كلية العلوم

القسم : علم الحياة

السنة : الثانية

المادة : وراثة نباتية

المحاضرة : الاولى/نظري/د.ياسمين

{{ مكتبة A to Z }}

Facebook Group : مكتبة A to Z

2025

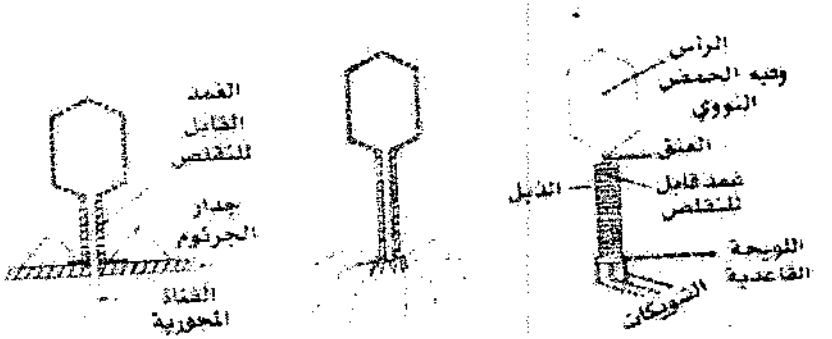
يمكنكم طلب المحاضرات برسالة نصية (SMS) أو عبر (What's app-Telegram) على الرقم 0931497960

الفصل الأول
الصبغيات *Chromosomes*

تتكون الكائنات الحية الراقية من أجزاء أساسية هي الأعضاء التي تتكون من أنسجة، التي بدورها تتكون من ملايين الخلايا كما في الإنسان والحيوان والنبات. قد يتكون الكائن الحي من عدد محدد من الخلايا كالفطريات، أو من خلية واحدة كالجراثيم. تقوم كل خلية بوظيفة محددة بحسب نوعها والنسيج الذي تنتمي إليه. ويوجد في كل خلية نواة تحوي نوية وعدداً من الصبغيات الحاملة للمادة الوراثية، وتستفيد الخلية من المادة الوراثية لإنتاج البروتينات المطلوبة بحسب وظيفتها وحاجتها. لقد صنفت الكائنات الحية بحسب طبائع أنويتها وطرائق تنظيم المادة الوراثية فيها إلى نوعين هما:

1. بدائيات النوى.
2. حقيقيات النوى.

لا بدّ في البداية من الإشارة إلى الفيروسات، أبسط الأحياء الدقيقة، التي يعتقد بأنها كانت في الأصل بلازميدات، ثمّ اكتسبت غلافاً بروتينياً خاصاً وأصبحت فيروسات. تتألف المادة الوراثية عند فيروس آكل الجراثيم *T4 Bacteriophage*. من حلقة مغلقة من الـ *DNA*، تضم حوالي 50 مورثة، تتوضع في رأس آكل الجراثيم ذو الطبيعة البروتينية (الشكل 1). أما المادة الوراثية لكل من فيروس فسيفساء التبغ *TMV* وفيروس البطاطا، فهي جزيئات *RNA*.

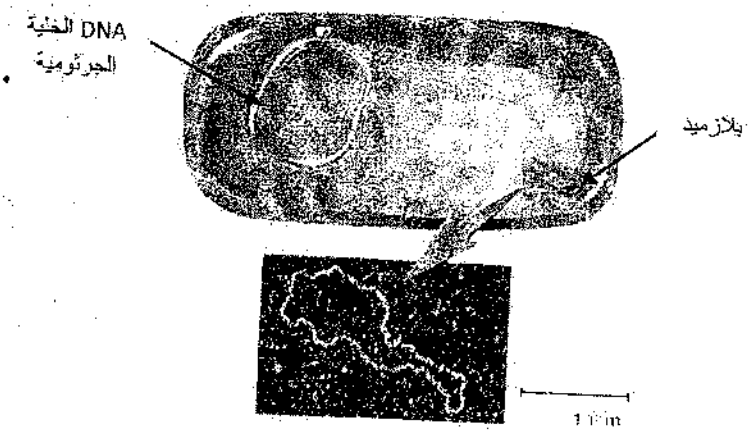


شكل (1): شكل عام لأكلات الجراثيم
Bacteriophage T_4

1. **بدائيات النوى Prokaryotes**: تمتاز بدائيات النوى بأنها هي وحيدات خلية ينتمي إليها كل من الجراثيم Bacteria، والإشنيات الزرقاء المخضرة (نباتات سيانية) Cyanophyta. فخلاياها لا تحتوي على نواة مميزة إذ أنها خالية من الغلاف النووي، وتغيب النواة عندها كعضية مستقلة. تتكون مادتها الوراثية من جزيئات الحمض النووي الريبي منقوص الأوكسجين DNA، ونادراً من جزيئات الـ RNA، المنتشرة بشكل حر في السيتوبلازما، ولا ترتبط مع البروتينات أو أي مادة أخرى، فهي نقية، لذا لا يوجد عندها بنية الصبغي. مادتها الوراثية أحادية الصيغة الصبغية 1n، ولا يزيد طولها على 1 ملم.

.تتكون **المادة الوراثية عند الجراثيم** من خيط مزدوج من الـ DNA ملتف حلزونياً، ويحزم بشدة داخل ما يعرف بالنكليوئيد Nucleoid، التي يقابل وظيفياً النواة عند حقيقيات النوى (الشكل 2). إضافة إلى ذلك يوجد عند الجراثيم جزيء DNA، مستقل عن مادته الوراثية يدعى البلازميد Plasmid، ويعرّف **البلازميد** بأنه قطعة من الـ DNA دائرية الشكل، موجودة في أغلب أنواع الجراثيم وخاصة *E.coli*، كعنصر

إضافي، يحتوي على مورثات مقاومة للمضادات الحيوية فيزيد من مقاومة الجراثيم، ولديه القدرة على التكاثر الذاتي في الخلية المضيفة.



الشكل (2): شكل عام لخلية جرثومية.

2. **حقيقيات النوى Eukaryotes**: تشمل حقيقيات النوى بقية النباتات والفطريات حتى الدنيا منها، وتختلف حقيقيات النوى عن بدائيات النوى، إذ أن خلاياها تحتوي على نواة محاطة بغشاء نووي Nuclear Membrane يفصلها عن السيتوبلازما.

لا بدّ من عرض فكرة موجزة عن عناصر الخلية النباتية المتضمنة المادة الوراثية التي تسيطر على جميع العمليات الاستقلابية في الخلية وتمنحها الحياة.

أولاً – الخلية النباتية Plant cell:

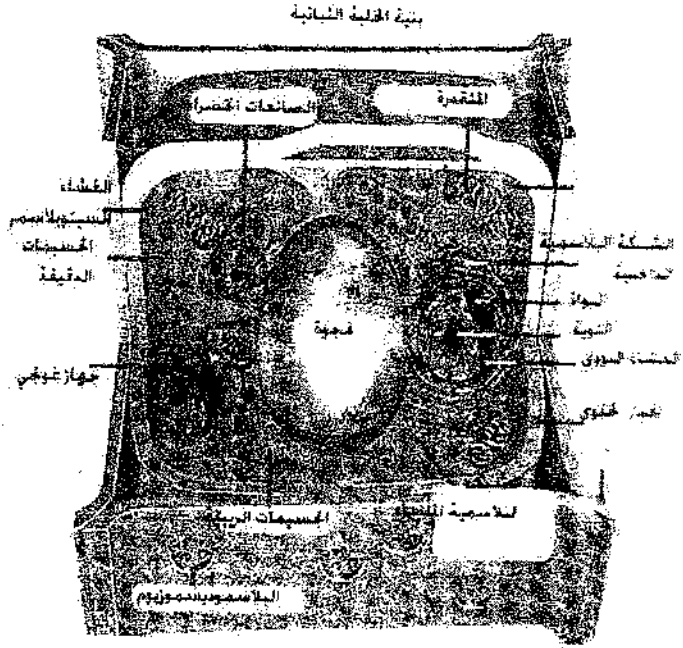
الخلية Cell هي الوحدة البنائية الأساسية لجميع الكائنات الحية، مهما تعددت أشكالها واختلفت درجة تطورها. تتألف الخلية النباتية عند حقيقيات النوى من:

- بروتوبلاست Protoplast، الذي يضم كلاً من البروتوبلازم Protoplasm، والمواد غير الحية Ergastic substances.
- جدار خلوي Cell wall.

البروتوبلازم هو الجزء الجوهري في الخلية، ويضم النواة Nucleas والسيتوبلازما Cytoplasm التي تحيط بها (الشكل 3).

تشكل السيتوبلازما الجزء الأساسي من الخلية النباتية وتكسب الخلية خاصية التقسم، وتحتوي على مكتنفات حية مثل: الغشاء السيتوبلازمي Cytoplasmic Membrane والجسيمات الصانعة Plastides، والجسيمات الريبية Ribosomes والمصورات الحيوية Mitochondries، وجهاز غولجي Golgi complex، والأنابيب الدقيقة Microtubules وغيرها من المكونات الخلوية المهمة. تعد المصورات الحيوية مراكز نشاط إنزيمي في عمليات الأيض التأكسدية، على حين تقوم الجسيمات الريبية بدور مهم في تركيب البروتينات.

1. **النواة Nucleas:** تعد النواة إحدى أهم العضيات الخلوية، شكلها كروي أو بيضوي، تصف شفافة، وتمارس دورها في حياة الخلية من خلال احتوائها على المادة الوراثية DNA، التي تحتوي على كل البرامج والمعلومات اللازمة لصناعة البروتينات الوظيفية والبنيوية، وتسيطر على مجمل العمليات الاستقلابية التي تحدث في السيتوبلازما.



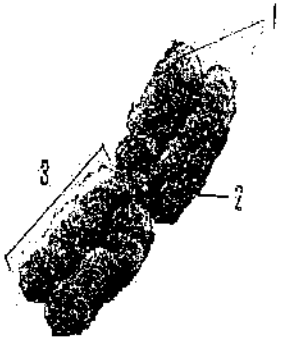
شكل (3): شكل تفصيلي للخلية النباتية.

تتضمن النواة ما يأتي:

a. **الغشاء النووي Nuclear membrane:** يحيط بالنواة غشاء نووي يفصلها عن المكونات السيتوبلازمية، وهو غشاء مزدوج رقيق يتركب من البروتين والدهون المفسفرة، وبينهما سائل من مواد كيميائية مختلفة، ويتخلل غشاء النواة ثقوب تسمح بتبادل المواد بين النواة والسيتوبلاسما.

b. **الشبكة الكروماتينية أو الخيوط الصبغية Chromatin** الحاملة للمورثات Genes، التي تعد الوحدات الأساسية في الوراثة، والمسؤولة عن عملية انتقال الصفات الوراثية من الآباء إلى الأبناء عبر الأجيال المتعاقبة بشكل دقيق ومنظم.

تظهر الخيوط الصبغية في الخلية بوضوح في أثناء عملية الانقسام الخلوي فقط، وبالتحديد في الطور الاستوائي Metaphase من الانقسام الخيطي Mitosis، بسبب ازدياد الالتفاف الذاتي الحلزوني للكروماتيدات، وتكثف البروتينات الهيستونية الموجودة فيها، فتصبح أقصر وأثخن مما كانت عليه. يكون في هذا الطور كل صبغي مؤلفاً من صُبيغيين أو كروماتيدين Chromatides مرتبطين معاً بوساطة الجزء المركزي Centromere (الشكل 4).



الشكل (4): شكل عام للصبغي
(1- كروماتيدين، 2- الجزء المركزي، 3- ذراع الصبغي).

تعرف **الصبغيات** Chromosomes بأنها تراكيب خلوية تحمل المورثات المسؤولة عن الصفات الوراثية لكل كائن حي، وهي ذات أشكال وأحجام مميزة للنوع، وتأخذ أشكالاً مختلفة كالشكل الخيطي، والعصوي، والمقوص على شكل الحرف L أو على شكل الحرف V ..... إلخ.

يتألف كل صبغي من ذراعين ومنطقة لا تثبت عليها الملونات، تسمى بالاختناق الأولي أو الجزء المركزي، التي تتفاوت مواقع وجودها على الصبغي، إضافة إلى وجود اختناقات ثانوية، وعقد وانخماصات. يستفاد من الجزء المركزي في أمرين مهمين هما:

- حساب نسب أطوال أذرع الصبغيات، إذ يعتبر الجزء المركزي معياراً ممتازاً في التوصيف الصبغي للنوع.

- يربط الجزء المركزي كروماتيدي الصبغي الواحد ببعضهما، وهو مسؤول عن ربط الصبغيات وحركتها على ألياف مغزل الانقسام خلال الطور الاستوائي وطور الهجرة.

مؤخراً أسهمت دراسات تقانة تهجين الـ DNA بتوضيح البنية الجزيئية للجزء المركزي للصبغي الثالث في خميرة الخبز *Saccharomyces cervisiae* والتي تتألف من ثلاث مناطق I و II و III ضرورية لارتباط الصبغي بألياف مغزل الانقسام، ومن ثمّ هجرة الصبغيات إلى القطبين. وأظهرت طفرات النقص الصبغي Deletion في الوسط الصنعي In vitro أنّ حدوث الطفرات لهذه المناطق الثلاث تؤدي إلى فشل هجرة الصبغيات، ولذلك فستر الأمر بأنها مناطق ضرورية لاتحاد الصبغي بألياف مغزل الانقسام.

c. **النويات Nucleolus**: تحتوي نوى خلايا حقيقيات النوى إضافة إلى الشبكة الكروماتينية على نوية واحدة أو نويات عدة تتميز بشدة كسرها للضوء، والنويات فقيرة بالماء لكنها غنية بالحمض النووي الريبي الـ RNA، تختفي النويات في الطور التحضيري Prophase في أثناء الانقسام الخلوي Cellular division لتعود وتتشكل من جديد في الطور النهائي Telophase.

d. **العصارة النووية Nucleoplasm**: تحوي النواة عصارة نووية متجانسة، ذات شكل حبيبي ناعم جداً.

تحتوي الخلية في النباتات كثيرة الخلايا على نواة واحدة على الأقل، غير أنه هناك خلايا عديمة النواة كما هي الحال في الخلايا الغربالية.

أما المواد غير الحية الموجودة في البروتوبلاست فهي: الفجوات Vacuoles وما تحويه من الماء، والغشاء الفجوي Vauolair membrane، والعصارة الفجوية Tonoplasme، ومواد منحلة في الماء، كالسكريات، والبروتينات، والأحماض العضوية، إضافة إلى البلورات Cristales.

ثانياً – ميزات صبغيات النباتات Plant chromosomes:

تمت ملاحظة الصبغي أول مرّة في النباتات من قبل عالم النبات السويسري Karl Wilhelm عام 1842. ثم اكتشف العالم Waldeyer عام 1888 أن النواة تتحول، قبل انقسام الخلية بقليل، إلى عضيات Organelles خاصة لقبت بالصبغيات. ثم وضع العالمان الخلويان Boveri و Sutton عام 1903 فرضية حول المورثات، التي تنص على أن المورثات يجب أن تكون محمولة على الصبغيات. ثم تطورت هذه الفرضية على يد العالم Morgan عام 1908 الذي وضع النظرية الصبغية في الوراثة. ثم تضافرت اهتمامات علماء الوراثة وعلماء الخلية معاً، وهذا ما أدى إلى ظهور علم جديد هو علم الوراثة الخلوية. بعد ذلك ظهر علم البيولوجيا الجزيئية الذي عمق دراسة الصبغيات على مستوى الكيمياء الحيوية. هكذا توصل العلماء نتيجة الدراسات الوراثية إلى مجموعة من المعلومات حول بنية صبغيات النباتات وميزاتها هي:

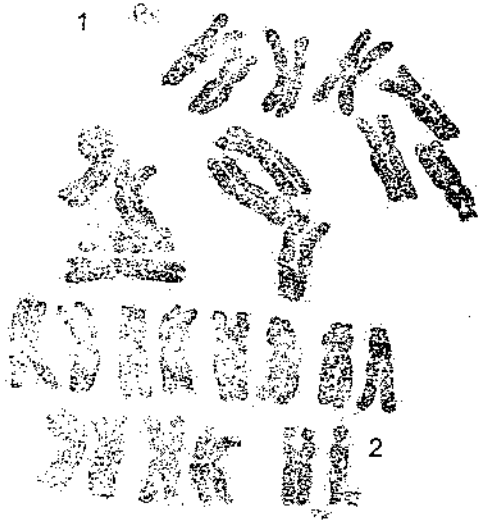
1. تتبدل أطوال الصبغيات خلال الدارة الخلوية الانقسامية Cell cycle، إذ يصل أقصى طول لها خلال الطور البيني Interphase، أما أقصر طول للصبغيات فهو

في الطور الاستوائي Metaphase، إذ يكون الالتفاف الذاتي للصبغي في حده الأقصى. لذلك يعد الطور الاستوائي نموذجيا لدراسة أشكال الصبغيات وأعدادها، وأحجامها، وموقع الجزء المركزي Centromer، والتخصر الثانوي، وموقع المركز المنظم النووي، وغيرها من الميزات الشكلية والنوعية للصبغيات المميزة والمحددة لكل نوع نباتي.

2. لكل نوع من أنواع الكائنات الحية العدد نفسه من الصبغيات، فخلايا النوع الواحد تحتوي على عدد ثابت من الصبغيات، على حين نجد أن العدد الصبغي يختلف من نوع لآخر كما هو مبين في الجدول (1). مثلاً العدد الكلي لصبغيات نبات البصل *Allium cepa L.* في نواة خلية جسمية ثنائية الصيغة الصبغية هو 16 صبغياً، أما العدد الكلي لصبغيات نبات الشيلم *Secale cereal L.* في نواة خلية جسمية ثنائية الصيغة الصبغية فهو 14 صبغياً، كما هو مبين في الشكل (5).

جدول (1): العدد الصبغي في خلية (2n) عند بعض النباتات.

نباتات ثنائية الصيغة الصبغية		عدد الصبغيات
البصل	*Allium cepa*	2n =16
الفول	*Vicia faba*	2n =12
بازلاء الأزهار	*Pisum sativum*	2n =14
الذرة الصفراء	*Zea mays*	2n =20
الصنوبر	*Pinus species*	2n =24
الفاصولياء	*Phaseolus vulgaris*	2n =22
الشيلم	*Secale cereal*	2n=14
نباتات أحادية الصيغة الصبغية		**عدد الصبغيات**
فطر عفن الخبز	*Aspergillus nidulans*	1n =8
فطر عفن البنسيليوم	*Penicilium species*	1n =4
الإشنة الخضراء	*Clamydomonas reinhardi*	1n =16



الشكل(5): صبغيات نبات الشيلم *Secale cereal L.* (2n =14)

1- الصبغيات في الطور الاستوائي

2- الطابع النووي Karyotype

3. يوجد لكل صبغي في الخلية الجسمية الواحدة، صبغي آخر قرين له، يشبهه تماماً. فالصبغيات تجتمع في الخلايا الجسمية ثنائية الصيغة الصبغية Diploid بشكل أزواج Paires ، أحدهما آت من الأم والآخر آت من الأب، وذلك نتيجة الإلقاح، ويرمز للخلية الجسمية ثنائية الصيغة الصبغية، بالرمز 2n. على حين تحوي الخلايا العروسية نصف العدد الصبغي، فهي أحادية الصيغة الصبغية Haploid ، وذلك نتيجة الانقسام الاختزالي الذي يطرأ على الخلايا المنشئة المولدة للأعراس، ويرمز لها بالرمز 1n، مثلا العدد الكلي لصبغيات البصل في خلية جسمية تساوي 16 صبغياً أي (2n=16) ، أما عدد الصبغيات في خلية عروسية للبصل فهو 8 أي (n=8) . يمثل مجموع المورثات المحمولة على الصبغيات أحادية الصيغة الصبغية المحتلة مواقع معينة ما يسمى بالمجين Genomes (المجموعة الصبغية الأساسية ويرمز لها بالرمز X)، ويختلف حجم المجين بين أنواع الكائنات الحية المختلفة كما هو مبين في الجدول (2).

جدول (2): طول المجين مقدراً بعدد الأزواج النوكليوتيدية

عند بعض الكائنات الحية.

المتعضية	طول المجين
فيروس آكل الجراثيم T_4	2.0×10^5
الجرثوم المعوي *E. coli*	4.2×10^6
خميرة الخبز	1.8×10^7
فطر عفن الخبز	2.7×10^7
نبات *Arabidopsis*	1.8×10^8
ذبابة الخل	1.4×10^8
الفأر المنزلي	3.0×10^9
الإنسان	3.3×10^9

ثالثاً– البنية الدقيقة للصبغي:

تتكون الصبغيات من كمية ثابتة من DNA، وكمية متغيرة من البروتينات النووية Nucleoprotenes، التي تدعى الهستونات Histones، وكمية متغيرة أيضاً من RNA، وأطلق مصطلح كروماتين Chromatin على مزيج المواد المؤلفة للصبغي.

يحتوي الصبغي الواحد على جزيء DNA يختلف حجمه بحسب الصبغي والنوع المدروس، وطول جزيء الـ DNA يفوق كثيراً طول الصبغي ذاته؛ لأن شريط الـ DNA يلتف مراراً حول جزيئات الهستونات بوضعية معينة، تسهل على خيط طويل جداً من الـ DNA أن يتحول إلى خيط كثيف وقصير هو الصبغي. تبدو الصبغيات تحت المجهر الإلكتروني، بعد معالجتها بمحاليل ملحية متفاوتة التركيز، على شكل عقد (تتألف من هيستونات يحيط بها شريط من الـ DNA) مؤلف من تتالي حبيبات كروية الشكل يراوح

قطرها بين 70 و125 أنغستروم، تسمى بالجسيمات النووية Nucleosomes أو النكليوزومات، ترتبط هذه الجسيمات ببعضها بوساطة خيط دقيق من الـ DNA. ولقد أثبت ذلك من خلال معالجة الصبغيات بإنزيم DNase، الذي يفكك شريط الـ DNA، فلوحظ انفراط حبات العقد، وهذا يؤكد أنّ الخيط الواصل بين الجسيمات النووية هو شريط الـ DNA. تعود كل ستة جسيمات نووية فتلتف حول بعضها مشكلة ما يسمى بالسولينويد Solenoid، الذي يلتف مشكلاً خيط الصبغين (الكروماتين) الذي يتلولب بشكل معقد مشكلاً الصبغي، كما هو موضّح في الشكل (6).

الصبغيات من بعضها، وتستعمل بكثرة في التوصيف الصبغي وكشف الانتقالات والانقلابات الصبغية. استخدمت طرق عدة لدراسة الأشرطة الصبغية، منها: أشرطة التربسين G- Bands، وأشرطة الفلورة Q- Bands، والأشرطة العكسية R- Bands وأشرطة الكروماتين المغاير البنيوي C- Bands.

رابعاً – الصبغيات العملاقة:

لقد وجد الباحثون في بعض الحشرات التابعة لرتبة Diptera كذبابة الخل والبعوض وغيرها، حالة تضاعف مكررة للصبغيات في نوى خلايا الغدد اللعابية ليرقات هذه المتعضيات، حيث تبقى النسخ الصبغية متصلة ببعضها بشكل متواز فتتشكل الصبغيات البوليتية Polytenes التي تعرف باسم الصبغيات العملاقة Gigant chromosomes. أطلق على هذه الظاهرة مصطلح التضاعف الصبغي الداخلي المتعدد Endopolyploidy. تجعل هذه الظاهرة الصبغي ثخيناً جداً؛ لذلك تستقر على طوله الاختلافات البنيوية التي تبدو على شكل اختلافات في الكثافة البنيوية. تتجلى هذه الاختلافات بظهور أشرطة تعتبر صفة مميزة لصبغيات النوع من حيث موقعها، وثخانة أشرطتها، وهي ذات فائدة كبيرة في التحليل الوراثي.

تطبق حالياً تقانات جزيئية متطورة على الصبغيات، مثل تقانة فلورة الصبغيات المعتمدة على مبدأ تهجين الـ DNA hybridization DNA، التي تمتاز بكشف موقع المورثة الواحدة، وإظهارها على الصبغي بشكل مفلور بلون مغاير للون الصبغي.

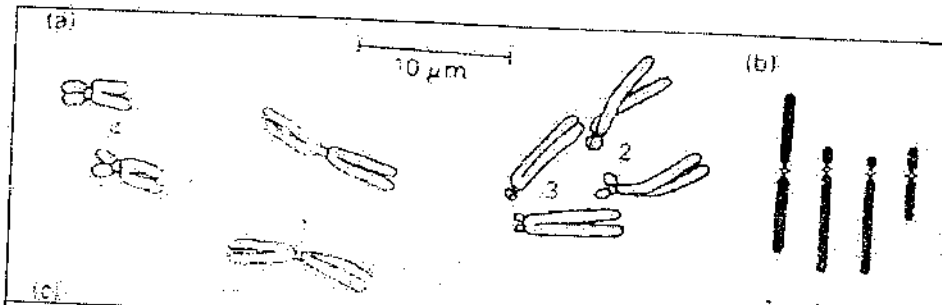
خامساً – أنماط الصبغيات:

يتحدد كل صبغي بعدد من الصفات المعيارية هي: الطول الكلي للصبغي، مكان وجود الجزء المركزي، الطول النسبي للأذرع، وجود عقد أو انخماصات، إضافة إلى وجود اتساع أو انتفاخ صغير للكروماتين في النهايتين. لذلك عند دراسة الصبغيات

من الناحية الوظيفية والتصنيفية يؤخذ بالحسبان حجمها، وشكلها، وموقع الجزء المركزي بالنسبة إلى أذرعها. وهكذا قسم العلماء الصبغيات إلى أربع مجموعات استناداً إلى موقع الجزء المركزي بالنسبة إلى الصبغي هي:

1. صبغيات مركزية الجزء المركزي Metacentric: يوجد الجزء المركزي في وسط الصبغي ويكون ذراعا الصبغي متساويين.
2. صبغيات قرب طرفية الجزء المركزي Acrocentric: يكون فيها موقع الجزء المركزي قريباً من أحد طرفي الصبغي، لذلك يظهر في الصبغي ذراع قصيرة جداً وأخرى طويلة.
3. صبغيات طرفية الجزء المركزي Telocentric: يكون الجزء المركزي في نهاية الصبغي أو قمته، ويبدو الصبغي مؤلفاً من ذراع واحدة.
4. صبغيات قرب مركزية الجزء المركزي Submetacentric: يستقر فيها الجزء المركزي قرب منتصف الصبغي، ونتيجة ذلك يبدو الصبغي مؤلفاً من ذراعين إحداهما أطول من الآخرى.

نذكر مثالاً يوضّح توصيف المجموع الصبغي في نبات *Grepis pulchra* ذي العدد الصبغي (2n=8) كما هو مبيناً في الشكل (7). يلاحظ من خلال المخطط أنّ الصبغي ذا الرقم 1 مركزي، حيث يتساوى فيه الذراعان، وأنّ الصبغيين ذوي الرقمين 2 و3 قرب طرفيين، حيث يظهر في كل من الصبغيين ذراع طويلة جداً وأخرى قصيرة جداً. أما الصبغي رقم 4 فهو قرب مركزي، ويبدو الصبغي مؤلفاً من ذراعين إحداهما أطول من الأخرى.



Chromosome صبغي	1		2		3		4	
Arm ذراع	L	S	L	S	L	S	L	S
الطول الكلي = 100	17	16	23	3.5	23	2.5	10	5
نسبة الأذرع L:S	1:1		7:1		10:1		2:1	

شكل (7): توصيف الطابع الصبغي في نبات *Crepis pulchra* (2n = 8)

a – الصبغيات الجسمية في الطور الاستوائي. B – المخطط الصبغي.

C – أبعاد أذرع الصبغيات ونسبها. L – ذراع طويلة. S – ذراع قصيرة.

(علماً أنّ واحدة القياس هي نانومتر nm)

سادساً – الصفات العامة للصبغيات:

مهما اختلف عدد الصبغيات وشكلها وحجمها فالصبغيات تملك مجموعة من الصفات والخصائص المشتركة، وهي:

1. جميع الصبغيات قادرة على الانتقال المنتظم من جيل إلى آخر.
2. تحتوي الصبغيات على الحمض النووي الريبي المنقوص الأوكسجين DNA.
3. تتوزع الصبغيات على الخلايا الناتجة عن الانقسام الخلوي بدقة عالية.
4. لا يتشكل أي صبغي تشكلاً جديدًا، وإنما يأتي كل صبغي جديد من صبغي آخر كان موجودًا سابقاً.
5. لا تنحل الصبغيات ولا تفقد هويتها خلال دورة حياة الخلية، بل تحتفظ بذاتها كاملة.