

الباب العاشر

الخصائص التصنيفية

Taxonomic characteristics

obeykandi.com

الباب العاشر

الخصائص التصنيفية

Taxonomic characteristics

الصفات العامة للخصائص التصنيفية :

يقصد بالخصائص التصنيفية Taxonomic characteristics المعلومات التي تختلف من نوع نباتى لآخر ، وهى ذات قيمة تصنيفية جوهرية ؛ حيث تستخدم عند اقتراح أى نظم تصنيفية جديدة . وتتضمن الخاصية التصنيفية أى تغيير واضح لكائن حى ، يمكن تقنيه . وتميز بوجودها فى صورتين متميزتين عن بعضهما البعض أو أكثر ، وتزداد القيمة التصنيفية لخاصية ما إذا ما كانت الأهمية البيولوجية لها قد تحددت ، وإن تعذر ذلك حتى الآن لعديد من الخصائص التصنيفية .

تمتاز بعض الخصائص التصنيفية بالثبات النسبى ، وإظهار القليل من الاختلافات من فرد لآخر ، ومن جيل إلى جيل ، ومن مجموعة معينة من النباتات إلى الأخرى ، وقد تظهر بعض الخصائص قدراً يسيراً من الاختلافات ، بينما يظهر البعض الآخر عديداً من الأشكال المتفاوتة ، وليس هذا الأمر بالغريب حيث تتعرض الخصائص المختلفة لأنماط متباينة من الظروف الوراثية والبيئية .

يختلف استخدام الخصائص التصنيفية المتباينة فى التقسيم ، فقد يكون لخاصية ما قيمة ارتباطية Cohesive value لأفراد فئة تصنيفية لمستوى على كالفصيلة أو ما فوقها ، ولكن لتجانسها الكبير لا تظهر لها أى قيمة تصنيفية عند مستوى أدنى ، مثال ذلك نوعية النورة بالفصيلة المركبة Asteraceae أو الخيمية Apiaceae . وعلى العكس من ذلك . . فإن عدم استمرار نوعية معينة من الاختلافات غالباً ما يكون ذا قيمة تصنيفية على مستوى أقل كالجنس أو النوع .

لا يوجد لعلم التقسيم بيانات ذاتية ؛ حيث يستفيد من نتائج بحوث كل العلوم البيولوجية الأخرى ، وهذا حقيقى من الوجهة النظرية . ولكن فى واقع الأمر فإن المصنفين

لا يستطيعون في أغلب الأحيان عمل تقسيم من خلال البيانات ، التي يقدمها الآخرون نتيجة عدم كفايتها ، فنتائج البحوث الكيميائية والوراثية والتشريحية والسيولوجية وغيرها نادراً ما تعبر عن الناحية التصنيفية ؛ حيث لا تنتج عادة من دراسات مقارنة ، تشمل عدداً من الكائنات الحية وغالباً ما تتضمن فئة تصنيفية أو بضعة فئات قليلة كنموذج للغالبية العظمى .

لذلك . . كان لزاماً على المصنفين في معظم الأحيان جمع البيانات بأنفسهم ، وغالباً ما يقضى المصنفون الجانب الأكبر من وقتهم مشغولين بهذه المهمة غير التصنيفية . وإذا ما تصورنا العدد الهائل من الأنواع الذي يتحتم عليهم حصره وهذا الخضم اللانهائي من الصفات التصنيفية الممكنة دراستها ، لأدركنا أهمية أن يتخير المصنفون الصفات الواجب دراستها والتي غالباً ما تكون سهلة الملاحظة ، ويتوقع أن تكون ذات قيمة في وضع حدود واضحة بين الفئات التصنيفية ، فمن المحبذ أن يقع الاختيار على صفات محددة ، عن أن تكون غير محددة المعالم ، وأن تكون في الوقت نفسه ذات قيمة تصنيفية عالية .

اتجه المصنفون مؤخراً إلى استخدام أنواع من الصفات الأقل وضوحاً ، والتي لم ير لها المصنفون في الأزمنة السابقة أهمية ، ربما لعدم توفر الوقت أو التيقن لأهميتها وربما - وهو الأكثر احتمالاً - لعدم توفر الأجهزة أو الطرق لدراساتها أو المعرفة ، التي لم تتح إلا قريباً مثال ذلك عدد الكروموسومات وشكلها الظاهري وسلوكها وتركيب جبوب اللقاح والقابلية للتهجين بين الأنواع والتركيب البنائي للثغور ، وأهمية المركبات الغذائية الثانوية ، وتتابع الأحماض الأمينية ، وغير ذلك الكثير . وتستقطب مثل هذه الصفات حالياً اهتمام كثير من الباحثين ، وتوفر لها عديد من الحكومات المنح لدراساتها بشكل ليس له مثيل مع الصفات والأساليب التقليدية . وفي واقع الأمر لم يشبث أن هذه الدراسات الحديثة تفوق في قليل أو كثير من الناحية التصنيفية صفات الشكل الظاهري ؛ فالأمثلة التي توضح نجاح هذه الأساليب الحديثة في التقسيم يقابلها عديد من الحالات التي تكون فيها قليلة الأهمية ، وأكثر من ذلك فإنه من الصعوبة بمكان توقع أهمية دراسة صفات معينة بهذه الأساليب الحديثة ، في المجموعات النباتية التي لم يسبق دراستها .

الدلائل التصنيفية: Taxonomic evidence:

تناقش البيانات التصنيفية بعد حصرها في مجموعات منفصلة ، على الرغم من أن ذلك قد يؤدي إلى تجزئة غير مرغوبة للحقائق ، إذا ما رغبتنا في معالجة الصفات التصنيفية كوحدة

على قدر متماثل من الأهمية . وعموماً فهناك عديد من المعلومات ، التي تستعمل كأدلة تصنيفية يمكن إيجازها فيما يلي (شكل ١٠-١) :

- (١) دلائل الشكل الظاهري . Morphological evidence (Phytography)
- (٢) دلائل التركيب التشريحي . Anatomical evidence
- (٣) دلائل كيميائية . Chemical evidence
- (٤) دلائل سيتولوجية . Cytological evidence
- (٥) دلائل وراثية . Genetical evidence
- (٦) دلائل حبوب اللقاح . Palynological evidence
- (٧) دلائل الأجنة . Embryological evidence
- (٨) دلائل التطور السالف . Phylogenetic evidence
- (٩) دلائل فسيولوجية وتركيب دقيق . Physiological and ultrastructural evidence
- (١٠) دلائل بيئية . Ecological evidence
- (١١) دلائل جغرافية وانتشار . Geographic evidence and distribution
- (١٢) دلائل الحفريات النباتية . Paleobotanical evidence

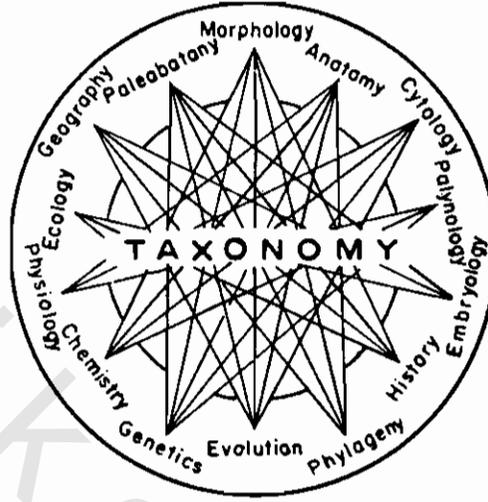
وفيما يلي عرض تفصيلي لبعض هذه الدلائل :

تقسيم النباتات باستخدام دلائل الشكل الظاهري والتركيب التشريحي :
Plant taxonomy by means of morphological and anatomical evidences

المعلومات التركيبية للنباتات : Structural information of plants

ليس منطقياً عند مناقشة الجوانب المختلفة للمعلومات التركيبية للنبات كدلائل تصنيفية أن تتسم تجزئتها صناعياً ، فمن غير الممكن الفصل بين الشكل الظاهري والتركيب التشريحي ، أو التركيب الخضري والتركيب التناسلي ، أو النباتات المعاصرة والنباتات الحفرية ، أو تركيب النبات خلال مراحل التكوين المختلفة حتى النضج .

ولقد أدت دراسة الموضوعات سالفة الذكر في الفترة الماضية بصورة مجزأة إلى استنتاج آراء متحيزة عن القيمة التصنيفية للبيانات المختلفة التي يصل إليها المتخصصون ، فليس هناك



شكل (١٠-١) : مخطط يوضح العلوم المختلفة التي تستخدم كدلائل تقسيمية للبرهنة على العلاقات المختلفة بين النباتات ، والتي يقوم عليها علم تقسيم النبات (عن ردفورد وآخرين *Radford et al.* ١٩٧٤).

TAXONOMIC EVIDENCE

Evolution	علم التطور	Morphology	علم الشكل الظاهري
Genetics	علم الوراثة	Anatomy	علم التركيب التشريحي
Chemistry	علم الكيمياء	Cytology	علم السيتولوجي
Physiology	علم وظائف الأعضاء	Palynology	علم حبوب اللقاح
Ecology	علم البيئة	Embryology	علم الأجنة
Geography	علم الجغرافيا	History	علم التاريخ
Paleobotany	علم الحفريات النباتية	Phylogeny	علم التطور السالف

ما يدعو إلى الاعتقاد بأن وضع المبيض أكثر أهمية من الثغور ، أو أن تشريح نسيج الخشب له قيمة معنوية عن الشكل الظاهري للساق ، أو أن المراحل التكوينية لنمو الشعيرات ذات فائدة أكبر من التركيب الناضج لها . ولقد نادى بذلك كثيرون فى الفترة السابقة بصورة بدت منطقية أحياناً .

قام علم تقسيم النبات فى الماضى على الصفات التركيبية ، وما زالت تعتبر هذه الصفات إلى الوقت الراهن من أهم ما يستخدم كدلائل عند تقسيم النبات . وقدماً كانت تقسم المملكة النباتية إلى نباتات عشبية وشجيرية وأشجار تبعاً للشكل الظاهري للنبات ، وفى مرحلة لاحقة قسمت إلى نبات خيطية وأخرى وعائية ؛ حيث تتميز الأخيرة بوجود الجهاز الوعائى بها ، وما زالت تعتمد النظم الحديثة للتصنيف بصورة أساسية على الصفات التركيبية للنباتات .

الصفات التناسلية والخضرية

Reproductive and vegetative characters

كانت صفات الزهرة - وما تزال - أساس تصنيف النباتات كاسيات البذور ، وفى وقت ما اشتملت المقررات التمهيدية لعلم النبات على مصطلحات لا تعد ولا تحصى ، كانت فى أغلب الأحيان معقدة ، وإن لم تكن زائدة ؛ حيث دعت إليها الحاجة لتصنف هذا الكم الهائل من التباين فى الأزهار ، فقد وجد المصنفون أن كل جوانب الاختلاف التى يمكن تصورها عن النورة والقنابات والتخت والكأس والتويج والغدد الرحيقية والأسدية والكرابل والبويضات ذات قيمة لتصنيف الفئات التصنيفية المختلفة ، والصفات الزهرية ، هى أكثر ما يستعمل فى المفاتيح النباتية للفلورات ، وهناك عديد من الأمثلة على استخدام مثل هذه الصفات عند كل المستويات التصنيفية .

وتوضح الدراسات إمكانية وضع قواعد عامة ، فيما يتعلق ببعض صفات فئات تصنيفية معينة ، مثال ذلك ما يبدو من أهمية للقنابات والسبلات والبتللات فى الفصيلة الشقيقية Ranunculaceae ، وبالمثل النورة والقنابات والطرز العام للزهرة فى الفصيلتين المركبة Asteraceae والنجيلية Poaceae ، وكذلك الأسدية والكرابل فى الفصيلة الفراشية Fabaceae والتويج ، والأسدية فى الفصيلتين حنك السبع Scrophulariaceae والشقوية

Lamiaceae وغيرها ، ومع ذلك فهناك عديد من الاستثناءات ، التى تجعل تعميم هذه الملاحظات نوعاً من الخطأ أو التجاوز .

وعلى الرغم من أنه لا يمكن الاعتماد على الشكل العام للثمار والبذور كخاصية تقسيمية ؛ حيث تتماثل ثمار وبذور فئات تصنيفية متباعدة . . فإن هذه الخاصية على جانب عظيم من الأهمية فى أغلب الأحيان ، وعلى سبيل المثال . . فإن للثمار أهمية بالغة فى فصائل هامة كالخردلية Brassicaceae والخيمية Apiaceae وأيضاً الوردية Rosaceae ، وكذلك نجد عدداً كبيراً من المصطلحات قد وضع ليصف التباين الهائل فى صفات ثمار مثل هذه الفصائل ، ويعرف الدارس أن عليه الحصول على عينات ثمار ناضجة مع نباتات هذه الفصائل ؛ ليتسنى له تحديد هويتها .

وبالمثل . . فإن للبذور أهمية فى بعض افصائل مثل القرنفلية Caryophyllaceae ، فإلى جانب أنها تفيد فى تمييز الأجناس . . فإن البذور قد تتصف ببعض الخصائص التقييمية الخاصة كما يتضح فى الأجناس التالية :

Silene, Dianthus, Petrorrhagia, Stellaria, Spergularia, Sparganium

وبينما تختلف التراكيب البذرية فى هذه الأجناس عادة بين الأنواع . . فإنها فى حالات معينة قد تتباين داخل النوع الواحد (مثل *Spergula arvensis*) ، وأحياناً على مستوى الفرد (مثل *Spergularia media*) . ويقوم التمييز بين الأربعة تحت الأنواع الأوروبية من *Montia fontana* (من الفصيلة الرجلية Portulacaceae) على الصفات الظاهرية للبذرة ، وتعتبر صفات البذرة ذات أهمية خاصة لعلماء النبات المهتمين بفلورة الحفریات ؛ حيث قد تمثل البذور ما قد تبقى من أعضاء النبات .

تغيب الأزهار فى النباتات الأولية ، ولذلك يلجأ المصنفون لها إلى الاعتماد على الخصائص غير الزهرية . وفى مجموعات مثل الطحالب والحزازيات ، غالباً ما تكون أعضاء التكاثر محدودة العمر ؛ لذلك فقد قامت معظم نظم التقسيم فى الماضى على التراكيب الخضرية ، ولكن من خلال البحث والتسجيل الدقيق خلال القرنين الماضيين ، أمكن الوصول إلى قدر هائل من المعلومات عن خصائص تراكيب التكاثر لهذه النباتات ، وبذلك توصل العلماء إلى عديد من الخصائص التقييمية الجديدة ، وأوضحت هذه المعلومات فى بعض الأحيان علاقات مختلفة للكائنات الحية الأولية ، ولكن غالباً ما كانت تؤدى إلى زيادة

فى دقة التقسيم لا إلى تعديل فى نظمه ، وأعضاء التكاثر مختبئة فى النباتات الحزازية ، بل ويختبئ كذلك الطور البوغى برمته فى الحزازيات الكبدية ، أما فى النباتات الحزازية القائمة فىكون الطور البوغى أكثر تطوراً ، ويظهر مزيداً من الخصائص ، التى أدت إلى تغيرات ملموسة فى التقسيم . ومع ذلك فمازال تعريف الحزازيات يقوم أساساً على الخصائص الخضرية لوضوحها ، كما تُظهر أعضاء التكاثر فى الطحالب عديداً من الخصائص التصنيفية ، ولكن هذا يتمشى أساساً مع حدود الفئات التصنيفية القائمة على التراكيب الخضرية والخصائص الكيميائية .

لا يمكن الاعتماد بدقة على الخصائص الخضرية للنباتات الراقية فى التقسيم ، فهناك عديد من الحالات التى تماثل فيها صفات الشكل الظاهرى لنباتات متباعدة ، مثل تماثل طبيعة النمو (النباتات العصارية والأعشاب والأشجار) ، وأشكال الورقة (المفصصة الراحية والمركبة الريشية). ولعل تماثل أشكال الورقة فى أنواع الإسفندان *Acer* والشنار *Platanus* ، اللذين ينتميان لفصائل متباعدة جداً لدليل على ذلك . وفى بريطانيا يطلق لفظ *Sycamore* على أحد أنواع الإسفندان ، بينما يطلق نفس الاسم فى الولايات المتحدة على أحد أنواع الشنار كما يطلق هذا اللفظ أيضاً على التين ، ويرجع ذلك إلى تماثل شكل الأوراق بها . ومع ذلك فقد نضطر إلى استخدام الصفات الخضرية فى التقسيم ؛ خاصة فى المجموعات ذات تراكيب التكاثر غير المحددة من الناحية التصنيفية مثل النجيليات ، كما أن الزهرة والثمرة فى نبات الدردار *Ulmus* ذات قيمة تقسيمية محدودة ، بينما يعتبر شكل الأوراق أكثر الصفات أهمية من الناحية التصنيفية . وبالمثل تعتبر صفات الورقة من أهم الخصائص التصنيفية فى كل من البلوط *Quercus* وبتيولا *Betula* . وفى داخل الفصيلة الشقية Ranunculaceae فإن جنسى *Aquilegia* و *Thalictrum* يختلفان فى صفات عديدة ، خاصة فى تركيب الزهرة ونوع الثمرة (جرايه فى *Aquilegia* وفقيرة فى *Thalictrum*) . ومع ذلك .. فإن أوراقهما متماثلة كما فى النوعين *A. thalictrogolin* و *T. aquilegifolium* وكانت الفصيلة الشقية Ranunculaceae - فيما مضى - تقسم إلى عشيرتين أو تحت فصيلتين ، على أساس نوعية الثمار ، وكان كل من النوعين يتبع فئة تصنيفية مستقلة (حتى فى نظام هتشنسون .. فإنهما ينتميان إلى فصائل مختلفة) . ومع ذلك .. فإن دراسة الكروموسومات بالفصيلة الشقية قد أوضح أن كلا من *Aquilegia* و *Thalictrum* ، وبعض أنواع أخرى قليلة تختلف عن غالبية أنواع الفصيلة فى احتوائها

على كروموسومات صغيرة (وليست كبيرة) ، وعدد كروموسومات من مضاعفات ٧ (وليس ٨) ، وفي هذه الحالة . . فإن الصفات الخضرية تعتبر ذات قيمة إيجابية عن علاقة الأنواع ببعضها ، أكثر من الصفات التناسلية . وحالياً يقسم هذان الجنس إلى فئات تصنيفية منفصلة .

الصفات المورفولوجية والتشريحية :

Morphological and anatomical characters

اقتصر استخدام الصفات التشريحية كدلائل تقسيمية على المائة عام الأخيرة تقريباً ، وحتى إلى يومنا هذا ينظر إلى التركيب المجهرى - فى أغلب الأحيان - كمادة مساعدة مع الصفات المورفولوجية ، وليس كمصدر للمعلومات قائم بذاته . وهذا ليس بالغريب ؛ فمن اليسير تحديد ما إذا كانت البتلات سائبة أم ملتحة ، عن تحديد ما إذا كانت أوعية الخشب ذات صفائح تثقيب بسيطة أم مركبة . ومع ذلك فقد لوحظ اهتمام شديد خلال الثلاثين عام الماضية نحو دراسة تشريح النباتات الوعائية وعلاقة ذلك بالتقسيم . وبصفة عامة فقد ثبت حالياً أن الصفات التشريحية تقف على قدم المساواة فى أهميتها مع الصفات المورفولوجية ، ولا يجب إغفالها ، ومع ذلك فهناك من لا يزال يعتقد فى الرأى الذى ساد آنفاً . وعلى سبيل المثال . . فإن الأوراق المتماثلة للإسفندان *Acer* والشنار *Platanus* ذات صفات تشريحية مختلفة . وفى واقع الأمر فإنه غالباً ما يمكن تحليل الأجزاء الأثرية أو المتحورة للأزهار بدراسة جهازها الوعائى ، على أساس أن الأجزاء الداخلية للنباتات أقل تأثراً بالظروف البيئية السائدة ، سواء من الناحية الوراثية أو المظهرية مقارنة بالأجزاء الظاهرة . وفى الفصيلة الرمرامية *Chenopodiaceae* يشيع التركيب التشريحي الشاذ فى سلسلة من أجناسها ، تتصف بطبيعة نمو متباينة للغاية . وتميز كل أنواع جنس *Euphorbia* بوجود الأوعية اللبينية ، سواء كانت النباتات عسارية أو شوكية أو شجيرية أو عشبية . وعلى النقيض من ذلك . . فإن غياب أنسجة التوصيل بالنباتات المائية ووجود عديد من أنواع الخلايا وأشكال البلورات ، وكذلك وجود الحزم الوعائية ذات الجانين فى النباتات المتسلقة لأمر يدعو إلى الحذر فى وضع عموميات مطلقة.

ساهم علم التشريح فى تصحيح الوضع التقسيمى لكثير من النباتات . ومن الأمثلة على ذلك نبات عدس الماء *Lemna* ؛ حيث كان يعتقد أنه نبات بدائى نظراً لبساطة تركيبه .

فهو خيطى الشكل صغير ، يطفو على سطح الماء ، ولكن دراسته تشريحيًا أثبتت احتواءه على جهاز وعائى راقٍ ، لا يوجد إلا فى نباتات كاسيات البذور ، وتؤكد ذلك عندما اكتشفت بعد ذلك أزهاره الصغيرة ومن ثم وضع هذا النبات فى مكانه الصحيح .

من الصفات التشريحية المهمة التى تتميز بها نباتات ذوات السفلقتين ، عن تلك ذوات الفلقة الواحدة ، تركيب وترتيب الحزم الوعائية بها ، كما تتصف بعض الفصائل بخصائص تشريحية ، يمكن بواسطتها تحديد الصلة بينها ، مثل وجود اللحاء الداخلى فى الفصيلتين العلاقية Convolvulaceae والباذنجانية Solanaceae ، وعدم وجوده فى فصيلة حنك السبع Scrophulariaceae . وتمتاز الفصيلة العشارية Asclepiadaceae والفصيلة الدفلية Apocynaceae بوجود الأوعية اللبنة ؛ مما يرجع ترابطهما وانتسابهما إلى رتبة واحدة .

ويعتبر الخشب من أكثر الأنسجة النباتية التى نالت حظاً وافراً من الدراسات شكل (١٠-٢) ، التى أدت إلى التوصل إلى كثير من الحقائق ، التى يمكن الاعتماد عليها للحكم على مدى الرق التركيبى للنباتات ، مثال ذلك :

(١) العمود الوعائى الأولى Protosteles أقل تطوراً من العمود الوعائى السنخاعى Siphonosteles ، والأخير أقل تطوراً من العمود الوعائى الشبكي (المجزأ) Dictyosteles .

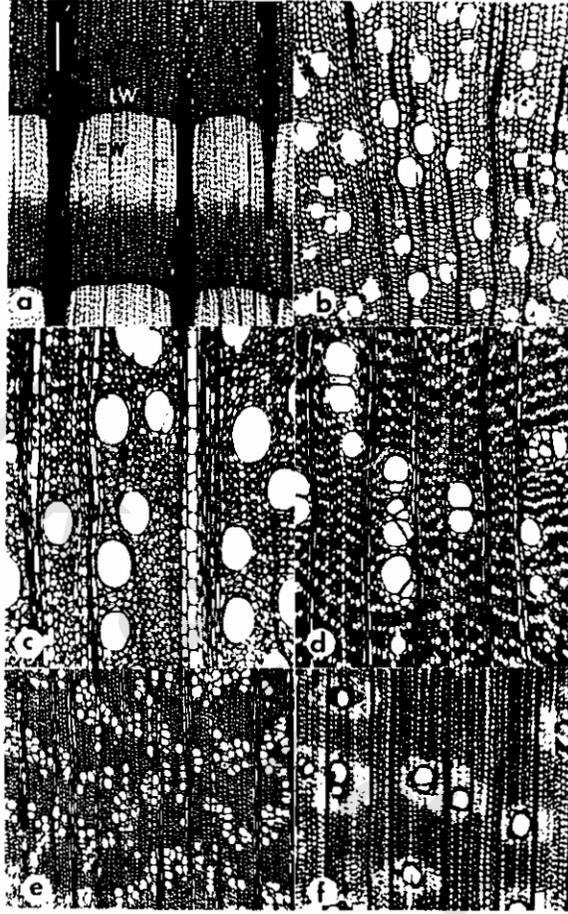
(٢) تركيب الخشب فى النباتات الشجرية أقل تطوراً من تركيب الخشب فى الأعشاب .

(٣) الأوعية الخشبية ذات الحواجز الفاصلة عديدة النقر ذات الترتيب السلمى Scalariform ، أقل تطوراً من الأوعية الخشبية ذات الحواجز وحيدة النقرة .

(٤) الأوعية الخشبية الطويلة الضيقة ذات المقطع المضلع ، أقل تطوراً من الأوعية الخشبية القصيرة العريضة ذات المقطع الدائرى .

(٥) الأوعية الخشبية ذات الحواجز الفاصلة الطويلة المائلة ، أقل تطوراً من الأوعية الخشبية ذات الحواجز المستعرضة .

(٦) الأوعية الخشبية ذات النقر السلمية أقل تطوراً من الأوعية الخشبية ذات النقر المتقابلة ، وهذه أقل تطوراً من الأوعية ذات النقر المتبادلة .



شكل (١٠-٢) : مقاطع عرضية في نسيج الخشب لنباتات ذوات الفلقتين
(عن جونز ولكسنجر Jones & Luchsinger ١٩٨٧).

- (a) *Trochodendron aralioides* نبات زهرى بدائي يتربك خشبه الثانوى من قصيات الخشب ذو أوعية حلقيه مفردة ، وقدر ضئيل من برنشيمة مرتبة قطرياً
- (b) *Schumacheria castaneifolia*
- (c) *Dillenia pentagyna* الخشب تركيبه بدائي نسيباً ، لكن الأوعية تميل إلى الاستدارة
- (d) *Scytopetalum tieghemii* تنتشر أوعية الخشب مفردة ، وذات تثقيب مركب
- (e) *Pittosporum tenuifolium* تثقب أوعية الخشب في سلاسل ، التثقب مركب قطري
- (f) *Paulownia tomentosa* نبات ذو فلقتين راقٍ نسيباً ، لاحظ البرنشيمة المحيطة بالأوعية

(٧) الأوعية الخشبية ذات النقر المفردة أقل تطوراً من الأوعية الخشبية ، ذات النقر المتجمعة فى مجموعات أو صفوف .

(٨) اتجه نسيج الخشب فى تطوره من القصبيات Tracheids إلى القصبيات الليفية Fibre tracheids ، ثم إلى الألياف Fibres .

(٩) تعتبر القصبيات ذات النقر البسيطة والترتيب السلمى فى كاسيات البذور أقل تطوراً من القصبيات ذات النقر المصروفة Bordered .

(١٠) وجود البرنشيمة المبعثرة Diffuse فى نسيج الخشب أقل تطوراً من الخشب المحتوى على البرانشيمة المتجمعة حول الأوعية الخشبية .

(١١) الأشعة النخاعية المتجانسة الخلايا أقل تطوراً من الأشعة النخاعية المتباينة فى خلاياها .

حصل علماء التقسيم على القليل من المعلومات التقسيمية من دراساتهم على نسيج اللحاء ، ويرجع ذلك لقلّة ما يمكن ملاحظته من تباين فيه ومع ذلك فقد أثبتت بعض الدراسات الحديثة إمكانية الاستفادة من طرز بلاستيديات العناصر الغربالية فى التقسيم .

وجد بالفحص بالمجهر الإلكتروني المتخلل TEM أن بلاستيديات العناصر الغربالية تتميز إلى طرزين مختلفين شكل (١٠-٣) : الطراز (S) ، ويقوم بتجميع النشا ، والطراز (P) ، ويقوم بتجميع البروتين أو البروتين والنشا . وقد أمكن الاستفادة بنجاح من هذه الخاصية فى المشكلات التقسيمية المتعلقة بنباتات الرتبة القرنفلية Caryophyllales ونباتات ذوات الفلقة الواحدة .

كما ساهمت المعلومات المستقاة من الخصائص التشريحية للنبات فى ترجيح رأى على رأى آخر ، فى قضية نشأة كاسيات البذور ، فقد ظهر فريقان من علماء تقسيم النبات ، اعتنق الفريق الأول رأى إنجلر Engler أسأل أيشلر Eichler ورندل Rendle حيث يرون أن رتبة الهريات Amentiferae هى أقدم النباتات الزهرية ، بينما يرى الفريق الثانى ويتزعمه بسى Bessey أن رتبة الشقيقية Ranales هى الأقدم ، ولقد أيدت الدراسات التشريحية رأى بسى حيث إن الأنسجة الخشبية فى النباتات الشقيقية أكثر تخلّفاً ، بينما تحتوى الهريات على أنسجة خشبية متطورة .

شاع استخدام الخصائص التشريحية بصورة أكبر فى الكائنات الدقيقة كالمطحالب ،



بلاستيدات من الطراز (S) قطرها ٢ ميكرون ، تحتوي على عديد من حبيبات النشا ، وهي من عنصر غربالي لنبات *Cocculus trilobus* .



بلاستيدات من الطراز (P) قطرها ١,٥ ميكرون .
وهي من عنصر غربالي لنبات *Dracaena hookeriana* .

شكل (١٠-٣) : صور بالمجهر الإلكتروني المتخلل TEM للبلاستيدات .
(عن بينكي Behnke ١٩٧٧) .

وكذلك فى الحزازيات لتقص ما يلاحظ عليها من صفات ظاهرية ، وترتكز المفاتيح النباتية للحزازيات على الخصائص التشريحية (خاصة لشكل خلايا أشباه الأوراق) . ويعتقد المختصون بالحزازيات بحقيقة أن عدداً من الفئات التصنيفية لهذه المجموعة من النباتات لا يمكن تعريفها بدقة دون استعمال المجهر ، وهذا واقع أيضاً فى حالة الطحالب وحيدة الخلية . وبطبيعة الحال فإن الدراسة المورفولوجية لهذه الكائنات إن هى إلا دراسة تشريحية ، وهذا أدى إلى استخدام المصطلحين Macromorphology (ويقابل المورفولوجى) و Micromorphology (ويقابل التشريح) ، كما استخدم أيضاً المصطلحان Exomorphology و Endomorphology ، ومن المفضل حالياً مع استخدام المجهر الإلكتروني استعمال المصطلح Micromorphology مع النوع المساح SEM ، واستعمال المصطلح Ultrastructure مع النوع المتخلل TEM .

قام علماء التقسيم مؤخراً بدراسة مستفيضة وشاملة للنواحي التشريحية بالنباتات ، ونتيجة لذلك تراكمت كميات هائلة من المعلومات ، ومع ذلك فإن استرجاع واستعمال هذه البيانات أصبح يسيراً ؛ نتيجة الجهود التى بذلت نحو تجميعها وفهرستها ، كما حدث على سبيل المثال فى مؤلفات متكاف Metcalfe بالحدائق النباتية الملكية (كيو Kew) فى بريطانيا : حيث نشر مجلدين عن تشريح نباتات ذوات الفلقتين عام ١٩٥٠ ، وستة مجلدات عام ١٩٦٠ وما بعدها عن تشريح نباتات ذوات الفلقة الواحدة ، ومما هو جدير بالذكر أن هذه المؤلفات تناولت تشريح المجموع الخضري فقط ولم تعالج أعضاء التناسل ، ولأن لا يوجد مثل هذا التجميع للمعلومات عن النباتات الوعائية اللابذرية ، كما أنه من الصعب تصور استكمال هذا النقص خلال القرن الحالى . وعلى أى حال فهناك القليل من البحوث التى أجريت فى هذا الشأن .

وقد قامت محاولات عديدة لخصر القيمة التصنيفية لكثير من الصفات وتقييم ومراجعة المصطلحات المستعملة بدقة ، مثل تلك المتعلقة بحبوب اللقاح والأدمة والبشرة والشغور وتعريق الورقة والزوائد وغيرها ، ويوضح شكل (١٠-٤) مثلاً على ذلك فيما يتعلق بأشكال الورقة .

ولقد هيا المجهر الإلكتروني - بطبيعة الحال - السبيل إلى مستوى أدق من التكبير عما أتاحه المجهر الضوئى ، وأماط المجهر الإلكتروني المساح SEM اللثام - حتى عند مستويات

12.1	6.1	3.1	2.1	3.2	6.5	1.1	5.6	2.3	1.2	1.3	1.6	1.12
Linear	Narrowly elliptic	Elliptic	Widely elliptic	Circular	Square	Transversely widely oblong	Oblate	Transversely elliptic	Narrowly elliptic	Narrowly transversely elliptic	Narrowly transversely oblong	Transversely linear
Narrowly oblong or ovate	Lanceolate	Oblanceolate	Narrowly rhombic	Narrowly trullate	Narrowly obtusate	Widely ovate	Widely depressed ovate	Transversely oblong	Very depressed ovate	Depressed obtusate	Narrowly transversely rhombic	Narrowly transversely rhombic
Narrowly obtusate	Narrowly triangular	Narrowly obtusate	Rhombic	Trullate	Widely rhombic	Very widely obtusate	Widely depressed obtusate	Transversely trullate	Transversely depressed trullate	Transversely depressed obtusate	Transversely depressed obtusate	Very shallowly triangular
Linear obtusate	Obtrusate	Triangular	Obtrusate	Widely obtusate	Widely deltate	Deltate	Shallowly deltate	Shallowly triangular	Shallowly obtusate	Shallowly obtusate	Shallowly obtusate	Very shallowly obtusate

شكل (٤-١٠) : مصطلحات وصفية للأشكال البسيطة المتماثلة (يمكن تطبيقها بصفة خاصة على الأوراق والبساتل ... إلخ) . وقد

اقترحتها لجنة جمعية القسمين . (عن ردفورد وآخرين . ١٩٧٤) .

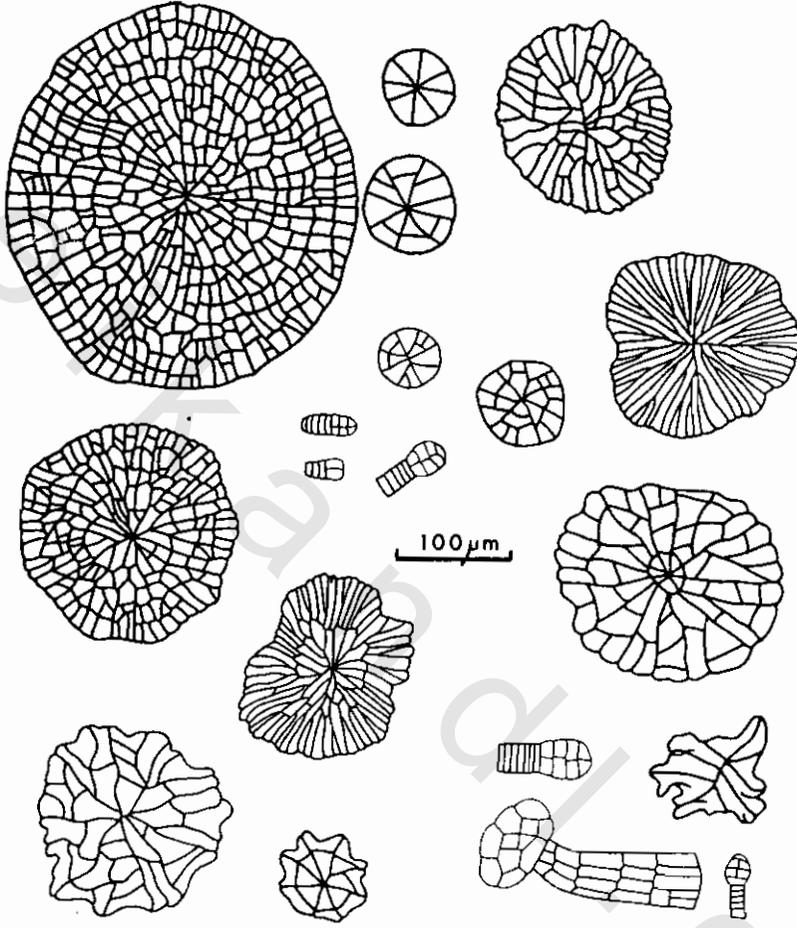
التكبير المنخفضة - عن بعض الخصائص الجديدة ، التي وإن كانت قليلة قد ساعدت على القيام بدراسة مقارنة سريعة لعديد من السمات التركيبية الدقيقة ؛ مما جعلها خصائص تصنيفية يمكن الاعتماد عليها ، مثال ذلك الأبواغ وحبوب اللقاح وسطح الورقة (خاصة التركيب البنائي للثغور) والبذور وسطح الثمرة ، وكذلك الكائنات الدقيقة (خاصة الدياتومات) .

وعلى العكس من ذلك يعتبر المجهر الإلكتروني المتخلل TEM أداة أقل تداولاً ، وإن لم يمكن الاستغناء عنها عند دراسة التركيب الداخلي الدقيق عند مستويات تكبير عالية ، كما في دراسة طرز بلاستيدات العناصر الغربالية لنسيج اللحاء شكل (١٠-٣) ، وكذلك عند دراسة وجود الخويصلات المتسعة Dilated cisternae في الشبكة الاندوبلازمية لسيتوبلازم خلايا قنسوة الجذر وبرنشيمة الحزم الوعائية ، التي تتميز بها كل من الفصيلتين الخردلية Brassicaceae والكبارية (أبو قرن) Capparidaceae .

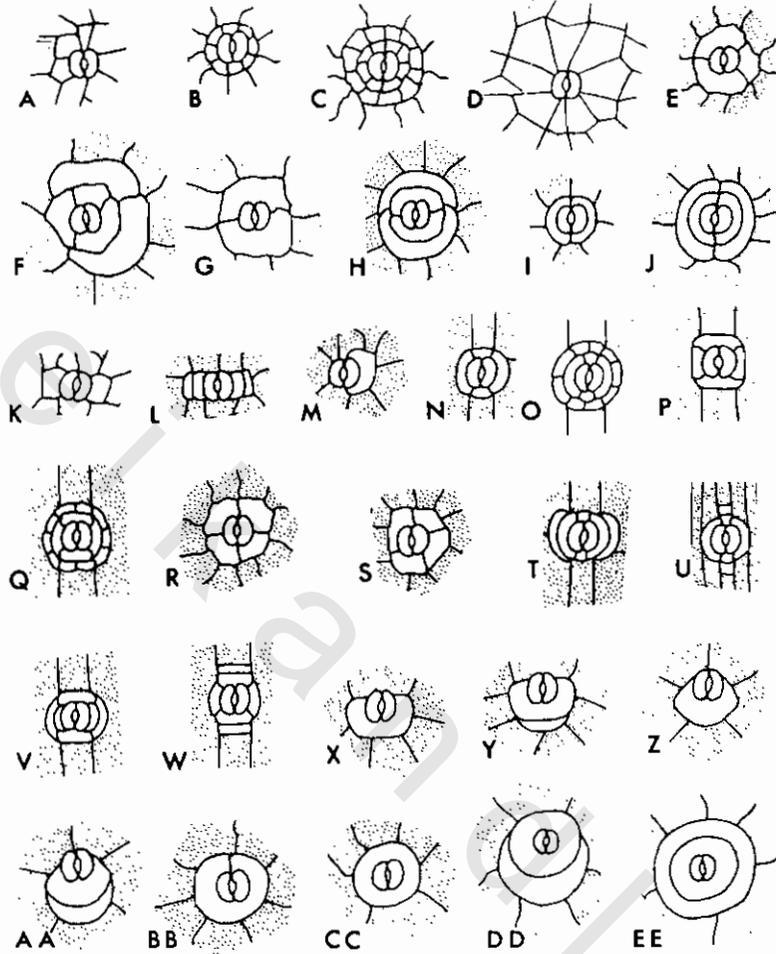
للخصائص التشريحية أهمية خاصة للعلماء الذين يبعثون تحديده هوية قطع صغيرة من مادة نباتية مثل الأعشاب ، التي يفحصها علماء العقاقير وحل الألبان بواسطة الخبراء الشرعيين Forensic experts ، وتوضح أهمية الخصائص التشريحية في حالات معينة كما في فصيلة Combretaceae ؛ حيث وجد أن لزوائد البشرة قيمة جوهرية للتصنيف لدى كافة المستويات من الفصيلة حتى الصنف ، وقد ساعد ذلك على تدقيق نظام تصنيف هذه الفصيلة ، كما حدث بأكبر أجناسها *Combretum* شكل (١٠-٥) .

من الخصائص العديدة ذات القيمة التصنيفية الأساسية للثغور ترتيب خلايا البشرة المحيطة بها والمعروفة بالخلايا المساعدة ، إذا ما كانت متميزة عن خلايا البشرة العادية . ولقد أمكن في هذا الصدد تحديد ٣١ طرازاً مختلفاً بالنباتات الوعائية ، بعضها لا يوجد سوى في النباتات التيريدية فقط شكل (١٠-٦) .

يعتبر وجود هذه الطرز التركيبية ذات قيمة في أغلب الأحيان عند المستويات العليا للتقسيم ، فالثغور مثلاً في الفصيلة الأكانثية Acanthaceae من الطراز Diacytic بينما في فصيلة حنك السبع Scrophulariaceae الوثيقة الصلة بها من الطراز Anomocytic . ومع ذلك فالخصائص التركيبية للثغور ليست دائماً على درجة كبيرة من الثبات ، فقد ينشأ أكثر من طراز من الثغور على نفس النبات ، مثال ذلك في الأجناس *Streptocarpus*



شكل (١٠ - ٥) : نماذج للشعيرات الغدية التي توجد في جنس *Combretum* ، أخذت من أنواع تمثل القطاعات المختلفة للجنس ، وتظهر ست غدد منها معنقة في منظر جانبي ، وبقية الغدد درعية موضحة في منظر سطحي (عن ستاس Stace ١٩٨٤) .



The 31 known types of arrangement of subsidiary cells in the mature stomatal complex of vascular plants, adapted from Dilcher. **A**, anomocytic; **B**, cyclocytic; **C**, amphicyclocytic; **D**, actinocytic; **E**, anisocytic; **F**, amphianisocytic; **G**, diacytic; **H**, amphidiacytic; **I**, paracytic; **J**, amphiparacytic; **K**, brachyparacytic; **L**, amphibrachyparacytic; **M**, hemiparacytic; **N**, paratetracytic; **O**, amphiparatetracytic; **P**, brachyparatetracytic; **Q**, amphibrachyparatetracytic; **R**, staurocytic; **S**, anomotetracytic; **T**, parahexacytic-monopolar; **U**, parahexacytic-dipolar; **V**, brachyparahexacytic-monopolar; **W**, brachyparahexacytic-dipolar; **X**, polocytic; **Y**, copolocytic; **Z**, axillocytic; **AA**, coaxillocytic; **BB**, desmocytic; **CC**, pericytic; **DD**, copericytic; **EE**, amphipericytic.

شكل (١٠-٦) : طرز ترتيب الخلايا المساعدة بالثغور في النباتات الوعائية ، وعددها ٣١ .
(عن دلشر Dilcher ١٩٧٤) .

و *Saintpaulia* من فصيلة Gesneriaceae تحمل الفلقات ثغورا Anomocytic ، بينما ثغور الأعضاء الناضجة Anisocytic - كما إن الورقة في *Lippia nodiflora* من الفصيلة الفربيونية Verbenaceae - تحمل ثغوراً مختلفة معاً من الطرز

Anomocytic - Anisocytic - Diacytic - Paracytic

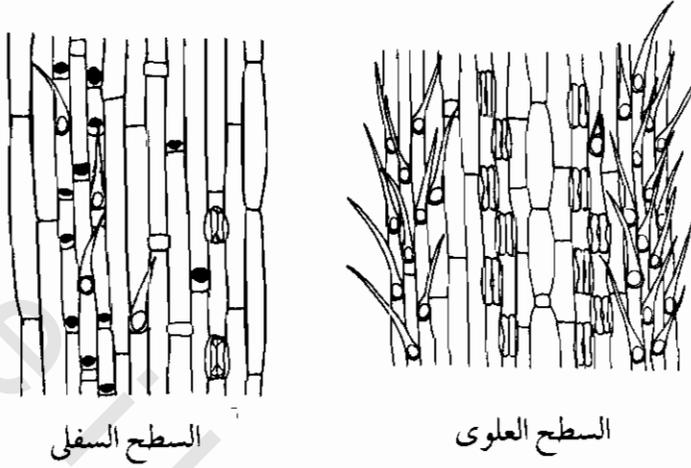
تختزل أزهار الفصيلة النجيلية Poaceae بدرجة عظيمة ، وبالتالي تهينى قدرأ ضئيلاً من الخصائص التصنيفية ؛ لذلك فقد اتجه الاهتمام نحو الصفات التشريحية والسيولوجية للأعضاء الخضرية ، ولقد توفر فى بشرة الورقة شكل (١٠-٧) والتركيب الداخلى لها عديد من الخصائص التصنيفية ؛ ولذلك أجريت بحوث مستفيضة فى هذا الشأن ، تشمل التغليط بالنسيج الأسكلرنشيمى وترتيب وشكل الحزم الوعائية ، وتكشف الخلايا الطويلة والقصيرة بالبشرة ، وشكل وانتشار أجسام السيليكا والأنواع المختلفة من الزوائد والحلمات ؛ مما كان له كبير الأثر فى إعادة تصنيف الفصيلة النجيلية حديثاً على جميع المستويات ، بدءاً من تحت الفصيلة حتى النوع . ولقد أولت الدراسات التصنيفية الدقيقة للنجيليات اهتماماً بالغاً لهذه الصفات .

الصفات المتعلقة بالتطور والنضج :

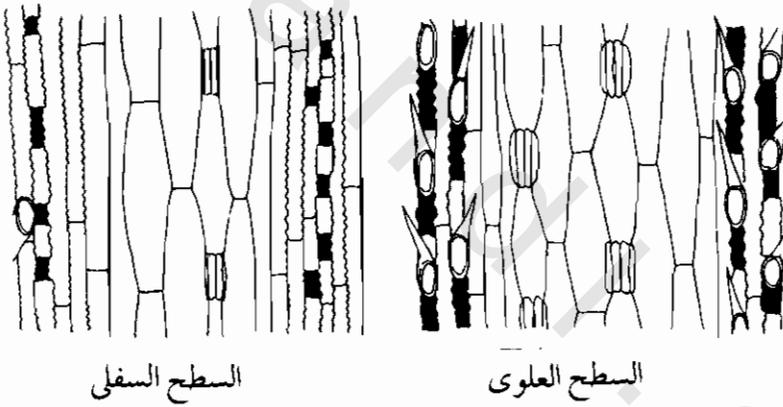
Mature and developmental characters

يتحتم عادة دراسة تطور الكائن الحى أو العضو أو الصفة ؛ ليتسنى استنتاج التعليل الصحيح الذى يمكن الاستفادة منه فى التقسيم ، وكثيراً ما يُكتشف خلال هذه الدراسات عن صفات أخرى تقسيمية ذات طبيعة تطورية ، ويسرى ذلك على كافة المستويات التصنيفية .

عرف منذ فترة بعيدة أن الطرز المختلفة لثغور النباتات الوعائية تنشأ عادة بطرق تختلف تطورياً ، وقد تحددت طريقتان رئيسيتان فى معراة البذور لنشأة الخلايا المساعدة ، فقد تنشأ من نفس الخلية التى ينتج عنها الخلايا الحارسة (Syndetocheile) أو من خلايا أخرى (Haplocheile) . كما تحددت ثلاث طرق لذلك فى كاسيات البذور ، اثنتان منها تماثل ما ذكر ، وتسميان Perigenous و Mesogenous على التوالى وفى الطريقة الثالثة Mesoperigenous تنشأ بعض الخلايا المساعدة من الخلية المنشئة للخلايا الحارسة ، والبعض الآخر من خلايا خلافها ، وقديماً قسمت هذه الطرق الثلاث إلى ١٠ فئات ، وحديثاً إلى ٢٦ فئة . ومن المؤكد أنه لا يوجد ارتباط قاطع بين طراز الثغر وكيفية تطوره ،



Vulpia alopecuros



Vulpiella tenuis

100 μ m

شكل (٧-١٠) : البشرة لبعض النجيليات ، تظهر خلايا السيليكا باللون الأسود ، وحتى وقت قريب كان يعتبر النوع الوحيد الذى يتبع *Vulpiella* أحد أنواع *Vulpia* ، ولكن اتضح من الفحص المجهرى اختلافه الكبير عنه ، مثل ما هو مبين أعلاه (عن ستاس Stace ١٩٨٤) .

ولعل دراسة كيفية تطور الثغور إلى جانب معرفة طرزها المختلفة قد أفاد كثيراً في تصنيف النباتات الوعائية مقارنة بتحديد طرزها فقط ، ويسرى هذا النمط من الدراسات كذلك على زوائد البشرة وغيرها .

كما برهنت خصائص نشأة الطور البوغى والطور المشيجى والأخصاب ونشأة الجنين بالنباتات الزهرية على أن لها فائدة عظيمة ضمن الخصائص التقسيمية الحديثة ، ومنذ فترة قريبة استخدم علماء التقسيم عدد النوايات فى حبوب اللقاح وقت انتشارها (٢ أو ٣ تبعاً لنشاط انقسام النواة التناسلية Generative nucleus) ويبدو أن حالة ثنائية النوايات بدائية ونشأت عنها ثلاثية النوايات فى عديد من المجموعات المختلفة . كما يرتبط عدد النوايات بالخصائص الفسيولوجية والوراثية المختلفة ، مثل : نمط دورة البناء الضوئى ، وميكانيكية عدم التوافق الذاتى .

تمثل الطريقة الخاصة لتطور حبوب اللقاح فى الفصيلة السعدية Cyperaceae ؛ حيث تضم ثلاث نوايات من الأربع الناتجة عن الانقسام الموزى ، وتتكون حبة لقاح واحدة من كل خلية منشئة لحبوب اللقاح Pseudo-monad تلك بالفصيلة السمارية Juncaceae ؛ حيث يتأخر تكوين حبوب اللقاح ، حتى تصير الخلية المنشئة لحبوب اللقاح ذات ثمان نوايات ، وتنتشر حبوب اللقاح فى رباعيات ملتحمة ، وهذا يدعم حقيقة تقارب هاتين الفصيلتين .

يتم الإخصاب المزدوج فى النباتات الزهرية فقط . ولم يسجل فى أية نباتات أخرى ؛ حيث تشترك النواتان المذكرتان فى الاتحاد الجنسى ليكونا الجنين والإندوسبرم الحقيقى ، وكثيراً ما استخدم علماء التقسيم الخصائص الجنينية لكاسيات البذور ، ويوضح شكل (١٠-٨) الاختلافات المعروفة فى تكوين الكيس الجنينى .

القيمة الاعتبارية للصفات : Value of characters

تختلف القيمة التقسيمية للصفات كثيراً من مجموعة نباتية إلى أخرى ، ويبدو مستحيلاً التكهن مسبقاً بأهمية صفة لم يتم دراستها لمجموعة من النباتات ، مثال ذلك صفة عدد الأمدية ؛ فقد تكون على جانب من الأهمية على مستوى الفصيلة أو الجنس أو النوع ، وقد تتباين كثيراً خلال نفس الفئة التصنيفية ، وهذا يسرى أيضاً على صفة ثنائية المسكن سواء

الطرز	نشأة الجراثيم المؤنثة			نشأة الطور المشيجي المؤنث			
	Megasporogenesis			Megagametogenesis			
Type	Megaspore mother cell	Division I	Division II	Division III	Division IV	Division V	Mature embryo sac
★ Monosporic 8-nucleate Polygonum type							
Monosporic 4-nucleate Oenothera type							
Bisporic 8-nucleate Allium type							
Tetrasporic 16-nucleate Peperomia type							
Tetrasporic 16-nucleate Penaea type							
Tetrasporic 16-nucleate Drusa type							
Tetrasporic 8-nucleate Fritillaria type							
Tetrasporic 8-nucleate Plumbagella type							
Tetrasporic 8-nucleate Plumbago type							
Tetrasporic 8-nucleate Adoxa type							

شكل (١٠-٨) : الطرز المختلفة لتكوين الكيس الجنيني في كاسيات البذور .

* الطريقة المعتادة لتكوين الكيس الجنيني

(أحادية الجرثومة ثمانية النويات)

(عن ماهشوارى Maheshwari ١٩٥٠) .

في النباتات الحزازية أو النباتات الزهرية ، يعتقد علماء حبوب اللقاح أن الشكل الظاهري لحبوب اللقاح في الفصيلة النجيلية Poaceae عديم الجدوى من الناحية التقييمية ، ومع ذلك ففي الفصيلة الأكانثية Acanthaceae يعتبر الشكل الظاهري لحبوب اللقاح أحد الدلائل التقييمية المهمة ، وهذا حقيقى أيضاً بالنسبة للأبواغ مثل جنس النبات الحزازى *Fossombronia* .

قد لا تكون للصفات الواضحة في بعض الأحيان أهمية محددة لعدم وضوح التباين بها، ومع ذلك فإن غياب الأوعية ووجود الكرابل غير المنطبقة في بعض نباتات ذوات الفلقتين البدائية ، كذلك وجود فلقة واحدة أو ثلاث أو أكثر في نباتات ذوات الفلقتين ، ووجود أكثر من فلقة واحدة في عديد من النباتات ذوات الفلقة الواحدة ، يؤكد أن جميع الصفات تستحق الدراسة . وعموماً فإن علماء التقسيم على يقين بضرورة الحاجة إلى كافة أنواع الدلائل ، وليس هناك ما يدعو إلى الإشارة إلى صفات مهمة كما كان الحال منذ نحو ٢٠ عاماً مضت ، وهذه اليقظة هي التي دعت المقسمون إلى دراسة انتشار التراكيب ، التي قد تبدو غامضة (مثل الحويصلات المتسعة Dilated cisternae في خلايا قلسوة الجذر) أو الأعضاء التي غالباً ما لا تحفظ على أوراق تحميل العينات بالمعشبات (مثل الأجزاء الأرضية لأجناس *Crocus* و *Oenanthe* أو التركيب الهندسى للأشجار) .

لا يجب الاهتمام كثيراً عند إيضاح العلاقات التقييمية (سواء المظهرية أو التطورية) بالصفات التي عادة ما تنتج عن الالتقاء التطوري Evolutionary convergence ، مثل : طبيعة النمو الشجرية أو العشبية وثنائية المسكن والثمار والبذور العصيرية أو اللحمية أو المجنحة .

وقد يوجد أحياناً ارتباط وثيق بين صفتين أو أكثر ، مثل : ارتباط صفة غياب المساكن فى المبيض بصفة النضح المبكر للمتاع فى الأجناس النجيلية *Alopecurus* و *Anthoxanthum* ، وكذلك بين اختزال حجم البتلات والغدد الرحيقية وعدد أسدية الأنواع ذاتية التلقيح فى الفصيلة الخردلية مثل *Arabidopsis thaliana* و *Cardamine hirsuta* . ولقد أدت كثرة استخدام هذه الصفات إلى ظهور فئات تصنيفية ، شاع استخدامها مثل عديمة البتلات التي اقترحها بنشام وهوكر Monochlamydeae والهريرات Amentiferae ، وكذلك مجموعة الحزازيات القائمة Nematodonteae . وعموماً . . فقد تزايدت مؤخراً الدراسات عن الالتقاء التطوري بالنباتات الراقية .

تقسيم النباتات باستخدام الدلائل الكيميائية Plant taxonomy by means of chemical evidence

يعتمد التقسيم الكيميائي للنباتات ، والذي يطلق عليه عديد من المصطلحات ، مثل :

Plant chemotaxonomy (chemosystematics) - Chemical plant taxonomy (systematics) - Phytochemistry.

على استخدام المعلومات الكيميائية كوسيلة لتقسيم النبات ، ويعتبر من مجالات التقسيم الواسعة الانتشار والسريعة التقدم ، ويهدف إلى استخدام المعلومات الكيميائية في تنقيح تقسيم النبات ، وقد نشأ هذا الطراز من التقسيم كهجين بين علمي كيمياء المنتجات الطبيعية للنبات والتقسيم ، ويعتبر التقسيم الكيميائي حقلاً خصباً للبحث ، وإضافة المزيد من الموضوعات التصنيفية المهمة على كافة مستويات التقسيم .

نشأة وطبيعة التقسيم الكيميائي :

ترجع نشأة التقسيم الكيميائي إلى الماضي البعيد ، ولعل البداية كانت وقت أن بحث الإنسان عن عقار له بالنباتات ، وما صاحب ذلك من تراكم المعلومات عن المحتوى الكيميائي لعديد من النباتات ، وترجع حقيقة أن الأنواع المتماثلة من النباتات لها خصائص طيبة واحدة أو بمعنى آخر تحتوي على مركبات كيميائية واحدة إلى ما لا يقل عن ٣٠٠ عام ، وربما يرجع هذا الاعتقاد لآلاف السنين ، ولأن فإن النباتات البرية مازالت تعتبر مصدرراً خصباً للعقاقير . وحتى قبل معرفة العقاقير . فإن الإنسان الأول الذي استخدم النبات في الغذاء قد تبين أن الأنواع النباتية المتماثلة لها خصائص مشتركة ، فقد اكتشف عن طريق التجربة والخطأ مثلاً أن بذور البقوليات تحتوي على نسبة عالية من البروتين .

وربما صاحبت نشأة التقسيم الكيميائي الدراسات المورفولوجية والتشريحية ، على سبيل المثال صفة اللون فقد تعتبر خاصية مورفولوجية وكيميائية في آن واحد ، كما يعتبر وجود عديد من أشكال البلورات صفة تشريحية وكيميائية كذلك ، فمن المسلم به تماماً في الوقت الحالى أن أى لون خاص يقوم على جزئ معين ، أو توافق عديد من الجزيئات المختلفة ، كما لا تتباين البلورات والمحتويات الأخرى في تركيبها الكيميائي (اكسالات الكالسيوم ، كربونات الكالسيوم ، نشا ، سيليكات ... إلخ) فقط ، ولكنها تختلف كذلك في صفاتها

الطبيعية إذ تعتبر الأشكال المختلفة التي يوجد عليها النشا والسليكا وأكسالات الكالسيوم بالخلية ذات أهمية خاصة كدلائل تصنيفية ، حيث أمكن تمييز نحو ٢٠ طرازاً من أجسام السليكا Silica-body فى النجيليات ، كما يقتصر وجود البلورات الإبرية Raphides من أكسالات الكالسيوم فى وذوات الفلقتين على فصائل محددة مثل فصيلة الروبية (البن) Rubiaceae وفصيلة الأناجربة Onagraceae ، كما يوجد نحو ١٤ طرازاً من حبيبات النشا Starch grains بالنباتات الزهرية ، ويمكن الاستفادة منها فى تحديد الفئات التصنيفية المختلفة .

لا يقتصر الطعم والرائحة بالنباتات كمؤشر لاستخدامها كطعام أو عقار أو مستحضرات تجميل للإنسان ، ولكنها تشير كذلك إلى تفضيل حيوانات أو أمراض عديدة لها . وفى السنوات الأخيرة بدأ الاهتمام يتركز على التطور المشترك Co-evolution فى دراسة العلاقة ما بين عديد من النباتات والحيوانات ؛ خاصة ما يتعلق بتفضيل الحيوانات لنباتات معينة كطعام لها ، ولعل ذلك يتضح جلياً بالحشرات التى تعتمد أنواع منها فى التغذية على نوع نباتى محدد . وفى عديد من الحالات تتغذى الحشرات القريبة الصلة على نباتات متقاربة ، مثال ذلك تفضيل يرقات عائلة الفراشات Danidae للفصيلة العشارية Asclepiadaceae ، وهناك أمثلة عديدة فى الطريقة التى ترعى بها الثدييات آكلة الأعشاب وكذلك فى سلوك الحشرات الملقحة ، كما تظهر الفطريات المرضية كالأصضاء إنجذاباً لعوامل نباتية متقاربة ، وقد استخدم ذلك فى دراسة بعض المشكلات التصنيفية مثل مجموعة فصائل الزنبقية Liliaceae والزرجسية Amaryllidaceae ، ولقد أيقن البستانيون منذ قرون مضت أن التطعيم لا ينجح فى النباتات إلا بين فئات تصنيفية متقاربة مثل الكمثرى والتفاح ، وأن ذلك كله بالتأكد يرجع إلى الخصائص الكيميائية .

من الصعب اعتبار مثل هذه البدايات الفجة جزءاً من علم التقسيم الكيميائى الحديث لما بها من قصور ، ولعل الازدهار السريع بالتقسيم الكيميائى فى الآونة الأخيرة يرجع لثلاثة أسباب رئيسية ، هى :

(١) تطور عديد من أساليب التقنية الحديثة مثل الأنواع المختلفة من التحليل الكروماتوجرافى Chromatography والتفريد الكهربائى Electrophoresis ، التى جعلت تحليل المنتجات النباتية أسرع وأبسط ، ويتطلب قدراً ضئيلاً من المادة النباتية .

(٢) إدراك أن بجانب هذا العدد الهائل من مسارات التفاعلات الكيميائية الحيوية Biochemical pathways الأساسية فى النبات ، يوجد عديد من المسارات الأخرى الأقل أهمية ، ولكنها تفيد فى التمييز بين كثير من الفئات التصنيفية .

(٣) الاعتقاد الراهن بأهمية استخدام أكبر قدر من الدلائل التصنيفية من شتى المصادر المتاحة .

يوجد حالياً عديد من البحوث عن التقسيم الكيميائى ، تجمعها مراجع ومجلدات ضخمة وكذلك ينشر ما يستجد من بحوث فى هذا المجال بدوريات متخصصة مثل Phytochemistry و Advances in Phytochemistry ، وقد بدأ ظهورهما عام ١٩٦٢ .

المركبات المستخدمة فى التقسيم الكيميائى :

يمكن لعالم التقسيم من الواجهة النظرية أن يستفيد من جميع المكونات الكيميائية للنبات، لكن عملياً فإن بعض المكونات ذات قيمة تفوق غيرها من الناحية التقسيمية ، وعموماً يشترط فى المركبات التى تستخدم لهذا الغرض ما يلى :

- (١) أن تكون مركبات معقدة كيميائياً ، وتظهر اختلافات تركيبية .
- (٢) أن تكون مركبات ذات ثبات فسيولوجى .
- (٣) أن تكون مركبات واسعة الانتشار .
- (٤) أن تكون مركبات يسهل تعرفها سريعاً .

من الاعتبارات السابقة وفيما عدا المركبات غير العضوية ذات الفائدة القليلة نسبياً لهذا الغرض ، وتوجد ثلاث مجموعات رئيسية من المركبات ، يمكن الاستفادة منها فى التقسيم الكيميائى ، هى : مركبات التمثيل الغذائى الأولية Primary metabolites ومركبات التمثيل الغذائى الثانوية Secondary metabolites والسيمنتيدات Semantides (*Semantic; Gk.* = ذات مدلول) .

أولاً : مركبات التمثيل الغذائى الأولية : Primary metabolites

تلعب مركبات التمثيل الغذائى الأولية دوراً حيوياً فى عمليات التمثيل الغذائى (الأبيض) Metabolic pathways ، وتوجد هذه المركبات فى غالبية النباتات ، على سبيل

المثال يشترك حامض الأكونيتيك Aconitic acid (عزل للمرة الأولى من نبات *Aconitum*) أو حامض الستريك Citric acid (من الموالح *Citrus*) فى دورة كبريس Krebs (Tricarboxylic acid) ، ويوجدان فى جميع الكائنات الحية التى تعيش فى وجود الأوكسجين Aerobic ، ولذلك فإن وجود أو غياب مثل هذه المركبات ليس ذا أهمية تقسيمية ، ويسرى ذلك أيضاً على الأحماض الأمينية (حوالى ٢٢) التى تتكون منها البروتينات ، أو أى من السكريات التى تدخل فى دورة كربون البناء الضوئى وهكذا .

قد تفيد كمية هذه المركبات فى بعض الحالات إذا ما تباينت كثيراً بين الفئات التصنيفية المختلفة ، وبذلك تكون لها أهمية تقسيمية ، مثال ذلك كمية المركبات شائعة الانتشار فى الفئات التصنيفية التى اكتشفت فيها للمرة الأولى ، كما فى حالة حامض الأكونيتيك والستريك السابق الإشارة إليهما ؛ إذ توجد كميات كبيرة منهما تفوق كثيراً الكمية التى يشاركان بها فى طرق التمثيل الغذائى الأساسية ، وغالباً ما تكون على هيئة مركبات غذائية مخزنة .

ثانياً: مركبات التمثيل الغذائى الثانوية: Secondary metabolites

تعرف مركبات التمثيل الغذائى الثانوية أحياناً بالمنتجات الثانوية للنبات Secondary plant products ، وهى مركبات تتراكم بالخلايا ، دون أن تدخل فى عمليات حيوية وغير شائعة الانتشار ؛ مما يجعلها ذات قيمة تقسيمية . وأكثر مجموعات المركبات التى استخدمت لهذا الغرض القلويدات Alkaloids والفينولات Phenolics وإنولات الجلوكوز Glucosinolates ، والأحماض الأمينية Amino - acids ، والتربينات Terpenoids ، والزيوت Oils ، والشموع Waxes ، والكربوهيدرات Carbohydrates . ويكثر الجدل حول أهمية (أى وظيفة) هذه المركبات للنبات ، وإن كانت جميعها مناقشات عقيمة ، وعموماً لا ترتبط الأهمية التقييمية لأى مركب بالوظيفة المنوط بها .

قد تكون مركبات التمثيل الغذائى الثانوية فضلات أو مركبات غذائية مخزنة أو صبغات أو سموماً أو مركبات عطرية أو ... إلخ ، وفى حالات عديدة يكون لهذه المركبات وظائف مهمة ، وغالباً لا يكون تركيبها محدداً ، وبالتالي لا يكون شكل الجزئ معلوماً فالصبغة الصفراء التى درجة امتصاصها القصوى عند ٤٧٧ ن . م . (والتي يحتمل أن

تحدد وظيفتها) قد تكون مركب بتالين Betalain أو مركب أنثوسيانين Anthocyanin ، كما قد يكون أحد السموم مركباً قلوئديا Alkaloid أو مركباً جلووكوسيديا Glycoside .

ثالثاً: السيمنتيدات: Semantides:

السيمنتيدات عبارة عن الجزيئات الحاملة للمعلومات Information-carrying molecules ، ويعتبر DNA سيمنتيد أولياً Primary semantide و RNA سيمنتيد ثانوياً Secondary semantide ، والبروتينات سيمنتيدات ثالثة Tertiary semantides ، نانحة عن التحول المتوالي للشفرة الوراثية من المعلومات الوراثية الأولية (DNA) . ونظرياً يهيم تتابع النيوكليوتيدات والأحماض الأمينية في هذه المركبات المعلومات التقسيمية اللازمة للتصنيف ، وتعتبر بديلاً عن دراسة مركبات التمثيل الغذائي الثانوية ، وعلم الخلية Cytology والمورفولوجى والتشريح . . . إلخ ، التى تعتبر جميعها مجرد مظهرًا لتتابع النيوكليوتيدات والأحماض الأمينية ، ولكن توجد عملياً صعوبات جمة فى جمع بيانات عن التابع ، قد يطلق أحياناً على السيمنتيدات والسكريات العديدة Polysaccharides معاً الجزيئات الكبرى Macromolecules ، ويطلق على مركبات التمثيل الغذائي الأولية وكذلك الثانوية الجزيئات الصغرى Micromolecules .

يتضح مما سبق أن أهم المركبات الكيميائية التى تستخدم عند عمل تقسيم للنباتات ، تلك المعروفة بمركبات التمثيل الغذائي الثانوية والسيمنتيدات ، ومركبات التمثيل الغذائي الثانوية عادة جزيئات كبيرة بها كثير من المجموعات الجانبية المعرضة لمختلف أنواع الإحلال ؛ مما يهيم المجال لعديد من الطرز الممكنة للجزيئات ، والتى عادة ما يكون انتشار غالبيتها محدوداً . ولهذا السبب فالكثير منها يكون الناتج النهائى فى طرق التمثيل الغذائي أو أجزاء لسلاسل جانبية قصيرة لطرق التمثيل الواسعة الانتشار ، وكلما ازداد تعقيد الجزيء ، تطلب عدداً أكبر من الخطوات لتكوينه ، ولذلك يكون محدوداً فى انتشاره وبسالتالى تزداد قيمته التقسيمية ، وعلى العكس من ذلك لا تقوم المعلومات التى تفيد بها السيمنتيدات النواحي التقسيمية على وجودها أو غيابها ، بل على تابع تكوينها ونسبة وجودها .

تواجه المركبات الكيميائية كما هو الحال بالخصائص التركيبية مشكلة التقارب والالتقاء فى التركيب Convergence ، فعدد من المركبات الكيميائية الشائعة بالنبات أجزاء فى مسارات التمثيل الغذائي المختلفة . وقد يرجع وجودها فى فئتين تصنيفيتين إلى وجود

مجموعات إنزيمية مختلفة ، لكن ببساطة فإننا قد لا نعرف أى مسارات فى دورة التمثيل الغذائى يسلكها مركب ما . ويتميز جنس البصل *Allium* بوجود عديد من المركبات المتباينة المحتوية على الكبريت والتي لها رائحة مميزة ، وتوجد أجناس أخرى مثل *Milula* لها نفس الرائحة إلى جانب بعض الڤصائص الأخرى المشتركة ؛ مما دفع بعض العلماء إلى ضمهما معاً فى فصيلة واحدة ، وإن وضعهما الآخرون فى فصائل مستقلة . وعلى العكس من ذلك توجد نفس الرائحة والمركبات فى بعض أجناس الفصيلة الفراشية *Fabaceae* والصلبية *Brassicaceae* مثل *Alliaria* و *Thlaspi alliaceum* ، وهى نباتات ذوات فلقتين ، تبعد كثيراً عن نبات البصل من ذوات الفلقة الواحدة ، ولكن من الواضح أن وجود المركبات الكبريتية فى الحالة المذكورة لنباتات ذوات الفلقتين لا يشير إلى علاقة وثيقة مع نبات البصل ، وقد لا يكون مثل هذا التحديد واضحاً إذا ما وجدت المركبات الكبريتية فى نباتات أخرى من ذوات الفلقة الواحدة ، كما يحدث فى فصيلتى *Dioscoreaceae* والسوسنية *Iridaceae* ، وهى نباتات بعيدة الصلة بنبات البصل، كما توجد حالات أخرى مماثلة للمركبات القلويدية Alkaloids .

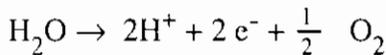
تدعو مثل هذه المشكلات إلى أخذ مسارات Pathways مركبات التمثيل الغذائى الثانوية فى دورة التمثيل الغذائى فى الاعتبار ، أفضل من أخذ التركيب الكيمائى لها ؛ حيث يشير مسلكها إلى وجود سلسلة معينة من الأنزيمات ، وبالتالي لا يكون الاعتماد على مركب كيمائى بمفرده .

أهمية التقسيم الكيمائى : Value of chemotaxonomy

قد تكون مركبات التمثيل الغذائى الثانوية ذات انتشار محدود أو واسع داخل المملكة النباتية ، وقد يرتبط انتشار مركب ما أو مجموعة من المركبات المتشابهة ذات الانتشار المحدود بفئة تصنيفية ؛ طبقاً للعلاقات السابق اقتراحها ، وقد تدعم النتائج الكيمائية الافتراضات السابقة ، أو تقدم مقترحات لنظم تقسيمية بديلة . وإذ لم تتوافر الارتباطات الكافية فإنه لمن الضرورى جمع المزيد من المعلومات الكيمائية أو النباتية ، ولقد أثبتت مركبات التمثيل الغذائى الثانوية التى يرتبط انتشارها بفصائل أو رتب محددة أهمية خاصة فى هذا الصدد . وقد يرتبط انتشار مركبات معينة بنوع أو عدد محدود من الأنواع النباتية ، وتكون مثل هذه المركبات ذات قيمة تقسيمية محدودة .

يمكن ضرب أمثلة بسيطة عن فائدة التقسيم الكيميائي بصفة اللون ، فغالبا ما يتباين لون الزهرة داخل نفس النوع ؛ خاصة إذا ما تم انتخاب أصناف منها للحدائق ؛ فقد يوجد فى نوع واحد اللون الأحمر والأزرق والأصفر والأبيض وجميع التوافق والألوان الوسطية بينها ، ومع ذلك قد يكون لون الزهرة فى بعض الأجناس على جانب عظيم من الأهمية على مستوى النوع ، فنبات *Tragopogon porrifolius* أزهاره أرجوانية Purple بينما *T. pratensis* أزهاره صفراء والهجين يجمع بين اللونين على هيئة مساحات صغيرة متبادلة . أما *Silene alba* فبتلاته بيضاء ، فى حين أن *S. dioica* فبتلاته حمراء ، والهجين بينهما بتلاته قرنفلية Pink ، وكذلك فإن بتلات *Medicago sativa* أرجوانية ، بينما *M. falcata* بتلاته صفراء ، والهجين بينهما إما يتكون من مساحات صغيرة متبادلة من اللونين ، أو لون وسط بينهما كالأخضر ، ولون الأسدية فى *Endymion non-scriptus* قشدى Cream ، أما فى *E. hispanicus* فتكون زرقاء ، ولون أسدية الهجين أزرق باهت ، واللون فى جميع الحالات السابقة هام للفرقة بين هذه الأنواع لندرة الخصائص المميزة الأخرى ، وقد يكون لون الزهرة على درجة من الأهمية كإحدى الخصائص المميزة لأجناس فصيلة ما ، كما هو الحال فى الفصيلة الخيمية Apiaceae .

قد يستخدم اللون كإحدى الخصائص الكيميائية للتمييز بين الفئات التصنيفية العليا من المملكة النباتية ، وتنتشر صبغات التمثيل الضوئى الأساسية والإضافية (الكلوروفيلات Chlorophylls والكاروتينات Carotenoids والبيليروتينات Biliproteins) بشكل خاص بالكائنات الحية التى تقوم بالتمثيل الضوئى ، فجميعها تحتوى على كلوروفيل أ Chlorophyll a كصبغة أساسية ، فيما عدا البكتريا ، حيث تحتوى على إحدى صبغات الكلوروفيل البكتيرى Bacteriochlorophylls ، ويصاحب هذا الاختلاف تباين فى ميكانيكية التمثيل الضوئى ؛ حيث تحلل جميع الكائنات الحية ذات الكلوروفيل أ الماء ، وينطلق الأكسجين :



ولا يحدث هذا مطلقاً فى البكتريا ؛ حيث تختلف مادة التمثيل الضوئى ، فقد تكون كبريتيد الهيدروجين- H_2S ، ويخرج الكبريت بدلاً من الأكسجين ، أو قد تكون ماد عضوية .

تختلف صفات مجموعات الصبغات الأخرى للكلوروفيلات بين أقسام الطحالب المختلفة، فتشابه الطحالب الخضراء Chlorophyta واليوجلينيات Euglenophyta في مجموعة الصبغات ، وتوجد الصبغات نفسها كذلك بالنباتات الجينية ، ويشير ذلك إلى اشتقاق الطحالب الخضراء والنباتات الراقية من سلف مشترك . يختلف عن مجموعة الطحالب الأخرى . ويوضح جدول (١٠-١) توزيع الصبغات في النباتات المختلفة ، والذي يعتبر الأساس الذي يتم بمقتضاه تصنيف الطحالب إلى فئات مختلفة ، وكذلك تحديد القسم الذي تتبعه الأجناس المختلفة من الطحالب ، مثل : ضم الفوشيريا *Vaucheria* إلى الطحالب الذهبية Xanthophyta ، بدلاً من موضعها القديم ضمن الطحالب الخضراء Chlorophyta .

أفسادت التحليلات الكيميائية كثيراً في تصنيف الطحالب ، ليس فقط نتيجة للتمييز فيما بينها بواسطة الصبغات المتكونة بداخلها ولكن ، كذلك لما وجد من اختلافات فيما تحتويه من مواد غذائية مخزنة ومكونات جدار الخلية . كما يعتبر التقسيم الكيميائي الأساس الذي تصنف به الأشن Lichens ، منذ أكثر من قرن مضى ، وباستخدام أبسط الاختبارات الكيميائية . وعلى النقيض من ذلك يندر استخدام التقسيم الكيميائي في مجموعات أخرى كالحزازيات Bryophytes لقلة التحليلات الكيميائية بها ، والتي تفيد في هذا الشأن .

يقوم التقسيم الكيميائي على حصر شامل لبيانات كيميائية . تراعى فيها الدقة المتناهية ، فمن المحتمل في العديد من الحالات التي سجل فيها غياب مادة ما فيما مضى من تحليلات كيميائية ، إنما هو في الواقع قصور في الطرق التي استخدمت في حينها ، إلا أن الأساليب الحديثة للتحليلات الكيميائية قد تقدمت كثيراً ، وصارت على درجة عالية من الدقة . كما يراعى ألا يتم الحصر من واقع عدد محدود من العينات . ويؤخذ في الاعتبار التباين في التركيب الكيميائي للأجزاء النباتية المختلفة ، وظروف النمو ، وعمر النبات ، وموسم النمو ، وظروف تخزين المادة النباتية ، ولذلك يلزم توحيد جميع الظروف التي يتم خلالها تسجيل البيانات الكيميائية ؛ حتى تسنى الاستفادة منها بصورة مرضية لعمل تقسيم كيميائي يعتد به .

جدول (١٠-١) : الصبغات الأساسية والكاربوهيدرات المختزنة ، ومكونات جدار الخلية في بدائيات النواة وفي النبات ، في خانة الصبغات يذكر من الزانثوفيلات اسم أهمها ، ويكتفى برقم بعدها ؛ للدلالة على عدد ما قد يوجد من زانثوفيلات أخرى (عن ستاس 1984) .

الفئة التصنيفية	الصبغات الأساسية	الكربوهيدرات المختزنة الأساسية	المكونات الأساسية لجدار الخلية
Bacteria	Bacteriochlorophylls a, b, c, d; various carotenes and xanthophylls (not α - or β -carotene)	Starch, glycogen, poly- β -hydroxybutyric acid	Mucopolypeptides, polysaccharides, lipopolysaccharides
Blue-green algae	Chlor a; β -carotene; myxoxanthophyll + 3; biliproteins	Cyanophyceean starch	Mucopolypeptides, polysaccharides, lipopolysaccharides Cellulose, hemicelluloses
Rhodophyta	Chlor a + d; α - + β -carotene; lutein + 2; biliproteins	Floridean starch	Cellulose, hemicelluloses
Cryptophyta	Chlor a + c; α -carotene; alloxanthin; biliproteins	Starch	Cellulose, hemicelluloses
Pyrophyta	Chlor a + c; β -carotene; peridinin + fucoxanthin + 1	Starch	Cellulose, hemicelluloses
Xanthophyta	Chlor a + c; β -carotene; diadinoxanthin	Leucosin	Cellulose, hemicelluloses
Chrysophyta	Chlor a + c; α - + β -carotene; diadinoxanthin + fucoxanthin + 1	Leucosin	Hemicelluloses, silica
Bacillariophyta	Chlor a + c; β -carotene; diadinoxanthin + fucoxanthin + 1	Leucosin	Hemicelluloses, silica
Phaeophyta	Chlor a + c; β -carotene; fucoxanthin + 1	Laminarin	Cellulose, hemicelluloses
Chlorophyta	Chlor a + b; α - + β -carotene; lutein + neoxanthin + 1	Starch	Cellulose, hemicelluloses
Prasinophyta	Chlor a + b; α - + β -carotene; neoxanthin + 1	Starch	Cellulose, hemicelluloses
Charophyta	Chlor a + b; β -carotene; lutein + neoxanthin + 2	Starch	Cellulose, hemicelluloses
Euglenophyta	Chlor a + b; β -carotene; neoxanthin + 1	Paramylon	Cellulose, hemicelluloses
Embryobionta	Chlor a + b; α - + β -carotene; lutein + many	Starch	None Cellulose, hemicelluloses, lignin

أمثلة لاستخدام مركبات التمثيل الغذائي الثانوية في التقسيم الكيميائي :

Examples from secondary metabolites in chemotaxonomy

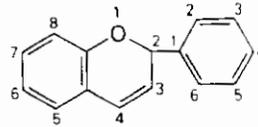
تعتبر المركبات الفينولية Phenolic compounds أكثر مركبات التمثيل الغذائي الثانوية استخداماً في التقسيم الكيميائي ، وهي تشتمل على عدد كبير من مركبات متباعدة أساسها الفينول C_6H_5OH ، وغالبيتها ذو تركيب معقد ، يحتوى على عديد من الحلقات العطرية Aromatic rings ، والكثير من مجموعات الإحلال أو السلاسل الجانبية . وظيفة العديد منها للنبات غير معروفة ، ولكن يعتبر بعضها من أهم الصبغات بالزهرة ، والبعض الآخر له أثر مضاد للفطريات المرضية .

تعد الفلافونيدات Flavonoids أكثر المركبات الفينولية أهمية من الناحية التصنيفية ، وهي مجموعة من مركبات تشترك في نواة واحدة Nucleus ، ولها أنواع كثيرة تختلف في السلاسل الجانبية تبعاً للمركب ، وعادة ما يوجد العديد من الفلافونيدات في النوع النباتي الواحد ، قد يكون بعضها شائع الانتشار ، والبعض الآخر محدوداً للغاية ، وأحياناً ما يكون لأنواع المركبات والمجموعة المميزة للنوع النباتي الواحد قيمة تصنيفية كبيرة بالنباتات الزهرية لدى كافة مستويات التقسيم شكل (٩-١٠) .

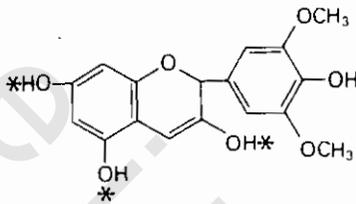
تعتبر الصبغات بالزهرة مثلاً طيباً لأهمية مركبات التمثيل الغذائي الثانوية في التقسيم؛ فتشير بعض الألوان كالأحمر والأزرق بالزهرة والأعضاء النباتية الأخرى إلى وجود انثوسيانيدينات Anthocyanidins ، وهي مركبات تمثل إحدى مجموعات الفلافونيدات مثل المالفيدين Malvidin ؛ حيث توجد مجموعات هيدروكسيل عند المواضع ٣ و / أو ٥ و / أو ٧ عادة ما تستبدل بأحد السكريات ، مثل الجلوكوز Glucose أو الرمنوز Rhamnose ، فيتتج المركب المعروف بالأنثوسيانين Anthocyanin . وتعطى التوافيق المختلفة من طرز الأنثوسيانيدينات ، وطرز ومواقع السكريات المتصل بها عدداً كبيراً من الأنثوسيانينات الواسعة الانتشار بالنباتات الزهرية (في الغالبية العظمى من الفصائل) ، وإن افتقر إليها عدد محدود من فصائل نباتات ذات الفلقتين حيث تقوم بوظائفها مجموعة أخرى من المركبات ، لا تربطهما صلة محددة تعرف بالبيتاسيانينات Betacyanins ، وتختلف هذه المركبات بوضوح عن الأنثوسيانيدينات ؛ حيث توجد بها حلقات عطرية ، تحتوى على حلقات غير متجانسة نيتروجينية ولها طرق في تمثيلها تختلف عنها تماماً ، مثل مركب



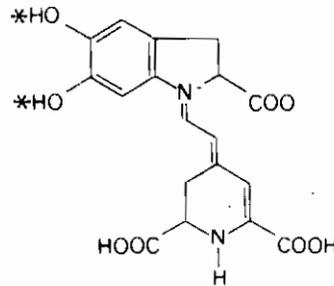
A Phenol



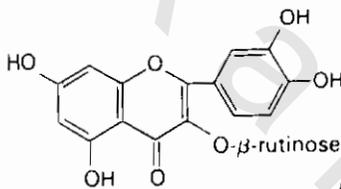
B The flavonoid nucleus



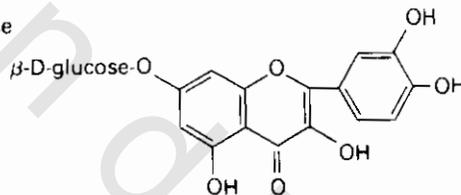
C Malvidin



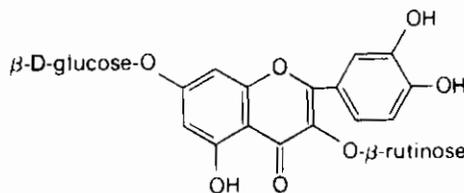
D Betanidin



E Quercetin-3- β -rutinoside
from *Baptisia leucantha*



F Quercetin-7- β -D-glucoside
from *Baptisia sphaerocarpa*



G Quercetin-3- β -rutinosyl-7- β -D-glucoside from
Baptisia leucantha \times *B. sphaerocarpa* (absent
from both parent species)

شكل (١٠-٩) : التركيب الكيميائي لبعض المركبات الفينولية الموجودة بالنبات .

تشير النجمة (*) إلى موضع اتصال المركب بأحد السكريات .

(عن ستاس Stace ١٩٨٤) .

بيتانيدين Betanidin المستخرج من البنجر *Beta vulgaris* ، والذي اشتق اسمه منه ، ومع ذلك فهذه المركبات تماثل الانثوسيانيدينات من حيث الوظيفة وارتباطها بجزئيات سكر فى مواضع محددة ، وتشابه البيتازانثينات Betaxanthins مع البيتاسيانينات ، وهى صفراء اللون تقوم بوظيفة تماثل وظائف مختلف الفلافونيدات الصفراء أو القشدية اللون ، المعروفة باسم انثوزانثينات Anthoxanthins والتي توجد فى غالبية النباتات .

ترجع الأهمية التصنيفية للبيانات المتعلقة بهذه المركبات إلى الطبيعة المانعة المتبادلة بين البيتاسيانينات والبيتازانثينات (معا بيتالينات Betalains) من جهة ، والأنثوسيانينات من جهة أخرى ، على الرغم من وجود بعض الفلافونيدات الأخرى (البعض منها انثوزانثينات) مع البيتالينات ، ومما يجدر الإشارة إليه أن وجود أى من الأنثوسيانينات أو البيتالينات لا يعتبر خاصية بمفردها ، ولكنه يدل على وجود طرق تمثيل غذائي معينة ، وغياب أخرى ، وهذا يعنى ضمناً الاختلاف فى عدد هائل من الأنزيمات (والجينات) ، وأكثر من ذلك فإنه ليس من اليسير تصور حدوث تحول متبادل بين نظامى الصبغتين ، ولهذا السبب يعتبر وجود أو غياب البيتالينات خاصية تصنيفية يمكن الاعتماد عليها ، ولقد أمكن الكشف عن البيتالينات كذلك فى بعض الفطريات البازيدية ، وبالنسبة للنباتات الزهرية . . فقد سجلت فى تسع فصائل ذوات فلقتين ، جميعها ضمن أو قريبة من الرتبة القديمة Controspermae ، التى قامت على أساس من صفات مورفولوجية وتشريحية معينة تتعلق أساساً بالجنين ، ولذلك فقد تم تعديلها حديثاً باستبعاد فصيلتى القرنفلية Caryophyllaceae والمليجونية Moylluginaceae ، اللتين تحتويان على انثوسيانينات وتفتقران إلى البيتالينات ، وضم إليها فصيلة الكاكتيه Cactaceae ، التى كانت تصنف عادة فى رتبة مستقلة ، ولكن وجد أنها تحتوى على بيتالينات . وعلى الرغم من أن البيانات التركيبية لا تعارض كثيراً ضم الفصيلة الكاكتيه . . فإن عزل كل من الفصيلة القرنفلية والفصيلة المليجونية لا يتمشى مع الأدلة التشريحية ؛ مما دفع الكثير من علماء التقسيم إلى الجدل نحو أى النظم يتبعون ، ولقد تزايد الجدل بعد دراسة تركيب بلاستيديات الأنابيب الغربالية بالمجهر الإلكتروني ، واكتشاف وجود طرز خاص من البلاستيديات (ذات حلقة حزم محيطية من خيوط بروتينية) تصاحب الفصائل ذات البيتالينات ، وكذلك الفصيلة القرنفلية والفصيلة الميلجونية ، وهذا يوضح أنه على الرغم من ضرورة وضع التسع فصائل ذات البيتالينات من الناحية التصنيفية سوياً . . فإنه يجب تمييزها عن الفصيلتين الأخرتين ، مع وضعها جميعاً فى فئة واحدة ، ويوضح جدول (١٠-٢) أحد هذه المقترحات .

جدول (١٠-٢) : تصنيف رتبة Centrospermae (القرنفلية Caryophyllales) تبعاً للأدلة المستقاة من الصبغات (عن ستاس ١٩٨٤).

التقسيم التركيبي	التقسيم الكيميائي	التقسيم المعدل
<i>Centrospermae</i> Aizoaceae Amaranthaceae Basellaceae Caryophyllaceae Chenopodiaceae Didiereaceae Molluginaceae Nyctaginaceae Phytolaccaceae Portulacaceae <i>Cactales</i> Cactaceae	<i>Chenopodiales</i> Aizoaceae Amaranthaceae Basellaceae Cactaceae Chenopodiaceae Didiereaceae Nyctaginaceae Phytolaccaceae Portulacaceae <i>Caryophyllales</i> Caryophyllaceae Molluginaceae	<i>Caryophyllales</i> Chenopodiineae Aizoaceae Amaranthaceae Basellaceae Cactaceae Chenopodiaceae Didiereaceae Nyctaginaceae Phytolaccaceae Portulacaceae Caryophylliineae Caryophyllaceae Molluginaceae

أمثلة لاستخدام السيمنتيدات في التقسيم الكيميائي :

Examples from semantides in chemotaxonomy

تعد السيمنتيدات من المصادر الشائعة للمعلومات التصنيفية ؛ فهي تعتبر المعلومات الوراثية ذاتها ، الأولية (DNA) أو الثانوية (RNA) أو المشتقات الثالثة لها (البروتين) ، ويمكن القول أنه كلما اقتربت المعلومات المتحصل عليها من المادة الوراثية الحقيقية ، صارت أكثر أهمية وكانت التفسيرات التصنيفية واضحة المدلول وغير معقدة . ويرجع الفضل إلى يومنا هذا في الحصول على مثل هذه المعلومات لإقامة الأدلة الكافية للتقسيم الكيميائي (إن لم يكن الأدلة التصنيفية بصفة عامة) إلى صعوبات عملية . وفي واقع الأمر لم تقدم الأحماض النووية حتى الآن إلا النذر اليسير من المعلومات التصنيفية بالنبات ، وتأتي البروتينات في أهميتها للتقسيم الكيميائي وكمية البحوث ، التي أجريت عليها في المرتبة التالية للمركبات الفيولية .

الطرق المستخدمة للاستفادة من البروتينات في التقسيم :

تنقسم النتائج المتحصل عليها من البروتينات بهدف التقسيم إلى ثلاثة موضوعات أساسية تبعاً للطريقة المستخدمة ، وهي : علم الأمصال (المناعة) Serology - التفريد الكهربائي Electrophoresis - تتابع الأحماض الأمينية Amino-acid sequencing .

(1) علم الأمصال : Serology

يعتمد علم الأمصال على تفاعلات المناعة التي تظهرها الثدييات ، عندما تغزوها بروتينات غريبة ، وقد عرفت هذه الظاهرة للمرة الأولى عام ١٨٩٧ ، واستفاد منها علماء تقسيم النبات بعد ذلك ، ومفادها ببساطة أنه إذا ما حقن مستخلص نباتي (أو حيواني أو ميكروبي) (A) يحتوي على بروتينات (أنتيجينات Antigens) إلى حيوان ثديي (عادة أرنب) . . فإن هذا الحيوان ينتج أجساماً مضادة Antibodies بروتينية خاصة ؛ تبعاً لنوع الأنتيجين ، ولها القدرة على تخثيرها (وبالتالي تصبح غير فعالة) ، ويمكن استخلاص هذه الأجسام المضادة من الحيوان على هيئة مصل مضاد Antiserum ، ولما كانت لهذا المصل المقدرة على تخثير مزيد من الأنتيجينات . . فقد أمكن استخدامه في الاختبار القياسي Standard test للمستخلصات النباتية الأخرى (B و C و D . . . إلخ) ، كما يمكن استخدام كمية التخثر الناتجة كمقياس لمدى تماثلها مع المستخلص النباتي (A) وبالتبعية تشابه الأنواع B و C و D . . . إلخ ، مع النوع A . ولقد كانت البحوث الأولية في هذا المجال بدائية ، ولكن باستخدام الأساليب الحديثة في أخذ العينات وقيامها أمكن الحصول على نتائج دقيقة يمكن الاعتماد عليها .

لا يتضمن علم الأمصال عادة تحديد نوعية البروتينات ، فعادة ما تتم مقارنة بين بروتينات غير معلومة ووظيفتها قد تكون غير محددة (غذاء مختزن - تركيبية - أنزيمية . . . إلخ) ، وقد يتسبب ذلك في صعوبة تفسير النتائج ، وتجري أحياناً محاولات لتحديد نوعيتها بعمل تفريد كهربائي متوازي لعينات متماثلة . ولقد تمت دراسات مصلية لعدد من الأنسجة في الأوراق والثمار والبذور والدرنات والأبواغ وحبوب اللقاح . من المتوقع أن تعطي الأجزاء المختلفة من النبات بروتينات مختلفة نتيجة لاختلاف الإنزيمات بها ، واحتمال اختلاف البروتينات (أو غيابها) الموجودة على هيئة غذاء مختزن ، على الرغم من وجود بعض البروتينات في كل أجزاء النبات ، ولقد عنيت الدراسات أكثر بالبروتينات التي على شكل غذاء مختزن كما هو الحال بالبذور أو الدرنات الساقية ، وتستخدم بحوث علم الأمصال في تقسيم النبات على كافة المستويات التصنيفية ابتداءً من النوع حتى الفصيلة .

(ب) التفريد الكهربائي : Electrophoresis

يعتمد فصل البروتينات بالتفريد الكهربائي على خصائصها الكهربائية ، ويتوقف مقدار

ونوع الشحنة موجبة أو سالبة التي تكتسبها على درجة حموضة الوسط pH وتنتقل خلال المادة الغروية Gel بسرعات مختلفة عبر تغيرات القوة الكهربائية Voltage ، ويتم ذلك عادة داخل عمود Column من مادة Acrylamide gel ويتركب العمود من مادتين غرويتين غير متواصلتين (لذلك يطلق المصطلح تفريد كهربائي قرصى Disc electrophoresis) وتوضعان متلامستان بحيث تكون المادة ذات المسام الأكبر أعلى ذات المسام الأصغر ، ويعتمد فصل البروتين على الخاصية المنخلية لمسام المادة الغروية ؛ حيث يتم فصل مبدئى بمنطقة المسام الأكبر يعقبه فصل تام على هيئة أشربة متميزة بمنطقة المسام الأصغر ، وبعد فترة زمنية كافية للفصل يقطع التيار ، ويعين موضع البروتينات بالصبغات . وتستخدم الصبغات العامة للبروتينات ما لم تشمل الدراسة إنزيمياً خاصاً يتطلب صبغة معينة ، وتوجد طريقة أخرى بديلة تعرف باسم Isoelectric focussing ، تعتمد على توقف حركة البروتينات ، عندما يصل الوسط إلى نقطة الثبات الكهربائى له ، وفى هذه الطريقة تحضر مادة غروية متجانسة المسام ذات درجات حموضة متدرجة (مثلاً ٣ إلى ١٠) . وعند إضافة المستخلص وتوصيل التيار تستقر البروتينات عند مواضع لها درجة حموضة ، تقابل نقطة التبادل الكهربائى الخاصة بها ، وتتميز هذه الطريقة بإمكانية فصل البروتينات بالمادة الغروية بعد ذلك على لوح Plate فى اتجاه ثان بواسطة التفريد الكهربائى القرصى ، الذى يعتمد على الحجم الجزئى لا الشحنة ، ولقد أمكن باستخدام طريقة الاتجاهين Two-dimensional method فصل أكثر من ١٠٠٠ بروتين من كائن حى واحد .

أثبتت التطبيقات التفسيرية لنتائج التفريد الكهربائى أهميتها بصورة أساسية على مستوى الجنس وما دونه ، ولقد شملت الدراسة عديداً من بروتينات الغذاء المخزن (مثل البقوليات والغلل) وإن اعتنت الغالبية بالإنزيمات ، ولقد أمكن بطريقة التفريد الكهربائى فصل البروتينات المخزنة والإنزيمات الوثيقة العلاقة ببعضها ، وكذلك تعرف الألوزيمات Allozymes والأيزوزيمات Isozymes التى تمثل أشكالاً مختلفة ؛ مما كان يعتبر سابقاً إنزيمياً منفرداً . والألوزيمات عبارة عن أشكال مختلفة لإنزيم ، تتحدد مكوناته عديدة الببتيدات Polypeptides بواسطة أليلات Alleles مختلفة عند موضع واحد ، أما الأيزوزيمات (أحياناً الأيزو إنزيمات Isoenzymes) فتعتبر أشكالاً مختلفة ، تتحدد بها عديدة الببتيدات بأكثر من موضع ، ويبدو أن الألوزيمات أكثر انتشاراً وإن أطلق عليهما معاً فى كثير من البحوث إيزوزيمات ، ولكن يمكن التمييز بينهما بتحركاتهما خلال التفريد

Size : الحجم (٤)

angusti- (L.): narrow	macro- (Gr.): large; giant
brachy- (Gr.): short	mega-, megal- (Gr.): very large; great
brevi- (L.) short	micro- (Gr.): small, little
crassi- (L.): thick, short	nano- (Gr.): dwarf
grandi- (L.): large	parvi- (L.): small
iso- (Gr.): equal	platy- (Gr.): broad
lati- (L.): wide; broad	steno- (Gr.): narrow
lepto- (Gr.): slender	tenui- (L.): slender; thin
longi- (L.): long	

Miscellaneous : متنوعات (٥)

a-, an- (Gr.): without, not	lasio- (Gr.): woolly
actino- (Gr.): rayed; star-like	laxi- (L.): loose; unstrung
andro- (Gr.): male	leio- (Gr.): smooth
anemo- (Gr.): pertaining to wind	lepido- (Gr.): scaly
argyro- (Gr.): silvery	leuco- (Gr.): white
archae-, arche- (Gr.): old; primitive	lino- (Gr.): made of flax
atri-, atro- (L.): black	melano- (Gr.): black; very dark
botry- (Gr.): bunch	ne- (Gr.): not; free from
callo- (Gr.): beautiful	neo- (Gr.): new
canio- (Gr.): pertaining to dogs	non- (L.): not
cardia- (Gr.): pertaining to a heart	nudi- (L.): naked
carpo- (Gr.): relating to fruit	ochro- (Gr.): yellowish
caryo- (Gr.): nut-like	odonto- (Gr.): tooth-shaped
chlamydo- (Gr.): wearing a cloak	oxy- (Gr.): sharp
chloro- (Gr.): green	paleo- (Gr.): old
chryso- (Gr.): golden	phaeo- (Gr.): dark
coelo- (Gr.): pertaining to a hollow	phanero- (Gr.): easily seen; visible
crypto- (Gr.): hidden	photo- (Gr.): light
cyano- (Gr.): dark blue	phyllo- (Gr.): pertaining to a leaf
dasy- (Gr.): shaggy; hairy	phyto- (Gr.): pertaining to a plant
e-, ef-, ex- (L.): without; lacking	picro- (Gr.): bitter
erio- (Gr.): woolly	podo- (Gr.): of a foot
erythro- (Gr.): reddish	porphyro- (Gr.): purple
eu- (Gr.): good; well	prae- (L.): before; very
flavi- (L.): yellowish	pro- (L.): for; instead of
fusci- (L.): dark or dark brown	pseudo- (Gr.): false
galacto- (Gr.): milky	ptero- (Gr.): winged

تابع (٥) متنوعات : Miscellaneous

gamo- (Gr.): fused; united	ptycho- (Gr.): pertaining to grooves or folds
geo- (Gr.): pertaining to earth	pyro- (Gr.): firey
gymno- (Gr.): naked; bare	pyrrho- (Gr.): fire-red; ruby-red
gyno- (Gr.): female	rami- (L.): pertaining to branches
hirti- (L.): hairy with long hairs	re- (L.): back
homo- (Gr.): like; same	rhizo- (Gr.): pertaining to roots
laevi- (L.): smooth	rhodo- (Gr.): rose-colored
lani- (L.): woolly	sur- (L.): somewhat; above
sapro- (Gr.): rotten; decayed	tephro- (Gr.): ash gray
sarco- (Gr.): fleshy	trachy- (Gr.): rough
schisto- (Gr.): split; cleft	tricho- (Gr.): hairy
schizo- (Gr.): deeply divided	viridi- (L.): green
sclero- (Gr.): hard	viti- (L.): pertaining to a vine
semper- (L.): always	xero- (Gr.): dry
sessili- (L.): sessile	xylo- (Gr.): woody
stachyo- (Gr.): spiked	zantho-, xantho- (Gr.): yellow
stato- (Gr.): fixed; standing	zygo- (Gr.): joined; married
sticto- (Gr.): spotted	

النفايات Suffixes

تشتمل النفايات على حرف أو أكثر ، يضاف إلى نهاية الكلمة ؛ ليحور معناها أو استخدامها . ويتحدد إعراب وجنس ومعنى المصطلح الناتج تبعاً للنهائية المستخدمة على سبيل المثال : عند اندماج الاسم *herba* بمعنى عشب أو نبات مع النفايات *-arium* بمعنى مكان لعمل أو حفظ أمر ما ، ينتج المصطلح *herbarium* ، وهو اسم محايد بمعنى مجموعة نباتات مجففة . وعادة . . فإن المصطلحات الناتجة عن إضافة النفايات إلى مجموعة من أصول الكلمات قد تعطى أسماء أو صفات ، وإن كانت الصفات هي الأكثر شيوعاً فكثيراً ما تضاف النفايات إلى نعت الأنواع . وفيما يلي بعض النفايات الكثيرة الاستخدام ومدلولها وأمثلة لها ، نقلاً عن ردفورد وآخرين Radford *et al.* (١٩٧٤) :

- aceus, -a, -um (L.): likeness, resemblance. crustaceus, crust-like.
- aeus, -a, -um (Gr.): belonging to. aetnaeus, pertaining to Mt. Etna.
- alis, -is, -e (L.): possession, or pertaining to. digitalis, pertaining to a finger.
- anus, -a, -um (L.): belonging to; position. virginianus, of Virginia.
- aris, -is, -e (L.): relating to; possession. petiolaris, having a petiole.
- arium (L.): place where something is done or kept. herbarium, collection of dried plants.
- arius, -a, -um (L.): possession, or connection. plumarius, pertaining to plumes.
- ascens (L.): process of becoming; incomplete. violascens, becoming violet.
- aticus, -a, -um (L.): place of growth. aquaticus, growing in water.
- atilis, -is, -e (L.): place of growth. fluviatilis, growing in streams.
- atus, -a, -um (L.): likeness or possession. rostratus, having a beak.
- bilis, -is, -e (L.): ability or capacity. sensibilis, capable of irritability or sensitivity.
- bundus, -a, -um (L.): fullness, abundance. floribundus, full of flowers.
- ellus, -a, -um (L.): diminutive. echinellus, minutely spiny.
- ensis, -is, -e (L.): origin, country or place of growth. alabamensis, from Alabama.
- escens, -is, -s (L.): process of becoming. flavescens, becoming yellow; yellowish.
- estris, -is, -e (L.): place of growth. campestris, growing in fields.
- eus, -a, -um (L.): resemblance in quality or color. roseus, rose-colored.
- eus, -a, -um (Gr.): possessed by or belonging to. giganteus, belonging to giants, thus gigantic.
- icans (L.): almost identical resemblance. candicans, whitish.
- icola (L.): a dweller. saxicola, a dweller among rocks; growing among rocks.
- icus, -a, -um (Gr.): belonging to. virginicus, belonging to Virginia.
- illis, -is, -e (L.): capacity or ability, property. flexilis, capable of being bent; flexible.
- ineus, -a, -um (L. & Gr.): color or material. stramineus, straw-colored.
- inus, -a, -um (L.): possession or resemblance. velutinus, like velvet.
- oideus, -a, -um (L.); -oides and -odes (Gr.): like, resemblance. helianthoides, resembling the genus Helianthus.
- osus, -a, -um (L.): abundance, fullness. foliosus, full of leaves.
- utus, -a, -um (L.): possession. cornutus, having horns; horned.

تقسيم النباتات باستخدام الدلائل السيتولوجية Plant taxonomy by means of cytological evidence

يستفيد بعض العلماء من الخصائص العامة للكروموسومات ، مثل عددها وتركيبها وسلوكها في تقسيم النبات ، ويعرف هذا المجال من الدراسة بالتقسيم السيتولوجي . Cytotaxonomy .

ينظر إلى خصائص الكروموسومات من وجهتي نظر ، تستقل كل منهما عن الأخرى ؛ إذ يعتبر عدد الكروموسومات على قدر من الأهمية يناظر عدد الكرايسل مثلاً وتستخدم الصفات الشكلية أو طراز الكروموسومات بكيفية تماثل شكل الأوراق أو البتلات . ومن جهة أخرى تفرد الكروموسومات عما سواها بخصائص معينة ؛ حيث يستدل من عدد الكروموسومات وتماثلها على سلوك التزاوج بالانقسام الميوزى Meiosis ، وهذه تحدد جزئياً مستوى الخصوبة بالهجن ، وبالتالي سلوك التربية ونمط تباين المجتمعات .

تعتبر الصفات في الحالة الأولى تشرحية ، بينما تدل في الحالة الثانية على خصائص سيتولوجية ، ويؤخذ كل من الأمرين في الاعتبار عند عمل الدراسات التصنيفية ، وتفيد النواحي السيتولوجية بصفة خاصة الدراسات التصنيفية القائمة على التطور السالف . Biosystematic (Phylogenetic) .

لم يتأكد وجود أهمية تصنيفية خاصة لصفات الكروموسومات باعتبارها تحمل الجينات Genes ، التي تشتمل على المعلومات الوراثية التي يعبر عنها الشكل المظهري Phenotype ، وبمعنى آخر لم يمكن إثبات وجود أهمية تصنيفية على مستوى الكروموسومات ، تماماً مثلما وجد على المستوى الجزيئي عند دراسة تتابع الأحماض الأمينية Amino-acid sequencing في DNA . وتتناول فيما يلي الأهمية التصنيفية لعدد وتركيب وسلوك الكروموسومات بشئ من التفصيل .

عدد الكروموسومات : Chromosome number

أيقن العلماء مع مطلع القرن العشرين أن عدد الكروموسومات ثابت في جميع خلايا الأفراد التابعة لنفس النوع ، إلى جانب ذلك (فيما عدا المضاعفات البسيطة لهذا العدد) فإنه كلما زادت أواصر قرابة الأنواع ، ارتفع احتمال احتوائها على نفس عدد الكروموسومات ،

وكلما بعدت صلة قرابتها ، كان احتمال اختلافهم فى عدد الكروموسومات أكبر ، ولقد ساعدت هذه الحقيقة على إظهار أهمية استخدام عدد الكروموسومات كدليل تقسيمى هام يكثر استعماله بصورة منتظمة فى دراسات الفلورة وما على شاكلتها .

تسجل بيانات عدد الكروموسومات عادة على هيئة ثنائى المجموعة $2n$ Diploid number ، وعند حصر عدد الكروموسومات للمرة الأولى عادة ما يسجل العدد ثنائى المجموعة ، إذا ما كان العدد قائماً على الانقسام الميوزى Mitosis بأنسجة النبات البوغى ، ويسجل العدد أحادى المجموعة n Haploid number ، إذا ما تم العد الانقسام الميوزى بالنبات المشيجى ، أو فى حالة الانقسام الميوزى Meiosis . ويتم حصر عدد الكروموسومات عادة بالأنسجة الجسمية (أحادية أو ثنائية المجموعة) ذات الخلايا النشطة الانقسام مثل المرستيمات والأجنة والأنسجة الصغيرة بالنبات البوغى .

توضح الأهمية التصنيفية لعدد الكروموسومات ، من خلال الأعداد الكبيرة من القوائم التى تناول هذا الأمر وتُنشر بصورة منتظمة بإشراف علماء التقسيم الحيوى Biosystematists ، ويبدو جلياً بفحص هذه القوائم أن الأنواع التى تربطها أواصر قرابة (كأن تنتمى لجنس واحد) تختلف عادة فى عدد الكروموسومات . وغالباً ما يرجع هذا الاختلاف إلى التعدد المجموعى Polyploidy ، على سبيل المثال يوجد بجنس *Festuca* أنواع بها $2n$ تساوى ١٤ و ٢٨ و ٤٢ و ٥٦ و ٧٠ ، وتعرف هذه الأنواع على التوالى : بثنائى المجموعة الكروموسومية Diploids ، ورباعى المجموعة الكروموسومية Tetraploids ، وسداسى المجموعة الكروموسومية Hexaploids ، وثمانى المجموعة الكروموسومية Octaploids ، وذات عشر مجموعات كروموسومية Decaploids . وتقوم هذه الأعداد على الرقم ٧ ، والذى يمثل العدد الكروموسومى للطور المشيجى ، ويعرف هذا الرقم بالعدد الأساسى للكروموسومات Basic chromosome (x) ، الذى يعتبر عادة دليلاً عاماً للجينوم Genome ، وهو المجموعة الأساسية للبيانات الوراثية التى يحملها النبات . وفى الأنواع ثنائية المجموعة الكروموسومية .. تتساوى x و n ، أما فى الأنواع المتعددة المجموعة الكروموسومية .. فإن n تكون مضاعفات x وعليه فإن النوع سداسى المجموعة الكروموسومية السابق الذكر ، تكون $n = 2$ ، $6x = 42$ ، أو $n = 3$ ، $3x = 21$.

ينتشر التعدد المجموعى Polyploidy فى النباتات بدرجات كبيرة ، ويعتبر سمة أساسية فى تطور النباتات . وينتج عدد النباتات الزهرية المتعددة المجموعة الكروموسومية ما بين

٢٠ إلى ٥٠ ٪ على النقيض من الحيوانات ، التي يسندر بها حدوث التعدد المجموعى ، كما ينتشر التعدد المجموعى بالنباتات التيريدية ، بينما يقل بالنباتات الحزازية حيث يبلغ نحو ١٥ ٪ بالحزازيات الكبدية .

من اليسير تحديد العدد الأساسى فى حالات كالسابقة الذكر لجنس *Festuca* . ولكن أحياناً ما تقوم على مجرد التخمين أو الاستقراء ، على سبيل المثال . . فإن جميع أنواع جنس *Pandanus* التى حصرت حتى الآن بها ٢ ن تساوى ٦٠ ، وقد يكون العدد الأساسى ٥ أو ٦ أو ١٠ أو ١٥ أو ٣٠ ؛ لأن من المسلم به أن العدد الكروموسومى بالنبات البوغى يمثل الأرقام الزوجية لمجموعة الكروموسومات ، وعادة ما تكثر مثل هذه المشكلات ؛ حيث يكون السلف ثنائى المجموعة الكروموسومية ٢ × حفرياً .

تعرف مجموعة الكائنات الحية التى تحتوى على متتالية من أعداد الكروموسومات ، تمثل درجات مختلفة من التعدد المجموعى *Ploidy levels* بسلسلة التعدد المجموعى *Polyplod series* ، ومثال ذلك أنواع *Festuca* السابقة الذكر . وإذا ما تداخلت العلاقات بين المستويات المختلفة للتعدد المجموعى ، وكذلك بين الفئات لكل مستوى من التعدد المجموعى ، يطلق عليها معقد العدد المجموعى *Polyplod complex* ، مثل : معقد النوع *Cardamine pratensis* ، وكذلك معقد النوع *Valeriana officinalis* . وفى مثل هذين المثالين يكون التحديد النوعى أمر صعباً ؛ حيث لا تصاحب المستويات المختلفة للتعدد المجموعى مجموعات محددة من الخصائص المورفولوجية ، ويعتبر عديد من العلماء كل معقد كنوع مفرد متعدد الشكل *Single polymorphic species* .

لا يتأتى تفهم تركيب مثل هذه المعقدات إلا بدراسة الطريقة التى نشأت بها . ومن المسلم به أن التعدد المجموعى ينشأ خلال انقسامات جسمية أو ميوزية ، ويتضاعف عدد كروموسومات الخلية فى الحالة الأولى ، من خلال انقسام ميتوزى للكروموسومات غير مصحوب بانقسام الخلية ، ويمكن لهذه الخلية إذا ما كانت ضمن جنين صغير أو مرستيم أو تتكشف إلى جزء من نسيج أساسى يغطى نباتاً أو مجموعاً خضرياً أن ينتج أزهاراً بها أبواغ مذكرة وأبواغ مؤنثة ثنائية المجموعة الكروموسومية ، وبالتالي تعطى بذوراً رباعية المجموعة الكروموسومية . وفى الحالة الثانية يعطى النبات ثنائى المجموعة الكروموسومية أبواغاً مذكرة ومؤنثة ثنائية المجموعة الكروموسومية ؛ نتيجة لتضاعف الكروموسومات ، قبيل الانقسام

الميزوزى أو نتيجة لعدم اختزالها أثناء الانقسام الميزوزى ، وبالتالي تنتج بذوراً رباعية (أو ثلاثية) المجموعة الكروموسومية . وإذا ما كانت النباتات ثنائية المجموعة الكروموسومية المشار إليها فى هاتين الطريقتين أنواعاً محددة يمكن تمييز الجينوم بها AA . فإن النباتات رباعية المجموعة الكروموسومية المشتقة منها تكون متعددة المجموعات الكروموسومية ذاتياً Autoploids ، وهى فى هذه الحالة تعدد مجموعى رباعى ذاتى Autotetraploids ، يرمز لها AAAA . أما إذا كانت النباتات ثنائية المجموعة الكروموسومية هجيناً بين نباتين غير متماثلين فى الجينوم AB . . فإن التعدد المجموعى الرباعى يكون خلطياً Allotetraploid ، ويرمز له AABB .

فى حالات عديدة قد لا يكون الجينومان متناظرين تماماً Homologous أو غير متناظرين تماماً Non-homologous ، ولكنهما يكونان وسطاً بين هذا وذاك ، ويرمز لهذه الحالة AAAA ، وتعرف بالتعدد المجموعى الخلطى جزئياً Segmental allopolyploids وهذه توضح جميع الحالات الوسطية بين أقصى حد للتعدد المجموعى الخلطى ، وأقصى حد للتعدد المجموعى الذاتى ، ومن غير الممكن التمييز بين أقصى حد للتعدد المجموعى الخلطى وثنائى المجموعة الكروموسومية إلا بالرجوع إلى الأنواع القريبة الأخرى . وعلى سبيل المثال قد يمثل نوع به $2n = 2x$ ثنائى المجموعة الكروموسومية به $x = 10$ ، أو رباعى المجموعة الكروموسومية به $x = 5$ ، فإذا ما كان لهذا النوع أنواع قريبة بها $2n = 10$. لرجحت كفة الحالة الأخيرة . ومع ذلك فإن النوع AABB قد يسلك مسلك ثنائى المجموعة الكروموسومية تماماً ، لهذا السبب تعرف هذه الحالة بشبيه ثنائى المجموعة الكروموسومية Amphidiploids ، وقد توجد حالات وسطية على مستوى سداسى المجموعة الكروموسومية ، وربما أكثر حيث قد يمثل جينوم مرتين ، والثانى أربع مرات Autoallopolyploid ، ويرمز لها AABBBB .

فى حالة التعدد المجموعى الخلطى . . قد يحتوى الجينوم نفس العدد الأساسى Monobasic polyploidy الموجود بالأبء ثنائية المجموعة الكروموسومية ، كما فى الجنس *Festuca* سالف الذكر ، أو قد يشمل التعدد المجموعى جينومات تختلف فى العدد الأساسى (تعدد مجموعى ثنائى العدد الأساسى Dibasic polyploidy على سبيل المثال نوجد ثلاثة أنواع *Spartina maritima* به $2n = 60$ ، و *S. alterniflora* به $2n = 62$ ، و *S. anglica* به $2n = 122$ ، وفى مثل هذه الحالات تحتوى مشتقات التعدد المجموعى

الخلطي عدداً أساسياً جديداً ويكون العدد الجديد فى *Spartina* $\times = 61$ ، والذي نشأ على آباء بها العدد الأساسى $\times = 30$ و $\times = 31$.

من الأمور الشائعة احتواء معقد التعدد المجموعى على سلسلة من أنواع ثنائية المجموعة الكروموسومية ، حدث بها تهجين ، نتج عنه تعدد مجموعى ؛ فأعطت مستتالية من رباعية المجموعة الكروموسومية سداسية المجموعة الكروموسومية ، وأحياناً مستويات أعلى من التعدد المجموعى شكل (10-11) . ونتيجة للتوافق المستحدثة بالجينومات ، يصير التمييز بين الفئات ثنائية المجموعة الكروموسومية غير ممكن عند مستوى رباعى المجموعة الكروموسومية ، وما فوق ذلك حيث يصعب تحديد الفئات المختلفة .

يتضمن التعدد المجموعى - المشار إليه فيما سبق- تغيرات مجموعية Euploidy ، إلا أن هناك نوعاً آخر يشتمل على تغيرات كروموسومية عددية Aneuploidy ؛ حيث لا يكون تباين أعداد الكروموسومات فى مضاعفات العدد الأساسى ، وإنما يقتصر على كروموسوم مفرد أو عدد قليل منها فقط . يوجد فى جنس *Vicia* كروموسومات بأعداد $2n = 10$ و 12 و 14 و 24 و 28 ، ومن الواضح أنها تتكون من تجمعات لتغيرات كروموسومية عددية للمستويين ثنائى المجموعة الكروموسومية ورباعى المجموعة الكروموسومية . وفى جنس *Crepis* $2n = 6$ و 8 و 10 و 12 و 14 و 16 و 18 و 22 و 24 و 42 و 44 و 66 و 88 (وبعض الأعداد الأخرى) والتجمعات فى هذه الحالة أقل وضوحاً ، ويعرف حالياً الميكانيكية لحالات عديدة لاكتساب أو فقد كروموسوم مفرد . وبينما يكون اكتساب كروموسوم محتملاً عند أى مستوى للتعدد المجموعى . . فإن فقد كروموسوم عند مستوى ثنائى المجموعة الكروموسومية عادة ما يكون مميتاً ، على الرغم أن ذلك قد يكون أكثر احتمالاً عند المستويات الأعلى ؛ نتيجة للأثر المخفف للجينومات المتضاعفة . وعلى العكس من ذلك . . فإن اختزال عدد الكروموسومات عند مستوى ثنائى المجموعة الكروموسومية ، قد يكون مصحوباً بنقص بسيط فى المادة الكروموسومية ، إذا ما سبق فقد الكروموسوم اختزال شديد فى حجمه ؛ نتيجة لانتقالات متبادلة غير متساوية . ويعرف ثنائى المجموعة الكروموسومية المحتوى على كروموسوم إضافى (أى يكون هذا الكروموسوم ممثلاً 3 مرات) بثلاثى الكروموسوم Trisomic ، وتلك التى فقدت كروموسوم بأحادية الكروموسوم Monosomic ، ويطلق على ثنائية المجموعة الكروموسومية الطبيعية Disomic .

يتباين عدد الكروموسومات بالنبات ، فقد يقل إلى ٢ ن = ٤ كما فى *Haplopappus gracilis* من ذوات الفلقتين ، وكذلك فى بعض الطحالب ، وقد يرتفع إلى ٢ ن = ١٢٦٠ كما فى *Ophioglossum reticulatum* من السرخسيات . وإذا كان استنتاجنا بأن العدد الأساسى $\times = ١٥$ فى *Ophioglossum* . . فإن *O. reticulatum* نتج عن تكرار التعدد المجموعى ٨٤ مرة 84-ploid species .

نتيجة للتغيرات التى اعترت أعداد الكروموسومات أثناء التطور . . فإن المقارنات بينها تكون صحيحة فى حدود ضيقة . ومن المسلم به أن تطابق عدد الكروموسومات فى *Spirogyra cylindrica* ، و *Vicia sepium* (٢ ن = ١٤) ، و *Festuca ovina* و *Haplopappus gracilis* (٢ ن = ٤) ، و *Pyrola minor* و *Homo sapiens* (٢ ن = ٤٦) . ومن المحتمل كذلك المقارنات بين أنواع الجنس الواحد ، وعلى العكس من ذلك . . فإن الاستنتاجات للحالات الوسطية تكون أكثر عرضة للخطأ .

لا تقف أهمية عدد الكروموسومات عند مستوى النوع Species فقط ؛ فقد لوحظ أن بعض الفصائل تشتمل على عدد ثابت من الكروموسومات ، فجميع أنواع الفصيلة الصنوبرية Pinaceae تقريباً بها عدد الكروموسومات ٢ ن = ٢٤ ، ومثلها فى ذلك بعض فصائل الحزازيات . ولقد وجد بالدراسة أن العدد الأساسى الأصلى للنباتات الزهرية $\times = ٧$ ، وعادة ما تفضل المقارنة بين الفصائل على أساس العدد الأساسى \times وليس عدد الكروموسومات ن . وبالرجوع إلى تصنيف كرونكوست . . نجد أن جميع النباتات الزهرية (٢ طائفة Class ، تشتمل على ١١ طويئفة Subclass) بها العدد الأساسى $\times = ٧$. وفيما عدا طويئفة Caryophyllidae . . فإن العدد الأساسى بها $\times = ٩$ ، كما أن غالبية النباتات ثنائية المجموعة الكروموسومية $\times = 2$ مما يشير إلى أن الخطوط التطورية الرئيسية كانت عند مستوى ثنائى المجموعة الكروموسومية ، على الرغم من انتشار التعدد المجموعى بالنباتات الزهرية ، ويختلف العدد الأساسى بالمجموعات النباتية الأخرى ، فهو مثلاً بالحزازيات الكبدية $\times = ٥$ ، و ٦ و ٩ .

أمكن الاستفادة من عدد الكروموسومات داخل الفصائل على مستوى العشاير Tribes والأجناس Genera ، مثال ذلك الفصيلة الشيقية Ranunculaceae ؛ إذ يحتوى معظم أجناسها على $\times = ٨$. ولكن بعض الأجناس بها $\times = ٧$ ، وهذه تضمها عشيرة مستقلة ،

وفى الفصيلة النجيلية Poaceae يمكن التمييز بين تحت فصائلها وعشائرها وأجناسها تبعاً للعدد الأساسى للكروموسومات ، ومثال ذلك تحت الفصيلة البدائية Bambusoideae بها $\times = 12$ ، بينما تحت الفصيلة Pooideae بها $\times = 7$. وإن اشتملت الأخيرة على عشائر مثل Glycerieae بها $\times = 10$ ، أو أجناس مثل *Holcus* به $\times = 5$ تحيد فى عددها الأساسى .

يعتبر التباين فى عدد الكروموسومات بين الأنواع مصدراً مهماً للبيانات السيتولوجية ، التى يستفيد منها علماء التقسيم ؛ إذ يشتمل النوع على عدد أساسى ثابت . ينتج عنه الاختلاف فى عدد الكروموسومات ؛ حيث يعطى التغيرات المجموعية أو التغيرات الكروموسومية العددية . وهناك عديد من الأمثلة التى توضح ذلك ، كما فى أنواع الأجناس *Vulpia* ، و *Senecio* ، و *Vicia* وغيرها .

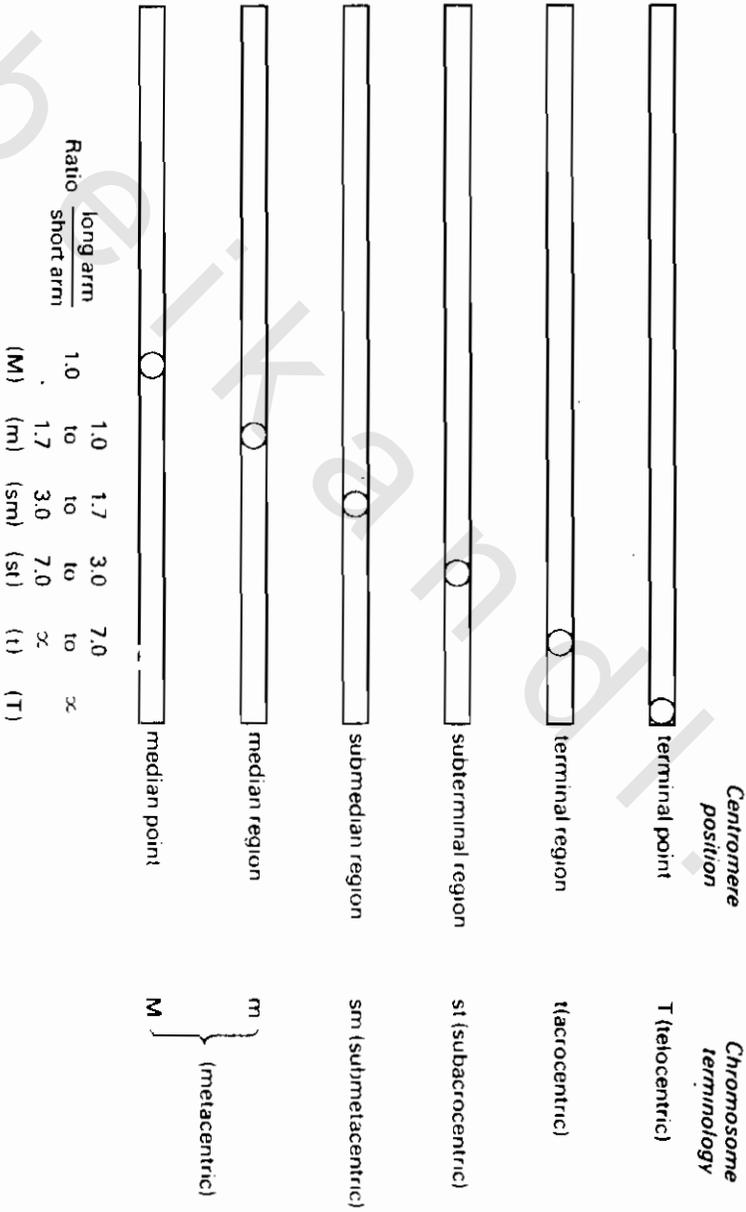
يستعمل المصطلح التعدد المجموعى الخفى Cryptic polyploidy أو التعدد المجموعى شبه الخفى Semi-cryptic polyploidy ؛ إذا لم يصاحب التعدد المجموعى مظهراً خارجياً مميزاً . وقد تنشأ بعض المشكلات التصنيفية ، إذا لم يصاحب العدد المحدد للكروموسومات اختلافات مورفولوجية معينة ، كما فى حالة *Ranunculus ficaria* ثنائى المجموعة الكروموسومية ، ورباعى المجموعة الكروموسومية .

تركيب الكروموسومات : Chromosome structure :

يعد موضع السنترومير Centromers من أكثر صفات الكروموسوم التركيبية . التى تستخدم فى تقسيم النبات ، ويقصد به نسبة طول الأذرع بكل كروموسوم بالجينوم . وقد يكفى أحياناً تحديد إذا ما كان السنترومير قريباً من مركز الكروموسوم Metacentrics أو قريباً من أحد طرفيه Acrocentrics . ولكن فى أحياناً أخرى قد يتطلب الأمر تحديداً أكثر دقة ، بالإضافة إلى ذلك قد يكون السنترومير طرفياً Telocentric ، شكل (١٠-١٢) .

يمكن قياس الحجم الكلى للكروموسومات بصورة مطلقة ، على الرغم مما يكتنف ذلك من مشكلات كبيرة فيما يتعلق بالتوحيد القياسى ، الذى لم يمكن التغلب عليه حتى بقياس محتوى DNA ، وغالباً ما يكتفى بقياس نسبى للحجم ؛ حيث يحدد كروموسوم متميز ينسب إليه أطوال الكروموسومات الأخرى .

جدول (١٢-١٠) : مخطط يوضح المصطلحات الكروموسومية فيما لموضع السنترومير .
 (عن ليفان وآخرين . ١٩٦٥ Levan et al.)



الصفة الثالثة التي يستفاد منها عند دراسة تركيب الكروموسومات ، هي الاختناقات الثانوية Secondary constrictions ، التي تحدّد وجود التوابع Satellites ، ولا تقتصر أهمية وجود التوابع على القيمة التقسيمية لها ، ولكن للخلط بينها وبين الكروموسومات الإضافية خاصة في التحضيرات الرديئة ، أو إذا ما استطلت الاختناقات الثانوية بوضوح ، ومثال ذلك جنس *Calystegia* ؛ حيث تحسب ٢ ن خطأ ٢٤ بدلاً من ٢٢ ، وجنس *Ononis* حيث تحسب ٢ ن خطأ ٣٢ بدلاً من ٣٠ . ويعتبر تعيين التوابع أمراً شائكاً لتباينها الكبير في المظهر في أغلب الأحيان ؛ فقد تكون في بعض الحالات واضحة للغاية ، وفي حالات أخرى غير محددة ، كما يصعب الحصول على نتائج لها ثابتة على الدوام .

يعرف مظهر المجموعة الأساسية للكروموسومات (الجينوم) تحت المجهر الضوئي بالطراز النووي Karyotype . ومثال ذلك يمكن القول أن الطراز النووي في جنس *Calystegia* (٢ ن = ٢٢) يتكون من ثمانية كروموسومات قصيرة بها السنتروميير وسطى ، وكروموسومين قصيرين ، بهما السنتروميير قريباً من الوسط Submetacentrics ، وكروموسوم قصير ، به سنتروميير وسطى ، بالإضافة إلى اختناق ثانوي واضح وتابع . ويمكن استخدام النسبة بين ذراعى الكروموسوم في الحالات التي يتعين وصفها بدقة أكبر ، وعادة ما تحسب الطرز النووية من متوسطات قائمة على عدد كبير من الملاحظات ، وغالباً ما توضح برسومات تخطيطية Ideograms (Karyograms) ، ويفضل علماء التقسيم وضع الطرز النووية للنباتات على شكل معادلات مختصرة ، يسهل المقارنة بينها ، وإن لم يتفق المشتغلون في هذا الحقل على صيغة موحدة لذلك .

أمكن الاستفادة كثيراً بالصفات التركيبية للكروموسومات إلى جانب حجمها وعددها بمختلف المستويات التقسيمية ، ومن الأمثلة على ذلك في نباتات ذوات الفلقة الواحدة جنسى اليوكا *Yucca* والصبّار *Agave* والأجناس ذات الصلة بهما ، هذه النباتات كبيرة الحجم جداً ذات أوراق طويلة وقوية ، تنمو على شكل وريدى Rosette ، وتعيش هذه النباتات لعدة سنوات خضرياً ثم تعطى نوراتها بعد ذلك ، وبعد تساقط البذور إما أن تموت النباتات أو تعيش لعدة سنوات أخرى خضرياً قبل أن تزهر ثانية ، الأزهار في اليوكا وبعض أجناس أخرى ذات مبيض علوى . وعلى العكس من ذلك . . فإن المبيض في الصبار والأجناس الأخرى القريبة منه سفلى ، ولهذا السبب . . فقد صنف جنس اليوكا ضمن الفصيلة

الزنبقية *Liliaceae* ، بينما صنف الصبار ضمن الفصيلة النرجسية *Amaryllidaceae* ، ولكن نتيجة للتماثل العام بين هذه الأجناس . . فقد صنفت جميعها مؤخراً إلى الفصيلة الصبارية *Agavaceae* .

تأكد هذا التقسيم بصورة قوية نتيجة للأدلة التي وضحت في الثلاثينات ، عندما وجد أن الفصيلة الصبارية ذات طراز نووى متميز ، يتكون من ٥ كروموسومات كبيرة و ٢٥ كروموسوماً صغيراً ، وإن كان هذا النوع من التميز الواضح نادر الوجود ، ولكن غالباً ما توجد اختلافات أقل وضوحاً بالصفات المورفولوجية للكروموسومات ، والتي تكون ذات قيمة لحسم ما قد ينشأ من جدل في النواحي التصنيفية .

وفى واقع الأمر فإن الطراز النووى يعتبر دليلاً واضحاً ودقيقاً للجينوم ، أكثر من عدد الكروموسومات بمفرده ، ولذلك يكثر استعماله عند دراسة التناظر الجينومى . ولعل أفضل مثال فى هذا الصدد جنس *Crepis* ؛ حيث أمكن بدراسة عدد الكروموسومات وصفاتها المورفولوجية إيجاد الحلول لعديد من المشكلات التصنيفية على مستوى الجنس والقطاع والنوع ، كما ساعدت فى توضيح عدد الأنواع التى ترتبط معاً تطورياً .

يعتقد علماء تقسيم النباتات الزهرية من خلال استخدام الصفات المورفولوجية للكروموسومات أن التماثل فى الطراز النووى *Symmetrical karyotype* (حيث يتضاءل الاختلاف بين الكروموسومات ويكون السنتروميير بالكروموسوم وسطياً) يعتبر بدائياً ، بينما يدل عدم التماثل على الارتقاء ، ومع ذلك فهناك عديد من النتائج العكسية لذلك ، فالطراز النووى غير متماثل فى جنسى *Aconitum* و *Delphinium* من الفصيلة الشقيقية *Ranunculaceae* .

اعترض البعض مؤخراً على هذا الرأى ، وافترضوا نشأة الطراز النووى المتماثل نتيجة لإلتحام كروموسومات بها السنتروميير طرفياً *Telocentric* ، وتوضح عمليات الانتقال والانقلاب والتكرار وانتقاص أجزاء مختلفة من الكروموسومات التغيرات الكبيرة والسريعة فى تركيب الكروموسومات التى تحدث بعديد من النباتات .

ارتقت قدراتنا فى الفترة الأخيرة على التمييز بين الكروموسومات مورفولوجياً ، ويرجع ذلك إلى التقدم السريع فى طرق الصبغ الحديثة ، باستعمال صبغات جيمسا *Giemsa* و فلوروكروم *Fluorochrome* ، والتى تصبغ الكروموسومات على هيئة أشرطة منتظمة بدلاً

من الكثافة الموحدة ، التي تصاحب الصبغة المعتادة الفوكسين Fuchsin (Feulgen reagent) . وقد ساعدت هذه الخصائص المورفولوجية الإضافية على التمييز بين الكروموسومات ، التي لم يكن التمييز بينها فيما مضى سهلاً ، مثل : جميع كروموسومات الإنسان (٢٣) ، والفول (٧) ، والقمح (٢١) ، وبذلك أمكن تحديد خصائص الجينوم بدقة فائقة ، وبالتالي أمكن وضع أسس أفضل للمقارنات النوعية بينها . ومن المتفق عليه أن هذه الأشرطة إنما ترجع إلى موضع أشرطة الهيتروكروماتين Heterochromatin (والذي يتميز عن الأيوكروماتين المعتاد Euchromatin) بالكروموسومات ، ويختلف هذان الطرازان من الكروماتين في توقيت دورة ترسيبهما ؛ حيث يستقل كل منهما مرحلياً ، وقد ثبت أن لهذه الخاصية بعض الفائدة من الناحية التقسيمية .

في الوقت الراهن لم يعط استخدام هذا التكنيك نتائج ثابتة ؛ حيث لم يمكن في بعض الحالات استخدامه على الإطلاق ، ولكن عموماً . . تجمعت نتائج عديدة ذات قيمة تقسيمية في هذا الصدد ، مثال ذلك الاستنتاجات التي دلت عليها أبحاث الأنواع المزروعة من *Scilla* ، فقد أيدت بيانات الأشرطة نظم التصنيف القائمة على النواحي المورفولوجية ، بل أضافت كذلك أدلة تطورية خاصة فيما يتعلق بنشأة الفئات المزروعة .

تحتوي بعض المجموعات النباتية على طرز من الكروموسومات مميزة للغاية ؛ مما يوفر معلومات لها أهميتها التقسيمية ، مثال ذلك الكروموسومات الصغيرة والخالية من ستروميرات متميزة ، غالباً ما يقال إنها ذات ستروميرات منتشرة أو غير محددة الموقع ، والتي توجد في فصيلة السمارية Juncaceae والسعدية Cyperaceae ، وهما من فصائل ذوات الفلقة الواحدة ، التي ثبت حالياً وجود صلة تربطهما معاً ، بينما باعدت نظم التقسيم السابقة بينهما لاختلافات التركيب الزهري بهما . ولما كانت مثل هذه الكروموسومات لا تعتمد على وجود سترومير متميز لإنظام سلوكها الميوزي والميوزي ، فإن تجزئتها لا تكون بالضرورة ضارة ، وتميز أنواع كثيرة بعدد من الكروموسومات غير منتظم ، على سبيل المثال في مجموعة *Luzula spicata* قد تكون $2n = 12$ أو 14 أو 24 ، ولكن العدد الكلي للكروموسومات يكون تقريباً متساوياً في الجميع ؛ مما يشير إلى احتمال نشأة الأعداد المرتفعة من التجزئة Agmatoploidy . وفي حالات أخرى قد يتباين عدد الكروموسومات بالخلايا المختلفة لقمة جذر ما (Mixoploidy) .

قد يصاحب أنواع خاصة من الكروموسومات تلك العادية ، ونادراً ما تكون كروموسومات الجنس Sex chromosomes ذات قيمة تقسيمية كبيرة بالنبات ؛ فانفصال الجنس (على الأقل بالنباتات الراقية) أمر نادر نسبياً ، وإذا ما حدث (كما فى غالبية النباتات الأقل رقيماً) فإن كروموسومات الجنس لا تكون فى الغالب متميزة ، ومع ذلك يحتوى *Silene dioica* على النظام XX/XY و *Rumex acetosa* على النظام XX/XY ويوجد فى كثير من الحزازيات الكبدية النظام XX/XY ؛ حيث تكون كروموسومات الجنس طبيعية أو صغيرة الحجم بالنسبة للكروموسومات الأخرى *Autosomes* .

يشيع وجود الكروموسومات الإضافية Accessory chromosomes ، والتي توجد بالإضافة إلى الكروموسومات العادية A-Chromosomes ولا تكون نظيرة لها ، وعادة ما تكون أصغر منها وتتركب أساسياً أو كلية من هتيروكروماتين ، وهى غير منتظمة فى حدوثها، وتعرف فى النباتات الراقية بالمصطلح B-Chromosomes وفى الحزازيات بالمصطلح m-Chromosomes ، وليس لهذه الكروموسومات أثر ملموس على مظهر النبات ، كما أنها عديمة الفائدة التقسيمية .

سلوك الكروموسومات: Chromosome behaviour:

يقصد بسلوك الكروموسومات كيفية تزاوجها Pairing ، وما يلى ذلك من انفصال عند الانقسام الميوزى ، ولا يدل انتظام عملية التزاوج على خصوبة النبات فقط ، ولكنها تتيح كذلك المقارنة بين الكروموسومات ودرجة التناظر بين الجينومات ، وقد يساعد ذلك على المقارنة إلى حدود أبعد مما تسمح به أية دراسة مورفولوجية للكروموسومات ، وتعتبر دراسة تزاوج الكروموسومات إحدى السبل الرئيسية لأبحاث الوراثة السيتولوجية Cytogenetics ، التى تهتم بدراسة دور الكروموسومات فى الوراثة .

يمكن الحصول على بعض المعلومات التقسيمية من دراسة ميكانيكية الانقسام الميوزى ، مثال ذلك يعتبر الانقسام الميوزى فى الفصيلة Juncaceae والسعدية Cyperaceae ، والتي بها كروموسومات صغيرة ذات ستروميرات غير محددة الموضع معكوساً ؛ بمعنى أن الانقسام الميتوزى يسبق الانقسام الميوزى ، بدلاً من العكس ، وبالحكم من حدوث مثل هذا الانقسام الميوزى فى الحيوانات . . فإن هذه الظاهرة ليست مرتبطة دائماً بالستروميرات غير المحددة الموضع ، وهذا يؤكد العلاقة الوثيقة بين الفصيلتين .

ترجع نشأة عديد من خصائص سلوك الانقسام الميوزى إلى الخلط الوراثى Heterozygosity ؛ لذلك يلاحظ عند الانقسام الميوزى تزاوج جينومات غير متماثلة ، ويرجع ما قد يوجد من اختلافات غالباً إلى التكرارات أو الانتقاصات أو الانقلابات أو الانتقالات فى المادة الكروموسومية ، وعادة ما تدل هيئة الانقسام الميوزى بدقة على طبيعة ما يستجد من ترتيبات ، وتتميز بعض الأنواع بشباتها فى حالة خلطية نتيجة لانتقالات كروموسومية معينة تعطى تكوينات عديدة Multivalents عند الانقسام الميوزى ؛ فجميع أنواع جنس *Oenothera* ثنائية المجموعة الكروموسومية بها $2n = 14$ ، وعديد منها ذو انقسام ميوزى طبيعى ، ولكن قد يوجد خلط فى جنس *Oenothera* نتيجة لانتقالات تشتمل على أعداد متباينة من الكروموسومات ، تنتج عنها تكوينات عديدة مختلفة الحجم ، تنشأ مع الانقسام الميوزى ، مثال ذلك مجموعة *O. biennis* ؛ حيث يعطى *O. biennis* نفسه حلقة من 6 كروموسومات وأخرى من 8 كروموسومات ، بينما يعطى *O. erythrosepala* حلقة من 12 كروموسوماً ووحدة ثنائية ، ويعطى *O. strigosa* حلقة واحدة من 14 كروموسوماً .

يعتبر وضع *Oenothera* نادر الحدوث ، فعادة ما تكون مثل هذه التراكيب الشاذة غير ثابتة ، وإنما تمثل نتاج تهجين عضوى بين نباتين ، بهما جينومان غير متماثلين ، بدرجة تكفى لحدوث مشكلات ميكانيكية أثناء التزاوج ، وتعتبر مثل هذه الهجن العفوية ذات فائدة فى تقييم التناظر الجينومى ، وإذا لم تنتج طبيعياً فغالباً ما يمكن دفعها إلى ذلك صناعياً .

عندما تكون الاختلافات الجينومية حديثة النشأة نسبياً ، فعادة ما لا تكون مصحوبة بتغيرات شكلية ظاهرة ، وغالباً ما تكون طبيعية نسبياً فى سلوكها ، مثال ذلك قد يعطى كروموسوم إضافى فى نبات ثنائى المجموعة الكروموسومية وحدة ثلاثية الكروموسوم Trivalent ، قد تعطى وحدة رباعية الكروموسوم Quadivalent عند الانقسام الميوزى ، ويوجد عديد من الأنواع التى ينشأ بها مثل هذه الاختلافات ، التى توضحها دراسة الانقسام الميوزى فى الهجن الاصطناعية بين العشائر . وفى حالات أخرى قد تصاحب مثل هذه التغيرات الانعزال الجغرافى ، الذى يؤدى إلى درجة أكبر من التنوع ونشأة أنواع جديدة ، مثال ذلك *Crepis neglecta* ($2n = 8$) و *C. fuliginosa* ($2n = 6$) . ويوجد هذان النوعان بجنوب شرق أوروبا ؛ حيث نشأ زوج كروموسومات زائد فى *C. neglecta* ، وهو لا يحمل جينات هامة فيما عدا بالطرف البعيد لأحد الذراعين ، وقد نتج عن انتقال هذا

الجزء إلى كروموسوم آخر كروموسوم خامل وراثياً ، أدى هذا النقص إلى فئة تصنيفية جديدة بها زوج أقل من الكروموسومات ، ويمكن محاكاة هذه السلسلة من الأحداث بدرجة فائقة الدقة بدراسة الانقسام الميوزى بالهجن البين نوعية (2 ن = 7) ، التى يمكن بها تتبع سلوك تزاوج أجزاء من الكروموسومات .

تؤدى الدرجات الأكبر من عدم التناظر الجينومى إلى عدم التزاوج أثناء الانقسام الميوزى (Asynapsis) ، وفى حالات أخرى . . تكون أجزاء متفاوتة من الكروموسومات وحدات ثنائية . وعموماً تتناسب درجة التزاوج مع مستوى تناظر الجينومات ، وإن لم يكن ذلك أمراً مطلقاً فقد تسبب الانقلابات البسيطة نسبياً بالكروموسومات فى عدم التزاوج كلية . وبطبيعة الحال . . فإن مدى التزاوج لا يرتبط تماماً مع مستوى خصوبة الهجين ؛ حيث يوجد العديد من العوامل الأخرى - خلاف عدم التزاوج - تؤدى إلى العقم ، وبالتالي لا يعدو سلوك الكروموسومات أن يكون عاملاً من عوامل عديدة ، تحدد نمط التباين والحدود التقسيمية . ومع ذلك تعتبر دراسة تزاوج الكروموسومات فى الهجن ثنائية المجموعة الكروموسومية إحدى الوسائل المهمة جداً لتقييم التناظر الجينومى التى تفيد فى الدراسات التقسيمية والتطورية . وتشكل مثل هذه الدراسات تحليل الجينوم Genome analysis ، عند تسجيل دراسات التزاوج ، يعبر عن الأحاديات بالرمز I والثنائيات II . . وهكذا ، ولذلك قد يكتب الهجين ثلاثى المجموعة الكروموسومية كالتالى :

$$2n = 2I = 7II + 7I$$

استفادت دراسة التعدد المجموعى بصورة كبيرة من استخدام تحليل الجينوم ، عند تقسيم النبات وذلك لتحديد أسلافها الجينومية ، فإذا كان جنساً يشتمل على ١٠ أنواع ثنائية المجموعة الكروموسومية . . فمن الممكن أن يرمز لتركيبها الجينومى AA, BB, CC, ..., JJ ، وفى واقع الأمر وبعد دراسة الانقسام الميوزى فى هجن ثنائية المجموعة الكروموسومية ، نستخلص أن ليس كل النباتات ثنائية المجموعة الكروموسومية ذات جينومات مختلفة ؛ لذلك فمن الممكن أن يتشابه نوعان فى الجينوم BB (تناظر Homology) . ومن الأفضل الإشارة إلى الاختلاف بين جينومين بالرموز BB و BB' بدلاً من BB و CC ، فإذا ما اشتمل هذا الجنس على نبات رباعى المجموعة الكروموسومية ، وليكن به الجينوم PPQQ ، ولما كان هذا الرباعى قد اشتق من نباتات ثنائية . . فإنه من اليسير تحديد الجينومات بما هو

الكروموسومية المتعددة ، وهذه تؤدي إلى زيادة الخصوبة في التعدد المجموعى الرباعى الناتج ، ولقد تجسد هذا الشذوذ الواضح فى حالات عديدة .

قد لا تستخدم الطرق التقليدية لتحليل الجينوم فى حالات خاصة . . فمثلاً فى القمح السداسى ، وجد جين على الكروموسوم الخامس من الجينوم B ، يعيق تكوين الوحدات متعددة الكروموسوم Multivalent ، فى سلالات القمح التى يفقد منها هذا الكروموسوم أو الأجزاء ذات الصلة بهذا الأمر . . فإن القمح السداسى يعطى بعض الوحدات متعددة الكروموسوم أثناء الانقسام الميوزى ، مما يشير إلى أنه ليس شبيه الثانى Amphidiploid ، كما كان يفترض ، ولكنه سداسى المجموعة الكروموسومية خنطى جزئياً Segmental "Diploidized" allohexaploid بفعل الجين ، ويكثر انتشار مثل هذا الجين فى فئات معينة ، مثل الفصيلة النجيلية Poaceae . ويندر فى فئات أخرى مثل الفصيلة الصليبية Brassicaceae والسرخسيات . ولقد ثبت فى هذه الفئات الأخيرة أهمية تحليل الجينوم بدراسة التزاوج فى الهجن ؛ حيث يعطى نتائج مؤكدة كما فى أجناس السرخسيات Dryopteris و Polystichum و Polypodium و Asplenium . أما فى مجموعات النباتات الاقتصادية الهامة كالنجيليات - حيث يصعب الحصول على الهجن الثنائية فى غالبية الأحيان - فمن المحتمل أن تفيد مستقبلاً الطرق غير المباشرة لتحليل الجينوم ، مثل طرق تحليل طرز الأيزوزيمات Isozymes ، وصبغات جيما Giemsa التى تأكدت أهميتها فى إظهار الخصائص الجينومية .

أسئلة للنقاش

- ماذا يقصد بالخاصية التقسيمية ؟ وكيف تتحدد أهميتها ؟
- اذكر بإيجاز مصادر المعلومات التي يمكن استخدامها كدلائل تقسيمية .
- ناقش أهمية الصفات التناسلية والخضرية في تقسيم النباتات .
- ناقش أهمية الصفات المورفولوجية والتشريحية في تقسيم النباتات .
- وضح كيف يستفاد من الصفات المتعلقة بالتنظيم والنضج في تقسيم النبات .
- وضح كيف تتباين القيمة الاعتبارية للصفات المختلفة .
- بين كيف نشأ علم التقسيم الكيميائي للنبات .
- ما أهم المركبات الكيميائية التي تصلح عند عمل تقسيم للنباتات ؟
- ماذا يشترط في المركبات الكيميائية التي تستخدم عند عمل تقسيم للنباتات ؟
- ناقش كيفية الاستفادة من التقسيم الكيميائي .
- اذكر أمثلة لاستخدام مركبات التمثيل الغذائي الثانوية في التقسيم الكيميائي .
- ناقش استخدام السيمنتيدات في التقسيم الكيميائي .
- يمكن الاستفادة من خصائص الكروموسومات في الدراسات التشريحية والتقسيمية ، ناقش هذه العبارة .
- وضح الأهمية التقسيمية لعدد الكروموسومات .
- ناقش أهمية تركيب الكروموسومات في تقسيم النبات .
- هل يمكن الاستفادة من سلوك الكروموسومات في تقسيم النبات ؟