الباب الأول

دورة حياة كاملة لنبات راق

بين جيـــل وآخر

عندما يشرع الفلاح فى زراعة محصول من محاصيله فانه يبدر تقاويه ثم يعاملها بالمعاملات الزراعية المختلفة إلى أن يجنى منها ثمرة ما غرست يداه — فكل بذرة من البذور تنتج نباتاً يستمر فى النمو حتى يكتمل فينتج بذور الجيل الجديد وبذا تنتهى دورة حياته — ومهمتنا هنا دراسة التغيرات التى تطرأ على البذرة الأولى ومتابعة هذه التقلبات إلى أن نصل إلى البذرة الثانية .

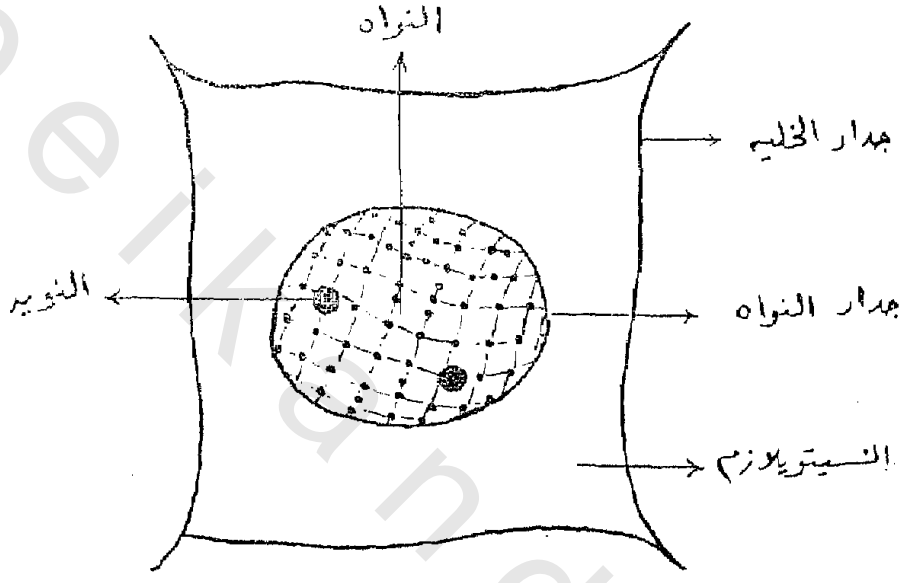
ويمكن تقسيم هذه التغيرات إلى عدة أقسام كالآتى :—

أولا — البذرة (The seed) :

البذرة من الناحية النباتية الوصفية تركيب معقد إلا أنها من الناحية التى تخص هذا الكتاب من البساطة بمكان فهى تتكون من خلية واحدة — وطالما كانت البذرة جافة وليست فى حالة إنبات فان هذه الخلية تكون هى الأخرى فى حالة سكون ويكون تركيبها كما هو مبين فى (شكل ١) — ووصف هذا التركيب كالآتى :—

يوجد جدار خارجى يحيط بالخلية الممتلئة بمادة السيتوبلازم — وفى وسط الخلية جسم مستدير هو النواة يحيط بها هى الأخرى الجدار النووى وتحتوى على واحدة أو أكثر من النويات — ويمتلىء فراغ النواة فى هذا الدور

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



(شكل ١)

خلية البذرة ونواتها فى دور السكون (Resting stage)

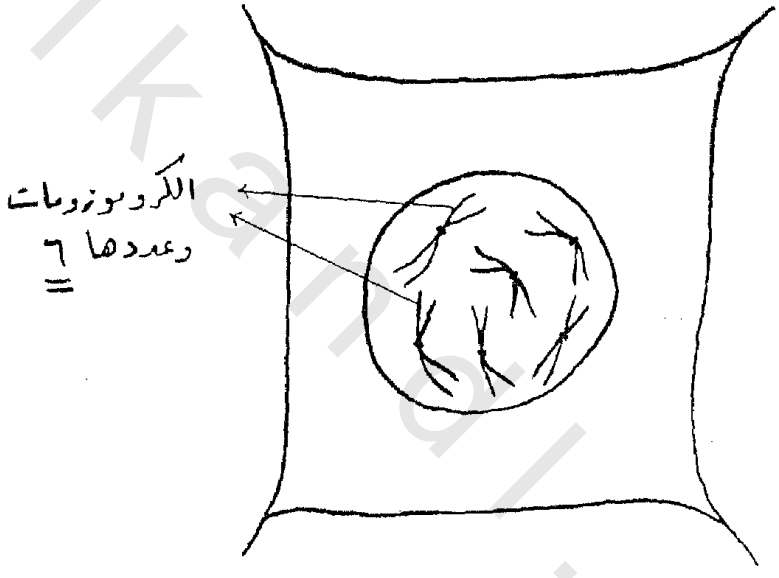
هكذا يكون حال البذرة وخليتها عندما يضعها الفلاح فى تربته لتنمو — فما الذى يجعلها تنمو ؟ — وما الذى يجعلها تكبر وتشق الأرض مكونة ساقها وأفرعها وأوراقها وأزهارها ثم ثمارها ؟ — ان الجواب على ذلك كله مركز فى هذه الخلية الساكنة الكامنة — فانها عندما تتهيأ لها العوامل الفسيولوجية الملائمة من ماء ودفء وغير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

الخطوة الأولى :

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

الكروموزومات هى أهم أعضاء الخلية جميعاً – فهى التى تتحكم فى انقسام الخلية وهى التى تحمل العوامل الوراثية كما سيجىء ذكره .

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

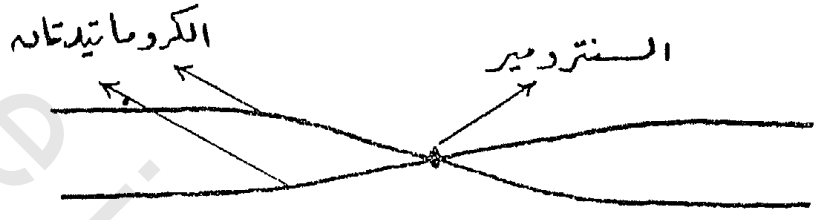


(شكل ٢)

نفس الخلية ونواتها فى الدور التمهيدى (Prophase)

دققنا النظر فى الكروموزومات فى هذا الدور الذى يسمى بالدور التمهيدى (Prophase) نجد أن كل واحد منها هو فى الحقيقة جسم مزدوج مكون من خيطين منفصلين عن بعضهما البعض على مدى طولهما باستثناء نقطة واحدة يكون الخيطان فيها ملتصقين إلتصاقاً تاماً – وبمعنى آخر فانه يمكن القول ان الكروموزوم فى هذا الدور عبارة عن جسم منقسم انقساماً طولياً فى جميع أجزائه فيما عدا نقطة واحدة

يكون فيها نصفاه الطوليان متحدين اتحاداً تاماً — ويرى فى (شكل ٣) رسم مكبر لأحد هذه الكروموزومات .



(شكل ٣)

رسم مكبر لكروموزوم فى الدور التمهيدى

يبين أجزاءه وهى كروماتيدان ونقطة السنترومير

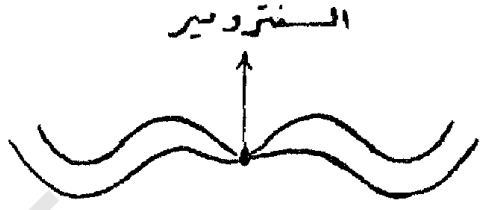
وخاصية الانقسام الطولى هذه هى خاصية ثابتة مميزة للكروموزومات - بل هى من أخص خصائصها الوراثية التى لا مندوحة عن حصولها فى أحد أطوار تطورات الكروموزومات — فالانقسام هنا قد اكتمل فى دور السكون فخرجت الكروموزومات منه منقسمة فعلا إلى نصفيها الطوليين —وسنرى فيما بعد تغييراً فى وقت حصول هذا الانقسام فى نوع 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 السنترومير (centromere) — ويمكن القول إذن أن الكروموزوم فى هذا الدور عبارة عن كروماتيدتين منفصلتين تربطهما نقطة ثابتة هى السنترومير .

الخطوة الثانية :

تبدأ الكروماتيدات التى كانت إلى الآن خيوطاً طويلة فى اتخاذ شكل

حلزونى كما هو مبين فى (شكل ٤) ويتم ذلك فى كلا الكروماتيدتين فى نفس الوقت وتكون الحلزنة فى نفس الاتجاه وتتم فى كلتا الجهتين من نقطة السنترومير — ويلاحظ أن هذه النقطة تبقى كما هى محتفظة بوحدتها كنقطة ثابتة غير منقسمة.



(شكل ٤)

بدأ الحلزنة فى الكروموزوم (Spiralization)

الخطوة الثالثة :

تستمر عملية الحلزنة هذه (spiralization) فى تسلسل مستمر (شكل ٥ ا : ب) فى كلا جهتى السنترومير إلى أن تلتصق حلقات الحلزون بدرجة تجعل تمييزها متعسراً وبذلك تظهر للفاحص تحت الميكروسكوب (كما فى شكل ٥ حـ)

(شكل ٥ ا : ب ، ج)

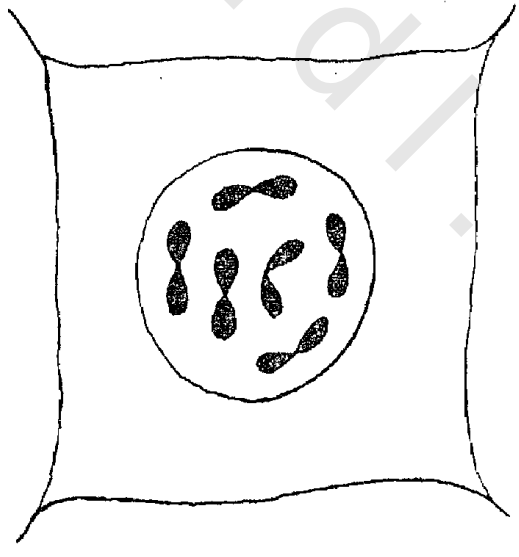
تسلسل الحلزنة فى الكروموزوم من (ا) إلى (ب)

إلى أن يصبح فى (ج) وكأنه جسم اسطوانى فى وسطه نقطة السنترومير

وكأنها جسم اسطوانى فيها عدا نغزة أو حز فى موقع خاص منه يعين موقع السنترومير التى لا زالت محتفظة بصفاتها الأولى ، وأخصها صفة الوحدة —

وبديهى أن عمليات الحلزنة هذه تؤدى إلى استمرار قصر الكروموزومات وازدياد سمكها مما يجعل فحصها أيسر بكثير عن الأدوار التى تكون فيها الكروماتيدات خيوطاً طويلة تتأثر لدرجة كبيرة بالمثبتات والمعاملات العديدة التى يلجأ إليها الباحث عند تحضير الشرائح الزجاجية تمهيداً للفحص الميكروسكوبى .

ان هذا الذى شرحناه خاصاً بأحد كروموزومات الخلية ينطبق بطبيعة الحال على باقى كروموزومات الخلية فانه عندما تنتهى الحلزنة تماماً نجد الكروموزومات وقد اتخذت نفس الشكل الأسطوانى الذى أبرز أكثر مما سبق مواقع نقط السنترومير فيها — وعندما يتم ذلك يكون هذا آخر تغيرات الدور التمهيدى وتكون الكروموزومات موزعة توزيعاً منتظماً داخل النواة كما هو مبين فى (شكل ٦) .

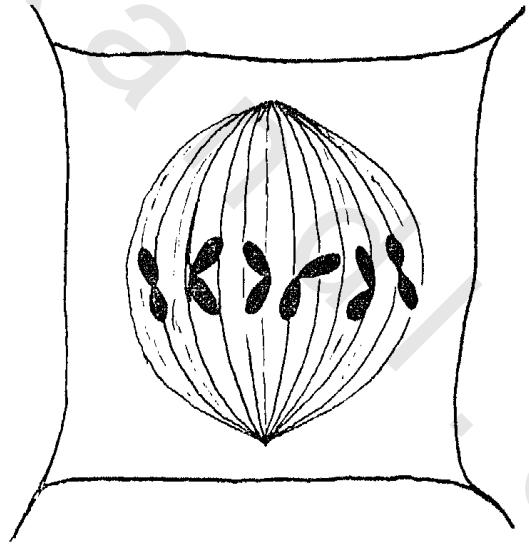


(شكل ٦)

آخر تطورات الخلية فى الدور التمهيدى

الخطوة الرابعة :

عندئذ يختفى الجدار النووى تماماً وتختفى النويات التى تكون قد بدأت فى الاضمحلال منذ بدأ نشاط الخلية — ويتكون فى سيتوبلازم الخلية تركيب خاص يسمى بالمغزل (spindle) إذ يأخذ شكل المغزل فعلا ويتركب من نقطتين إحداهما فى أحد أطراف الخلية والأخرى فى الطرف الآخر كما هو مبين فى (شكل ٧) — ويصل بين الطرفين أو قطبى المغزل خيوط عديدة تسمى بالخيوط المغزلية (spindle fibres)



(شكل ٧)

الدور المتوسط (Metaphase) — والكروموزومات منتظمة فى محيط المغزل مكونة ما يسمى بالمحيط الاستوائى

وإذ تم ذلك تتجه الكروموزمات ناحية محيط هذا المغزل وتترتب هناك بانتظام ثابت مكونة ما يسمى بالمحيط الاستوائى (Equatorial plate) — وتلعب

نقطة السنترومير دوراً هاماً جداً فى هذا الترتيب فان كل كروموزوم ينتظم فى محيط المغزل بواسطة نقطة السنترومير فيه فهى التى توجهه هذا التوجيه ثم هى التى يعزى إليها تثبيته على أحد خيوط المغزل فى هذا الوضع الخاص . ويسمى هذا الدور من أدوار نشاط الخلية بالدور المتوسط (Metaphase)

الخطوة الخامسة :

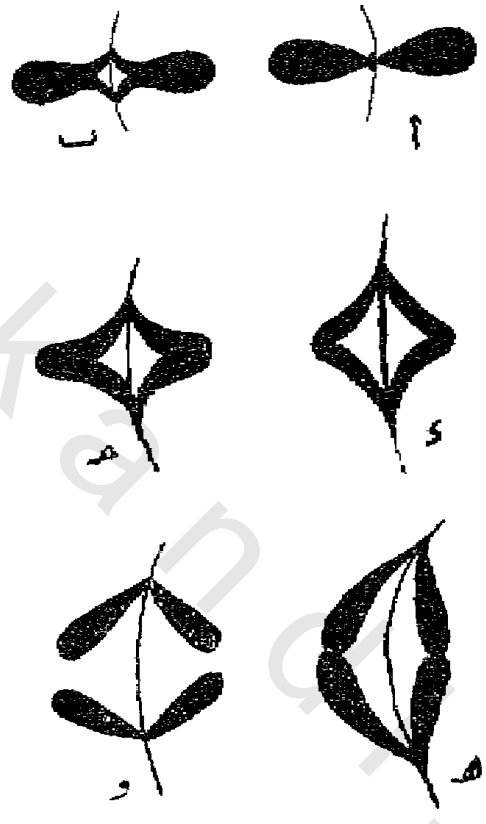
ان الأساس الذى يتوقف عليه تسلسل الأحداث فى هذا الدور يتوقف كلية على سلوك نقطة السنترومير — فهذه النقطة التى كانت إلى الآن وحدة ثابتة غير منقسمة تشرع هى الأخرى فى الانقسام إلى نقطتين كما هو الحال فى الكروموزوم جميعه وبذلك يصبح كل كروماتيد من كروماتيدتى الكروموزوم له نقطة سنترومير مستقلة أو خاصة به .

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

نستنتج حينئذ أن هذا الدور هو دور الانفصال (Anaphase) — أى الخطوة التى تؤدى إلى انفصال كروماتيدى كل كروموزوم عن بعضهما البعض بحيث يتجه كل واحد منهما إلى احد قطبى المغزل فى اتجاهين متضادين — ولا بد من الإشارة هنا إلى أن بداية هذا الانفصال تكون من نقطة السنترومير بحيث يبدأ الانفصال من هذه المنطقة فى 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 السنترومير — الذى نتج عنه وجود سنتروميرتين وجهاً لوجه — ولقد أوجد هذا الوضع الجديد حالة من التنافر بين نقطتى السنترومير تسبب عنه ابتعادهما عن بعضهما فى اتجاهين

متضادين . وكل واحدة منهما بطبيعة الحال تجتذب معها الكروماتيد التى تحتويها إلى أن تنتهى حالة التنافر هذه بانفصال الكروماتيدين انفصالا تاماً .



(شكل ٨)

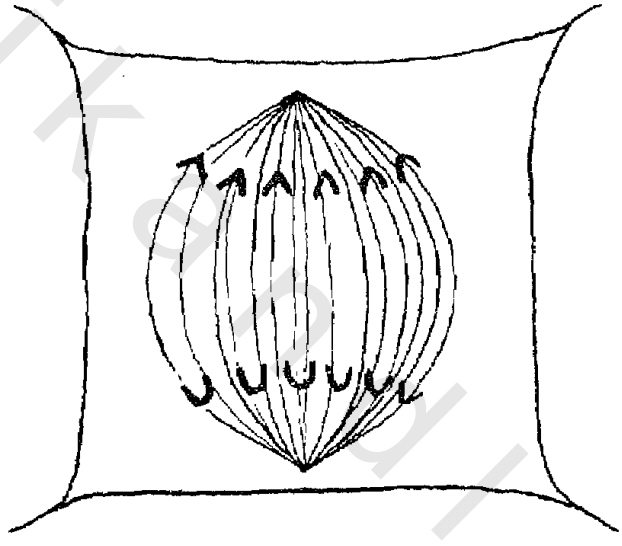
أ . كروموزوم مثبت على أحد خيوط المغزل فى المحيط الإستوائى بواسطة نقطة السنترومير التى ما زالت وحدة غير منقسمة .

ب — نفس الكروموزوم وقد انقسمت نقطة السنترومير إلى نقطتين ابتعدت عن بعضهما البعض .

جـ ، د ، هـ ، و — تسلسل ابتعاد نقطتى السنترومير عن بعضهما البعض إلى أن ينفصل الكروماتيدان انفصالا تاما — وفى كل واحد منها نقطة السنترومير الخاصة به

وبديهى ان نفس التطور يحصل لجميع الكروموزمات فى الخلية وتبعاً لذلك نجد أن الستة كروموزمات المنتظمة على المحيط الاستوائى (شكل ٧)

قد انفصلت كروماتيدا كل واحد منها واتجها فى اتجاهين متضادين نحو قطبى المغزل ، وبذلك تتكون فى الخلية مجموعتان من الكروماتيدات تحتوى كل واحدة منها على ستة من الكروماتيدات إحداهما فى قطب المغزل الشمالى والأخرى فى قطبه الجنوبى كما فى (شكل ٩) .



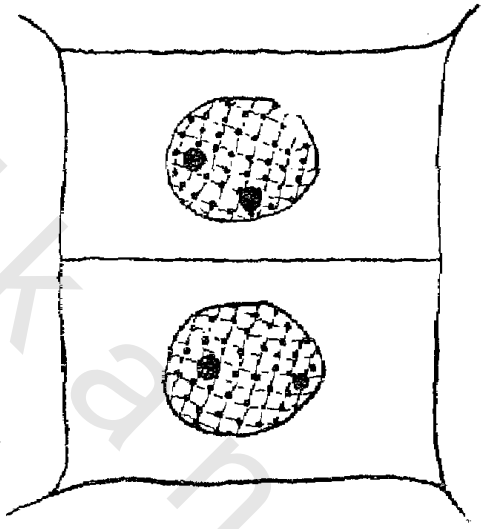
(شكل ٩)

دور الإنفصال (Anaphase)

الخطوة السادسة والأخيرة :

ينتهى الأمر بكل مجموعة من مجموعتى الكروماتيدات المشار إليها بأن تختفى معالمها داخل شبكة نوويه مثل التى شاهدناها فى مبدأ الأمر وتحاط هذه الشبكة بجدار نووى — ثم يتكون فى وسط الخليـة جدار خلوى يقسم الخلية الأصلية إلى قسمين متساويين — ويسمى هذا الدور

بالدور النهائى(Telophase)– وهو مبين فى (شكل ١٠) . ونرى فيه الخلية الأصلية وقد انقسمت إلى خليتين متشابهتين وفى كل منهما نواة دخلت فى دور السكون .



(شكل ١٠)
الدور النهائى (Telophase)

مغزى هذا الانقسام :

بينا فيما سبق الطريقة التى تنقسم بها الخلية الخضرية لتنتج خليتين متشابهتين من جميع الوجوه – ويسمى هذا النوع من الانقسام بالانقسام العادى أو الغير مباشر واسمه العلمى Mitosis

والانقسام الغير مباشر هذا يتم بانتظام فى جميع الخلايا الخضرية الميرستيمية فينشأ منه ازدياد فى عدد الخلايا وهذا بالتالى يؤدى إلى ازدياد فى حجم الأنسجة النامية – وغنى عن القول أن العملية لا تقف عند تكوين خليتين من خلية واحدة – بل الواقع أن كلا من الخليتين الجديدتين تشرع بعد فترة سكون فى الانقسام بنفس الطريقة وبنفس الكيفية فتكون النتيجة تكوين جسم ذى أربع

obeikandl.com

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

عود الى البذرة :

رأينا البذرة عند زرعها مكونة من خلية واحدة ثم رأيناها يدب النشاط فى نواتها فتسلك سلوكاً خاصاً يؤدى 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 فى نمو الجنين يؤدى حتماً إلى تمزق غطاء البذرة الخارجى فينفجر الجنين خارجاً من مكمنه الأصلى 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 هى إلا صور مطابقة لخلية البذرة الأولى مطابقة لها فى جميع صفاتها وأهم هذه الصفات المجموعة الكروموزمية وما تحمله من العوامل الوراثية المميزة للصنف .

وتستمر هذه العملية باستمرار انقسام الخلايا فيثبت الجذر أقدامه فى الأرض وتعلو الريشة إلى حيث الشمس والهواء — وبعد برهة من الزمن يكون هذا الجنين قد استنفد الغذاء الكامن فى 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 وتترعرع 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 متباعدة – 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 – ففى 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 تمثيلا 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 هى 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 تحتويه من كروموزومات وعوامل وراثية .

ثالثا ـ النبات الناضج (The adult plant) :

أهم ما يعنينا فى هذا الدور من أدوار حياة النبات هى الزهرة — فهى التى بواسطتها يستطيع النبات أن يحافظ على أصله . ففيها تتم عملية التناسل أو الإخصاب وفى الزهرة تتكون الخلايا التناسلية التى تتم عن طريقها هذه العملية — والخلايا التناسلية فى الزهرة على نوعين : ذكرية أى حبوب اللقاح . وأنثيه أى البويضات ؛ وسنتبع فيما يلى الخطوات المتسلسلة التى تؤدى إلى تكوين هذه الخلايا التناسلية — وهى خطوات الانقسام الاختزالى الذى ينتج خلايا تناسلية تحتوى على نصف عدد الكروموزومات الموجودة فى الخلايا الخضرية .

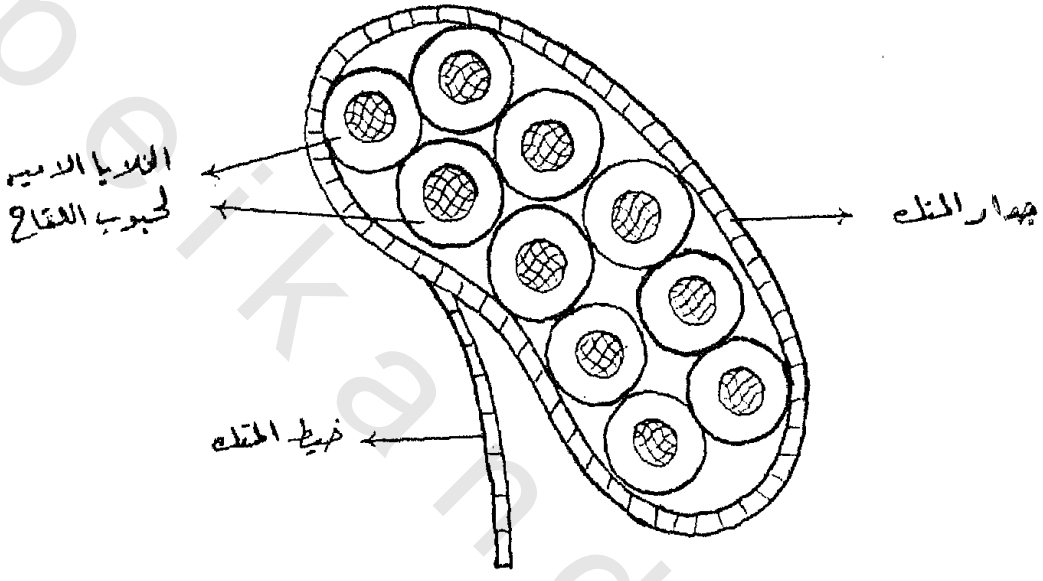
(١) تكوين حبوب اللقاح (الخلايا التناسلية الذكرية) :

تتكون حبوب اللقاح كما هو معروف داخل المتك . ولقد علمنا مما سبق ان المتك تتكون من خلايا عديدة مشابهة لخلية البذرة الأصلية وفى (شكل ١١) يوجد أحد متك الزهرة وبه خلاياه فى دور السكون كعهدنا بها دائماً فى نهاية كل انقسام — وهذه هى المسماة خلايا حبوب اللقاح الأمية (pollen mother cells) وعندما يتم دور السكون هذا وتبدأ هذه الخلايا نشاطها تتتابع الأحداث بها فى خطوات متسلسلة كالآتى :—

الخطوة الأولى :

نشاهد أول ما نشاهده عند بدء النشاط نفس الستة كروموزومات متكونة من الشبكة النووية المميزة لدور السكون — وهذا يتمشى مع ما سبق ذكره من

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



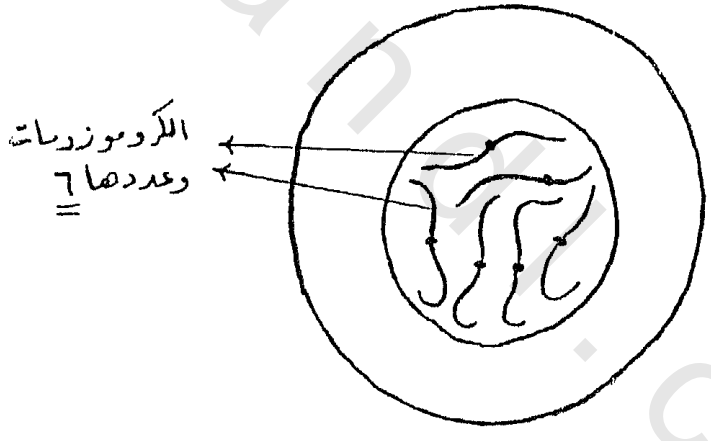
(شكل ١١)

متك الزهرة وبها خلايا حبوب اللقاح الأمية

فى دور السكون (Pollen mother cells)

على أن الكروموزومات فى حالة الانقسام الذى نحن بصدده الآن — وهو الانقسام الاختزالى الذى يؤدى إلى تكوين الخلايا التناسلية — تختلف اختلافاً أساسياً عن جميع الكروموزومات التى ظهرت بالتوالى فى جميع خلايا الجسم منذ الانقسام الأول لخلية البذرة ، ولا عجب فان جميع هذه الانقسامات خضرية تتم فى 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 وشبيهاتها بهذه الميزة التى لولاها لما كان هناك تكاثر جنسى فى أى كائن من الكائنات الحية — وهذه هى المعجزة الأولى .

هذه الميزة – أو المعجزة – أو الاختلاف الأساسى يتلخص فى أن الكروموزومات تخرج من الشبكة النووية على شكل خيوط مفردة غير مزدوجة أى غير منقسمة طولياً . ويمثل (شكل ١٢) إحدى هذه الخلايا الأمية فى 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

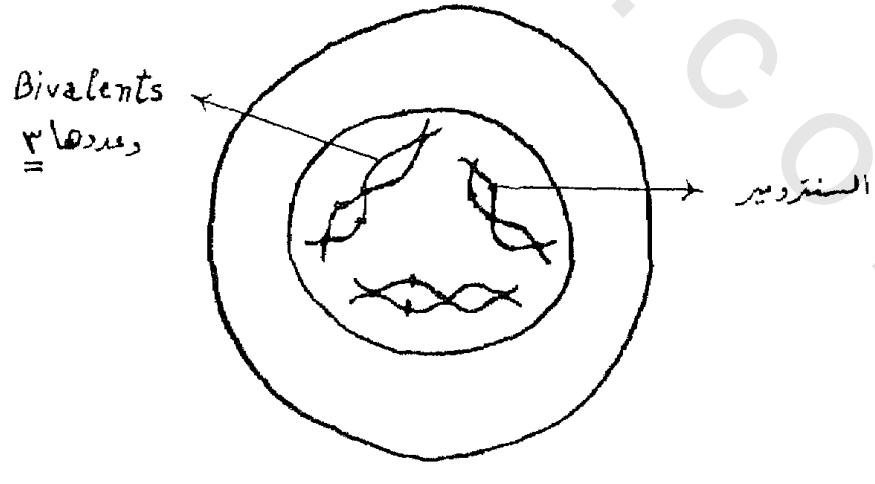
فى دور اللبتوتين (Leptotene) والكروموزومات منفردة

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 – فاذا كانت خلية هذه

البذرة تحتوى على ستة كروموزومات كما فرضنا قبليهى أن هذه الستة هى ناتج الجمع بين كروموزومات حبة اللقاح وكروموزومات البويضة اللتين تحتوى كل منهما فعلا على ثلاثة كروموزومات فقط (وهو العدد الأساسى) وسنفرض انها ا ، ب ، حـ فى حبة اللقاح ومثيلاتها (اَ ، بَ ، حَ) فى البويضة . فتكون الستة كروموزومات الموجودة فى خليتنا التى نحن بصددها هى عبارة عن : (ا + ب + حـ) + (اً + بَ + حَ) = ٦ أى ضعف العدد الأساسى الذى هو ٣

وقد وجدنا هذه الستة كروموزومات فى دور (leptotene) كخيوط منفردة ولعل جميع الخطوات التى ستتلوا هذه الخطوة تمد كيانها بل تعزو وجودها لحالة الانفراد هذه التى يتسبب عنها تجاذب الكروموزومات تجاه بعضها البعض فنجد أن كروموزوم ا قد التصق بشبيهه اَ ثم ب بشبيهه بَ وأخيراً حـ بشبيهه حَ — ويكون الإلتصاق 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 الـ bivalents يساوى العدد الأساسى للنبات .



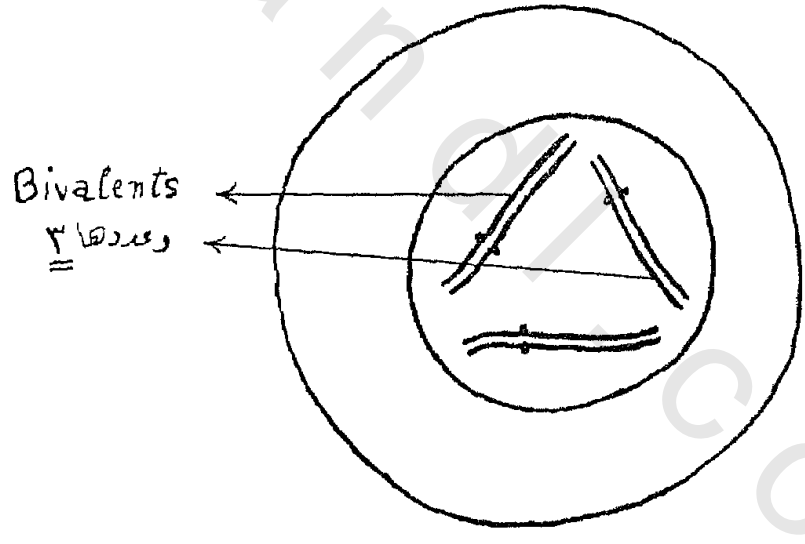
(شكل ١٣)

نفس الخلية فى دور الزيجوتين (Zygotene) — وقد تجمعت الكروموزومات أزواجا

ويتكون كل bivalent من زوج من الكروموزومات المتشابهة (homologous chromosomes) والتشابه هنا ذو أوجه عديدة — فهو أولا وقبل كل شيء تشابه فى الحمل الوراثى — ثم فى الطول ثم فى موضع نقطة السنترومير وبالاختصار فى كل أوجه الشبه .

الخطوة الثالثة :

يتم التصاق الكروموزومين المتشابهين المكونين bivalent فى جميع أجزائهما كما يرى فى (شكل ١٤) — ويسمى هذا الدور بالباكيتين (Pachytene) الذى نرى فيه ثلاثة أزواج كل واحدة منها مكونة من كروموزومين ملتصقين تمام الالتصاق فى جميع أجزائهما — وطبيعى أن نقط السنترومير موجودة كذلك وقد التصقت كل نقطة بشبيهتها فى الكروموزوم المقابل .



(شكل ١٤)

نفس الخلية فى دور الباكيتين (Pachytene)

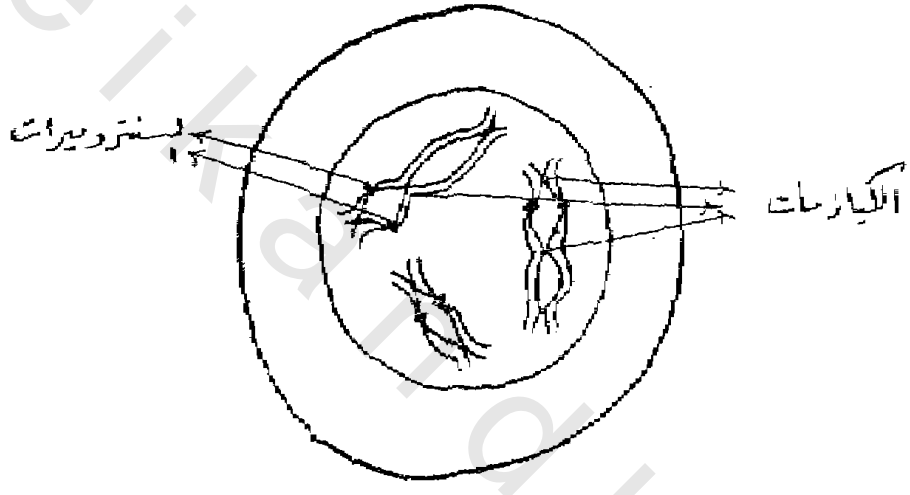
الخطوة الرابعة :

نجد أن كل زوج من الأزواج الكروموزوميه قد اتخذ شكلا 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 ،

ونجد الخلية فى (شكل ١٥) فى هذا الدور المسمى بالدبلوتين (Diplotene) ويلاحظ فيه النقط الآتية :-

١ - كل زوج مكون من أربعة خيوط بدلا من اثنين كما كان فى الأدوار السابقة .

٢ - كل اثنين منها ملتصقان فى نقطة واحدة هى نقطة السنترومير .



(شكل ١٥)

قسم خلية فى دور الدبلوتين (Diplotene) وبه تكونت الكيازمات

٣ - هذان الاثنان الملتصقان هما نصفا كل كروموزوم أى الكروماتيدان اللذان انقسم الكروموزوم طولياً لتكوينهما .

٤ - تتكون كل مجموعة حينئذ من أربعة كروماتيدات واثنين فقط من السنترومبرات .

٥ - يتبين أن كل اثنين من هذه الكروماتيدات مع السنترومير الذى يربطهما كانا أصلا كروموزوماً واحداً فى الأطوار السابقة .

٦ - يلاحظ تباعد الكروموزومين المتزاوجين بعد أن كانا ملتصقين فى الأدوار السابقة وكأنهما يرغبان فى الانفصال عن بعضهما بعض .

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

٨ — هذا تصوير حقيقى لما حصل ، إذ أننا نجد أن فى نقط الاشتباك هذه قد حصل تبادل بين أجزاء الكروماتيدين المتضادين ، وهذا التبادل الجزئى (Exchange of partners) هو الذى منع الانفصال الكلى للكروموزومين الأصليين.

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

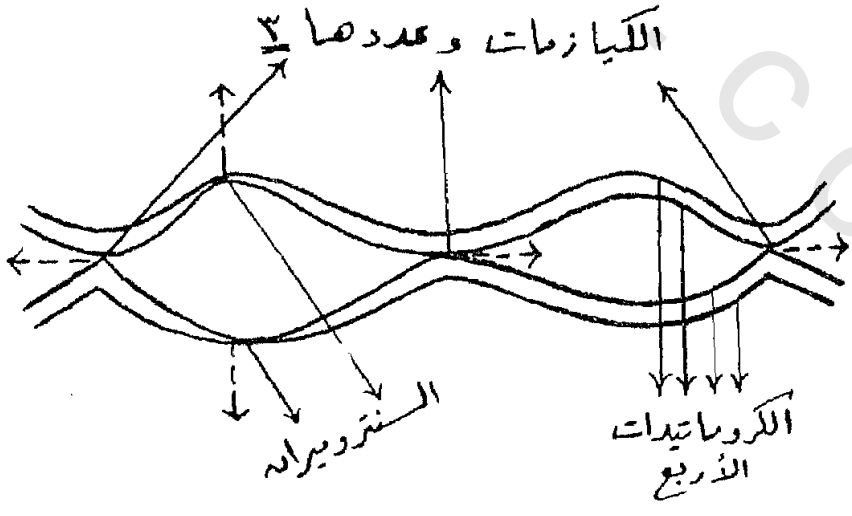
١٠ — يختلف عدد الكيازمات بين الأزواج فقد يحتوى بعضها واحدة والآخر اثنتين أو ثلاثة أو أكثر .

والآن ما السر فى كل هذه التطورات ؟ — وما الذى أدى إلى كل هذه التغيرات ؟ والجواب أن كل هذا معزو من غير شك إلى عاملين الأول أن كل كروموزوم قد انقسم طولياً إلى نصفيه ، فقد سبق أن قلنا ان خاصية الانقسام الطولى للكروموزومات هى خاصية وراثية لا مندوحة عنها وكل ماحصل هنا أنها قد أجلت بعض الوقت ، أما وقد انتهى الغرض البيولوجى من تأجيل الانقسام (ونعيد أن الغرض هو توكيد تجاذب الكروموزومات المفردة وتزاوجها تهيئة للتكاثر الجنسى فى الكائنات الحية) فان الخاصية الوراثية تأخذ مجراها وتؤدى إلى انقسام كل كروموزوم إلى نصفيه الطوليين أى الكروماتيدين ، ويكون هذا الانقسام كعهدنا به فى جميع أجزاء الكروموزوم ما عدا نقطة السنترومير التى يبقيان فيها متحدين أو ملتصقين .

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

الخطوة الخامسة :

يطرأ تغيير شكلى فى الكروموزومات فتبدو أقصر مما كانت وكذلك تزداد سمكاً ، ونجد أن عدد الكيازمات فى كل مجموعة رباعية من الكروماتيدات قد نقص عن الدور السابق – وهذا النقص ناشىء عن كون الكيازمات تتحرك تجاه أطراف الكروموزومات بعيداً عن مواقع السنترومیرات ، وهذه الحركة ناشئة عن استمرار حالة التنافر بين الكروموزومين الأصليين التى تكون أكبر أثراً بين نقطتى السنترومير المتضادين بالذات – فكأن الكروموزومين يشدان من نقطتى السنترومير فى اتجاهين متضادين كما هو مبين بالأسهم المتقطعة المتجهة شمالا وجنوباً فى (شكل ١٦) – وتبعاً لذلك تتحرك الكيازمات التى على يمين السنترومير ناحية الطرف الأيمن للكروموزومات وتلك التى عن يسار السنترومير تجاه الطرف الأيسر للكروموزومات – وتسمى هذه الحركة بتطرف الكيازمات (Terminalisation of chiasmata) وإذا كان هنـــاك أكثر من كيازمة واحدة فى أحد الاتجاهين فانها تلاحق بعضها البعض إلى أن تصل أبعدها عن السنترومير إلى الطرف فتتلاشى كلية وتستمر التى تليها فى التطرف إلى أن تصل إلى الطرف تماماً وهكذا دواليك وتبين الأسهم المتقطعة فى (شكل١٦)



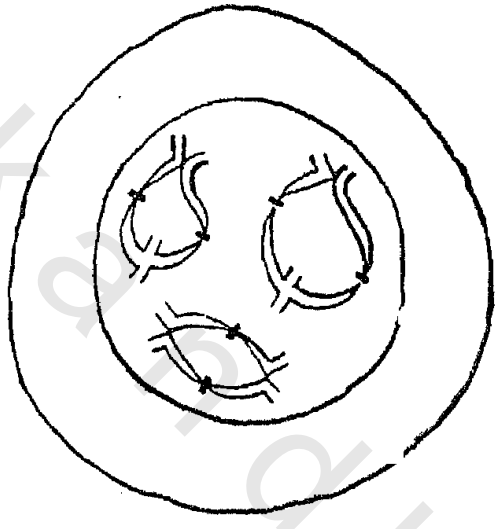
(شكل ١٦)

شكل مكبر لأحد الأزواج الكروموزومية (bivalents)

فى دور الدبلوتين

المتجهة يميناً ويساراً اتجاه حركة التطرف ، ويسمى هذا الدور بالدياكينيزز (Diakinesis) كما هو مبين فى (شكل ١٧) وقد يحصل أن يتم التطرف بصفة تامة أو تبقى بعضها فى 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 التى طرأت على الكروموزمات تكون النواة ما زالت محاطة بالجدار النووى



(شكل ١٧)

نفس الخلية فى دور الدياكينيزز (Diakinesis)

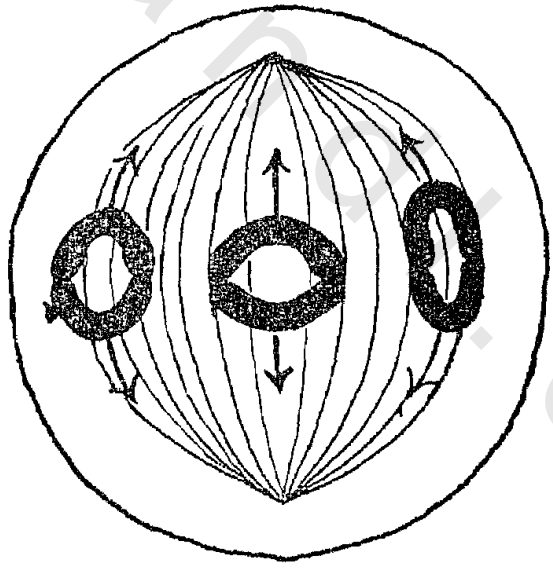
وهو آخر تطورات الدور التمهيدى فى الإنقسام الاختزال

الدور الثانى ـ وهو الدور المتوسط (Metaphase) :

يختفى الجدار النووى ويتكون المغزل فى سيتوبلازم الخلية ثم تتحرك المجاميع الكروموزومية (bivalents) التى كانت منتشرة فى فراغ النواة لتتخذ مراكزها فى محيط المغزل مكونة هنا أيضاً محيطاً استوائياً ـ وغالباً ما تكون الأزواج قد ازدادت قصراً وسمكاً مما يجعلها متماسكة فيستحيل تمييز كروماتيداتها الأربعة ـ وغالباً أيضاً ما يكون تطرف الكيازمات قد استكمل خطواته فيحتوى كل زوج كروموزومى على كيازمتين طرفيتين اثنتين فقط كل واحدة منهما فى

أحد طرفى الزوج الذى يأخذ حينئذ شكلا مستديراً ويسمى تبعاً لذلك الزوج المستدير (Ring bivalent) ، أما إذا كانت الكيازمات قد تكونت فى ناحية واحدة فقط من ناحيتى السنترومير وحصل التطرف فان الزوج يحتوى على كيازمة طرفية واحدة ويأخذ شكلا مستقيما ويسمى تبعاً لذلك بالزوج القائم (Rod bivalent)

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



(شكل ١٨)

نفس الخلية فى الدور المتوسط الأول للانقسام الاختزالى (First Metaphase)

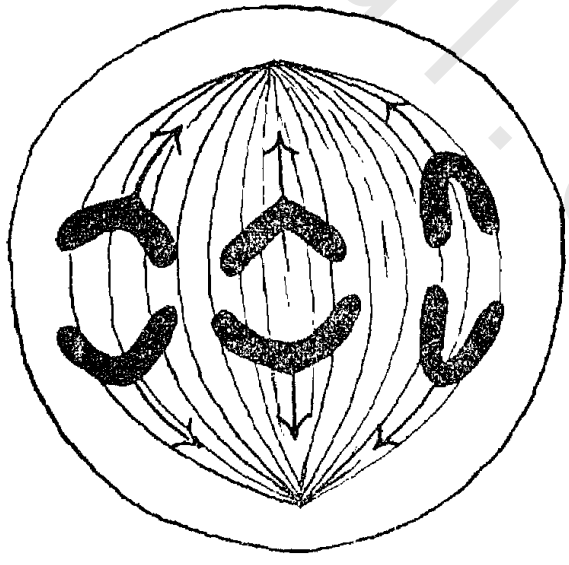
وقد انتظمت الأزواج الكروموزومية على محيط المغزل

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

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

الدور الثالث ـ دور الانفصال (Anaphase) :

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



(شكل١٩)

نفس الخلية فى دور الإنفصال الأول (First Anaphase)

الدور الرابع :

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

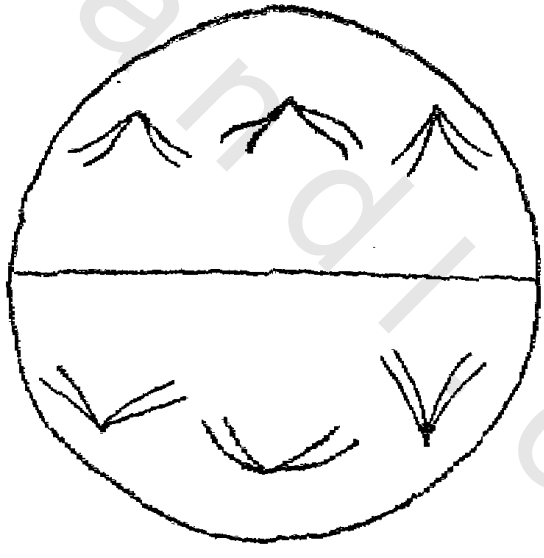
أما الانقسام الثانى فيبدأ مباشرة بعد هذا الدور ، ولكى يتيسر لنا فهم الدافع لهذا الانقسام الثانى سنشرح تكوين الخليتين الناشئتين من الانقسام الأول بعض الشرح — أو بمعنى آخر سنتأمل قليلا فى هاتين الخليتين فى دور Interphase هذا : —

لقد رأينا أن ثلاثة كروموزومات قد توجهت إلى كل قطب من قطبى 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 فى نقطة السنترومير ، ويبين (شكل ٢٠) الخليتين الناشئتين من الانقسام الأول موضحاً فى كل منهما التحليل الكروماتيدى للكروموزومات الثلاثة الموجودة بها .

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

ستة كروموزومات وستة سنتروميرات . وبهذا الوضع لا يتم الاختزال فى إعداد الكروموزومات الذى هو الغاية المنشودة من العملية بأكملها .

من ذلك ترى أن هذا الانقسام الأول ولو أنه قد أدى إلى اختزال شكلى فى عدد الكروموزومات فلقد أصبحت ثلاثة بعد أن كانت ستة — إلا أن هذه الثلاثة هى فى الحقيقة والأمر الواقع ستة كروماتيدات — والهدف الأساسى إذن يتلخص فى الضرورة الواجبة توزيع هذه الستة كروماتيدات بالتساوى على خليتين فتحتوى كل منهما ثلاثة كروماتيدات فقط وبذلك يتم الاختزال شكلا وموضوعاً . وهذه هى المعجزة الثالثة .

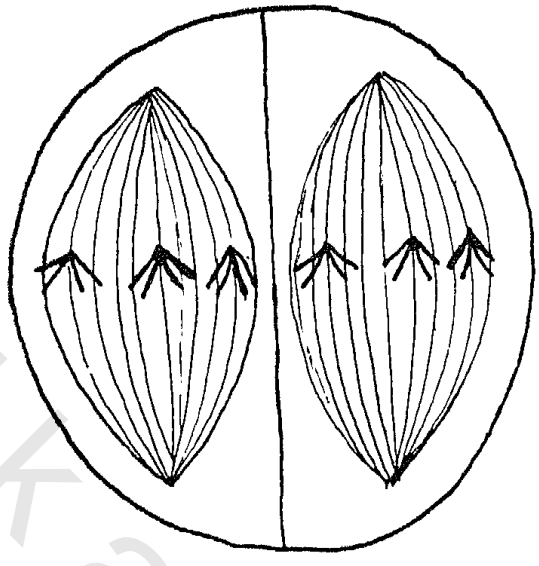


(شكل ٢٠)

نفس خلية فى طور الاستعداد للانقسام التالى (Interphase)

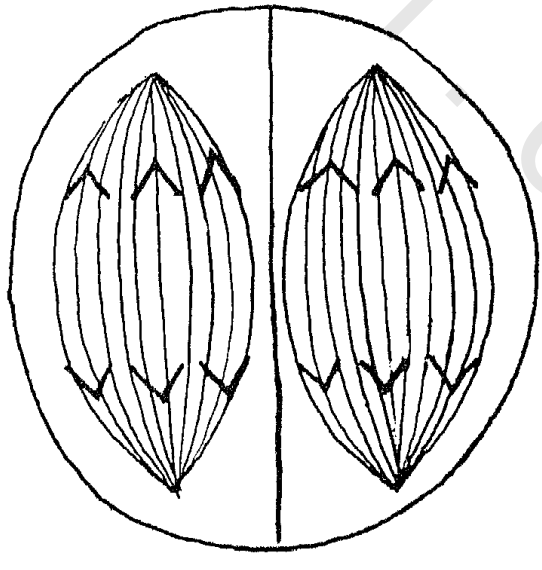
وهذا السبب نجد أنه بمجرد أن يتم الانقسام الأول تبدأ كل من الخليتين الناشئتين فى الدخول فى انقسام تضريرى عادى غير مباشر (Mitosis) كالسابق شرحه — فيتكون فى كل منهما مغزل وتتوجه الثلاثة كروموزومات مكونة محيطاً

استوائياً بأن ترتب نفسها على خيوط المغزل بواسطة سنترو ميراتها كما هو مبين فى (شكل ٢١).



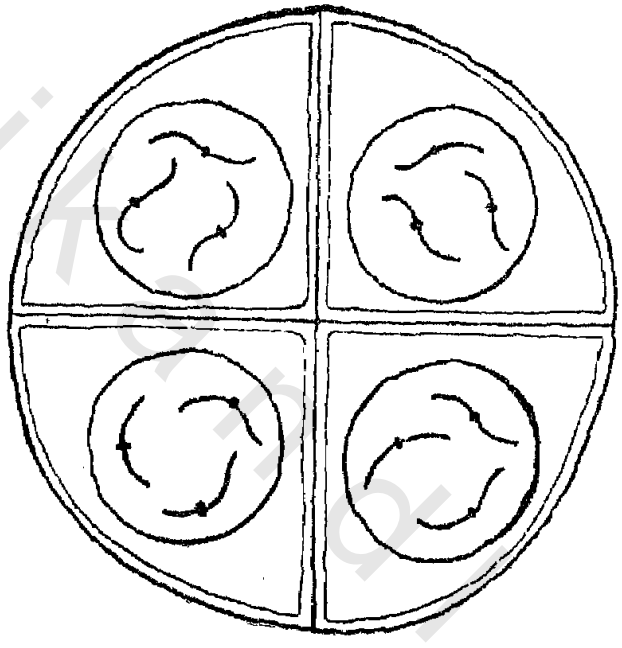
(شكل٢١)
نفس الخلية فى الدور المتوسط الثانى (Second metaphase)

وبعد ذلك ينفصل كل كروماتيدين عن بعضهما البعض متجهين إلى قطبى المغزل، ويحصل هذا بطبيعة الحال فى كلتا الخليتين على كلا المغزلين كما هو موضح فى (شكل٢٢). فنجد أن كل قطب احتوى ثلاثة كروماتيدات.



(شكل٢٢)
نفس الخلية فى دور الإنفصال الثانى (Second anaphase)

وإذ تم ذلك يتكون جدار خلوى وسط كل خلية فاصلا مجموعات الثلاثة كروماتيدات عن بعضها البعض ؛ وبذلك تتكون لدينـــا أربع خلايا فى كل منها ثلاثة كروماتيدات وثلاثة سنترومیرات — ثم يتكون حول كل مجموعة من هذه الأربع مجاميع غشاء نووى محدداً النواة داخل السيتوبلازم كما يظهر فى (شكل ٢٣)



(شكل ٢٣)

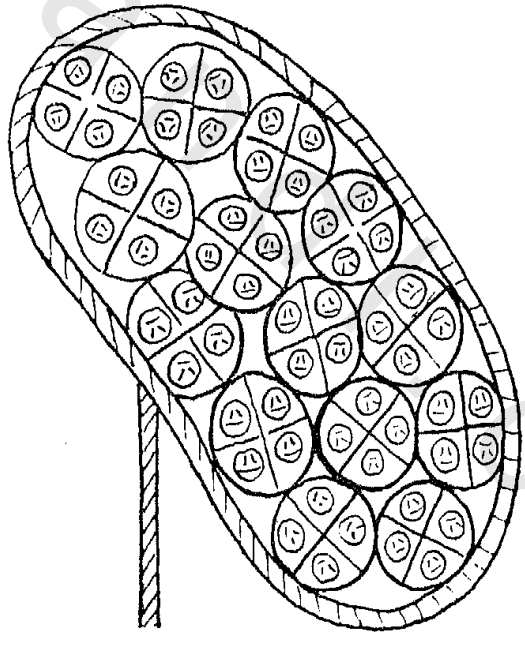
نفس الخلية فى الدور الأخير للإنقسام الإختزالى

وقد تكونت الرباعيات (Tetrads)

هذا هو آخر مراحل الانقسام الاختزالى — ونهايته دائماً أينما وجد فى جميع الكائنات الحية تكوين أربع خلايا من خلية واحدة على فترتين أو بانقسامين متتاليين ولا يتم الاختزال فى العدد إلا بهما معاً ، ففى حالتنا هذه بدأنا بخلية بها ستة كروموزومات وانتهينا بأربع فى كل منها ثلاثة كروماتيدات ستصبح حتما ثلاثة كروموزومات ، ويسمى دور الأربع خلايا هذا (Tetrad) لتمييزه عن دور الخليتين بعد الانقسام الأول حيث يسمى (Dyad)

ويسمى الانقسام الاختزالى علمياً باسم (Meiosis) ، وهو الانقسام الذى يؤدى إلى اختزال عدد الكروموزومات إلى النصف ويحصل هذا بكون الخلية تنقسم مرتين فى الوقت الذى تنقسم الكروموزومات مرة واحدة ، وبذلك تتكون مجاميع الأربع خلايا 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 السكون ، 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)

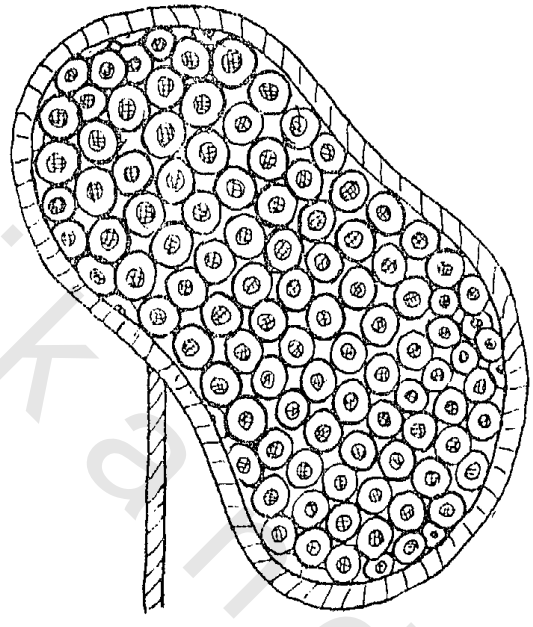


(شكل ٢٤)

متك الزهرة ملىء بالرباعيات (Tetrads)

إحدى هذه المتك فى دور (Tetrad) ، وبديهى أن كل هذه الخلايا الناشئة تتفكك عن بعضها فتملأ فراغ المتك مكونة حبوب اللقاح التى تكون معدة

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



(شكل ٢٥)

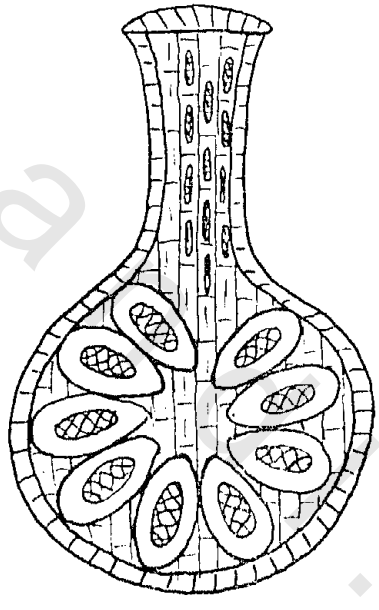
متك الزهرة مليئة بحبوب اللقاح المكونة داخل الرباعيات

وهى فى دور سكون استعداداً للتلقيح

٢ ــ تكوين البويضات (الخلايا التناسلية الانثية) :

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

كما هو مبين فى (شكل ٢٦) والبويضة كما هو معلوم تقوم بوظيفة الخلية التناسلية الأمية فهى المهد الذى سينشأ فيه الجنين بعد التلقيح أو هى الكيس الذى سيحتضن الجنين وفيه يتكون ، ولذلك سميت البويضة علمياً بالخلية الأمية للكيس الجنينى (Embryo-sac mother cell) مثلها فى ذلك مثل الخلية الأمية لحبوب اللقاح (Pollen mother cell) التى سبق شرحها — وحيث أن البويضة وظيفتها تناسلية فلا بد وأن يحصل فيها هى أيضاً انقسام اختزالى — وهذا يتم فى خطوات متسلسلة كالآتى :—



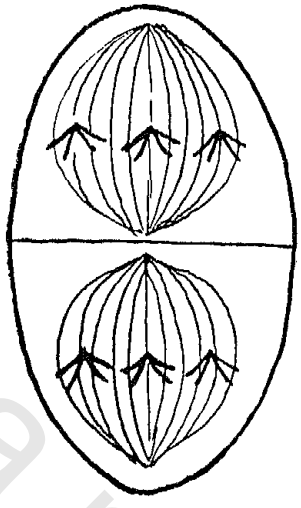
(شكل ٢٦)

مبيض الزهرة وبه البويضات ونويتها فى حالة سكون

الخطوة الاولى :

لا داعى هنا لتكرار ما شرحناه سابقاً . فعملية الانقسام الاختزالى كما ذكرنا واحدة مهما اختلفت الكائنات الحية ، وهى سيان فى الذكر والأنثى ، وتسلسل الخطوات يصل بنا إلى دور الأربع خلايا (Tetrad) وهى النتيجة النهائية للانقسام الاختزالى ، وبديهى أن كل واحدة من هذه الخلايا الأربع تحتوى على

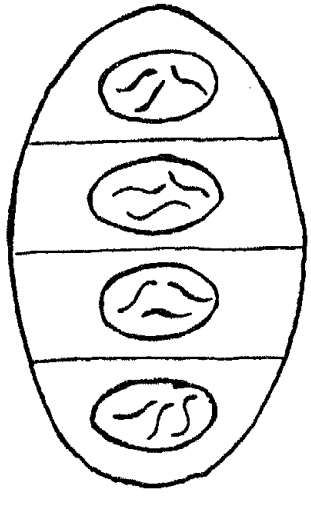
ثلاثة كروموزومات فقط أى نصف العدد الأصلى ، وهناك فرق شكلى واحد فى حالتنا هذه وهو اختلاف بسيط فى وضع المغزلين فى دور الخليتين (Dyad) بعد الانقسام الأول — فانهما بدلا من أن يكونا متوازيين كما شاهدناهما فى (شكل ٢١) يكونان متقابلين أو ممتدين فى مستوى واحد كما فى (شكل ٢٧) .



(شكل ٢٧)

البويضة فى دور الانقسام الثانى لتكوين الرباعيات (Tetrads)

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



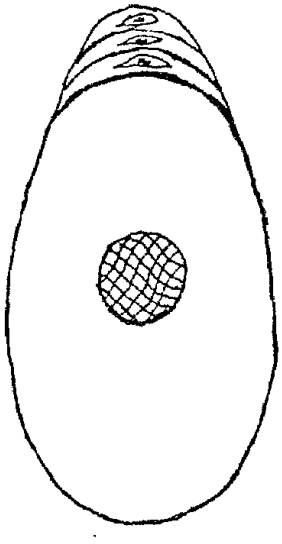
(شكل ٢٨)

البويضة فى دور الأربع خلايا وتقع كلها فى صف واحد

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

الخطوة الثانية :

رأينا البويضة الآن وبها أربع خلايا مختزلة — وهنا يظهر الفرق الفسيولوجى بين سلوك الجنسين فانه بينما تستطيع جميع الخلايا الأربع الناتجة من الانقسام الاختزالى (وهى حبوب اللقاح) أن تؤدى وظائفها كخلايا تناسلية ذكرية — إذ أنها تنتقل وتتنافس ولذلك يلزم أن تكون بالكثرة التى نشاهدها — فان الأمر فى الخلايا التناسلية الأنثية على عكس ذلك تماماً فهذه عددها قليل فى المبيض وستأتيها حبوب اللقاح بالآلاف بل بالملايين تتنافس وتتسابق للوصول إليها — هذا من ناحية — ومن ناحية أخرى — وهى الأهم — ان هذه الأربع خلايا الناتجة من الانقسام الاختزالى تبقى متحدة ولا تنفصل — فمن غير المعقول حينئذ أن تبقى جميعها لتستقبل حبوب اللقاح ولا بد من بقاء واحدة فقط لتقوم بهذه المهمة — ولذلك نجد أن الخطوة الثانية تتلخص فى زوال ثلاث من هذه الخلايا تمتص فى المبيض وبقاء واحدة فقط — وهذه تتحرك وتأخذ موضعها فى وسط البويضة أو الكيس الجنينى وتدخل فى دور سكون كما هو واضح فى (شكل ٢٩) .

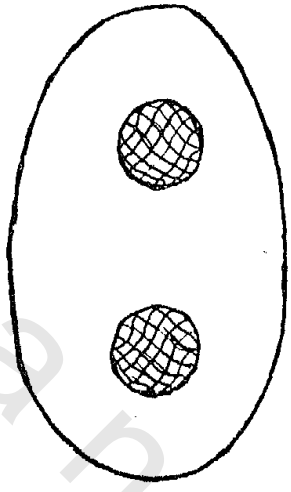


(شكل ٢٩)

البويضة وبها نواة فى دور سكون — وفى أعلاها الثلاثة الزائلة

الخطوة الثالثة :

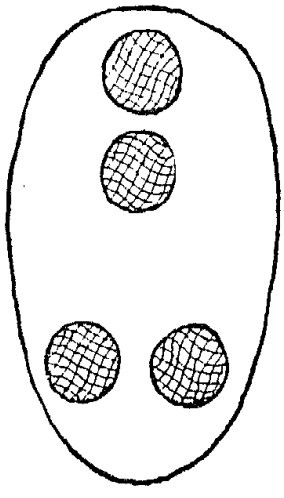
ان نواة هذه الخليـــة الباقية هى النواة الأنثية الحقيقيـــة — وهى التى تشرع فى تكوين الكيس الجنينى (Embryo-sac) بتركيبه المعروف — ويكون ذلك بانقســـامها ثلاث مرات متتاليـــة بطريقـــة الانقســـام الخضرى (Mitosis) فينشأ عن الانقســـام الأول نواتان (شكل ٣٠)



(شكل ٣٠)

الكيس الجنينى الامى (Embryo - Sac mother cell) فى دور النواتين

ثم ينشـــأ عن الثـــانى « أربع أنوية » ، كما هو واضح فى (شكل ٣١)

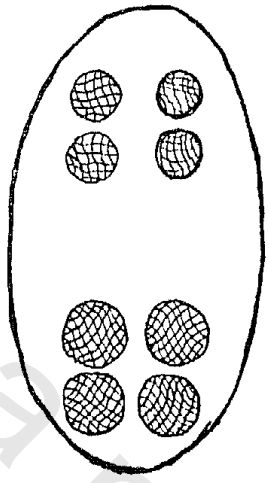


(شكل ٣١)

نفس الكيس الجنينى فى دور الأربع أنوية

obeikandl.com

ثم عن الثالث ثمان أنوية (شكل ٣٢) — وبديهى أن جميع هذه الأنوية مختزلة أى بها نصف عدد كروموزومات الخلايا الخضرية .



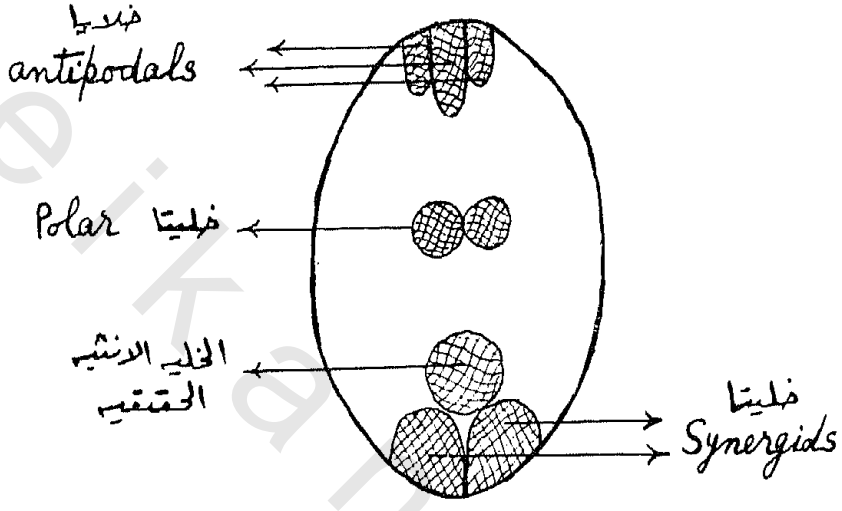
(شكل ٣٢)

نفس الكيس الجنينى فى دور الثمان أنوية

الخطوة الرابعة :

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

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



(شكل ٣٣)

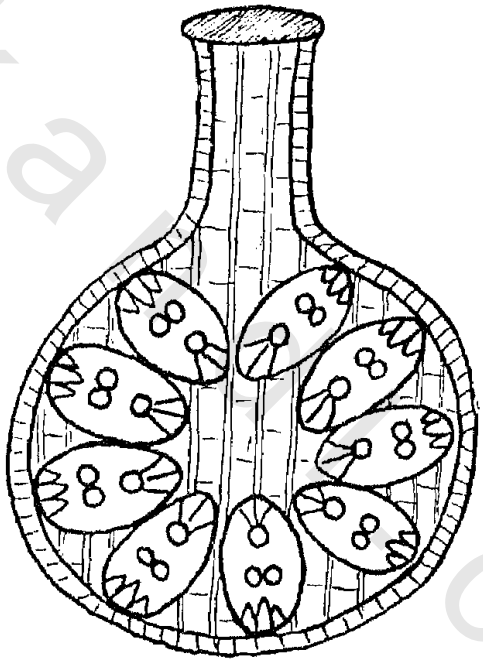
الكيس الجنينى تام التكوين

وقد تشكلت أثنان انوية فيه نهائياً استعداداً للتلقيح

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

٣ ـ نشاط حبوب اللقاح استعدادا للتلقيح (Pollination) :

ا ـ رأينا الآن الزهرة وبها أولا : المتك محتوية على الخلايا التناسلية الذكرية أى الجاميطات أو حبوب اللقاح وبكل منها نواة فى دور سكون ومحتوية على نصف عدد الكروموزومات وثانياً المبيض محتوياً على الخلايا التناسلية الأنثية أو الجاميطات الأنثية أو الأكياس الجنينية أو البويضات وبها ثمان أنوية فى دور سكون أيضاً وبكل منها كذلك نصف عدد الكروموزومات ـ على أن أهم نواة من هذه الثمان أنوية هى نواة الخلية الأنثية الحقيقية وهى التى تقابل نواة حبة اللقاح من حيث أهميتها فى التلقيح .



(شكل ٣٤)

المبيض وبه الأكياس الجنينية معدة لاستقبال حبوب اللقاح

ب ـ وإذ تم ذلك تبدأ عملية التلقيح بأن تنتشر حبوب اللقاح على ميسم الزهرة وبذلك تتهيأ 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 .

حـ – وعندما يبدأ نشاط حبة اللقاح التى نشاهدها فى شكل (٣٥ ا) نجد أن نواتها تنقسم انقساماً عادياً إلى نواتين تسمى إحداهما النواة الخضرية أو نواة أنبوبة اللقاح أى : (Vegetative nucleus or Pollen tube nucleus) وهى المفروض أنها توجه أنبوبة اللقاح فى اتجاهها ناحية المبيض – والثانية تسمى النواة التناسلية (Generative nucleus) وهى التى ستقوم بدور التلقيح الفعلى – وتوجد النواتان جنباً إلى جنب فى سيتوبلازم حبة اللقاح كما فى (شكل ٣٥ ب)

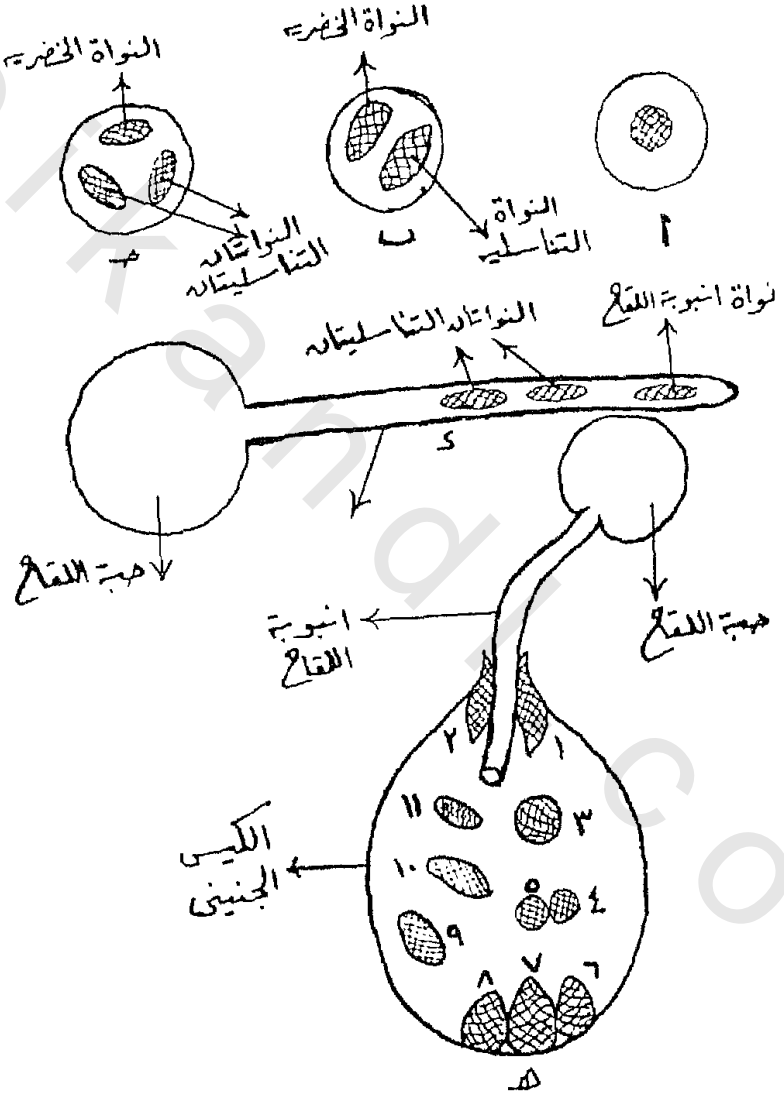
د – بعد ذلك تنقسم النواة التناسلية مرة أخرى إلى نواتين بالطريقة العادية مكونة نواتين تناسليتين – فالنتيجة إذن أننا فى هذا الدور نجد فى حبة اللقاح ثلاث أنوية – واحدة منها هى نواة أنبوبة اللقاح واثنتان تناسليتان كما فى (شكل ٣٥ حـ) – ونعيد إلى الأذهان أن هذه الأنوية الثلاث جميعها مختزلة أى بها نصف عدد الكروموزومات .

هـ – بعد ذلك تنبعج أنبوبة اللقاح من الناحية المخصصة لها من جدار حبة اللقاح ويستمر نموها ثم تنزلق الثلاث أنوية متحركة ناحية الأنبوبة داخلة فيها بترتيب خاص مبتدئة بنواة الأنبوبة نفسها وهو الوضع الطبيعى إذ هى التى ستوجه استطالة الأنبوبة وامتدادها ناحية البويضات ثم يتبعها النواتان التناسليتان واحدة وراء الأخرى كما فى شكل (٣٥ د) .

و – تستمر هذه العملية إلى أن تصل أنبوبة اللقاح إلى مدخل البويضة فتدخل من الناحية المخصصة لذلك متجهة داخل البويضة حيث يتفتح جدار القمة النامية للأنبوبة لكى تفرغ جعبتها داخل البويضة – وبذلك تدخل الثلاث أنوية فى البويضة كما فى شكل (٣٥ هـ) ويكون بهذا قد انتهت مهمة أنبوبة اللقاح التى تتلخص فى توصيل الأنوية التناسلية الذكرية من حبة اللقاح إلى الخلية التناسلية الأنثية داخل البويضة تمهيداً لعملية الإخصاب .

٤ ـ عملية **الاخصاب** (Fertilization) :

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



(شكل ٣٥)

أ ، ب ، جـ ـ تسلسل نشاط حبة اللقاح عند بدأ انباتها وانقسام نواتها .

ء ـ الأنبوبة اللقاحية (pollen tube) ـ وبها الانوية التى كانت فى حبة اللقاح .

هـ ـ الكيس الجنينى وقد اخترقته أنبوبة اللقاح وأفرغت أنويتها داخله .

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

والذى يحصل الآن هو الآتى :—

أولا : تتحد إحدى النواتين التناسليتين الذكرية مع النواة الأنثية الحقيقية أى نواة رقم ١١ مع نواة رقم ٣ — ويتكون من هذا الاتحاد أو الإخصاب نواة الزيجوتة أو نواة البذرة التى سوف تتكون — ولا يغيب عن أذهاننا أن هذه النواة الزيجوتية سيصبح عدد الكروموزومات فيها مساوياً للخلايا الخضرية أى ضعف العدد الأساسى — إذ أنها نشأت عن اتحاد نواتين تحتوى كل منهما على نصف عدد الكروموزومات .

ثانياً : تتحد النواة التناسلية الذكرية الثانية مع نواتى (Polar) أى نواة ١٠ مع النواتين ٤ ، ٥ — ويتكون من هذا الاتحاد أو الإخصاب نواة واحدة هى نواة الاندوسبيرم (Endosperm) وظاهر حينئذ أن عدد الكروموزومات بها سيصبح ثلاثة أضعاف العدد الأساسى — إذ أنها نشأت عن اتحاد ثلاث أنوية تحتوى كل منها على نصف عدد الكروموزومات فى الخلايا الخضرية .

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

وغنى عن الذكر أنه بانتهاء هذه العملية ينمو الكيس الجنينى أو البويضة وتتكون منه البذرة الجديدة التى هى 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 :—

أولا : الجيل الخضرى (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 فالإخصاب — وهكذا —

هذا هو تبادل أو تعاقب الأجيال (Alternation of generations) فى النبات الراقى — والفرق بين الجيلين من الناحية السيتولوجية فرق أساسى — فجميع خلايا الجيل الخضرى تحتوى على ضعف العدد الأساسى للكروموزومات فاذا فرضنا أن العدد الأساسى (ن) فان عدد الكروموزومات فى خلايا هذا الجيل أينما وجدت هو (٢ 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 الاختزالى من أصل خلية الزيجوتة 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 الاختزالى وبذلك تكون أحادية الكروموزومات — وهذه بالتالى عندما تلقح الذكرية منها الأنثية تتكون البذرة ثانية فتكون بطبيعة الحال ثنائية .

وغنى عن الذكر أنه بانتهاء عملية الإخصاب ينمو المبيض نفسه مكوناً الثمرة وتنمو البويضات مكونة البذور — وليس هنا مجال الخوض فى التغيرات النباتية والمورفولوجية التى تؤدى إلى هذا النمو .

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

obeikandl.com