1- السايتوبلازم والاغشية البلازمية:

يظهر السايتوبلازم في الخلية الحية العالة كمادة سالة نسبياً يحيطها من الخارج غشاء يدعى الغشاء البلازمي وهو الغشاء الذي يبطن جدار الخلية النباتية كما ويوجد غشاء آخر يفصل عن كل تركيب من تراكيب الخلية، أما الغشاء الذي يحيط بالفجوة العصارية فيدعى بالغشاء الخلوي (الفجوي) Tonoplast أو Vaculor Membrane وأغشية السايتوبلازم هي أجزاء حية وفعالة في الخلية ولها القابلية على النمو بالاضافة الى قابلية الالتئام اذا ما حدثت تشققات بسيطة. ويعتمد مرور المواد المذابة خلالها على حجم وطبيعة هذه المواد وعلى طبيعة الغشاء نفسه وعلى الظروف الفسلجية والبيئة للسايتوبلازم، كما ويضم السايتوبلازم أجسام وجسيمات (عضيات Organlles) كثيرة تسبح فيه وهذه الاجسام لها فعاليات مختلفة.

2- النواة:

تعتبر النواة الجزء المهم في الخلية والمسيطر على نشاط الخلية بالاضافة الى كونها المصدر الاساسي للتوارث لكونها تحمل المادة الوراثية. والنواة تحتوي على الكروموسومات بدورها تحمل الجينات ويمكن تمييز الكروموسومات بصبغات خاصة لهذا الغرض ورؤيتها تحت المجهر الضوئي Light Microscope. والنواة محاطة بغشاء نووي يضم بين اجزاءه المادة الكروماتيدية والتي تتجمع خلال الانقسام النووي على هيئة كروموسومات كما تضم النوية أو النويات Nucleolus. وبسبب كثرة العصير النووي في النواة يمكن اعتبار النواة كمادة سائلة في بروتوبلاست الخلية وتعتبر نسبة ال DNA الى RNA كأساس للتميز بين السايتوبلازم والنواة. في النواة تكون نسبة DNA أعلى مما هو عليه في السايتوبلازم ويعتبر DNA هو المسؤول عن حمل الصفات الوراثية وسوف نتطرق الى ذلك في الفصل الخاص بالهندسة الوراثية.

ومن الامور المهمة في الخلية هو الانقسام الخلوي (Cell Division) والذي يعتبر الخطوة الاساسية في التكاثر والنمو وتلعب النواة دوراً اساسياً فيه ويكون انقسام الخلايا علة نوعين: الانقسام الاعتيادي (المباشر)

Mitosis (يحدث في الخلايا الجسمية) والانقسام غبر المباشر (الاختزالي) Meiosis (يحدث في الخلايا الجنسية) وسيتم الحديث عن الانقسام الخلوي بعد شرح مكونات الخلية الاخرى.

3- البلاستيدات

وهي اجسام بروتوبلازمية محددة بصورة واضحة وذات تركيب وطبيعة معينة، للبلاستيدات قابلية التغير من نوع الى آخر. وتعتبر من الخصائص المهمة التي تتميز بها النباتات عن الحيوانات. ويعتمد تصنيف البلاستيدات على وجود او عدم وجود صبغات Pigments معينة في هذه الاجسام. فالبلاستيدات التي لا توجد فيها صبغة تدعى بالبلاستيدات عديمة اللون Leucoplasts والبلاستيدات ذات الصبغات الملونة Chromoplasts. أما الصبغات الخضراء Chloroplasts فتعتبر ذات اهمية في حياة النبات لعلاقتها المباشرة بعملية التركيب الضوئي.

4- الميتاكوندريا:

هي اجسام بروتوبلازمية حية تنشأ بالانشطار من ميتاكوندريا سابقة لها وتوجد هذه العضيات في السايتوبلازم على هيئة حبيبات دقيقة خيطية او كروية الشكل وتكون أكثر كثافة او لزوجة من السايتوبلازم وللميتاكوندريا دور كبير في عملية التنفس حيث تحتوي على انزيمات متعددة ذات علاقة بعملية التنفس والاكسدة.

5- الرايبوسومات:

هي جزيئات (عضيات) صغيرة موجودة في السايتوبلازم وتساهم في تكوين المواد البروتينية. هذا وتوجد مكونات غير بروتوبلازمية في الخلية ومنها الفجوات والعصير الخلوي وتلعب دوراً مهماً في نشاط وحيوية الخلية.

الانقسام النووي:

يعتبر الانقسام النووي من الخطوات الاساسية في النمو والتكاثر وتلعب النواة الدور الاساسي في هذه العملية وهناك نوعين من الانقسام الخلوي كل منهما متخصص بنوع خاص من الخلايا وهما:

أ- الانقسام المباشر Mitosis.

ب- الانقسام غير المباشر (الاختزالي) Meiosis.

فالانقسام المباشر يتم في الخلايا الجسمية وتكون نتيجته الحصول على خلايا جديدة تحمل نفس العدد الاصلي من الكروموسومات الذي كان متواجداً في الخلية قبل انقسامها وهذا بالتالي سيؤدي الى تواجد نفس التركيب الوراثي للخلية الام في الخلايا الجديدة. ويمر هذا الانقسام باربعة مراحل رئيسية كما موضح في الشكل رقم (5) ويسبق هذه الاطوار طور الراحة Interphase وبعد ذلك تبدأ اطوار الانقسام على الشكل التالي:

1- الطور التمهيدي Prophase:

تظهر الكروموسومات في هذا الطور على شكل كتلة كثيفة ملتوية غير متميزة ويبدأ تكثيف المادة البروتينية عليها ويظهر على شكل حلزون وتستمر عملية التكثيف حتى مرحلة الظهور وهنا تتميز الى خيوط رفيعة وفي نهاية هذا الطور ينشطر الكروموسوم الى شطرين كل شطر يسمى بالكروماتيد Chromatide ويبقى على هذه التسمية ما دام مرتبط بالكروماتيد الآخر (شقيقه) وفي نهاية هذا الطور تختفي النوية ويتحطم الغشاء النووي وتظهر الكروموسومات وكأنها سابحة في السايتوبلازم.

2- الطور الاستوائي Metaphase:

تزداد كمية التكثيف الكروموسومات بسمكها وقصر طولها وتبدأ بالتحرك نحو منتصف الخلية بعد ان يكون الغشاء النووي قد تحطم وترتبط الكروماتيدات مع اجسام في اقطاب الخلية بواسطة خيوط تسمى

الخيوط المغزلية. تكون الكروماتيدات لكل كروموسوم ملتصقة بالسنترومير ثم تأخذ شكلها في منتصف الخلية وكل كروموسوم له حافة في الجهة المقابلة للقطب وعلى شكل حرق V.

3- الطور الانفصالي Anaphase:

يبدأ السنترومير بالانشطار وينفصل كل كروماتيد تماماً عن شقيقه وتبدأ الخيوط المغزلية الكروماتيدات أو يطلق عليها الكروموسومات البنيوية الى اقطاب الخلية ثم يبدأ الطور الاخر.

4- الطور النهائي Telophase:

تظهر الكروموسومات الحديثة في أقطاب الخلية وتبدأ الصفيحة الوسطية والتي تفصل بين الخليتين الجديدتين بالتكون والتي تكون بعد ذلك الجدار الخلوي ويتكون الغلاف النووي حول الكروموسومات التي يصعب تميزها بعد ذلك لانها كونت مادة النواة للخلية كما ينفصل السايتوبلازم Cytokinesis. وفي نهاية هذا الطور تتكون خليتين كاملتين، كل خلية مشابهة تماماً للأخرى من حيث عدد الكروموسومات حيث لا يوجد اختلاف في عدد الكروموسومات بين الخلية الام والخلية الجيدة ويسمى هذا الانقسام بالانقسام الجسمي او المتساوي ويمكن توضيح ذلك كما يلي: اذا كان لدينا فرد ثنائي Diploid أي عدد الكروموسومات فيه (2n) فعند الانقسام الاعتيادي المباشر سوف يكون لكل فرد عدد زوجي من الكروموسومات (2n) وكما يلي:

ويمكن تميز الانقسام المباشر بالمراحل التالية:

1- مرحلة التضاعف الطولي لكل كروموسوم مكوناً اثنان من الكروماتيدات.

2- مرحلة اختفاء الغلاف النووي وتكوين الخيوط المغزلية (Spindle Fibers).

3- مرحلة حركة الكروماتيدات الى الاقطاب المختلفة في الخلية.

4- مرحلة انقسام السايتوبلازم.

5- مرحلة تكوين اغلفة جدارية للخليتين الجديدتين.

الانقسام غير المباشر (الجنسي) Meiosis:

يعمل هذا الانقسام على توزيع الكروموسومات بانتظام في الخلايا الجسيمة حيث ان كل خلية جسمية في اي كائن حي تحتوي على عدد ثابت من الكروموسومات وكل خلية تحتوي على العدد الاصلي من الكروموسومات لابائها وسبب هذا يعود الى اختزال عدد الكروموسومات في البيضة السبرم (المشج) الى النصف وعند اتحادهما خلال عمليتي التلقيح والاخصاب يؤدي ذلك الى رجوع العدد الاصلي للكروموسومات في الجيل الناتج ويختص هذا الانقسام بالكائنات التي تتكاثر جنسياً. فعدم حدوث الانقسام الاختزالي يؤدي الى تضاعف عدد الكروموسومات في الاجيال وبصورة غير محدودة وهذا مخالف لقوانين الطبيعة.

ان الانقسام الاختزالي عبارى عن انقسامين متتالين فالانقسام الاول يعمل على اختزال عدد الكروموسومات الى النصف بينما يؤدي الانقسام الثاني الى توزيع كروماتيدي وكل كروموسوم الى خلية جديدة وهذا الانقسام اي الثاني يشابه الانقسام المباشر (Mitosis). اضافة الى اختزال العدد الاصلي من الكروموسومات في هضا الانقسام.

يمر الانقسام الاختزالي هذا بالأدوار التالية:

أ- الطور التمهيدي الاول Prophase 1

ويشمل الاطوار التالية:

1- الطور القلادي Laptotene:

يبدأ هذا الطور في الخلايا المتخصصة الى خلايا حنسية حيث يمكن تمييز الكروموسومات على شكل خيوط رفيعة وتظهر عليها بقع بلون غامق وتكون متساوية لكل كروموسوم وتدعى الكروموميرات.

2- الطور الازدواجي (التزاوجي) Zygotene:

خلال هذا الطور يظهر الكروموسوم المتماثل (المتناظر) Homologous Chromosome وكأنه ملتصق بالكروموسوم الآخر المماثل له وهذا الطور يعتبر من أهم أطوار الانقسام الميزوري حيث يبدأ كل كروموسومين متماثلين في الاقتراب من بعضهما جنباً الى جنب ويكون على شكل السحابة المستعملة في الملابس ويطلق على هذه العملية بـ(Synapsis) وهي عملية متخصصة تحدث بين الكروموسومات المتماثلة شكل رقم (6).

الطور الضام Pachytene:

يبدأ هذا الطور عند انتهاء اقتران زوجي الكروموسومات المتماثلة وتزداد فيه الكروموسومات قصراً بالاضافة الى زيادة في عملية اللف الحلزوني وعندما تتم عملية الازدواج Pairing تظهر الكروماتيدات لكل كروموسوم ونتيجة لزدواج الكروموسومات المتماثلة فتظهر اربعة كروماتيدات ويطلق على هذه المجموعة الرباعية bivalent و tetrad. حيث يلاحظ ان كل كروموسومين في كل وحدة ثنائية قد التفا حول بعضهما وكل كروماتيدين متصلين مع بعضهما وكل كروماتيدين متصلين مع بعضهما بالسنترومير. وقد يحدث في هذا الطور تبادل المادة الوراثية بين الكروماتيدات المختلفة ويطلق على هذه المظاهر ب Crossing over (العبور) أو Recombination. ان تبادل أجزاء متساوية بين كروماتيدين مختلفين يسبب حصول اختلافات وراثية جديدة في الجيل الناتج بسبب انتقال الجينات من كروماتيد الى آخر لم تكن موجودة عليه سابقاً شل رقم (7).

4- الطور الانفراجي Diplotene:

بعد حصول عملية العبور تبتعد الكروموسومات المتماثلة في الوحدة الثنائية ولا يكون هذا الابتعاد تاماً بل تبقى الكروموسومات متصلة في المناطق التي حصلت فيها ظاهرة العبور وهذه المناطق تسمى Chiasmata والمفرد لها Chaisma وتكون على شكل حرف X وهذه هي التي تمسك للـ Bivalent وحتى الطور الاستوائي (Metaphase) و في كثير من الاحياء قد يكون عدد يكون عدد الكايزما وموقعهاثابت.

أ- الطور التشتتي Diakinesis:

يتميز هذا الطور بزيادة Coiling والتخصر للكروموسومات حتى تظهر بأنها سميكة كما ان هناك زيادة في سمك الوحدات الثنائية وانتقال مناطق الكايزما الى أطراف كل كروموسوم وينتهي هذا الطور بالانفصال التام بين الكروموسومات.

ب- الطور الاستوائي الاول Metaphase 1:

في هذا الطور تترتب الكروموسومات بصورة متقابلة مع بعضها في وسط الخلية ويلاحظ ان كل كروموسوم قد حصل على قطعة من كروموسوم آخر في المناطق التي حصل فيها العبور.

جـ - الطور الانفصالي الاول Anaphase 1:

تبدأ ظهور الخيوط المغزلية في نهاية الطور السابق وعند بداية الطور تبدأ الكروماتيدات النظيرة بالانفصال عن بعضها الى أقطاب الخلية. وفي هذه الحالة يتجه نصف عدد الكروموسومات الى قطب كل خلية.

د – الطور النهائي الاول Teolphase:

تبدأ الكروموسومات في هذا الطور بالاستطالة ويقل سمكها وتتكون صفيحة خلوية تفصل بين الخليتين الجديدتين، ثم يظهر الغلاف النووي الذي يحيط بالكروموسومات التي ستكوّن فيما بعد النواة.

هـ – الطور الابتدائي الثاني Prophase II:

في هذا الطور والاطوار التي تليه يحصل انقسام مباشر للخلايا للحفاظ على نصف عدد الكروموسومات في كلي خلية ويحصل هذا الانقسام فقط لزيادة عدد الخلايا التي تكونت نتيجة للانقسام الاختزالي الغير مباشر حيث يلي هذا الطور الثاني وأخيراً الطور النهائي الثاني والذي يؤدي الى الحصول على اربعة خلايا كل خلية حاوية على نصف العدد الاصلي من الكروموسومات ويمكن تميز مراحل الانقسام الميوزي بالمراحل التالية:

1- مرحلة تضاعف كل كروموسوم طولياً مكوناً اثنان من الكروماتيدات.

2- مرحلة انتقال الكروموسومات المتناظرة (Homologous) الى المركز مع بقاء الكروماتيدات متصلة مع بعضها البعض في المناطق المسماة السنترومير.

3- مرحلة انفصال الكروموسومات المتناظرة بحيث ان كل كروموسوم من الكروموسومات المزدوجة ينتقل الى القطب المواجه مع بقاء الكروماتيدات متصلة.

4- مرحلة تكوين خيوط مغزلية جديدة في اقطاب الخلية ثم ترتب مرة ثانية الكروموتيدات المتحدة على الخط المركزي للخلية.

5- مرحلة انقسام السنترومير وانتقال الكروماتيدات الى الاقطاب ويمكن ربط هذه الحقائق ع عملية انقسام الخلايا الجنسية بالقوانين المندلية. هذا ويمكن توضيح مراحل هذا الانقسام المختلفة في الشكل رقم (8).

المصادر:

1- تربية وتحسين النبات. 1990. أ.د. مدحت الساهوكي وآخرون.
2- Principles of Crop Production. 2002. Acquaah. New Dilhi.

استاذ المادة:

الأستاذ الدكتور: محمد عويد غدير العبيدي

استاذ المادة:

الأستاذ الدكتور: محمد عويد غدير العبيدي