة مذكرة متصلة ببعضها بجدر رقيقة 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 سميكًا، وبه ثقوب، يختلف عددها تبعًا للنوع النباتى. أما الجدار الداخلى .. فيكون غشائيًّا 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 ميتوزيًّا، معطية 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 – انقسامًا ميتوزيًّا إلى نواتين تناسليتين، لكن ذلك لا يحدث – فى كثير من النباتات – إلا بعد تكوين أنبوبة اللقاح. ويعنى ذلك أنه يوجد دائمًا ثلاث أنوية أحادية المجموعة الكروموسومية فى حبة اللقاح عند إنباتها. وتكون النواة الخضرية فى المقدمة دائمًا؛ لأنها تنظم أنبوبة اللقاح، وإذا حدث لها أى ضرر .. يتوقف نمو أنبوبة اللقاح (شكل ٢–٦).

تكوين الجاميطات المؤنثة (البويضات)

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 – ميتوزيًّا – إلى خليتين، إحداهما خارجية وتكوّن النسيج المغذى، والأخرى داخلية .. وتصبح الخلية الوالدة للجرثومة الكبيرة mother cell megaspore، وهى ثنائية المجموعة الكروموسومية، وتدخل فى انقسام ميوزى؛ لتعطى أربع خلايا مرتبة رأسيًّا. تكون كل منها أحادية المجموعة الكروموسومية (شكل ٢–٧)؛ وبذا .. ينتهى الطور البوغى، ويبدأ الطور الجاميطى المؤنث.



شكل (٢-٦): خطوات تكوين الجاميطات المذكرة (عن **Rost** وآخرين ١٩٨٤).

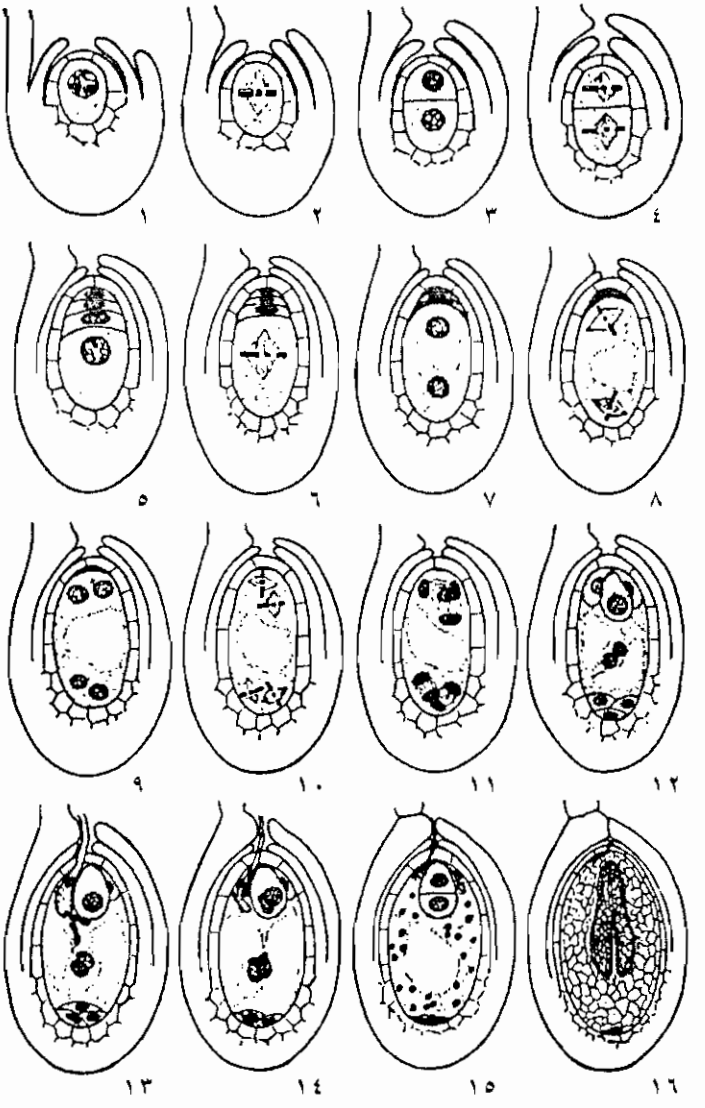
يبدأ الطور الجاميطى بكبر الخلية الأحادية الموجودة عند القطب الكلازى (المتجه إلى داخل النيوسيلة)، بينما تتحلل الخلايا الثلاث الأخرى، وتستنفذ محتوياتها بواسطة الخلية الطرفية. التى تعرف - حينئذ - بالجرثومة الكبيرة Megaspore. وهى التى يتكون منها الكيس الجنينى embryo asc. وتنقسم نواة الجرثومة الكبيرة (تسمى أيضًا 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، وبذا .. 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 - محاطًا 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 للتلقيح، بإفرازها سكريات، ومواد غذائية أخرى، وهرمونات.

تبدأ 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 ٢.٥ مم 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 لا يتعدى ٣ مم). 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 ٢-٧). 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 (amphimixis)؛ لتكونا اللاقحة zygote، التى تكون ثنائية المجموعة الكروموسونية، وتتحد النواة الذكرية الثانية مع النواتين القطبيتين لتكوّن نواة الإندوسبرم الأولية، التى تكون ثلاثية المجموعة الكروموسومية. وتعرف هذه العملية بالإخصاب المزدوج double fertilization، 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.



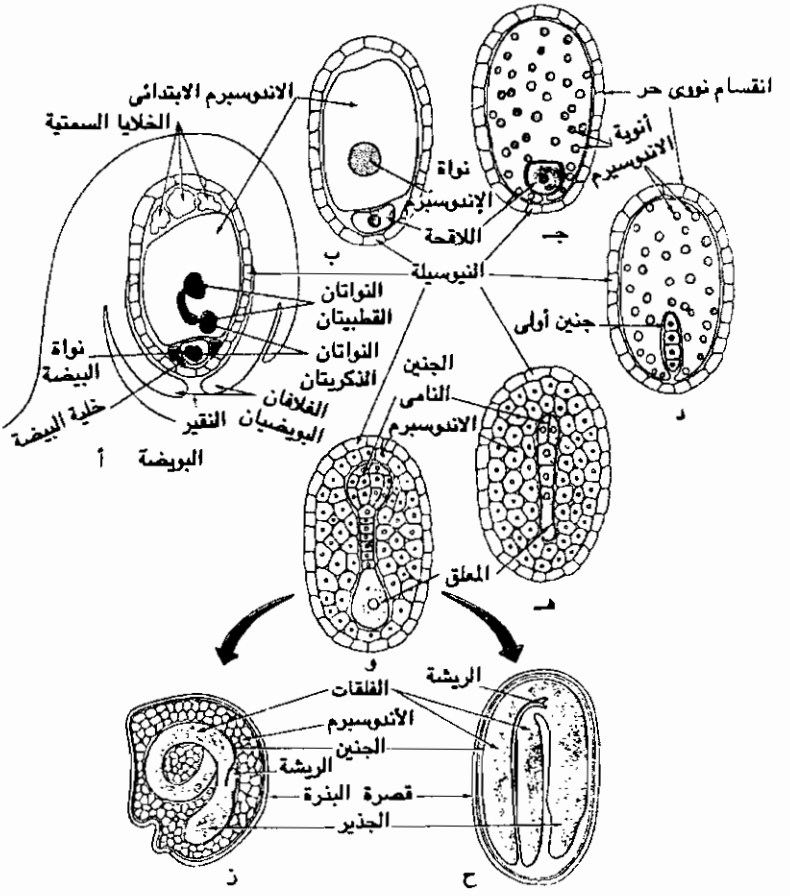
شكل (٢-٧): خطوات تكوين الكيس الجنينى والإخصاب المزدوج وتكوين الجنين: (١-٥) الخطوات من بداية ظهور الخلية الوالدة للجرثومة الكبيرة ومرورها بانقسام ميوزى إلى حين تكون الجرثومة الكبيرة، (٦-١٢) تكوين الكيس الجنينى بثلاثة انقسامات ميتوزية متتالية، (١٣-١٤) الإخصاب، (١٥) انقسام اللاقحة إلى خليتين، وانقسام نواة الإندوسبرم الابتدائية إلى عدة أنوية حرة، (١٦) تكوين الجنين .. يظهر بالشكل جنين الذرة (عن Briggs & Knowles ١٩٧٦).

تكوين الجنين

يبدأ تكوين الجنين (شكل ٢-٨) 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 صفاً من الخلايا. تعرف الخلية التى تقع فى نهاية هذا الصف - أى أبعد الخلايا عن النقير - بالخلية الجنينية embryonic cell، وهى التى ينشأ منها الجنين ذاته embryo proper. بينما تشترك 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 قصين، 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 شاغلاً 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 (عبدالعزيز وآخرون ١٩٧٦). ويمكن الإطلاع على مزيد من التفاصيل المتقدمة، الخاصة بمراحل النمو النباتى، من الزهرة إلى الثمرة، من جوانبها التشريحية والتكوينية فى Swamy & Krishnamurthy (١٩٨٠).

ظاهرتا الزينيا والميتازينيا

تعرَّف الزينيا Xenia بأنها: ظاهرة تأثير حبوب اللقاح على صفات البذور. ولقد عرفت هذه الظاهرة منذ عام ١٨٨١، وهى تنتشر فى المملكة النباتية، ومن أبرز الأمثلة عليها .. تأثير حبوب اللقاح على صفات الإندوسبرم فى الذرة.



شكل (٢-٨): خطوات الإخصاب وتكوين البذور فى كاسيات البذور (عن Weier وآخرين ١٩٨٤).

وتفسر هذه الظاهرة من خلال فهمنا لعملية الإخصاب المزدوج؛ حيث تخصب إحدى النواتين الذكريتين النواتين القطبيتين؛ لتكوِّن 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 لا يصلح للاستعمال كذرة سكرية. بينما يكون جنين البذرة خليط Su su؛ وبذا .. لا تصلح 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 لا يمكن 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، و Elliott ١٩٥٨).

ومن الأمثلة المعروفة لحالات الزينيا والميتازينيا، ما يلى:

١ - تأثيرات لونية:

أ - لون قصرة البذرة، كما فى البسلة.

ب - لون الغلاف الثمرى الخارجى pericarp، كما فى: الموالح، والتفاح، والبلح، والكمثرى، والفجل، والعنب، والذرة.

جـ - لون الإندوسبرم، كما فى الذرة.

د - لون الجنين، كما فى الكستناء.

٢ – تأثيرات على الشكل:

أ – شكل الغلاف الثمرى الخارجى، كما فى: التفاح، والبلح، والكمثرى، والعنب.

ب – شكل البذرة، كما فى البلح.

٣ – تأثيرات على محتوى السكر:

أ – فى الغلاف الثمرى الخارجى، كما فى التفاح.

ب – فى الغلاف الثمرى الوسطى mesocarp، كما فى البلح.

جـ – فى الإندوسبرم، كما فى الذرة.

٤ – تأثيرات على موعد النضج، كما فى: القطن، والبلح، والفستق (عن Denney ١٩٩٢).

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 أمرًا ضروريًا للمربى.

تقسيم النباتات حسب طريقة التلقيح الشائعة فيها

تقسم المحاصيل الاقتصادية التى تتكاثر جنسيًا – حسب طريقة التلقيح السائدة فيها – إلى ثلاث مجموعات كما يلى:

١ – ذاتية التلقيح Self-pollinated (autogamus) .. وهى التى تقل فيها نسبة التلقيح الخلطى غالبًا عن ١٪، وإن كانت تصل – أحيانًا – إلى ١٠٪.

٢ – خلطية التلقيح جزئيًا Partially cross-pollinated .. وهى التى تتراوح فيها نسبة التلقيح الخلطى بين ١٠٪، و ٤٩٪، وتزيد فيها نسبة التلقيح الذاتى عن ٥٠٪.

٣ – خلطية التلقيح بدرجة عالية allogamus، وهى التى لا تقل فيها نسبة التلقيح الخلطى عن ٥٠٪، ويفضل البعض تحديدها بأنها النباتات التى تزيد فيها نسبة التلقيح الخلطى عن ٩٠٪.

وقد جرى العرف على تقسيم النباتات إلى نباتات ذاتية التلقيح، ونبات خلطية