

الباب الأول

دورة حياة كاملة لنبات راق بين جيل وآخر

عندما يشرع الفلاح في زراعة محصول من محاصيله فإنه يبدر تفاويه ثم يعاملها بالمعاملات الزراعية المختلفة إلى أن يجني منها ثمرة ما غرست بذاه - فكل بذرة من البذور تنتج نباتاً يستمر في النمو حتى يكتمل فينتج بذور الجيل الجديد وبذا تنتهي دورة حياته - ومهمتنا هنا دراسة التغيرات التي تطرأ على البذرة الأولى ومتابعة هذه التقلبات إلى أن نصل إلى البذرة الثانية .

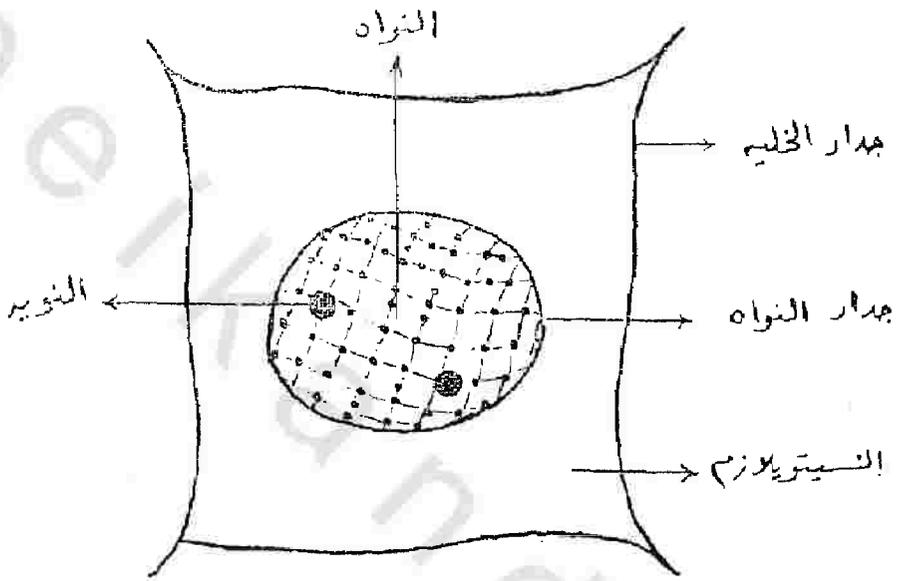
ويمكن تقسيم هذه التغيرات إلى عدة أقسام كالآتي :-

أولاً - البذرة (The seed) :

البذرة من الناحية النباتية الوصفية تركيب معقد إلا أنها من الناحية التي تخص هذا الكتاب من البساطة يمكن فهمي تتكون من خلية واحدة - وطالما كانت البذرة جافة وليست في حالة إنبات فإن هذه الخلية تكون هي الأخرى في حالة سكون ويكون تركيبها كما هو مبين في (شكل ١) - ووصف هذا التركيب كالآتي :-

يوجد جدار خارجي يحيط بالخلية الممتلئة بمادة السيتوبلازم - وفي وسط الخلية جسم مستدير هو النواة يحيط بها هي الأخرى الجدار النووي وتحتوي على واحدة أو أكثر من النويات - ويمتلئ فراغ النواة في هذا النور

بشبكة من الخيوط ذات تركيب خاص ويلاحظ أن هذه الخيوط تحمل أجساماً صغيرة من مادة تسمى مادة الكروماتين . لهذا ماخص واف لتركيب الخلية في هذا الدور الذي يسمى بدور السكون (Resting stage)



(شكل ١)

خلية البذرة ونواتها في دور السكون (Resting stage)

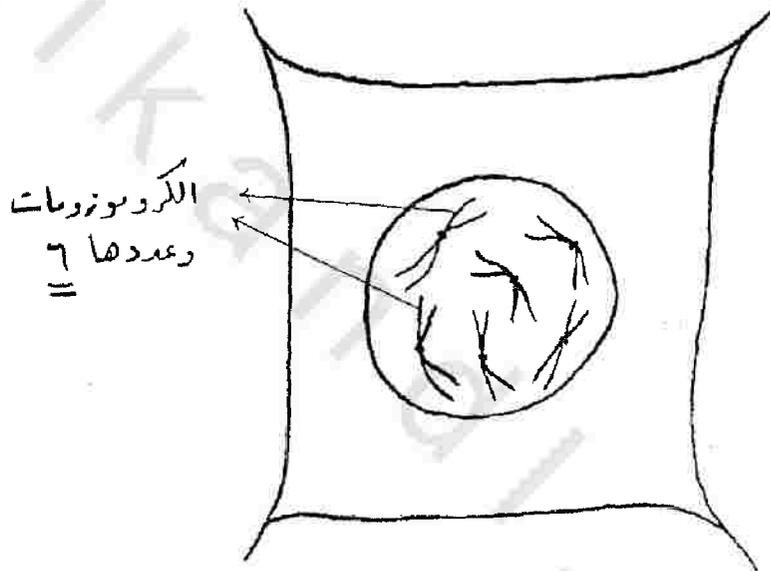
مكننا يكون حال البذرة وخليتها عندما يضعها الفلاح في تربته التندو - فما الذي يجعلها تندو ؟ - وما الذي يجعلها تكبر وتشق الأرض مكونة ساقها وأفرعها وأوراقها وأزهارها ثم ثمارها ؟ - ان الجواب على ذلك كله مركز في هذه الخلية الساكنة الكامنة - فانها عندما تتهيأ لها العوامل الفسيولوجية الملائمة من ماء ودفء وغير ذلك تبدأ نشاطها ويتغير شكلها وتتتابع الأحداث بها في تسلسل منتظم متخذة في ذلك خطوات عديدة يمكن تقسيمها فيما يلي :-

الخطوة الأولى :

تتجمع الأجسام أو الجزيئات الكروماتينية مع بعضها البعض مكونة خيوطاً ذات طول خاص تسمى بالكروموزومات (Chromosomes) وهذه

الكروموزومات هي أهم أعضاء الخلية جميعاً - فهي التي تتحكم في انقسام الخلية وهي التي تحمل العوامل الوراثية كما سيجيء ذكره .

تخرج الكروموزومات من دور السكون بعدد ثابت مميز لكل نبات - ويكون هذا العدد زوجياً في غالب الأحوال لأسباب ستسرد فيما بعد - وسنفرض أن عددها في هذه الحالة بالذات ستة من الكروموزومات (شكل ٢) - وإذا

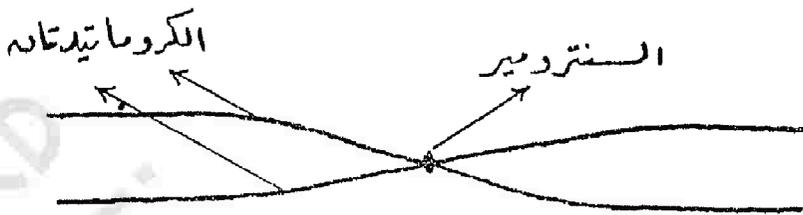


(شكل ٢)

نفس الخلية ونواتها في الدور التمهيدى (Prophase)

دققنا النظر في الكروموزومات في هذا الدور الذي يسمى بالدور التمهيدى (Prophase) نجد أن كل واحد منها هو في الحقيقة جسم مزدوج مكون من خيطين منفصلين عن بعضهما البعض على مدى طولهما باستثناء نقطة واحدة يكون الخيطان فيها ملتصقين إتصاقاً تاماً - وبمعنى آخر فإنه يمكن القول ان الكروموزوم في هنا الدور عبارة عن جسم ينقسم انقساماً طويلاً في جميع أجزائه فيما عدا نقطة واحدة

يكون فيها نصفاه الطويلان متحدين اتحاداً تاماً - ويرى في (شكل ٣) رسم مكبر لأحد هذه الكروموزومات .



(شكل ٣)

رسم مكبر لكروموزوم في الدور التمهيدى
يبين أجزائه وهي كروماتيدان ونقطة السنتروميير

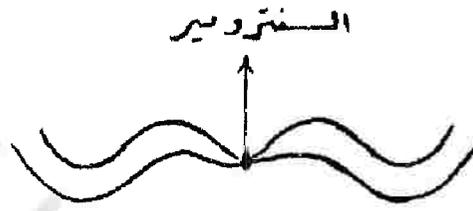
وخاصية الانقسام الطولى هذه هي خاصية ثابتة مميزة للكروموزومات - بل هي من أنخص خصائصها الوراثية التي لا مندوحة عن حصولها في أحد أطوار تطورات الكروموزومات - فالانقسام هنا قد اكتمل في دور السكون فخرجت الكروموزومات منه منقسمة فعلا إلى نصفين الطويلين - وسنرى فيما بعد تغييراً في وقت حصول هذا الانقسام في نوع آخر من أنواع انقسام الخلية - وهو تغيير بعيد الأثر كبير المغزى .

ويطلق على كل نصف طولى من نصفى الكروموزوم اسم كروماتيد (Chromatid) وتسمى نقطة الالتصاق بينهما بنقطة السنتروميير (centromere) - ويمكن القول إذن أن الكروموزوم في هذا الدور عبارة عن كروماتيدتين منفصلتين تربطهما نقطة ثابتة هي السنتروميير .

الخطوة الثانية :

تبدأ الكروماتيدات التي كانت إلى الآن خيوطاً طويلة في اتخاذ شكل

حلزوني كما هو مبين في (شكل ٤) ويتم ذلك في كالا الكروماتيدات في نفس الوقت وتكون الحلزونة في نفس الاتجاه وتم في كلتا الجهتين من نقطة السنتروميير - ويلاحظ أن هذه النقطة تبني كما هي محتفظة به حالتها كنقطة ثابتة غير منقسمة.

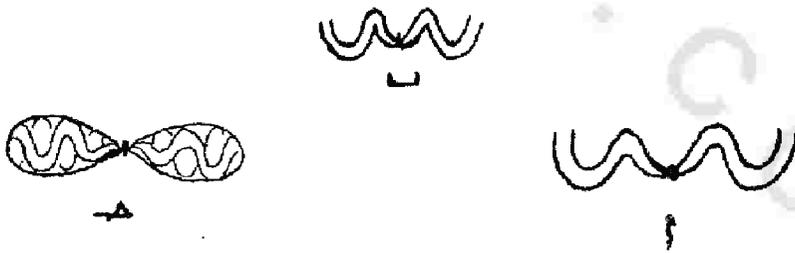


(شكل ٤)

بدأ الحلزونة في الكروموزوم (Spiralization)

الخطوة الثالثة :

تستمر عملية الحلزونة هذه (spiralization) في تسلسل مستمر (شكل ٥ ا، ب) في كلا جهتي السنتروميير إلى أن تلتصق حلقات الحلزون بدرجة تجعل تمييزها متعسراً وبذلك تظهر للماحص تحت الميكروسكوب (كما في شكل ٥ ج)



(شكل ٥ ا، ب، ج)

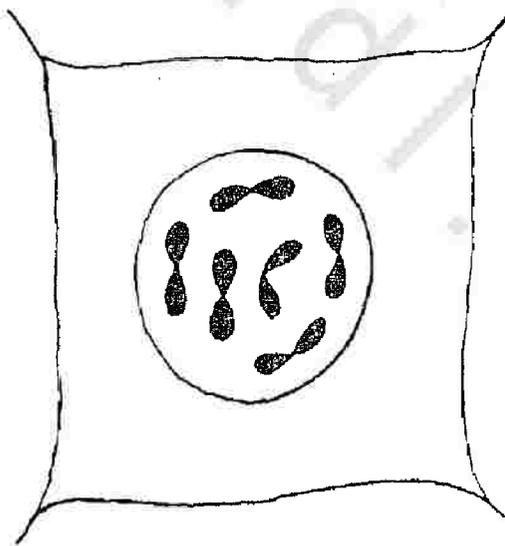
تسلسل الحلزونة في الكروموزوم من (ا) إلى (ب)

إلى أن يصبح في (ج) وكأنه جسم اسطواني في وسطه نقطة السنتروميير

وكأنها جسم اسطواني فيما عدا نغزة أو حز في موقع خاص منه يعين موقع السنتروميير التي لا زالت محتفظة بصفاتها الأولى، وأخصها صفة الوحدة -

وبالبيهي أن عمليات الخلززة هذه تؤدي إلى استمرار قصر الكروموزومات وازدياد سمكها مما يجعل فحصها أيسر بكثير عن الأدوار التي تكون فيها الكروماتيدات خيوطاً طويلة تتأثر لدرجة كبيرة بالمشينات والمعاملات العميدة التي يلجأ إليها الباحث عند تحضير الشرائح الزباجية تمهيداً للفحص الميكروسكوبي .

ان هذا الذي شرحناه خاصاً بأحد كروموزومات الخلية ينطبق بطبيعة الحال على باقي كروموزومات الخلية فإنه عندما تنتهي الخلززة تماماً نجده الكروموزومات وقد اتخذت نفس الشكل الأسطواني الذي أبرز أكثر مما سبق مواقع نقط السنتروميير فيها - وعندما يتم ذلك يكون هذا آخر تغيرات الدور التمهيدى وتكون الكروموزومات موزعة توزيعاً منتظماً داخل النواة كما هو مبين في (شكل ٦) .

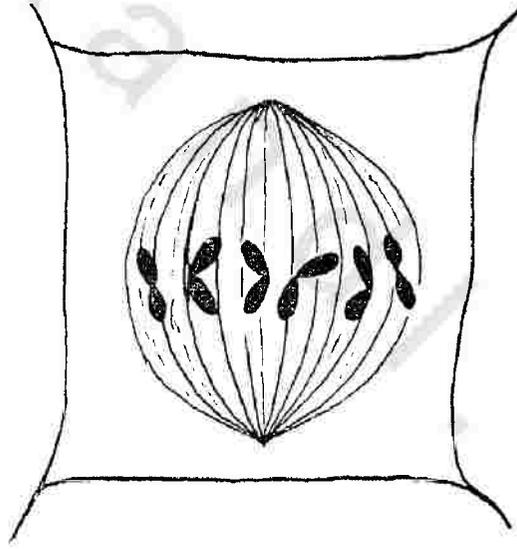


(شكل ٦)

آخر تطورات الخلية في الدور التمهيدى

الخطوة الرابعة :

عندئذ يختفي الجدار النووي تماماً وتختفي النويات التي تكون قد بدأت في الاضمحلال منذ بدأ نشاط الخلية - ويتكون في سيتوبلازم الخلية تركيب خاص يسمى بالمغزل (spindle) إذ يأخذ شكل المغزل فعلاً ويتركب من نقطتين إحداهما في أحد أطراف الخلية والأخرى في الطرف الآخر كما هو مبين في (شكل ٧) - ويصل بين الطرفين أو قطبي المغزل خيوط عديدة تسمى بالخيوط المغزلية (spindle fibres)



(شكل ٧)

الدور المتوسط (Metaphase) - والكروموزومات منتظمة في محيط المغزل

مكونة ما يسمى بالحيط الاستوائي

وإذ تم ذلك تتجه الكروموزومات ناحية محيط هذا المغزل وترتب هناك بانتظام ثابت مكونة ما يسمى بالحيط الاستوائي (Equatorial plate) - وتلعب

نقطة السنتروميير دوراً هاماً جداً في هذا الترتيب فان كل كروموزوم ينتظم في محيط المغزل بواسطة نقطة السنتروميير فيه فهي التي توجهه هذا التوجيه ثم هي التي يعزى إليها تثبيته على أحد خيوط المغزل في هذا الوضع الخاص . ويسمى هذا الدور من أدوار نشاط الخلية بالدور المتوسط (Metaphase)

الخطوة الخامسة :

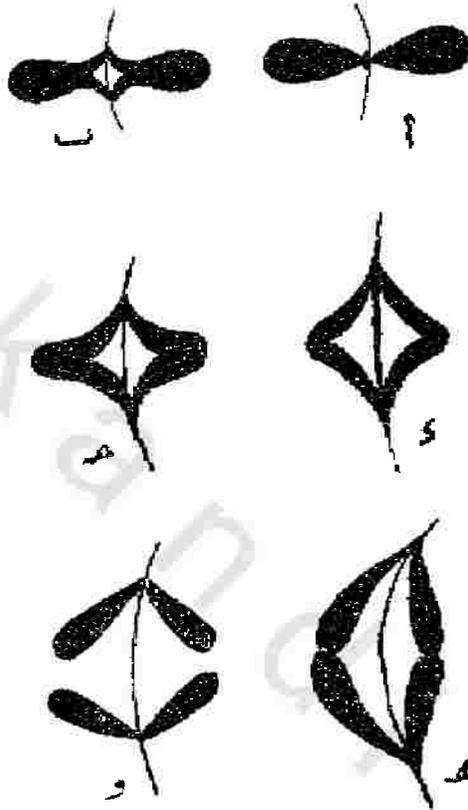
ان الأساس الذي يتوقف عليه تسلسل الأحداث في هذا الدور يتوقف كلية على سلوك نقطة السنتروميير - فهذه النقطة التي كانت إلى الآن وحدة ثابتة غير منقسمة تشع هي الأخرى في الانقسام إلى نقطتين كما هو الحال في الكروموزوم جميعه وبذلك يصبح كل كروماتيد من كروماتيدى الكروموزوم له نقطة سنتروميير مستقلة أو خاصة به .

والكى . يكون فهنا لهذا التطور أتم سنقارن في (شكل ٨) بين تركيب كروموزوم واحد عند انتظامه على أحد خيوط المغزل في محيطه الاستوائى وبين تركيبه عند بدء الدور الحالى الذى نحن بصددده وتسلسل سلوكه بعد ذلك إلى أن يتم انفصال كل كروماتيد عن زميله انفصلاً تاماً .

نستنتج حينئذ أن هذا الدور هو دور الانفصال (Anaphase) - أى الخطوة التى تؤدى إلى انفصال كروماتيدى كل كروموزوم عن بعضهما البعض بحيث ينتجه كل واحد منهما إلى احد قطبي المغزل في اتجاهين متضادين - ولا بد من الإشارة هنا إلى أن بداية هذا الانفصال تكون من نقطة السنتروميير بحيث يبدأ الانفصال من هذه المنطقة في الوقت الذى تكون فيه أطراف الكروماتيدات ملتصقة التصاقاً تاماً .

والمعتقد أن نقطة التحول هذه التى أدت إلى انفصال الكروماتيدين بعد أن بقيا ملتصقين طوال هذا الوقت ناشئة عن انقسام السنتروميير - الذى نتج عنه وجود سنترومييرتين وجهاً لوجه - ولقد أوجد هذا الوضع الجديد حالة من التنافر بين نقطتى السنتروميير تسبب عنه ابتعادهما عن بعضهما في اتجاهين

متضادين . وكل واحدة منهما بطبيعة الحال تجذب معها الكروماتيد التي تحتويها
إلى أن تنتهي حركة التناثر هذه بانفصال الكروماتيدين انفصالاً تاماً .



(شكل ٨)

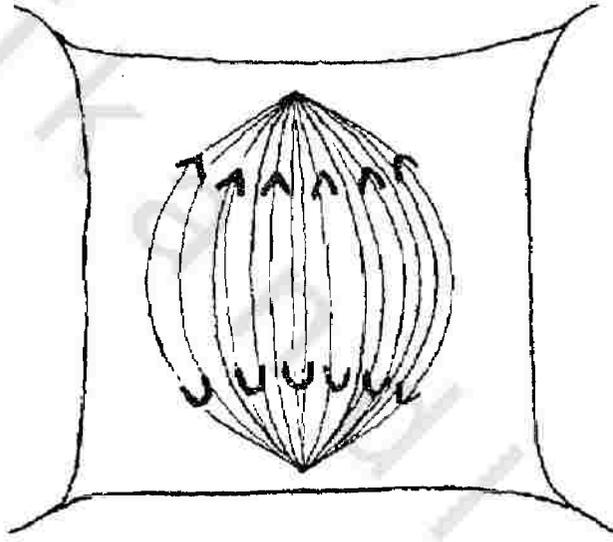
كروموزوم مثبت على أحد خيوط المنزل في المحيط الإستوائي بواسطة نقطة
السنتروميير التي ما زالت وحدة غير منقسمة .

ب - نفس الكروموزوم وقد انقسمت نقطة السنتروميير إلى فتحتين ابتعدت عن بعضهما
البعض .

ج ، د ، هـ ، و - تسلسل ابتعاد نقطتي السنتروميير عن بعضهما البعض إلى أن ينفصل
الكروماتيدان . انفصالاً تاماً - وفي كل واحد منها نقطة السنتروميير الخاصة به

وبالذمهي ان نفس التطور يحصل لجميع الكروموزومات في الخلية وتبعاً
لذلك نجد أن الستة كروموزومات المنتظمة على المحيط الاستوائي (شكل ٧)

قد انفصلت كروماتيدا كل واحد منها واتجهتا في اتجاهين متضادين نحو قطبي المغزل، وبذلك تتكون في الخلية مجموعتان من الكروماتيدات تحتوي كل واحدة منها على ستة من الكروماتيدات إحداها في قطب المغزل الشمالي والأخرى في قطبه الجنوبي كما في (شكل ٩).



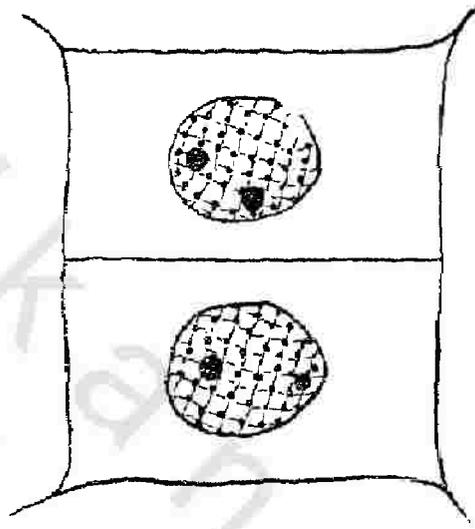
(شكل ٩)

دور الإنفصال (Anaphase)

الخطوة السادسة والأخيرة :

ينتهي الأمر بكل مجموعة من مجموعتي الكروماتيدات المشار إليها بأن تختفي معالمها داخل شبكة نووية مثل التي شاهدناها في مبدأ الأمر وتحاط هذه الشبكة بجدار نووي - ثم يتكون في وسط الخلية جدار خلوي يتسم الخلية الأصلية إلى قسمين متساويين - ويسمى هذا الدور

بالدور النهائي (Telophase) - وهو مبين في (شكل ١٠) . ونرى فيه الخلية
الأصلية وقد انقسمت إلى خليتين متشابهتين وفي كل منهما نواة دخلت في دور
السكون .



(شكل ١٠)
الدور النهائي (Telophase)

مغزى هذا الانقسام :

بينما فيما سبق الطريقة التي تنقسم بها الخلية الخضرية لتنتج خليتين
متشابهتين من جميع الوجوه - ويسمى هذا النوع من الانقسام بالانقسام العادي
أو الغير مباشر واسمه العلمي Mitosis

والانقسام الغير مباشر هذا يتم بانتظام في جميع الخلايا الخضرية الميرستيمية
فينشأ منه ازدياد في عدد الخلايا وهذا بالتالي يؤدي إلى ازدياد في حجم الأنسجة
النامية - وغنى عن القول أن العملية لا تنفد عند تكوين خليتين من خلية
واحدة - بل الواقع أن كلا من الخليتين الجليديتين تشرع بعد فترة سكون في
الانقسام بنفس الطريقة وبنفس الكيفية فتكون النتيجة تكوين جسم ذي أربع

خلايا ثم تنقسم كل من هذه أيضاً فينتج جسم ذو ثمان خلايا وهكذا إلى أن يتم تكوين النبات بأكمله - والمغزى العلمي لتتابع هذه الانقسامات أن العدد العنيد من الخلايا الناتجة المكونة لجسم النبات هي جميعها من أصل واحد فهي متشابهة حتماً في صفاتها وساوكها - وهذا ما يجعل هذا النوع من التكاثر وهو المسمى بالتكاثر الخضري أضمن الطرق للمحافظة على صفات النبات - ولنا لهذا الموضوع عودة في باب آخر من أبواب هذا الكتاب .

عود الى البذرة :

رأينا البذرة عند زرعها مكونة من خلية واحدة ثم رأيناها يدب النشاط في نواتها فتسلك سلوكاً خاصاً يؤدي إلى انقسامها إلى خليتين متشابهتين من جميع الوجوه - فلقد تكون حينئذ جنين ذو خليتين ويتبع ذلك انقسام آخر فيكبر الجنين ويصبح مكوناً من أربع خلايا ثم ثمان وهكذا .

وهذا الازدياد في نمو الجنين يؤدي حتماً إلى تمزق غطاء البذرة الخارجى فينفجر الجنين خارجاً من مكانه الأصلي وتكون قد تكونت بشائر أعضائه البدائية - فتخرج الريشة متجهة إلى أعلا والجذر متجهاً إلى أسفل - وكل هذا نتيجة لاستمرار انقسام الخلايا وتضاعف عددها تبعاً لذلك - وهذه الريشة مكونة من عدد كبير من الخلايا وهذا الجذر مكون كذلك من عدد كبير من الخلايا - وجميع هذه وتلك إن هي إلا صور مطابقة لخلية البذرة الأولى مطابقة لها في جميع صفاتها وأهم هذه الصفات المجموعة الكروموزومية وما تحمله من العوامل الوراثية المميزة للصنف .

وتستمر هذه العملية باستمرار انقسام الخلايا فيثبت الجذر أقدامه في الأرض وتعلو الريشة إلى حيث الشمس والهواء - وبعد برهة من الزمن يكون هذا الجنين قد استنفذ الغذاء الكامن في البذرة فيعتمد على جذره وساقه لإمداده

بما يلزمه من مستلزمات الحياة - وبهذا ينتهى دور البذرة وهى الحلقة الأولى من حياة النبات - ويبدأ دور البادرة وهى الحلقة الثانية التى سنتكلم عنها الآن .

ثانيا - البادرة (The seedling) :

تنمو البادرة وترعرع بمقتضى العوامل الفسيولوجية المتعددة التى تكتنفها - وتستمر الانقسامات مرة تلو الأخرى فترى الأوراق قد تكونت والأفرع قد تشكلت - وأخذت البادرة شكلها المألوف - والمعروف لدينا ان جذور البادرة مكونة من خلايا وكذلك أوراقها وفروعها وكل أجزائها تتركب من أنسجة ذات أشكال مختلفة وذات وظائف متباينة وذات تركيبات متباينة - إلا أن خلايا هذه الأنسجة جميعاً تشترك فى خاصية واحدة ثابتة وهى تركيب أنويتها من حيث احتوائها على مجموعة متشابهة من الكروموزومات - متشابهة فى العدد - والشكل والتركيب الوراثى - فى أى جزء من أجزاء البادرة نرى الأنوية المكونة للخلايا وكأنها صورة طبق الأصل من الخلية الأولى التى كانت فى البذرة بادىء ذى بدء . ولهذا أهميته عند التحدث عن العوامل الوراثية للنبات وعلاقة ذلك بالصفات المورفولوجية أو الاقتصادية فيه - وعلاقة هؤلاء جميعاً بالمجموعة الكروموزومية الثابتة التى نراها ممثلة تمثيلاً تاماً فى جميع خلايا الجسم .

وعندما يحين الوقت الذى تتكون فيه الأزهار تكون البادرة قد اكتمل نموها الخضرى ونضجت النضج الكافى الذى يؤهلها لأن تتناسل وتكون الزهرة فى أول الأمر عبارة عن برعم صغير تتفتح أجزاؤه مظهرة أجزاء الزهرة المعروفة - وغنى عن القول ان الزهرة وهى إحدى أعضاء جسم النبات قد تكونت هى الأخرى نتيجة انقسام الخلايا المخصصة لتكوينها - فهى والأمر كذلك مكونة من خلايا ينطبق عليها كل ما سبق ذكره عن جميع الخلايا الأخرى التى سبقتها فى التكوين - فالخلايا التى تتكون منها السبلات وكذلك خلايا البتلات وخلايا المبيض وخلايا

المتك هي كلها خلايا ذات أنوية متشابهة ليس لبعضها البعض فحسب بل أيضاً لخلايا الورقة أو الساق أو الفرع أو الجذر أو أى جزء آخر من أجزاء النبات وذلك بطبيعة الحال فيما يختص بالأنوية وما تحويه من كروموزومات وعوامل وراثية .

ثالثاً - النبات الناضج (The adult plant) :

أهم ما يعنيننا في هذا الدور من أدوار حياة النبات هي الزهرة - فهي التي بواسطتها يستطيع النبات أن يحافظ على أصله ، ففيها تتم عملية التناسل أو الإخصاب وفي الزهرة تتكون الخلايا التناسلية التي تتم عن طريقها هذه العملية - والخلايا التناسلية في الزهرة على نوعين : ذكورية أى حبوب اللقاح ، وأنثوية أى البويضات ، وسنتبع فيما يلي الخطوات المتسلسلة التي تؤدي إلى تكوين هذه الخلايا التناسلية - وهي خطوات الانقسام الاختزالي الذي ينتج خلايا تناسلية تحتوي على نصف عدد الكروموزومات الموجودة في الخلايا الخضرية .

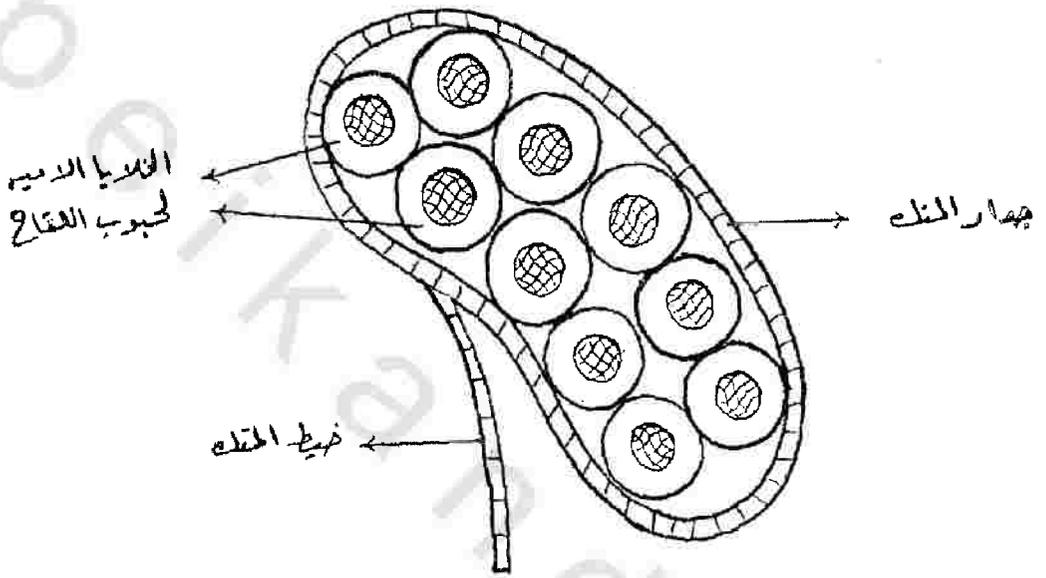
(١) تكوين حبوب اللقاح (الخلايا التناسلية الذكورية) :

تتكون حبوب اللقاح كما هو معروف داخل المتك ، ولقد علمنا مما سبق ان المتك تتكون من خلايا عديدة متشابهة لخلية البذرة الأصلية وفي (شكل ١١) يوجد أحد تلك الزهرة وبه خلاياه في دور السكون كههنا بها دائماً في نهاية كل انقسام - وهذه هي المسماة بخلايا حبوب اللقاح الأمية (pollen mother cells) وعندما يتم دور السكون هذا وتبدأ هذه الخلايا نشاطها تتتابع الأحداث بها في خطوات متسلسلة كالآتي :-

الخطوة الأولى :

نشاهد أول ما نشاهد عنه بدء النشاط نفس الستة كروموزومات وتتكون من الشبكة النووية المميزة لدور السكون - وهذا يتدشى مع ما سبق ذكره من

أن هذه الخلايا جميعها ذات أصل واحد ومنشأ واحد وإنما كلما دب النشاط فيها للدخول في انقسام جديد. تمثلت فيها نفس المجموعة الكروموزومية كما عهدناها أول الأمر في خلية البذرة الأولى .



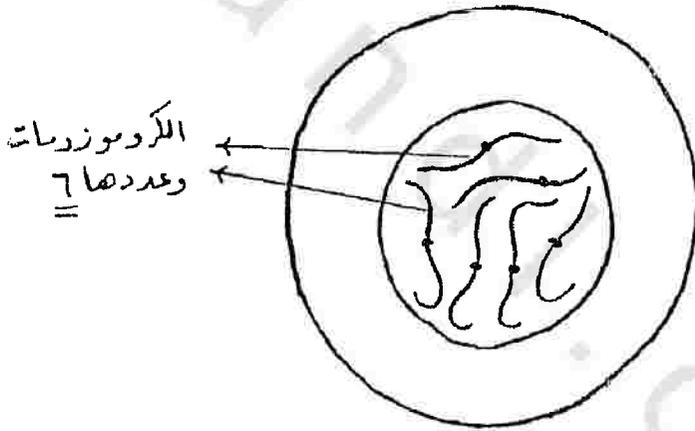
(شكل ١١)

متك الزهرة وبها خلايا حبوب اللقاح الأمية

في دور السكون (Pollen mother cells)

على أن الكروموزومات في حالة الانقسام الذي نحن بصدد الآن - وهو الانقسام الاختزالي الذي يؤدي إلى تكوين الخلايا التناسلية - تختلف اختلافاً أساسياً عن جميع الكروموزومات التي ظهرت بالتوالي في جميع خلايا الجسم منذ الانقسام الأول لخلية البذرة ، ولا عجب فإن جميع هذه الانقسامات خضرية تتم في خلايا خضرية لتكوين أنسجة خضرية ليست لها خاصية التناسل . أما الآن ونحن بصدد انقسام من نوع آخر لتكوين الخلايا التناسلية فقد تميزت كروموزومات الخلايا الأمية لحبوب اللقاح وشبهاتها بهذه الميزة التي أولاهنا لما كان هناك تكاثر جنسي في أي كائن من الكائنات الحية - وهذه هي المعجزة الأولى .

هذه الميزة - أو المعجزة - أو الاختلاف الأساسي يتلخص في أن الكروموزومات تخرج من الشبكة النووية على شكل خيوط مفردة غير مزدوجة أى غير منقسمة طولياً . ويمثل (شكل ١٢) إحدى هذه الخلايا الأمية في هذا الدور الذى يسمى بدور اللبتوتين (leptotene) وهو أول خطوة من خطوات نشاط الخلية - ويتكون منه ومن الأربع خطوات التالية دور النشاط المسمى بالدور التمهيدى (Prophase) ، وتجب الإشارة هنا إلى أن هذا هو الاختلاف الوحيد بين هذه الخلية وباقى خلايا الجسم ، إذ أنها جميعاً تتشابه كروموزوماتها من حيث عددها وأحجامها وأشكالها ومواضع نقط السنترومير فيها - وغنى عن القول أننا حتى هنا فى حالة الكروموزومات الفردية نرى أن كلا منها له نقطة السنترومير الخاصة به .



(شكل ١٢)

خلية حبوب اللقاح الأمية

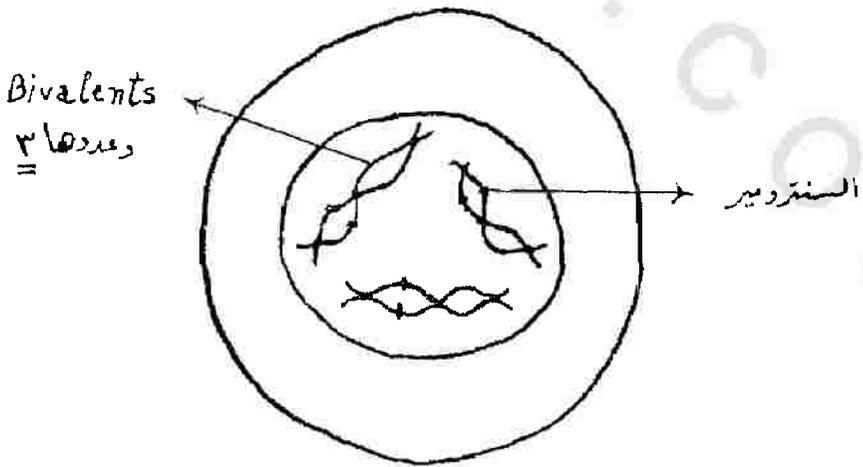
في دور اللبتوتين (Leptotene) والكروموزومات مفردة

الخطوة الثانية :

سبق أن قلنا أن عدد الكروموزومات يكون عادة زوجياً أى مضاعفاً لعدد خاص يطلق عليه العدد الأساسى أو القاعدى للصنف (basic number) والحكمة فى هذا واضحة فخلية البذرة التى بدأنا قصتنا منها قد تكونت فى الأصل من اتحاد خليتين تناسليتين هما حبة لقاح وبويضة - فإذا كانت خلية هذه

البندرة تحتوى على ستة كروموزومات كما فرضنا فديهي أن هذه الستة هي ناتج الجمع بين كروموزومات حبة اللقاح وكروموزومات البويضة اللتين تحتوى كل منهما فعلا على ثلاثة كروموزومات فقط (وهو العدد الأساسى) وسنفرض أنها ١ ، ب ، ح فى حبة اللقاح ومثيلاتها (أ ، ب ، ح) فى البويضة . فتكون الستة كروموزومات الموجودة فى نخليننا التى نحن بصدددها هي عبارة عن : (١ + ب + ح) + (أ + ب + ح) = ٦ أى ضعف العدد الأساسى الذى هو ٣

وقد وجدنا هذه الستة كروموزومات فى دور (leptotene) كخيوط منفردة ولعل جميع الخطوات التى ستتلى هذه الخطوة تمد كيانها بل تعزو وجودها لحالة الانفراد هذه التى يتسبب عنها تجاذب الكروموزومات تجاه بعضها البعض فنجد أن كروموزوم ا قد انتصق بشبيهه ا ثم ب بشبيهه ب وأخيراً ح بشبيهه ح - ويكون الالتصاق أول الأمر فى نقط متباعدة على طول الخيط - ويسمى هذا الدور بالزيجوتين (zygotene) كما فى (شكل ١٣) الذى نجد فيه أن الستة كروموزومات الأصلية قد تجمعت لتكون ثلاثة أزواج من الكروموزومات ويسمى كل زوج منها (bivalent) . والقاعدة دائماً - وهى بديهية - أن عدد bivalents يساوى العدد الأساسى للنبات .



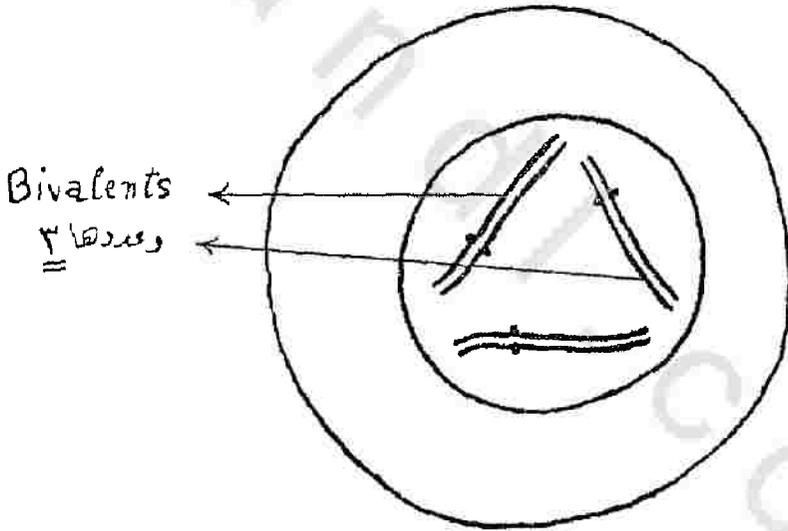
(شكل ١٣)

نفس الخلية فى دور الزيجوتين (Zygotene) - وقد تجمعت الكروموزومات أزواجاً

ويتكون كل bivalent من زوج من الكروموزومات المتشابهة (homologous chromosomes) والتشابه هنا ذو أوجه عديدة - فهو أولاً وقبل كل شيء تشابه في الحدبل الوراثي - ثم في الطول ثم في موضع نقطة السنتروميرو وبالاختصار في كل أوجه الشبه .

الخطوة الثالثة :

يتم التصاق الكروموزومين المتشابهين المكونين bivalent في جميع أجزائهما كما يرى في (شكل ١٤) - ويسمى هذا الدور بالبأكيتين (Pachytene) الذي نرى فيه ثلاثة أزواج كل واحدة منها مكونة من كروموزومين ملتصقين تمام الالتصاق في جميع أجزائهما - وطبيعي أن نقط السنتروميرو موجودة كذلك وقد التصقت كل نقطة بشبيبتها في الكروموزوم المقابل .



(شكل ١٤)

نفس الخلية في دور البأكيتين (Pachytene)

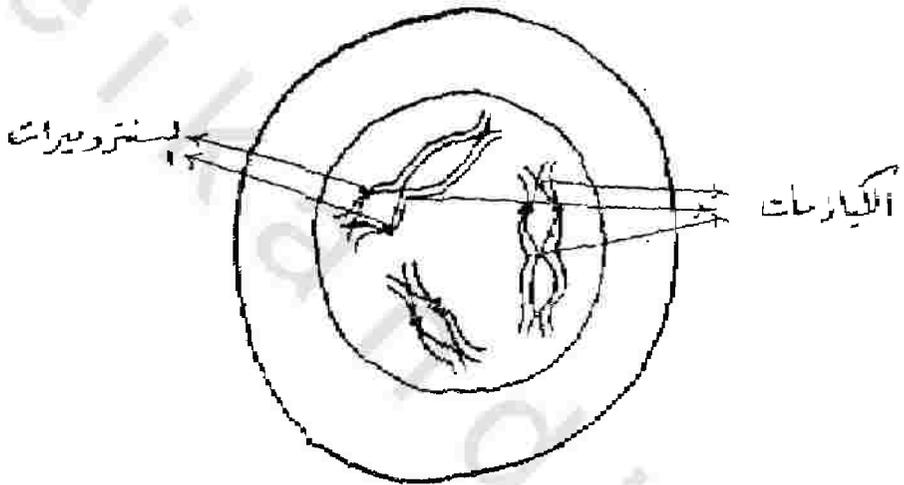
الخطوة الرابعة :

نجد أن كل زوج من الأزواج الكروموزومية قد اتخذ شكلاً خاصاً ، فبعد أن كان الزوج الواحد مكوناً من خيطين ملتصقين نجد أنه قد أصبح مكوناً من أربعة خيوط كل خيطين منها يمثلان أحد الكروموزومات الأصلية ،

ويوجد الخلية في (شكل ١٥) في هذا الدور المسمى بالديبلوتين (Diplotene) ويلاحظ فيه لنقص الآلية :-

١ - كل زوج مكون من أربعة خيوط بدلاً من اثنين كما كان في الأطور السابقة .

٢ - كل اثنين منها ملتصقان في نقطة واحدة هي نقطة السنرومير .



(شكل ١٥)

فقرن خلية في دور ديبلوتين (Diplotene) وقد تكونت الكليارات

٣ - هذان الاثنان اللتصقان هما نصفاً كل كروموزوم أي الكروماتيدان اللتان انقسم الكروموزوم طولياً لتكوينهما .

٤ - تتكون كل مجموعة حيثلة من أربعة كروماتيدات واثنين فقط من السنروميرات .

٥ - يديهي ان كل اثنين من هذه الكروماتيدات مع السنرومير التي يربطها كانا أصلاً كروموزوماً واحداً في الأطوار السابقة .

٦ - يلاحظ تباعد الكروموزومين المتراوجين بعد أن كانا ملتصقين في الأطور السابقة وكأنهما يرغبان في الانفصال عن بعضهما البعض .

٧ - لا بد أن شيئاً خاصاً قد منع الانفصال التام بين هذين الكروموزمين إذ نلاحظ في نقط خاصة اشتباكاً بين الكروماتيدين الداخلين لكل من الكروموزومين الأصليين .

٨ - هذا تصوير حقيقي لما حصل ، إذ أننا نجد أن في نقط الاشتباك هذه قد حصل تبادل بين أجزاء الكروماتيدين المتضادين ، وهذا التبادل الجزئي (Exchange of partners) هو الذي منع الانفصال الكلي للكروموزومين الأصليين .

٩ - تسمى نقط التبادل هذه بالكيازمات (Chiasmata) والمفرد كيازمة (Chiasma) .

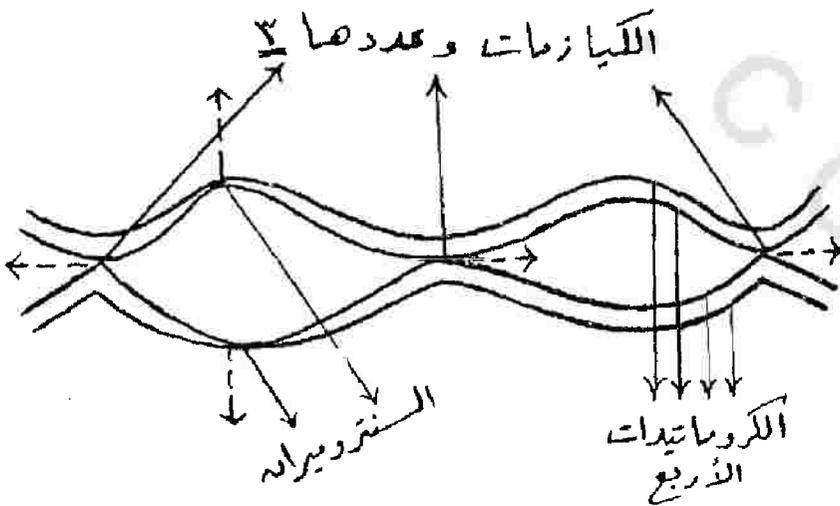
١٠ - يختلف عدد الكيازمات بين الأزواج فقد يحتوي بعضها واحدة والآخر اثنتين أو ثلاثة أو أكثر .

والآن ما السر في كل هذه التطورات ؟ - وما المدى أدى إلى كل هذه التغيرات ؟ والجواب أن كل هذا معزو من غير شك إلى عاملين الأول أن كل كروموزوم قد انقسم طويلاً إلى نصفيه ، فقد سبق أن قلنا ان خاصية الانقسام الطولى للكروموزومات هي خاصية وراثية لا مندوحة عنها وكل ما حصل هنا أنها قد أجمت بعض الوقت ، أما وقد انتهى الغرض البيولوجي من تأجيل الانقسام (ونعيد أن الغرض هو توكيد تجاذب الكروموزومات المفردة وتزاوجها تهيئة للتكاثر الجنسي في الكائنات الحية) فان الخاصية الوراثية تأخذ مجراها وتؤدي إلى انقسام كل كروموزوم إلى نصفيه الطولين أى الكروماتيدين ، ويكون هذا الانقسام كعهدهنا به في جميع أجزاء الكروموزوم ما عدا نقطة السنترومير التي يبقيان فيها متحدتين أو ملتصقتين .

والعامل الثاني - وهو مبنى على الأول - ان كل كروموزوم وقد أصبح الآن ذا كروماتيدين - ليست له حاجة في الالتصاق بشبيهه - فتنقلب الجاذبية التي أدت إلى التصاقهما وهما منفردين إلى تنافر ينشأ في التو واللحظة التي يصبحان فيها مزدوجين - ونتيجة لهذا التنافر يشرع الكروموزومان في الابتعاد عن بعضهما البعض بقصد الانفصال إلا أن حصول التبادل الجزئي في مواضع الكيازمات يقف حجر عثرة في سبيل هذا الانفصال الكلي ، وهذه هي المعجزة الثانية التي لولاها لما كان هناك تكاثر جنسى تناسلي مطلقاً .

الخطوة الخامسة :

يطراً تغيير شكلي في الكروموزومات فتبدو أقصر مما كانت وكذلك تزداد سمكاً ، ونجد أن عدد الكيازومات في كل مجموعة رباعية من الكروماتيدات قد نقص عن الدور السابق - وهذا النقص ناشئ عن كون الكيازومات تتحرك تجاه أطراف الكروموزومات بعيداً عن مواقع السنروميرات ، وهذه الحركة ناشئة عن استمرار حالة التنافر بين الكروموزومين الأصليين التي تكون أكبر أثراً بين نقطتي السنرومير المتضادين بالذات - فكأن الكروموزومين يشدان من نقطتي السنرومير في اتجاهين متضادين كما هو مبين بالأسهم المتقطعة المتجهة شمالاً وجنوباً في (شكل ١٦) - وتبعاً لذلك تتحرك الكيازومات التي على يمين السنرومير ناحية الطرف الأيمن للكروموزومات وتلك التي عن يسار السنرومير تجاه الطرف الأيسر للكروموزومات - وتسمى هذه الحركة بتطرف الكيازومات (Terminalisation of chiasmata) وإذا كان هناك أكثر من كيازومة واحدة في أحد الاتجاهين فأنها تلاحق بعضها البعض إلى أن تصل أبعدها عن السنرومير إلى الطرف فتتلاشى كلية وتستمر التي تليها في التطرف إلى أن تصل إلى الطرف تماماً وهكذا دواليك وتبين الأسهم المتقطعة في (شكل ١٦)



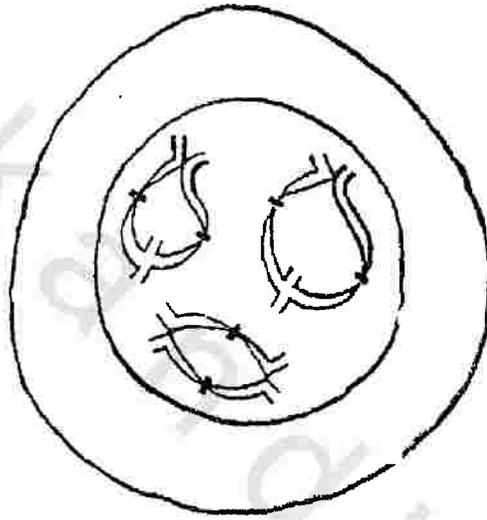
(شكل ١٦)

شكل مكبر لأحد الأزواج الكروموزومية (bivalents)

في دور الدبلوتين

المتجهة يمينا ويساراً اتجاه حركة التطرف ، ويسمى هذا الدور بالدياكينيز (Diakinesis) كما هو مبين في (شكل ١٧) وقد يحصل أن يتم التطرف بصفة تامة أو تبقى بعضها في حالة وسطية غير تامة التطرف .

هذا هو آخر طور من أطوار دور التمهيد (Prophase) وهو الدور الأول من أدوار نشاط الخلية ، ويلاحظ أنه أثناء جميع هذه التطورات التي طرأت على الكروموزومات تكون النواة ما زالت محاطة بالجدار النووي



(شكل ١٧)

نفس الخلية في دور الدياكينيز (Diakinesis)

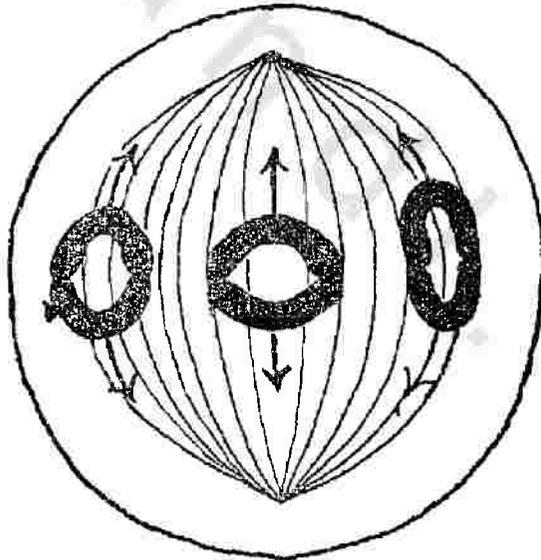
وهو آخر تطورات الدور التمهيدى في الإنقسام الاختزالي

الدور الثاني - وهو الدور المتوسط (Metaphase) :

يختفي الجدار النووي ويتكون المغزل في سيتوبلازم الخلية ثم تتحرك المجاميع الكروموزومية (bivalents) التي كانت منتشرة في فراغ النواة لتتخذ مراكزها في محيط المغزل مكونة هنا أيضاً محيطاً استوائياً - وغالباً ما تكون الأزواج قد ازدادت قصراً وسمكاً مما يجعلها متماسكة فيستحيل تمييز كروماتيدات الأربعة - وغالباً أيضاً ما يكون تطرف الكيازومات قد استكمل خطواته فيحتوى كل زوج كروموزومى على كيازمتين طرفيتين اثنتين فقط كل واحدة منهما في

أحد طرفي الزوج الذي يأخذ حينئذ شكلاً مستديراً ويسمى تبعاً لذلك الزوج المستدير (Ring bivalent) ، أما إذا كانت الكيازمات قد تكونت في ناحية واحدة فقط من ناحيتي السنترومير وحصل التطرف فان الزوج يحتوي على كيازمة طرفية واحدة ويأخذ شكلاً مستقيماً ويسمى تبعاً لذلك بالزوج القائم (Rod bivalent)

وتلعب نقطة السنترومير هنا نفس الدور في توجيه أوضاع الأزواج على المحيط الاستوائى فتجد كل زوج قد التصق بأحد خيوط المغزل بواسطة السنتروميرتين الخاصتين به بحيث يكون الخيط عمودياً على محور دائرة الزوج الكروموزومى كما هو مبين في (شكل ١٨) حيث تبين الأسهم مواضع السنتروميرات في كل كروموزوم واتصاله بخيط المغزل الخاص به .



(شكل ١٨)

نفس الخلية في الدور المتوسط الأول للانقسام الاختزالي (First Metaphase)

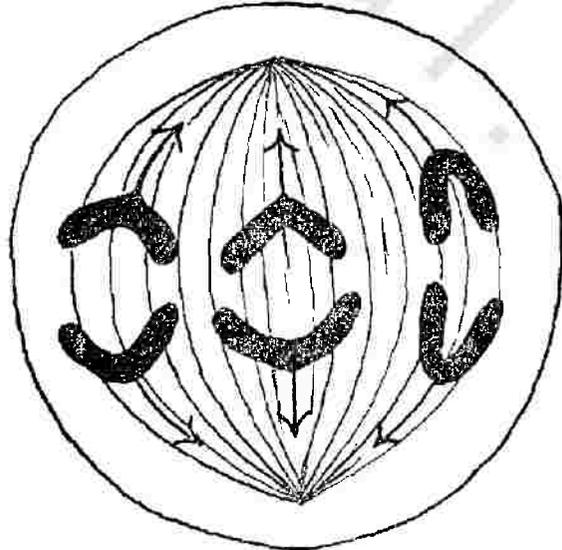
وقد انتظمت الأزواج الكروموزومية على محيط المغزل

والدور المتوسط هذا من أهم أدوار الانقسام الاختزالي الذى نحن بصدده الآن إن لم يكن أهمها في عمليات الفحص الميكروسكوبى لمعرفة كنه التكوين

السيولوجى وما يمكن استنتاجه من سلوك الكروموزومات ، إذ أن الكروموزومات فى هذا الدور تكون قد وصلت لأقصى درجات القصر والسبك وهى لذلك تتحمل الأحماض وغيرها من السوائل التى تستعمل فى التثبيت وما يتبعه من عمليات أخرى لعمل الشرائح الزجاجية استعداداً للفحص المجهرى .

الدور الثالث - دور الانفصال (Anaphase) :

ما زالت قوة التنافر بين الكروموزومين المتحددين آخذة مجراها الذى يبرز أكثر ما يبرز بين نقطتى السنتروميير - والآن وقد ترتبت الأزواج الكروموزومية فى محيط المغزل وارتبط كل منها بأحد خيوطه بواسطة نقطة السنتروميير تصل قوة التنافر إلى منبهاها بكونها تؤدى إلى انفصال كل كروموزوم عن الكروموزوم الذى كان متحداً معه حيث يتجه كل منهما فى اتجاه مضاد نحو أحد قطبي المغزل - ويبين (شكل ١٩) الخلية فى هذا الدور حيث يستمر تحرك الكروموزومات المنفصلة تجاه قطبي المغزل مبتعدين عن بعضهما البعض .



(شكل ١٩)

نفس الخلية فى دور الانفصال الأول (First Anaphase)

الدور الرابع :

بعد وقت قصير يتكون في وسط الخلية جدار يفصل مجموعتي الكروموزومات في كل قطب عن بعضها البعض ويسمى هذا الدور بالدور النهائي الأول (Telophase-or-Interphase) - إذ أنه دور فاصل بين جزأى أو وحدتي الانقسام الاختزالي - فالانقسام الاختزالي يتكون من انقسامين لنفس الخلية الأمية الأولى - الانقسام الأول هو الذى انتهينا عنده الآن بانقسام الخلية الأمية إلى خليتين في كل منهما ثلاثة كروموزومات (ومعلوم أن الخلية الأمية كان بها ستة كروموزومات) .

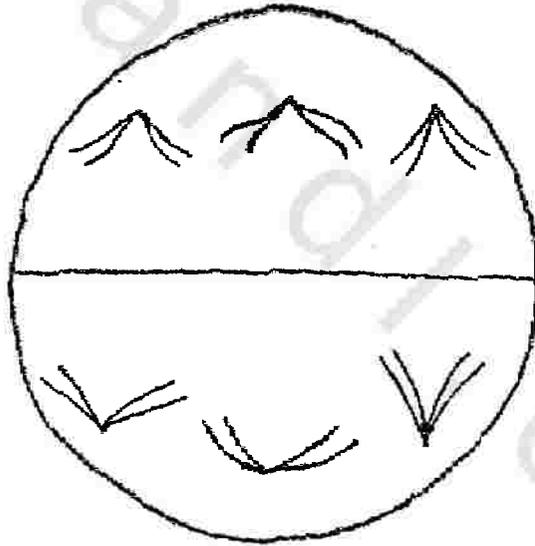
أما الانقسام الثانى فيبدأ مباشرة بعد هذا الدور ، ولكنى يتيسر لنا فهم الدافع لهذا الانقسام الثانى سنشرح تكوين الخليتين الناشئتين من الانقسام الأول بعض الشرح - أو بمعنى آخر سنتأمل قليلا في هاتين الخليتين في دور Interphase هذا : -

لقد رأينا أن ثلاثة كروموزومات قد توجهت إلى كل قطب من قطبي الخلية وانفصلت تماماً عن الثلاثة الأخرى بواسطة الجدار الخلوى الذى قسم الخلية الأمية إلى خليتين ، ولعله من الواضح أن كل كروموزوم من هذه الكروموزومات الثلاثة مكون من كروماتيدين متحدين في نقطة السنترومير ، ويبين (شكل ٢٠) الخليتين الناشئتين من الانقسام الأول موضحاً في كل منهما التحليل الكروماتيدى للكروموزومات الثلاثة الموجودة بها .

فكل خلية حينئذ بها ستة كروماتيدات وثلاثة سنتروميرات ، فلو أن هذه الخلية تركت وشأنها لكانت النتيجة الحتمية عند دخولها في دور سكون ثم خروجها منه أن ينفصل كل كروماتيدين بانقسام السنترومير الذى يربطهما وبذلك يصبح في الخلية ستة كروماتيدات وستة سنتروميرات تصبح فيما بعد

سته كروموزومات وستة سنغروميرات ، وبهذا الوضع لا يتم الاختزال في إعداد الكروموزومات الذي هو الغاية المنشودة من العملية بأكملها .

من ذلك ترى أن هذا الانقسام الأول ولو أنه قد أدى إلى اختزال شكلي في عدد الكروموزومات فلقد أصبحت ثلاثة بعد أن كانت ستة - إلا أن هذه الثلاثة هي في الحقيقة والأمر الواقع ستة كروماتيدات - واخذف الأساسى إذن يتلخص في الضرورة الواجبة لتوزيع هذه الستة كروماتيدات بالتساوى على خليتين فتحتوى كل منهما ثلاثة كروماتيدات فقط وبذلك يتم الاختزال شكلياً وموضوعياً ، وهذه هي المعجزة الثالثة .

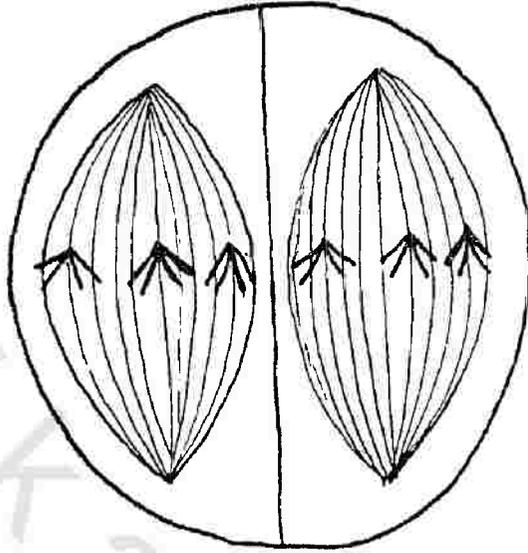


(شكل ٢٠)

نفس تخليق في طور الاستعداد لانقسام الخلية (Interphase)

ولهذا السبب نجد أنه بمجرد أن يتم الانقسام الأول تبدأ كل من الخليتين الناتجتين في المنعول في انقسام خضري عادي غير مباشر (Mitosis) كالسابق شرحة - فترتكون في كل منهما مغرب وتوجهه الثلاثة كروموزومات مكونة محيطاً

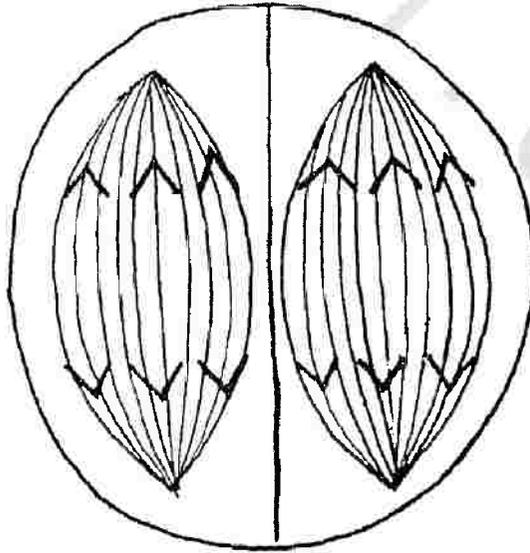
استوائياً بأن ترتب نفسها على خيوط المغزل بواسطة سنتر وميراتها كما هو مبين في (شكل ٢١).



(شكل ٢١)

نفس الخلية في الدور المتوسط الثاني (Second metaphase)

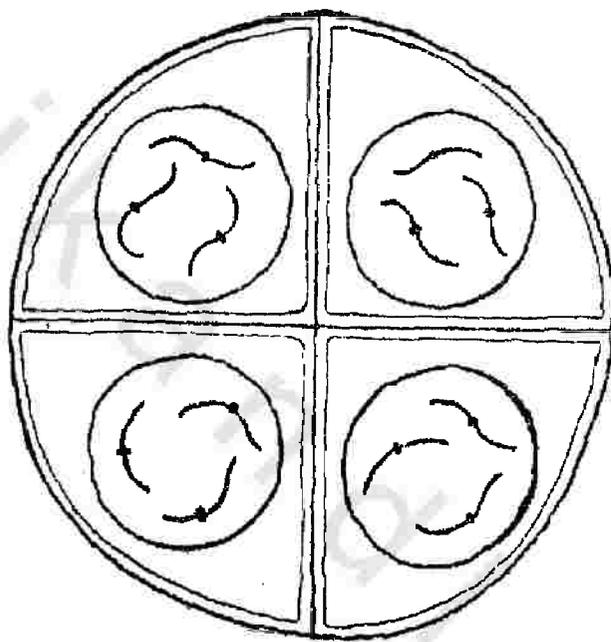
وبعد ذلك ينفصل كل كروماتيدين عن بعضهما البعض متجهين إلى قطبي المغزل، ويحصل هذا بطبيعة الحال في كلتا الخليتين على كلا المغزلين كما هو موضح في (شكل ٢٢). فنجد أن كل قطب احتوى ثلاثة كروماتيدات.



(شكل ٢٢)

نفس الخلية في دور الإنفصال الثاني (Second anaphase)

وإذ تم ذلك يتكون جدار خلوى وسط كل خلية فاصلاً مجموعات الثلاثة كروماتيدات عن بعضها البعض ، وبذلك تتكون لدينسا أربع خلايا في كل منها ثلاثة كروماتيدات وثلاثة سنتروميترات - ثم يتكون حول كل مجموعة من هذه الأربع مجاميع غشاء نووى محدداً النوأة داخل السيتوبلازم كما يظهر في (شكل ٢٣)



(شكل ٢٣)

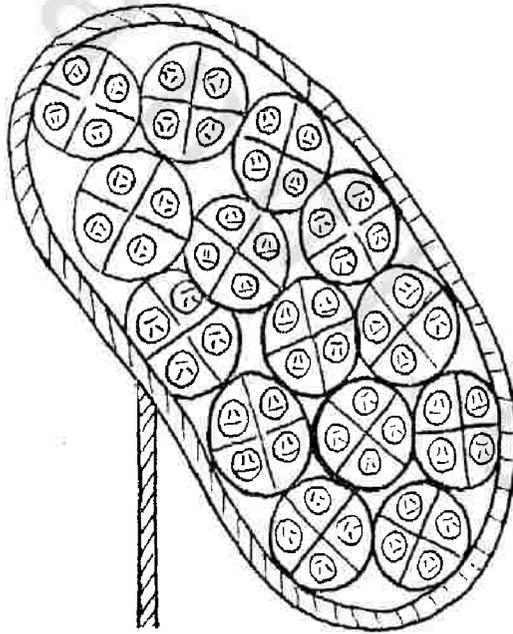
نفس الخلية في الدور الأخير للإنقسام الإختزالي

وقد تكونت الرباعيات (Tetrads)

هذا هو آخر مراحل الانقسام الإختزالي - ونهايته دائماً أيها وجد في جميع الكائنات الحية تكوين أربع خلايا من خلية واحدة على فترتين أو بانقسامين متتاليين ولا يتم الإختزال في العدد إلا بهما معاً ، ففي حالتنا هذه بدأنا بخلية بها ستة كروموزومات وانتهينا بأربع في كل منها ثلاثة كروماتيدات مستصبح حتماً ثلاثة كروموزومات ، ويسمى دور الأربع خلايا هذا (Tetrad) لتمييزه عن دور الخليتين بعد الانقسام الأول حيث يسمى (Dyad)

ويسمى الانقسام الاختزالي علمياً باسم (Meiosis) ، وهو الانقسام الذى يودى إلى اختزال عدد الكروموزومات إلى النصف ويحصل هذا بكون الخلية تنقسم مرتين فى الوقت الذى تنقسم الكروموزومات مرة واحدة ، وبذلك تتكون مجاميع الأربيع بخلايا هذه التى تتكون منها الخلايا التناسلية أى حبوب اللقاح فى حالة النباتات - محتوية على نصف عدد الكروموزومات .

لنرجع الآن إلى (شكل ١١) فقد بدأنا بمتك الزهرة وبها خلايا حبوب اللقاح الأمية فى دور المسكون ، ثم تتبعنا تطورات سلوك هذه الخلايا خطوة خطوة إلى أن أصبحت كل واحدة منها مكونة من أربع خلايا بكل منها نصف عدد الكروموزومات وهذا كله يحصل بطبيعة الحال فى المتك ولذلك نوضح فى (شكل ٢٤)

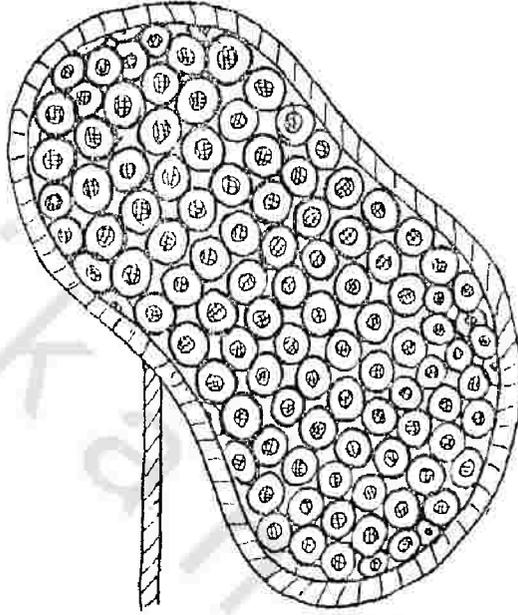


(شكل ٢٤)

متك الزهرة ملىء بالرباعيات (Tetrads)

إحدى هذه المتك فى دور (Tetrad) ، وبديهي أن كل هذه الخلايا الناشئة تتفكك عن بعضها فتملاً فراغ المتك مكونة حبوب اللقاح التى تكون معادة

لعمليات التلقيح، وغنى عن الذكر أن أنويتها تدخل الآن في طور سكون كما هو مبين في (شكل ٢٥) استعداداً لنشاطها عندما تقوم بوظيفة التلقيح



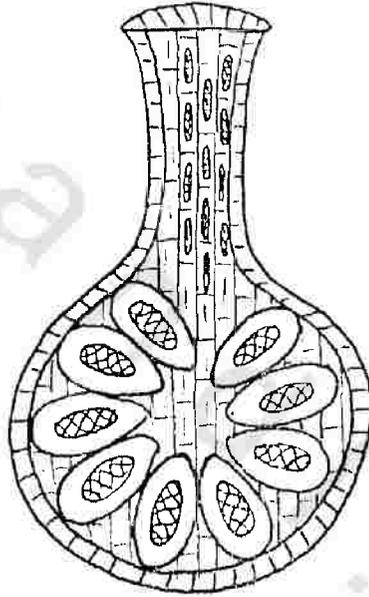
(شكل ٢٥)

متك الزهرة مليئة بحبوب اللقاح المكونة داخل الرباعيات وهي في دور سكون استعداداً للتلقيح

٢ - تكوين البويضات (الخلايا التناسلية الانثوية) :

كما أن حبوب اللقاح تتكون في المتك في الزهرة فان البويضات تتكون في المبيض الذي تكون هو الآخر من الانقسامات الخضرية مثل باقي أعضاء النبات ، فنجد المبيض مكوناً من خلايا عديدة في جداره وفي داخله جميعها بها نفس المجموعة الكروموزومية التي كانت في خلية البذرة الأصلية ، وينطبق نفس الوصف على الخلايا المبيضية التي تخصصت لتكوين البويضات فنجد عدداً منها داخل المبيض وبكل منها نواة بها ستة كروموزومات في حالة سكون

كما هو مبين في (شكل ٢٦) والبويضة كما هو معلوم تقوم بوظيفة الخلية التناسلية الأمية فهي المهده الذي سينشأ فيه الجنين بعد التلقيح أو هي الكيس الذي سيحتضن الجنين وفيه يتكون ، ولذلك سميت البويضة علمياً بالخلية الأمية للكيس الجنيني (Embryo-sac mother cell) مثلها في ذلك مثل الخلية الأمية لحبوب اللقاح (Pollen mother cell) التي سبق شرحها - وحيث أن البويضة وظيفتها تناسلية فلا بد وأن يحصل فيها هي أيضاً انقسام اختزالي - وهذا يتم في خطوات متسلسلة كالاتي :-



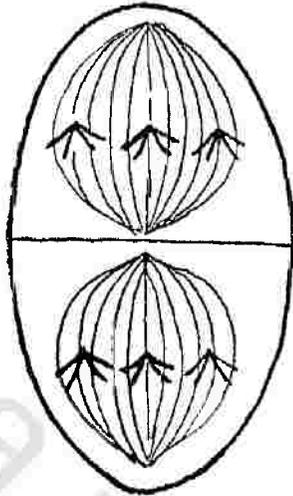
(شكل ٢٦)

مبيض الزهرة وبه البويضات ونوياتها في حالة سكون

الخطوة الاولى :

لا داعي هنا لتكرار ما شرحناه سابقاً . فعملية الانقسام الاختزالي كما ذكرنا واحدة مهما اختلفت الكائنات الحية ، وهي سيات في الذكر والأنثى ، وتسلسل الخطوات يصل بنا إلى دور الأربع خلايا (Tetrad) وهي النتيجة النهائية للانقسام الاختزالي ، وبديهي أن كل واحدة من هذه الخلايا الأربع تحتوي على

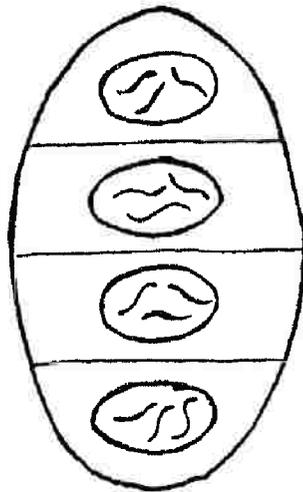
ثلاثة كروموزومات فقط أى نصف العدد الأصلي ، وهناك فرق شكلي واحد في حالتنا هذه وهو اختلاف بسيط في وضع المغزلين في دور الخليةين (Dyad) بعد الانقسام الأول - فانهما بدلا من أن يكونا متوازيين كما شاهدناهما في (شكل ٢١) يكونان متقابلين أو ممتدين في مستوى واحد كما في (شكل ٢٧) .



(شكل ٢٧)

البويضة في دور الانقسام الثاني لتكوين الرباعيات (Tetrads)

ونتيجة ذلك أن الأربع خليا في دور (Tetrad) تكون في صف واحد كما هو مبين في (شكل ٢٨) .



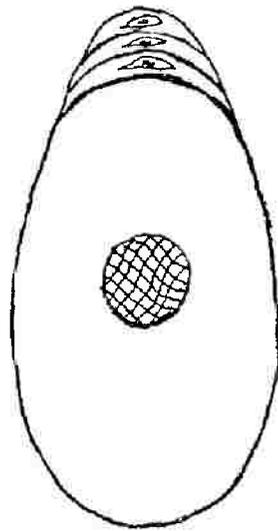
(شكل ٢٨)

البويضة في دور الأوبع خلايا وتقع كلها في صف واحد

ولعل مما يساعد على هذا الاتجاه في الترتيب أن البويضة بطبيعتها بيضاوية الشكل بخلاف الخلايا الأمية لحبوب اللقاح فإنها غالباً ما تكون مستديرة - وعلى وجه العموم كثيراً ما يأخذ دور الأربع خلايا أشكالاً مختلفة ليس هذا مجال التحدث عنها .

الخطوة الثانية :

رأينا البويضة الآن وبها أربع خلايا مختزلة - وهنا يظهر الفرق الفسيولوجي بين سلوك الجنسين فإنه بينما تستطيع جميع الخلايا الأربع الناتجة من الانقسام الاختزالي (وهي حبوب اللقاح) أن تؤدي وظائفها كخلايا تناسلية ذكورية - إذ أنها تنتقل وتنافس ولذلك يلزم أن تكون بالكثرة التي نشاهدتها - فإن الأمر في الخلايا التناسلية الأنثوية على عكس ذلك تماماً فهذه عددها قليل في المبيض وستأتيها حبوب اللقاح بالآلاف بل بالملايين تنافس وتتسابق للوصول إليها - هذا من ناحية - ومن ناحية أخرى - وهي الأهم - ان هذه الأربع خلايا الناتجة من الانقسام الاختزالي تبقى متحدة ولا تنفصل - فن غير المعقول حينئذ أن تبقى جميعها لتستقبل حبوب اللقاح ولا بد من بقاء واحدة فقط لتقوم بهذه المهمة - ولذلك نجد أن الخطوة الثانية تملخص في زوال ثلاث من هذه الخلايا تحتص في المبيض وبقاء واحدة فقط - وهذه تتحرك وتأخذ موضعها في وسط البويضة أو الكيس الجنيني وتدخل في دور سكون كما هو واضح في (شكل ٢٩) .

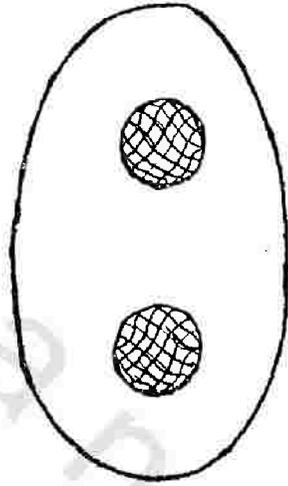


(شكل ٢٩)

البويضة وبها فوة في دور سكون - وفي أعلاها الثلاثة الزائلة

الخطوة الثالثة :

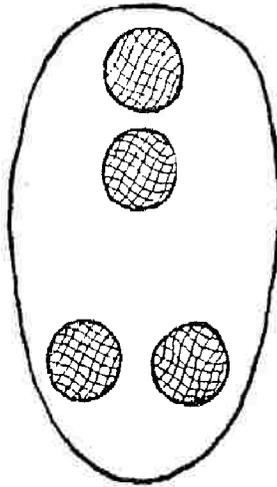
ان نواة هذه الخلية الباقية هي النواة الأنثوية الحقيقية - وهي التي تشرع في تكوين الكيس الجنيني (Embryo-sac) بتركيبه المعروف - ويكون ذلك بانقسامها ثلاث مرات متتالية بطريقة الانقسام الخصري (Mitosis) فينشأ عن الانقسام الأول نواتان (شكل ٣٠)



(شكل ٣٠)

الكيس الجنيني الامي (Embryo - Sac mother cell) في دور النواتين

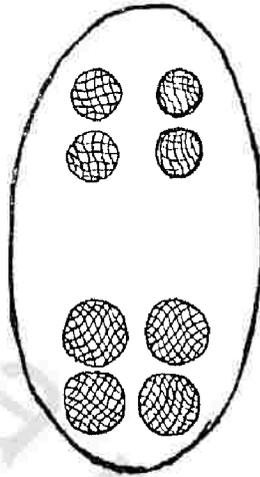
ثم ينشأ عن الثاني « أربع أنوية » ، كما هو واضح في (شكل ٣١)



(شكل ٣١)

نفس الكيس الجنيني في دور الأربع أنوية

ثم عن الثالث ثمان أنوية (شكل ٣٢) - وبلديهي أن جميع هذه الأنوية محتزلة
أى بها نصف عدد كروموزومات الخلايا الخضرية .



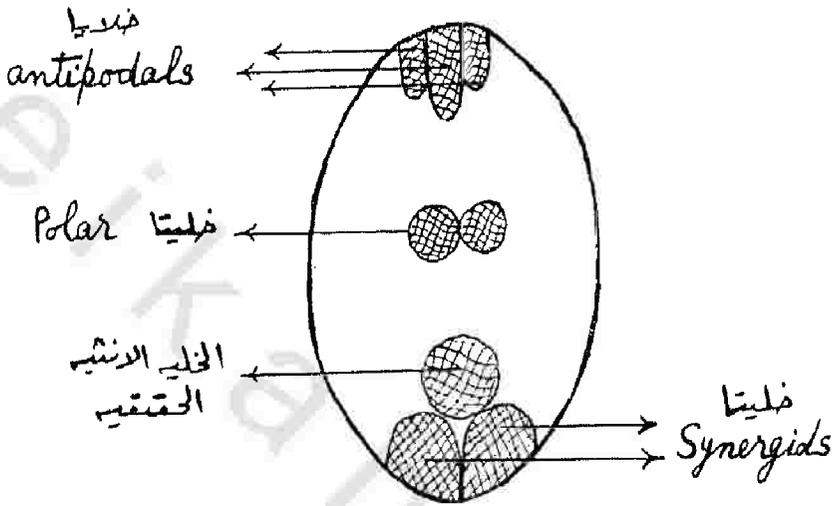
(شكل ٣٢)

نفس الكيس الجنيني فى دور الثمان أنوية

الخطوة الرابعة :

بعد تكوين هذه الثمان أنوية نجد أنها ترتب نفسها ترتيباً خاصاً فى فراغ الكيس الجنيني - فتتجه ثلاث منها نحو أقطاب الكيس وتسمى بخلايا (Antipodals) - وتتجه ثلاث أخرى نحو القطب الآخر حيث تبقى واحدة منها لتمثل الخلية الأنثوية الحقيقية (true female egg) وتسمى الاثنتان الأخران (Synergids) وتبقى بعد ذلك نحابتان . وهاتان تلتصقان ببعضهما البعض ثم بعد ذلك تتحدان معاً مكونتين ما يسمى (Fusion nucleus or Polar nucleus)

ويرى في (شكل ٣٣) كيس جنيني موضح به هذه الأوضاع وهو معد لاستقبال حبوب اللقاح بعد أن تمت فيه هذه التغيرات .



(شكل ٣٣)

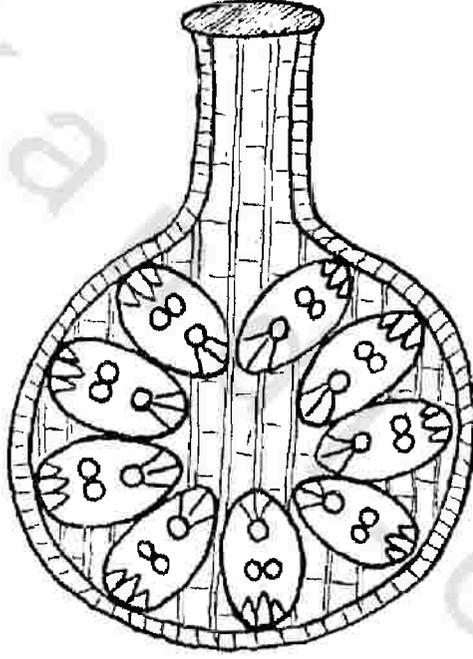
الكيس الجنيني تام التكوين

وقد تشكلت أنثوان انوية فيه نهائياً استعداداً للتلقيح

ولنرجع الآن إلى المبيض فلقد تركناه في (شكل ٢٦) كما كان في بدء تكوينه ثم درسنا تطورات تكوين الأكياس الجنينية - ولنرجع الآن لنصفه بعد أن تم كل هذا - فنجد أنه يحتوي على عدد من الأكياس الجنينية في كل منها هذه الثمانية أنوية وأهمها كما رأينا النواة الأنثوية الحقيقية تابعة في وسط الكيس معدة للتلقيح - ويوضح (شكل ٣٤) المبيض في هذا الممر - ويصح القول أن هذا الوصف ينطبق على أغلبية النباتات الراقية - وهناك بعض اختلافات ليس هنا مجال التحدث عنها .

٣ - نشاط حبوب اللقاح استعداداً للتلقيح (Pollination) :

١ - رأينا الآن الزهرة وبها أولاً : المتك محتوية على الخلايا التناسلية الذكورية أى الجاهيطات أو حبوب اللقاح وبكل منها نواة فى دور سكون ومحتوية على نصف عدد الكروموزومات وثانياً المبيض محتوية على الخلايا التناسلية الأنثوية أو الجاهيطات الأنثوية أو الأكياس الجنينية أو البويضات وبها ثمان أنوية فى دور سكون أيضاً وبكل منها كذلك نصف عدد الكروموزومات - على أن أهم نواة من هذه الثمان أنوية هى نواة الخلية الأنثوية الحقيقية وهى التى تقابل نواة حبة اللقاح من حيث أهميتها فى التلقيح .



(شكل ٣٤)

المبيض وبه الأكياس الجنينية معدة لاستقبال حبوب اللقاح

ب - وإذا تم ذلك تبدأ عملية التلقيح بأن تنتشر حبوب اللقاح على ميسم الزهرة وبذلك تمهياً لها العوامل الفسيولوجية التى تنشطها وتعمل على نمو حبة اللقاح فتكون أنبوبة اللقاح التى تتخذ لها طريقاً بين خلايا الميسم فخلايا القلم متجهة ناحية المبيض .

ح - وعندما يبدأ نشاط حبة اللقاح التي نشاهدها في شكل (١٣٥) نجد أن نواتها تنقسم انقساماً عادياً إلى نواتين تسمى إحداهما النواة الخضرية أو نواة أنبوبة اللقاح أى : (Vegetative nucleus or Pollen tube nucleus) وهي المفروض أنها توجه أنبوبة اللقاح في اتجاهها ناحية المبيض - والثانية تسمى النواة التناسلية (Generative nucleus) وهي التي ستقوم بدور التلقيح الفعلي - وتوجد النواتان جنباً إلى جنب في سيته بلازم حبة اللقاح كما في (شكل ٣٥ ب)

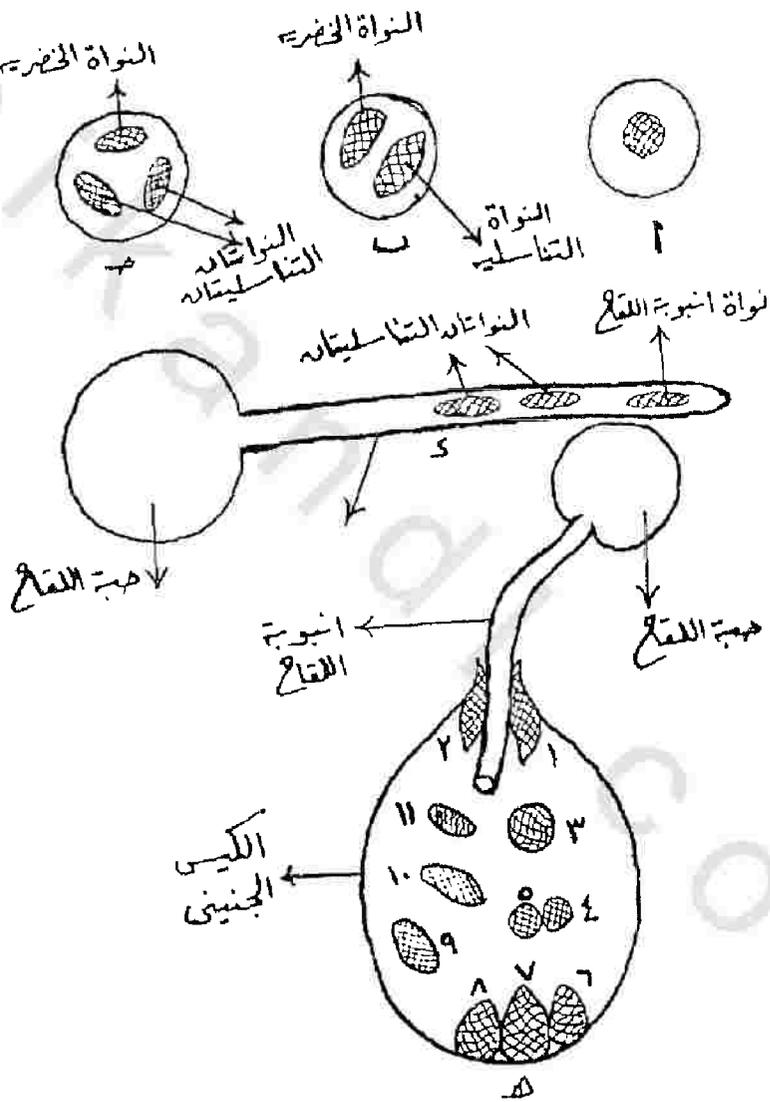
د - بعد ذلك تنقسم النواة التناسلية مرة أخرى إلى نواتين بالطريقة العادية مكونة نواتين تناسليتين - فالنتيجة إذن أننا في هذا الدور نجد في حبة اللقاح ثلاث أنوية - واحدة منها هي نواة أنبوبة اللقاح واثنان تناسليتان كما في (شكل ٣٥ ح) - ونعيد إلى الأذهان أن هذه الأنوية الثلاث جميعها مختزلة أي بها نصف عدد الكروموزومات .

هـ - بعد ذلك تنبجج أنبوبة اللقاح من الناحية المخصصة لها من جدار حبة اللقاح ويستمر نموها ثم تنزلق الثلاث أنوية متحركة ناحية الأنبوبة داخلية فيها بترتيب خاص مبتدئة بنواة الأنبوبة نفسها وهو الوضع الطبيعي إذ هي التي ستوجه استطالة الأنبوبة وامتدادها ناحية البويضات ثم يتبعها النواتان التناسليتان واحدة وراء الأخرى كما في شكل (٣٥ د) .

و - تستمر هذه العملية إلى أن تصل أنبوبة اللقاح إلى مدخل البويضة فتدخل من الناحية المخصصة لذلك متجهة داخل البويضة حيث يفتح جدار القبة النامية للأنبوبة لكي تفرغ جمعيتها داخل البويضة - وبذلك تدخل الثلاث أنوية في البويضة كما في شكل (٣٥ هـ) ويكون بهذا قد انتهت مهمة أنبوبة اللقاح التي تلتخص في توصيل الأنوية التناسلية الذكورية من حبة اللقاح إلى الخلية التناسلية الأنثوية داخل البويضة تمهيداً لعملية الإخصاب .

٤ - عملية الاخصاب (Fertilization) :

نجد الآن أن البويضة بها ١١ نواة - الثمانية الموجودة في الأصل وهي مكونات الكيس الجنيني وهي المنمرة من ١ - ٨ في (شكل ٣٥ هـ) ثم ثلاث أضيفت عن طريق أنبوبة اللقاح وهي المنمرة من ٩ - ١١ في نفس الشكل .



(شكل ٣٥)

- ١ - ب : - تسلسل نشاط حبة اللقاح عند بدأ انباتها وانقسام نواتها .
- ٢ - ع : - الأنبوبة اللقاحية (pollen tube) - وبها الانوية التي كانت في حبة اللقاح .
- ٣ - هـ : - الكيس الجنيني وقد اخترقته أنبوبة اللقاح وأفرغت أنويتها داخله .

أما الثمان أنوية الأصلية فان ثلاثا منها فقط هي التي تقوم بدور أساسي في عملية الإخصاب وهذه هي النواة الأنثوية الحقيقية (نمرة ٣ في الشكل) ثم نواتا (Polar) (نمرة ٤، ٥ في الشكل) - أما الخمس الباقية فانها تضمحل وتزول نهائياً - وأما الثلاث أنوية التي كانت في أنبوبة اللقاح فان اثنتين منها فقط لهما نفس الأهمية في الإخصاب وهما الخليتان التناسليتان (نمرة ١٠ - ١١ في الشكل) أما النواة الثالثة فهذه قد أنهت مأموريتها بتوجيه حبة اللقاح ناحية البويضة ونجدها تمتص في سيتوبلازم البويضة نهائياً (نمرة ٩ في الشكل).

والذي يحصل الآن هو الآتي :-

أولاً : تتحد إحدى النواتين التناسليتين الذكورية مع النواة الأنثوية الحقيقية أى نواة رقم ١١ مع نواة رقم ٣ - ويتكون من هذا الاتحاد أو الإخصاب نواة الزيجوتية أو نواة البذرة التي سوف تتكون - ولا يغيب عن أذهاننا أن هذه النواة الزيجوتية سيصبح عدد الكروموزومات فيها مساوياً للخلايا الخضرية أى ضعف العدد الأساسي - إذ أنها نشأت عن اتحاد نواتين تحتوي كل منهما على نصف عدد الكروموزومات .

ثانياً : تتحد النواة التناسلية الذكورية الثانية مع نواتي (Polar) أى نواة ١٠ مع النواتين ٤ ، ٥ - ويتكون من هذا الاتحاد أو الإخصاب نواة واحدة هي نواة الاندوسبيرم (Endosperm) وظاهر حينئذ أن عدد الكروموزومات بها سيصبح ثلاثة أضعاف العدد الأساسي - إذ أنها نشأت عن اتحاد ثلاث أنوية تحتوي كل منها على نصف عدد الكروموزومات في الخلايا الخضرية .

هذه هي طبيعة الإخصاب وكما نرى فهو إخصاب مزدوج على خطوتين ، ويسمى (Double Fertilization) - وهذا هو ما يحصل في غالبية النباتات الراقية .

وغنى عن الذكر أنه بانتهاء هذه العملية ينمو الكيس الجنيني أو البويضة وتتكون منه البذرة الجديدة التي هي منشأ جيل جديد - ونكون بهذا الوصف

قد استكملنا دورة حياة كاملة ابتداء من البذرة الأولى الى أن وصلنا إلى البذرة الثانية .

وقبل أن نترك هذا الباب نود أن نوجه النظر إلى أن هذه الدورة الكاملة قد تخللها شطران أساسيان من الأجيال هما : -

أولاً : الجيل الخضري (Gametophyte or Gametophytic generation) وهو الذى بدأ منذ وضع البذرة فى التربة ونموها وانقساماتها إلى تكوين الخلايا التناسلية .

الثانى : الجيل التناسلى (Sporophyte or Sporophytic generation) وهو الذى بدأ منذ تكوين حبوب اللقاح والبويضات واستمر إلى تكوين البذرة الجديدة بعد التلقيح بالإخصاب - وهكذا -

هذا هو تبادل أو تعاقب الأجيال (Alternation of generations) فى النباتات الراقية - والفرق بين الجيلين من الناحية السيتولوجية فرق أساسى - فجميع خلايا الجيل الخضري تحتوى على ضعف العدد الأساسى للكروموزومات فإذا فرضنا أن العدد الأساسى (ن) فان عدد الكروموزومات فى خلايا هذا الجيل أينا وجدت هو (2 ن) - وهو ما يسمى بالعدد الثنائى (Diploid) على أساس أن العدد (ن) هو العدد الأحادى (Haploid)

وبعكس ذلك نجد أن جميع الخلايا فى الجيل التناسلى تحتوى على العدد الأساسى نفسه أى انها أحادية الكروموزومات (Haploid) - وذلك بطبيعة الحال لكونها نشأت عن طريق الانقسام الانخزالى من أصل خلية الزيجوتية الأصلية فى البذرة الأولى التى كانت ثنائية الكروموزومات .

فدورة الحياة إذن تبدأ من البذرة وخليتها الزيجوتية ثنائية الكروموزومات ثم يأتى دور الخلايا التناسلية التى تتكون بطريقة الانقسام الانخزالى وبذلك تكون أحادية الكروموزومات - وهذه بالتالى عندما تلقح الذكرية منها الأنثية تتكون البذرة ثنائية فتكون بطبيعة الحال ثنائية .

وغيره عن الذكر أنه بانتهاء عملية الإخصاب ينمو المبيض نفسه مكوناً
الثمرة وتنمو البويضات مكونة البذور - وليس هنا مجال الخوض في التغيرات
النباتية والمورفولوجية التي تؤدي إلى هذا النمو .

ويكفي أننا قد شرحنا دورة حياة كاملة لنبات راق من بدء البذرة الأولى
التي زرعت فتمت فكونت نباتاً نمت فيه الأزهار وتم فيها الإخصاب فكونت
بذور جيل جديد يعيد الدورة مرة أخرى وهكذا دواليك .