الباب العاشر

الخصائص التقسيمية

Taxonomic characteristics

الباب العاشر

الخصائص التقسيمية
Taxonomic characteristics

الصفات العامة للخصائص التقسيمية :

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

تمتاز بعض الخصائص التقسيمية 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 التقسيمية المتباينة فى التقسيم ، فقد يكون لخاصية ما قيمة ارتباطية Cohesive value لأفراد فئة تصنيفية لمستوى عالى كالفصيلة أو ما فوقها ، ولكن لتجانسها الكبير لا تظهر لها أى قيمة تقسيمية 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 تقسيمية 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 فى أغلب الأحيان عمل تقسيم من خلال البيانات ، التى يقدمها الآخرون نتيجة عدم كفايتها ، فنتائج البحوث الكيميائية والوراثية والتشريحية والسيتولوجية وغيرها نادراً ما تعبر عن الناحية التقسيمية ؛ حيث لا تنتج عادة من دراسات مقارنة ، تشمل عديداً من الكائنات الحية وغالباً ما تتضمن فئة تصنيفية أو بضعة فئات قليلة كنموذج للغالبية العظمى .

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

اتجه المصنفون مؤخراً إلى استخدام أنواع من الصفات الأقل وضوحاً ، والتى لم ير لها المصنفون فى الأزمنة السابقة أهمية ، ربما لعدم توفر الوقت أو التيقن لأهميتها وربما - وهو الأكثر احتمالاً - لعدم توفر الأجهزة أو الطرق لدراستها أو المعرفة ، التى لم تتح إلا قريباً مثال ذلك عدد الكروموسومات وشكلها الظاهرى وسلوكها وتركيب حبوب اللقاح والقابلية للتهجين بين الأنواع والتركيب البنائى 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 لدراستها بشكل ليس له مثيل مع الصفات والأساليب التقليدية . وفى واقع الأمر لم يثبت أن هذه الدراسات الحديثة تفوق فى قليل أو كثير من الناحية التقسيمية صفات الشكل الظاهرى ؛ فالأمثلة التى توضح نجاح هذه الأساليب الحديثة فى التقسيم يقابلها عديد من الحالات التى تكون فيها قليلة الأهمية ، وأكثر من ذلك فإنه من الصعوبة بمكان توقع أهمية دراسة صفات معينة بهذه الأساليب الحديثة ، فى المجموعات النباتية التى لم يسبق دراستها .

الدلائل التقسيمية Taxonomic evidence:

تناقش البيانات التقسيمية بعد حصرها فى مجموعات منفصلة ، على الرغم من أن ذلك قد يؤدى إلى تجزئة غير مرغوبة للحقائق ، إذا ما رغبنا فى معالجة الصفات التقسيمية كوحدة

على قدر متماثل من الأهمية . وعموماً فهناك عديد من المعلومات ، التى تستعمل كأدلة تقسيمية يمكن إيجازها فيما يلى (شكل ١٠-١) :

(١) دلائل الشكل الظاهرى .	Morphological evidence (Phytography)
(٢) دلائل التركيب التشريحى .	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

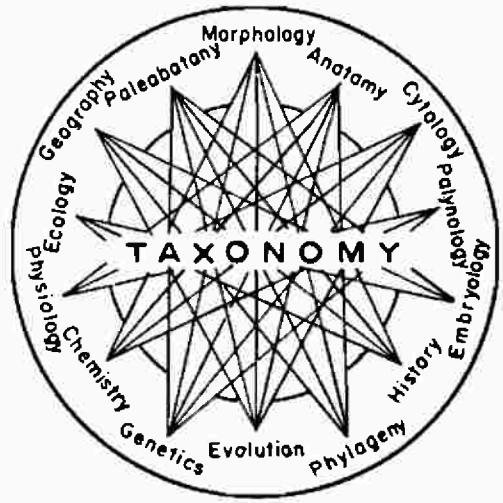
وفيما يلى عرض تفصيلى لبعض هذه الدلائل :

تقسيم النباتات باستخدام دلائل الشكل الظاهرى والتركيب التشريحى:
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 تقسيمية أن نتم تجزئتها صناعياً ، فمن غير الممكن الفصل بين الشكل الظاهرى والتركيب التشريحى ، أو التركيب الخضرى والتركيب التناسلى ، أو النباتات المعاصرة والنباتات الحفرية ، أو تركيب النبات خلال مراحل التكوين المختلفة حتى النضج .

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



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

TAXONOMIC EVIDENCE

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

ما يدعو إلى الاعتقاد بأن وضع المبيض أكثر أهمية من الثغور ، أو أن تشريح نسيج الخشب له قيمة معنوية عن الشكل الظاهرى 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 ، ومازالت تعتبر هذه الصفات إلى الوقت الراهن من أهم ما يستخدم كدلائل عند تقسيم النبات . وقديماً كانت تقسم المملكة النباتية إلى نباتات عشبية وشجيرية وأشجار تبعاً للشكل الظاهرى 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 لتصف 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 التقسيمية .

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

Lamiaceae وغيرها ، ومع ذلك فهناك عديد من الاستثناءات ، التى تجعل تعميم هذه الملاحظات نوعًا 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 الفصائل مثل القرنفلية Caryophyllaceae ، فإلى جانب أنها تفيد فى تمييز الأجناس . . فإن البذور قد تتصف ببعض الخصائص التقسيمية الخاصة كما يتضح فى الأجناس التالية :

Silene, Dianthus, Petrorhagia, Stellaria, Spergularia, Spergula

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 الحفريات ؛ 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 التقسيمية 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 فيكون الطور البوغى أكثر تطوراً ، ويُظهر مزيدًا من الخصائص ، التى أدت إلى تغيرات ملموسة فى التقسيم . ومع ذلك فمازال تعريف الحزازيات يقوم أساسا على الخصائص الخضرية لوضوحها ، كما تُظهر أعضاء التكاثر فى الطحالب عديدًا من الخصائص التقسيمية ، 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 تتماثل 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 التقسيمية مثل النجيليات ، كما أن الزهرة والثمرة فى نبات الدردار *Ulmus* ذات قيمة تقسيمية محدودة ، بينما يعتبر شكل الأوراق أكثر الصفات أهمية من الناحية التقسيمية . وبالمثل تعتبر صفات الورقة من أهم الخصائص التقسيمية فى كل من البلُّوط *Quercus* وبتيولا *Betula* . وفى داخل الفصيلة الشقيقية Ranunculaceae فإن جنسى *Aquilegia* و *Thalictrum* يختلفان فى صفات عديدة ، خاصة فى تركيب الزهرة ونوع الثمرة (جرابيه فى *Aquilegia* وفقيرة فى *Thalictrum*) . ومع ذلك .. فإن أوراقهما متماثلة كما فى النوعين *A. thalictrigolin* و *T. aquilegifolium* وكانت الفصيلة الشقيقية 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 الشقيقية قد أوضح أن كلاً 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) ، وفى هذه الحالة . . فإن الصفات الخضرية تعتبر ذات قيمة إيجابية عن علاقة الأنواع ببعضها ، أكثر من الصفات التناسلية . وحالياً يقسم هذان الجنسان 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 ملتحمة ، 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 لايزال 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 تعليل 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 التشريحى الشاذ فى سلسلة من أجناسها ، تتصف بطبيعة نمو متباينة للغاية . وتتميز كل أنواع جنس *Euphorbia* بوجود الأوعية اللبنية ، سواء كانت النباتات عصارية 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 الجانبين 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 تشريحياً أثبتت احتواءه على جهاز وعائى راقٍ ، لا يوجد إلا فى نباتات كاسيات البذور ، وتأكد ذلك عندما اكتشفت بعد ذلك أزهاره الصغيرة ومن ثم وضع هذا النبات فى مكانه الصحيح .

من الصفات التشريحية المهمة التى تتميز بها نباتات ذوات الفلقتين ، 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 Conovolvulaceae والباذنجانية Solanaceae ، وعدم وجوده فى فصيلة حنك السبع Scrophulariaceae . وتمتاز الفصيلة العشارية Asclepiadaceae والفصيلة الدفلية Apocynaceae بوجود الأوعية اللبنية ؛ 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 الرقى التركيبى للنباتات ، مثال ذلك :

(١) العمود الوعائى الأولى Protostele أقل تطوراً من العمود الوعائى النخاعى Siphonostele ، والأخير أقل تطوراً من العمود الوعائى الشبكى (المجزأ) Dictyostele .

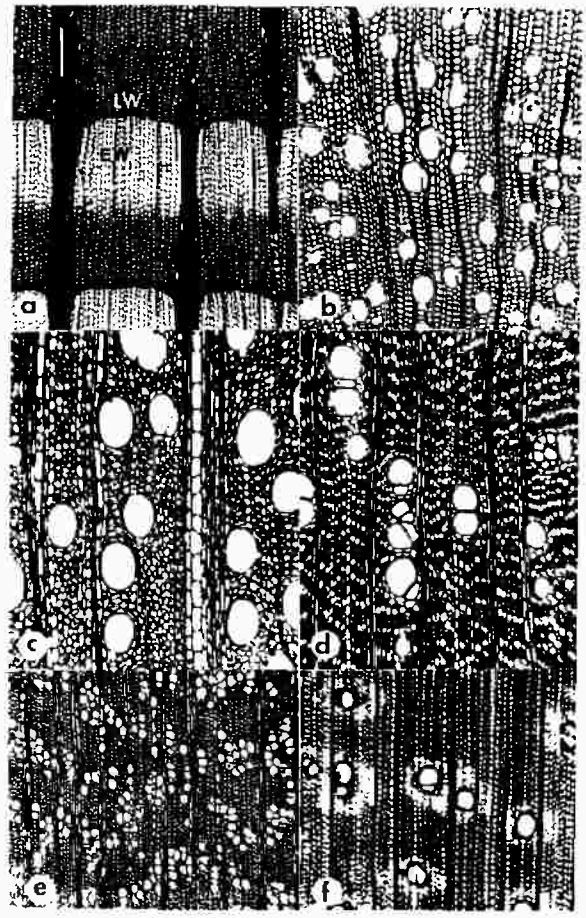
(٢) تركيب الخشب فى النباتات الشجرية أقل تطوراً من تركيب الخشب فى الأعشاب .

(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) : قطاعات عرضية فى نسيج الخشب لنباتات ذوات الفلقتين
(عن جونز ولكسنجر Jones & Luchsinger ١٩٨٧) .

(a) *Trochodendron aralioides* نبات زهرى بدائى يتركب خشبه الثانوى من قصيبات الخشب ذو أوعية حلقية مفردة ، وقدر ضئيل من برنشيمة مرتبة قطرياً

(b) *Schumacheria castaneifolia*

(c) *Dillenia pentagyna* الخشب تركيبه بدائى نسبياً ، لكن الأوعية تميل إلى الاستدارة

(d) *Scytopetalum tieghemii* تنتشر أوعية الخشب مفردة ، وذات تثقيب مركب

(e) *Pittosporum tenuifolium* تثقب أوعية الخشب فى سلاسل ، التثقب مركب قطرى

(f) *Paulowina tomentosa* نبات ذو فلقتين راقٍ نسبيًا، 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 القصيبات Tracheids إلى القصيبات الليفية Fibre tracheids ، ثم إلى الألياف Fibres .

(٩) تعتبر القصيبات ذات النقر البسيطة والترتيب السلمى فى كاسيات البذور أقل تطوراً من القصيبات ذات النقر المصفوفة 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 .

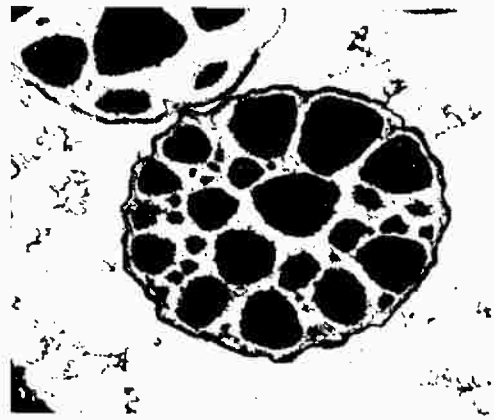
حصل علماء التقسيم على القليل من المعلومات التقسيمية من دراساتهم على نسيج اللحاء ، ويرجع ذلك لقلة ما يمكن ملاحظته من تباين فيه ومع ذلك فقد أثبتت بعض الدراسات الحديثة إمكانية الاستفادة من طرز بلاستيدات العناصر الغربالية فى التقسيم .

وجد بالفحص بالمجهر الإلكترونى المتخلل TEM أن بلاستيدات 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 أشال 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 تخلفاً ، بينما تحتوى الهريات على أنسجة خشبية متطورة .

شاع استخدام الخصائص التشريحية بصورة أكبر فى الكائنات الدقيقة كالطحالب،

بلاستيدات من الطراز (S) قطرها ٢ ميكرون ، تحتوى على عديد من حبيبات النشا ، وهى من عنصر غربالى لنبات *Cocculus trilobus* .



بلاستيدات من الطراز (P) قطرها ١,٥ ميكرون ، وهى من عنصر غربالى لنبات *Dracaena hookeriana* .

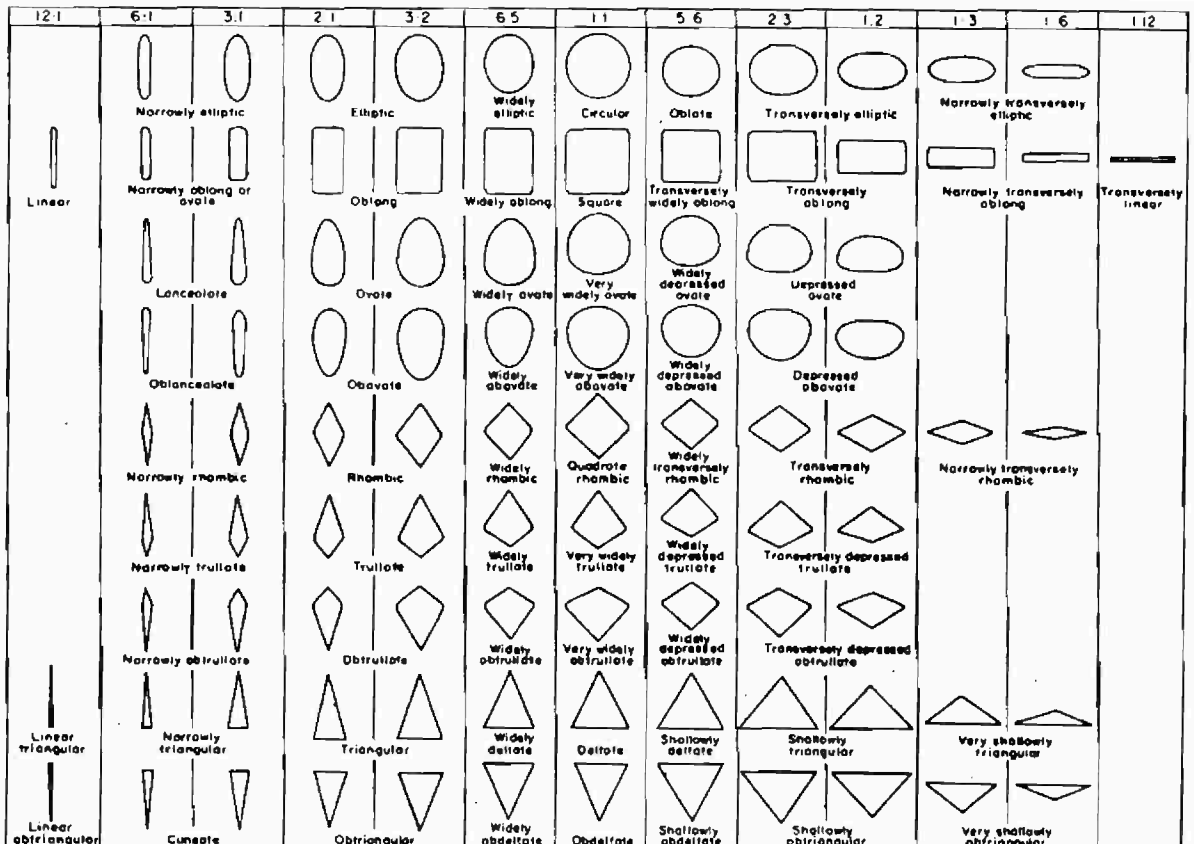
شكل (١٠-٣) : صور بالمجهر الإلكترونى المتخلل TEM للبلاستيدات . (عن بينكى Behnke ١٩٧٧) .

وكذلك فى الحزازيات لنقص ما يلاحظ عليها من صفات ظاهرية ، وترتكز المفاتيح النباتية للحزازيات على الخصائص التشريحية (خاصة لشكل خلايا أشباه الأوراق) . ويعتقد المختصون بالحزازيات بحقيقة أن عديداً من الفئات التصنيفية لهذه المجموعة من البيانات 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) وMicromorphology (ويقابل التشريح) ، كما استخدم أيضاً المصطلحان Exomorphology و Endomorphology ، ومن المفضل حالياً مع استخدام المجهر الالكترونى استعمال المصطلح Micromorphology مع النوع الماسح SEM ، واستعمال المصطلح Ultrastructure مع النوع المتخلل TEM .

قام علماء التقسيم مؤخراً بدراسة مستفيضة وشاملة للنواحى التشريحية بالنباتات ، ونتيجة لذلك تراكمت كميات هائلة من المعلومات ، ومع ذلك فإن استرجاع واستعمال هذه البيانات أصبح يسيراً ؛ نتيجة المجهودات 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 الخضرى فقط ولم تعالج أعضاء التناسل ، وللآن 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 لحصر القيمة التقسيمية لكثير من الصفات وتقييم ومراجعة المصطلحات المستعملة بدقة ، مثل تلك المتعلقة بحبوب اللقاح والأدمة والبشرة والثغور وتعريق الورقة والزوائد وغيرها ، ويوضح شكل (١٠-٤) مثالاً على ذلك فيما يتعلق بأشكال الورقة .

ولقد هيأ المجهر الإلكترونى - بطبيعة الحال - السبيل إلى مستوى أدق من التكبير عما أتاحه المجهر الضوئى ، وأماط المجهر الالكترونى الماسح SEM اللثام - حتى عند مستويات



شكل (١٠-٤) : مصطلحات وصفية للأشكال البسيطة المنبسطة المتماثلة (يمكن تطبيقها بصفة خاصة على الأوراق والبتلات . . . إلخ) ، وقد اقترحتها لجنة جمعية المقسمين . (عن ردفورد وآخرين Radford *et al.* ١٩٧٤) .

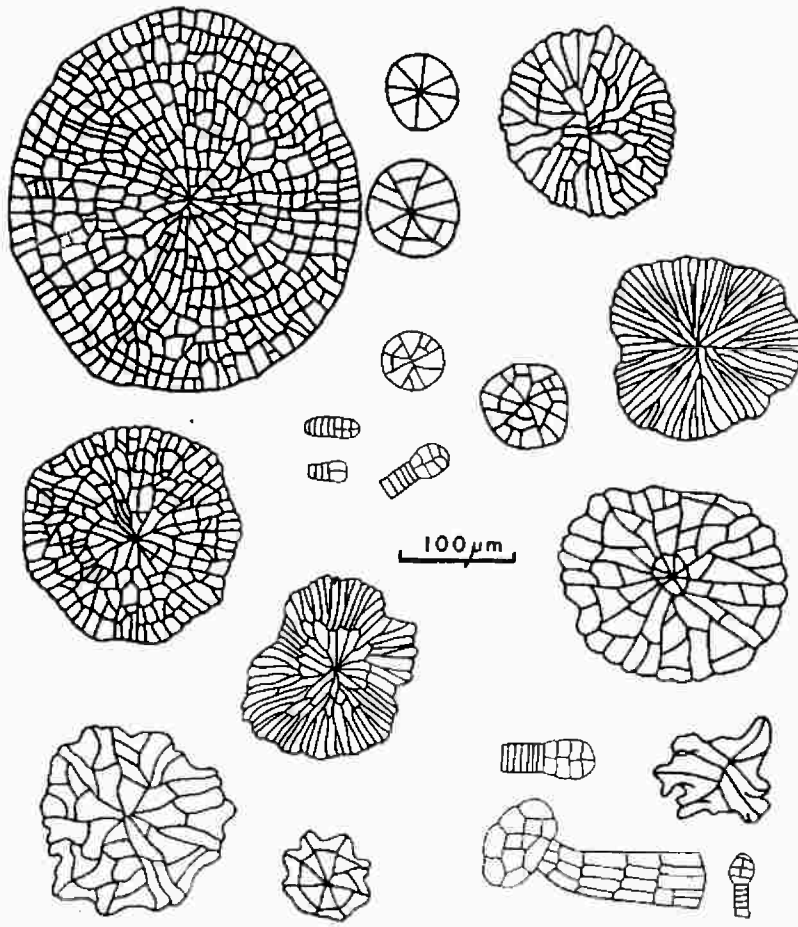
التكبير المنخفضة - عن بعض الخصائص الجديدة ، التى وإن كانت قليلة قد ساعدت على القيام بدراسة مقارنة سريعة لعديد من السمات التركيبية الدقيقة ؛ مما جعلها خصائص تقسيمية يمكن الاعتماد عليها ، مثال ذلك الأبواغ وحبوب اللقاح وسطح الورقة (خاصة التركيب البنائى للثغور) والبذور وسطح الثمرة ، وكذلك الكائنات الدقيقة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

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

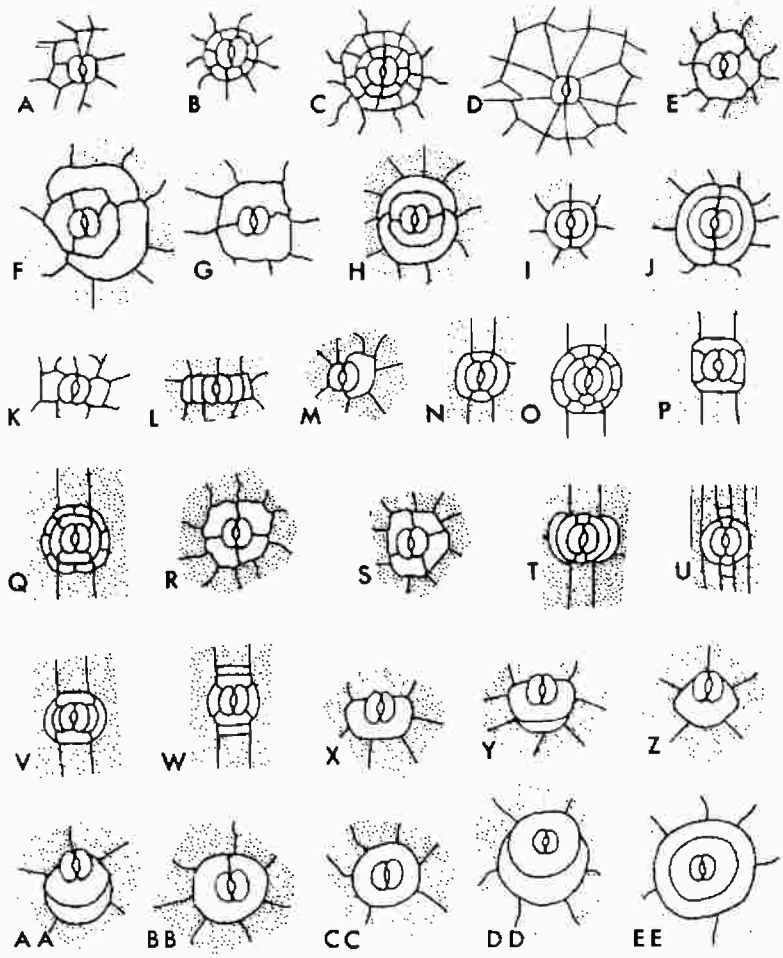
للخصائص التشريحية أهمية خاصة للعلماء الذين يبغون تحديد هوية قطع صغيرة من مادة نباتية مثل الأعشاب ، التى يفحصها علماء العقاقير وحل الألغاز بواسطة الخبراء الشرعيين Forensic experts ، وتتضح أهمية الخصائص التشريحية فى حالات معينة كما فى فصيلة Combretaceae ؛ حيث وجد أن لزوائد البشرة قيمة جوهرية للتصنيف لدى 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 التقسيمية الأساسية للثغور ترتيب خلايا البشرة المحيطة بها والمعروفة بالخلايا المساعدة ، إذا ما كانت متميزة عن خلايا البشرة العادية . ولقد أمكن فى هذا الصدد تحديد ٣١ طرازًا مختلفاً بالنباتات الوعائية ، بعضها لا يوجد سوى فى النباتات التيريدية فقط شكل (١٠-٦) .

يعتبر وجود هذه الطرز التركيبية ذا قيمة فى أغلب الأحيان عند المستويات العليا للتقسيم، فالثغور مثلاً فى الفصيلة الأكانثية Acanthaceae من الطراز Diacytic بينما فى 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 فى الأجناس *Streptocarpus*



شكل (١٠ - ٥) : نماذج للشعيرات الغدية التى توجد فى جنس *Combretum* ، أخذت من أنواع تمثل القطاعات المختلفة للجنس ، وتظهر ست غدد منها معنقة فى منظر جانبى ، وبقية الغدد درعية موضحة فى منظر سطحى (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 فى *Lippia nodiflora* من الفصيلة الفربينية Verbenaceae - تحمل ثغورًا مختلفة معاً من الطرز

Anomocytic - Anisocytic - Diacytic - Paracytic

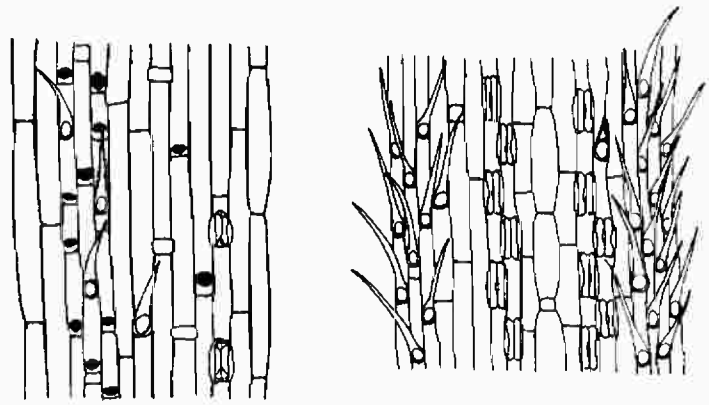
تختزل أزهار الفصيلة النجيلية Poaceae بدرجة عظيمة ، وبالتالى تهيئ قدراً ضئيلاً من الخصائص التقسيمية ؛ لذلك فقد اتجه الاهتمام نحو الصفات التشريحية والسيتولوجية للأعضاء الخضرية ، ولقد توفر فى بشرة الورقة شكل (١٠-٧) والتركيب الداخلى لها عديد من الخصائص التقسيمية ؛ ولذلك أجريت بحوث مستفيضة فى هذا الشأن ، تشمل التغليظ 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 ، بدءًا من تحت الفصيلة حتى النوع . ولقد أولت الدراسات التصنيفية الدقيقة للنجيليات اهتماماً بالغاً لهذه الصفات .

الصفات المتعلقة بالتطور والنضج :

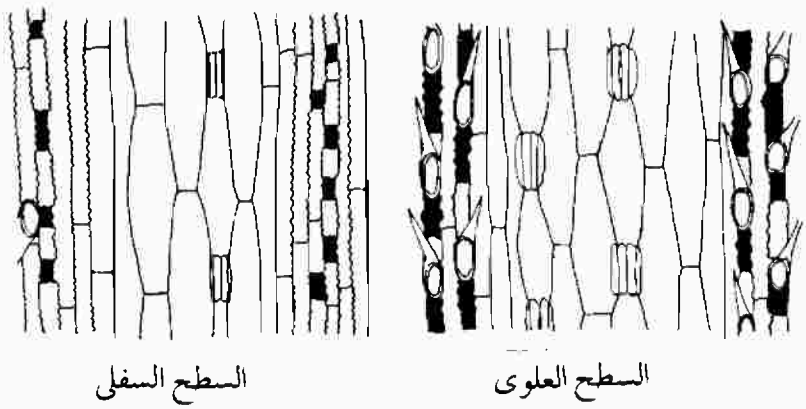
Mature and developmental charactacrs

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 التقسيمية .

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

شكل (١٠-٧) : 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 فى تصنيف النباتات الوعائية مقارنة بتحديد طرزها فقط ، ويسرى هذا النمط من الدراسات كذلك على زوائد البشرة وغيرها .

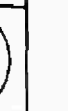
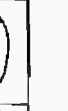
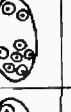
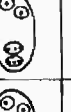
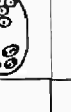
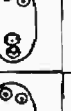
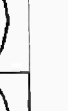
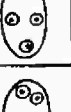
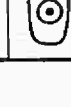
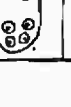
كما برهنت خصائص نشأة الطور البوغى والطور المشيجى والأخصاب ونشأة الجنين بالنباتات الزهرية على أن لها فائدة عظيمة ضمن الخصائص التقسيمية الحديثة ، ومنذ فترة قريبة استخدم علماء التقسيم عدد النوايات فى حبوب اللقاح وقت انتشارها (٢ أو ٣ تبعاً لنشاط انقسام النواة التناسلية Generative nucleus) ويبدو أن حالة ثنائية 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 .

تماثل الطريقة الخاصة لتطور حبوب اللقاح فى الفصيلة السعدية Cyperaceae ؛ حيث تضمر ثلاث نوايات من الأربع الناتجة عن الانقسام الميوزى ، 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 الأسدية ؛ 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 المشيجى المؤنث			
Type	Megasporogenesis			Megagametogenesis			
	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 الجنينى فى كاسيات البذور .

* الطريقة المعتادة لتكوين الكيس الجنينى

(أحادية الجرثومة ثمانية النوايات)

(عن ماهشوارى Maheshwari ١٩٥٠) .

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

قد لا تكون للصفات الواضحة فى بعض الأحيان أهمية محددة لعدم وضوح التباين بها ، ومع ذلك فإن غياب الأوعية ووجود الكرابل غير المنطبقة فى بعض نباتات ذوات الفلقتين البدائية ، كذلك وجود فلقة واحدة أو ثلاث أو أكثر فى نباتات ذوات الفلقتين ، ووجود أكثر من فلقة واحدة فى 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 مهملة كما كان الحال منذ نحو ٢٠ عاماً مضت ، وهذه اليقظة هى التى دعت المقسمون إلى دراسة انتشار التراكيب ، التى قد تبدو غامضة (مثل الحويصلات المتسعة Dilated cisternae فى خلايا قلنسوة الجذر) أو الأعضاء التى غالباً ما لاتحفظ على أوراق تحميل العينات بالمعشبات (مثل الأجزاء الأرضية لأجناس *Crocus* و *Oenanthe* أو التركيب الهندسى للأشجار) .

لا يجب الاهتمام كثيراً عند إيضاح العلاقات التقسيمية (سواء المظهرية أو التطورية) بالصفات التى عادة ما تنتج عن الالتقاء التطورى 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 النضج 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 التى اقترحها بنثام وهوكر Monochlamydeae والهريات Amentiferae ، وكذلك مجموعة الحزازيات القائمة Nematodonteae . وعموماً . . فقد تزايدت مؤخراً الدراسات عن الالتقاء التطورى بالنباتات الراقية .

تقسيم النباتات باستخدام الدلائل الكيميائية

Plant taxonomy by means of chemical evidence

يعتمد التقسيم الكيميائى للنباتات ، والذى يطلق عليه عديد من المصطلحات ، مثل :

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

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

نشأة وطبيعة التقسيم الكيميائى :

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

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

الطبيعية إذ تعتبر الأشكال المختلفة التى يوجد عليها النشا والسيليكا وأكسالات الكالسيوم بالخلية ذات أهمية خاصة كدلائل تقسيمية ، حيث أمكن تمييز نحو ٢٠ طرازاً من أجسام السيليكا 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 الأناجرية 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 جليا 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 Danaidae للفصيلة العشارية Asclepiadaceae، وهناك أمثلة عديدة فى الطريقة التى ترعى بها الثدييات آكلة الأعشاب وكذلك فى سلوك الحشرات الملقحة ، كما تظهر الفطريات المرضية كالأصداء إنجذاباً لعوائل نباتية متقاربة ، وقد استخدم ذلك فى دراسة بعض المشكلات التقسيمية مثل مجموعة فصائل الزنبقية Liliaceae والنرجسية Amaryllidaceae ، ولقد أيقن البستانيون منذ قرون مضت أن التطعيم لا ينجح فى النباتات إلا بين فئات تصنيفية متقاربة مثل الكمثرى والتفاح ، وأن ذلك كله بالتأكيد 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 Phytochemisty و Advances in Phytochemistry ، وقد بدأ ظهورهما عام ١٩٦٢ .

المركبات المستخدمة فى التقسيم الكيميائى :

يمكن لعالم التقسيم من الوجهة 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 Sccondary 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 (الأيض) 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*) في دورة كربس Krebs (Tricarboxylic acid) ، ويوجدان في جميع الكائنات الحية التي تعيش في وجود الأوكسجين Aerobic ، ولذلك فإن وجود أو غياب مثل هذه المركبات ليس ذا أهمية تقسيمية ، ويسري ذلك أيضاً على الأحماض الأمينية (حوالي ٢٢) التي تتكون منها البروتينات ، أو أي من السكريات التي تدخل في دورة كربون البناء الضوئي وهكذا .

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

ثانياً : مركبات التمثيل الغذائي الثانوية : Secondary metabolites

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

قد تكون مركبات التمثيل الغذائي الثانوية فضلات أو مركبات غذائية مختزنة أو صبغات أو سمومًا أو مركبات عطرية أو . . . إلخ ، وفي حالات عديدة يكون لهذه المركبات وظائف مهمة ، وغالباً لا يكون تركيبها محدداً ، وبالتالي لا يكون شكل الجزئ معلوماً فالصبغة الصفراء التي 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 قلويديا Alkaloid أو مركبا جلوكوسيديا Glycoside .

ثالثاً : السيمنتيدات Semantides:

السيمنتيدات عبارة عن الجزيئات الحاملة للمعلومات Information-carrying molecules ، ويعتبر DNA سيمنتيد أوليًا Primary semantide و RNA سيمنتيد ثانويًا Secondary semantide ، والبروتينات سيمنتيدات ثالثة Tertiary semantides ، ناتجة عن التحول المتوالى للشفرة الوراثية من المعلومات الوراثية الأولية (DNA) . ونظرياً يهيئ تتابع النيوكليوتيدات والأحماض الأمينية فى هذه المركبات المعلومات التقسيمية اللازمة للتصنيف ، وتعتبر بديلاً عن دراسة مركبات التمثيل الغذائى 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 التتابع ، قد يطلق أحياناً على السيمنتيدات والسكريات العديدة Polysaccharides معاً الجزيئات الكبرى Macromolecules ، ويطلق على مركبات التمثيل الغذائى الأولية وكذلك الثانوية الجزيئات الصغرى Micromolecules .

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

تواجه المركبات الكيميائية كما هو الحال بالخصائص التركيبية مشكلة التقارب والالتقاء فى التركيب Convergence ، فعديد من المركبات الكيميائية الشائعة بالنبات أجزاء فى مسارات التمثيل الغذائى 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 والتى لها رائحة مميزة ، وتوجد أجناس أخرى مثل *Milula* لها نفس الرائحة إلى جانب بعض الخصائص 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 والصليبية 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 الكيميائى لها ؛ حيث يشير مسلكها إلى وجود سلسلة معينة من الأنزيمات ، وبالتالى لا يكون الاعتماد على مركب كيميائى بمفرده .

أهمية التقسيم الكيميائى : 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 الكيميائية الافتراضات السابقة ، أو تقدم مقترحات لنظم تقسيمة بديلة . وإذ لم تتوافر الارتباطات الكافية فإنه لمن الضرورى جمع المزيد من المعلومات الكيميائية 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 الكيميائى بصفة اللون ، فغالباً 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 التوافيق 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 للتفرقة 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 والبيليبروتينات 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 :

$$H_2O \rightarrow 2H^+ + 2\,e^- + \frac{1}{2}\ O_2$$

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 مادة عضوية .

تختلف صفات مجموعات الصبغات الأخرى للكلوروفيلات بين أقسام الطحالب المختلفة، فتتشابه الطحالب الخضراء Chlorophyta واليوجلينات Euglenophyta فى مجموعة الصبغات ، وتوجد الصبغات نفسها كذلك بالنباتات الجنينية ، ويشير ذلك إلى اشتقاق الطحالب الخضراء والنباتات الراقية من سلف مشترك ، يختلف عن مجموعة الطحالب الأخرى . ويوضح جدول (١٠-١) توزيع الصبغات فى النباتات المختلفة ، والذى يعتبر الأساس الذى يتم بمقتضاه تصنيف الطحالب إلى فئات مختلفة ، وكذلك تحديد القسم الذى 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 فى تصنيف الطحالب ، ليس فقط نتيجة للتمييز فيما بينها بواسطة الصبغات المتكونة بداخلها ولكن ، كذلك لما وجد من اختلافات فيما تحتويه من مواد غذائية مختزنة ومكونات جدار الخلية . كما يعتبر التقسيم الكيميائى الأساس الذى تصنف به الأشن Lichens ، منذ أكثر من قرن مضى ، وباستخدام أبسط الاختبارات الكيميائية . وعلى النقيض من ذلك يندر استخدام التقسيم الكيميائى فى مجموعات أخرى كالحزازيات Bryophytes لقلة التحليلات الكيميائية بها ، والتى تفيد فى هذا الشأن .

يقوم التقسيم الكيميائى على حصر شامل لبيانات كيميائية ، تراعى فيها الدقة المتناهية ، فمن المحتمل فى عديد من الحالات التى سجل فيها غياب مادة ما فيما مضى من تحليلات كيميائية ، إنما هو فى الواقع قصور فى الطرق التى استخدمت فى 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 فى الاعتبار التباين فى التركيب الكيميائى للأجزاء النباتية المختلفة ، وظروف النمو ، وعمر النبات ، وموسم النمو ، وظروف تخزين المادة النباتية ، ولذلك يلزم توحيد جميع الظروف التى يتم خلالها تسجيل البيانات الكيميائية ؛ حتى تتسنى الاستفادة منها بصورة مرضية لعمل تقسيم كيميائى يعتد به .

جدول (١٠-١) : الصبغات الأساسية والكربوبيدرات المختزنة ، ومكونات جدار الخلية فى بدائيات النواة وفى النبات ، فى خانة الصبغات يذكر من الزانثوفيلات اسم أهمها ، ويكتفى برقم بعدها ؛ للدلالة على عدد ما قد يوجد من زانثوفيلات أخرى (عن ستاس Stace ١٩٨٤) .

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	Mucopeptides, polysaccharides, lipopolysaccharides
Blue-green algae	Chlor *a*; β-carotene; myxoxanthophyll + 3; biliproteins	Cyanophycaan starch	Mucopeptides, polysaccharides, lipopolysaccharides
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
Pyrrophyta	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- 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	None
Embryobionta	Chlor *a* + *b*; α- + β-carotene; lutein + many	Starch	Cellulose, hemicelluloses, lignin

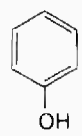
أمثلة لاستخدام مركبات التمثيل الغذائى الثانوية فى التقسيم الكيميائى :

Examples from secondary metabolites in chemotaxonomy

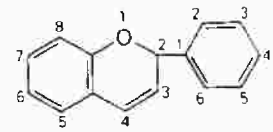
تعتبر المركبات الفينولية Phenolic compounds أكثر مركبات التمثيل الغذائى الثانوية استخداماً فى التقسيم الكيميائى ، وهى تشتمل على عدد كبير من مركبات متباعدة أساسها الفينول $C_6 H_5 OH$ ، وغالبيتها ذو تركيب معقد ، يحتوى على عديد من الحلقات العطرية Aromatic rings ، والكثير من مجموعات الإحلال أو السلاسل الجانبية . 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 التقسيمية ، وهى مجموعة من مركبات تشترك فى نواة واحدة Nucleus ، ولها أنواع كثيرة تختلف فى السلاسل الجانبية تبعاً للمركب ، وعادة ما يوجد العديد من الفلافونيدات فى النوع النباتى الواحد ، قد يكون بعضها شائع الانتشار ، والبعض الآخر محدوداً للغاية ، وأحياناً ما يكون لأنواع المركبات والمجموعة المميزة للنوع النباتى الواحد قيمة تقسيمية كبيرة بالنباتات الزهرية لدى كافة مستويات التقسيم شكل (١٠-٩) .

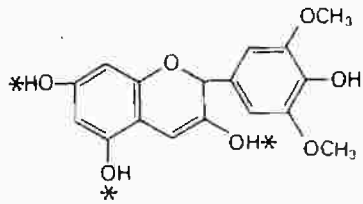
تعتبر الصبغات بالزهرة مثالاً طيباً لأهمية مركبات التمثيل الغذائى الثانوية فى التقسيم؛ فتشير بعض الألوان كالأحمر والأزرق بالزهرة والأعضاء النباتية الأخرى إلى وجود انثوسيانيدينات Anthocyanidins ، وهى مركبات تمثل إحدى مجموعات الفلافونيدات مثل المالفيدين Malvidin ؛ حيث توجد مجموعات هيدروكسيل عند المواضع ٣ و / أو ٥ و / أو ٧ عادة ما تستبدل بأحد السكريات ، مثل الجلوكوز Glucose أو الرمنوز Rhamnose ، فينتج المركب المعروف بالأنثوسيانين Anthocyanin . وتعطى التوافيق المختلفة من طرز الأنثوسيانيدينات ، وطرز ومواضع السكريات المتصل بها عدداً كبيراً من الأنثوسيانينات الواسعة الإنتشار بالنباتات الزهرية (فى 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 فى تمثيلها تختلف عنها تماماً ، مثل مركب



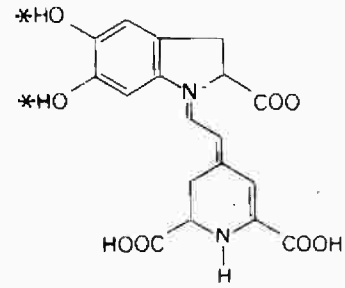
A Phenol



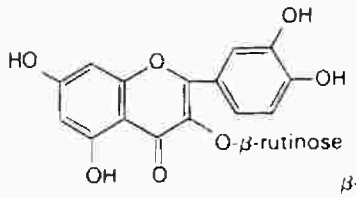
B The flavonoid nucleus



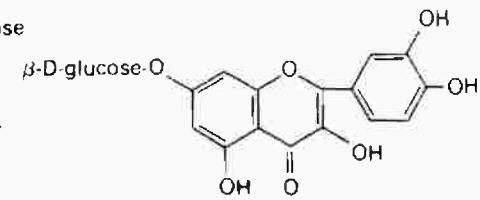
C Malvidin



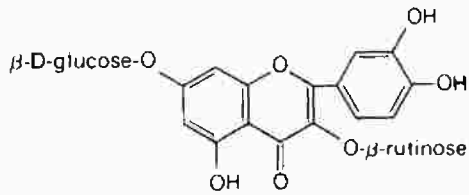
D Betanidin



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



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



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

شكل (١٠-٩) : التركيب الكيميائى لبعض المركبات الفينولية الموجودة بالنبات .
تشير النجمة (*) إلى موضع اتصال المركب بأحد السكريات .
(عن ستاس Stace ١٩٨٤) .

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

ترجع الأهمية التقسيمية 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 غذائى 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 تقسيمية 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 Caryophllaceae والمليجونية Moylluginaceae ، اللتين تحتويان على انثوسيانينات وتفتقران إلى البيتالينات ، وضم إليها فصيلة الكاكتيه Cactaceaee ، والتى كانت تصنف عادة فى رتبة مستقلة ، ولكن وجد أنها تحتوى على بيتالينات . وعلى الرغم من أن البيانات التركيبية لا تعارض كثيراً ضم الفصيلة الكاكتية .. 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 بلاستيدات الأنابيب الغربالية بالمجهر الإلكترونى ، واكتشاف وجود طرز خاص من البلاستيدات (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 التقسيمية سوياً .. فإنه يجب تمييزها عن الفصيلتين الأخريتين ، 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 Stace ١٩٨٤) .

التقسيم التركيبى	التقسيم الكيميائى	التقسيم المعدل
Centrospermae	*Chenopodiales*	*Caryophyllales*
Aizoaceae	Aizoaceae	*Chenopodiineae*
Amaranthaceae	Amaranthaceae	Aizoaceae
Basellaceae	Basellaceae	Amaranthaceae
Caryophyllaceae	Cactaceae	Basellaceae
Chenopodiaceae	Chenopodiaceae	Cactaceae
Didiereaceae	Didiereaceae	Chenopodiaceae
Molluginaceae	Nyctaginaceae	Didiereaceae
Nyctaginaceae	Phytolaccaceae	Nyctaginaceae
Phytolaccaceae	Portulacaceae	Phytolaccaceae
Portulacaceae		Portulacaceae
Cactales	*Caryophyllales*	*Caryophyllineae*
Cactaceae	Caryophyllaceae	Caryophyllaceae
	Molluginaceae	Molluginaceae

أمثلة لاستخدام السيمنتيدات فى التقسيم الكيميائى :

Examples from semantides in chemotaxonomy

تعد السيمنتيدات من المصادر الشائعة للمعلومات التقسيمية ؛ فهى 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 التقسيمية واضحة المدلول وغير معقدة . ويرجع الفشل إلى يومنا هذا فى الحصول على مثل هذه المعلومات لإقامة الأدلة الكافية للتقسيم الكيميائى (إن لم يكن الأدلة التقسيمية بصفة عامة) إلى صعوبات عملية . وفى واقع الأمر لم تقدم الأحماض النووية حتى الآن إلا النذر اليسير من المعلومات التقسيمية بالنبات ، وتأتى البروتينات فى أهميتها للتقسيم الكيميائى وكمية البحوث ، التى أجريت عليها فى المرتبة التالية للمركبات الفينولية .

الطرق المستخدمة للاستفادة من البروتينات فى التقسيم :

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

(أ) علم الأمصال : Serology

يعتمد علم الأمصال على تفاعلات المناعة التى 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 نباتى (أو حيوانى أو ميكروبى) (A) يحتوى على بروتينات (انتيجينات Antigens) إلى حيوان ثديى (عادة أرنب) . . فإن هذا الحيوان ينتج أجساماً مضادة Antibodies بروتينية خاصة ؛ تبعاً لنوع الأنتيجين ، ولها القدرة على تخثيرها (وبالتالى تصبح غير فعالة) ، ويمكن استخلاص هذه الأجسام المضادة من الحيوان على هيئة مصل مضاد Antiserum ، ولما كانت لهذا المصل المقدرة على تخثير مزيد من الانتيجينات . . فقد أمكن استخدامه فى الاختبار القياسى Standard test للمستخلصات النباتية الأخرى (B و C و D . . . . إلخ) ، كما يمكن استخدام كمية التخثر الناتجة كمقياس لمدى تماثلها مع المستخلص النباتى (A) وبالتبعية تشابه الأنواع B و C و D . . . إلخ ، مع النوع A . ولقد كانت البحوث الأولية فى هذا المجال بدائية ، ولكن باستخدام الأساليب الحديثة فى أخذ العينات وقيامها أمكن الحصول على نتائج دقيقة يمكن الاعتماد عليها .

لا يتضمن علم الأمصال عادة تحديد نوعية البروتينات ، فعادة ما تتم مقارنة بين بزوتينات غير معلومة ووظيفتها قد تكون غير محددة (غذاء مختزن - تركيبية - أنزيمية . . . إلخ) ، وقد يتسبب ذلك فى صعوبة تفسير النتائج ، وتجرى أحياناً محاولات لتحديد نوعيتها بعمل تفريد كهربائى متوازى لعينات متماثلة . ولقد تمت دراسات مصلية لعدد من الأنسجة فى الأوراق والثمار والبذور والدرنات والأبواغ وحبوب اللقاح ، من المتوقع أن تعطى 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 فى كل أجزاء النبات ، ولقد عنيت الدراسات أكثر بالبروتينات التى على شكل غذاء مختزن كما هو الحال بالبذور أو الدرنات الساقية ، وتستخدم بحوث علم الأمصال فى تقسيم النبات على كافة المستويات التصنيفية ابتداءً من النوع حتى الفصيلة .

(ب) التفريد الكهربائى : Electrophoresis

يعتمد فصل البروتينات بالتفريد الكهربائى 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 كهربائى 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 أشرطة متميزة بمنطقة المسام الأصغر ، وبعد فترة زمنية كافية للفصل يقطع التيار ، ويعين موضع البروتينات بالصبغات . وتستخدم الصبغات العامة للبروتينات ما لم تشمل الدراسة إنزيماً 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 التقسيمية لنتائج التفريد الكهربائى أهميتها بصورة أساسية على مستوى الجنس وما دونه ، ولقد شملت الدراسة عديداً من بروتينات الغذاء المختزن (مثل البقوليات والغلال) وإن اعتنت الغالبية بالإنزيمات ، ولقد أمكن بطريقة التفريد الكهربائى فصل البروتينات المختزنة والإنزيمات الوثيقة العلاقة ببعضها ، وكذلك تعرف الألوزيمات Allozymes والأيزوزيمات Isozymes التى تمثل أشكالاً مختلفة ؛ مما كان يعتبر سابقاً إنزيماً منفرداً . والألوزيمات عبارة عن أشكال مختلفة لإنزيم ، تتحدد مكوناته عديدة البيتيدات Polypeptides بواسطة أليلات Alleles مختلفة عند موضع واحد ، أما الأيزوزيمات (أحياناً الأيزو إنزيمات Isoenzymes) فتعتبر أشكال مختلفة ، تتحدد بها عديدة البيتيدات بأكثر من موضع ، ويبدو أن الألوزيمات أكثر انتشاراً وإن أطلق عليهما معاً فى كثير من البحوث إيزوزيمات ، ولكن يمكن التمييز بينهما بتحركاتهما خلال التفريد

(٤) الحجم : Size

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

(٥) متنوعات : Miscellaneous

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

تابع (٥) متنوعات : Miscellaneous

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

النهايات Suffixes

تشتمل النهاية على حرف أو أكثر ، يضاف إلى نهاية الكلمة ؛ ليحور معناها أو استخدامها . ويتحدد إعراب وجنس ومعنى المصطلح الناتج تبعاً للنهاية المستخدمة على سبيل المثال : عند اندماج الاسم *herba* بمعنى عشب أو نبات مع النهاية *-arium* بمعنى مكان لعمل أو حفظ أمر ما ، ينتج المصطلح *herbarium* ، وهو اسم محايد بمعنى مجموعة نباتات مجففة . وعادة . . فإن المصطلحات الناتجة عن إضافة النهايات إلى مجموعة من أصول الكلمات قد تعطى أسماء أو صفات ، وإن كانت الصفات هي الأكثر شيوعاً فكثيراً ما تضاف النهاية إلى نعت الأنواع . وفيما يلى بعض النهايات 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.
-ilis, -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 فى تقسيم النبات ، ويعرف هذا المجال من الدراسة بالتقسيم السيتولوجى Cytotaxonomy .

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

تعتبر الصفات فى الحالة الأولى تشريحية ، بينما تدل فى الحالة الثانية على خصائص سيتولوجية ، ويؤخذ كل من الأمرين فى الاعتبار عند عمل الدراسات التقسيمية ، وتفيد النواحى السيتولوجية بصفة خاصة الدراسات التقسيمية القائمة على التطور السالف Biosystematic (Phylogenetic) .

لم يتأكد وجود أهمية تقسيمية خاصة لصفات الكروموسومات باعتبارها تحمل الجينات Genes، التى تشتمل على المعلومات الوراثية التى يعبر عنها الشكل المظهرى Phenotype، وبمعنى آخر لم يمكن إثبات وجود أهمية تقسيمية على مستوى الكروموسومات ، تمامًا مثلما وجد على المستوى الجزيئى عند دراسة تتابع الأحماض الأمينية Amino-acid sequencing فى DNA . ونتناول فيما يلى الأهمية التقسيمية لعدد وتركيب وسلوك الكروموسومات بشئ من التفصيل .

عدد الكروموسومات : Chromosome number

أيقن العلماء مع مطلع القرن العشرين أن عدد الكروموسومات ثابت فى 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 ٢ ن Diploid number ، وعند حصر عدد الكروموسومات للمرة الأولى عادة ما يسجل العدد ثنائى المجموعة ، إذا ما كان العدد قائمًا على الانقسام الميتوزى Mitosis بأنسجة النبات البوغى ، ويسجل العدد أحادى المجموعة ن Haploid number ، إذا ما تم العد الانقسام الميتوزى 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 .

تتضح الأهمية التقسيمية لعدد الكروموسومات ، من خلال الأعداد الكبيرة من القوائم التى تتناول هذا الأمر وتنشر 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 ٢ ن 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 ٢ ن و ن ، أما فى الأنواع المتعددة المجموعة الكروموسومية . . فإن ن تكون مضاعفات × وعليه فإن النوع سداسى المجموعة الكروموسومية السابق الذكر ، تكون ٢ ن = ٦ × = ٤٢ ، أو ن = ٣ × = ٢١ .

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

٢٠ إلى ٥٠ ٪ على النقيض من الحيوانات ، التى يندر 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 Polyploid 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 Polyploid complex ، مثل : معقد النوع *Cardamine pratensis* ، وكذلك معقد النوع *Valeriana afficinalis* . 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 ، وبالتالى تعطى بذوراً رباعية المجموعة الكروموسومية . وفى الحالة الثانية يعطى النبات ثنائى المجموعة الكروموسومية أبواغاً مذكرة ومؤنثة ثنائية المجموعة الكروموسومية ؛ نتيجة لتضاعف الكروموسومات ، قبيل الانقسام

الميوزى أو نتيجة لعدم اختزالها أثناء الانقسام الميوزى ، وبالتالى 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 خلطيا Allotetraploid ، ويرمز له AABB .

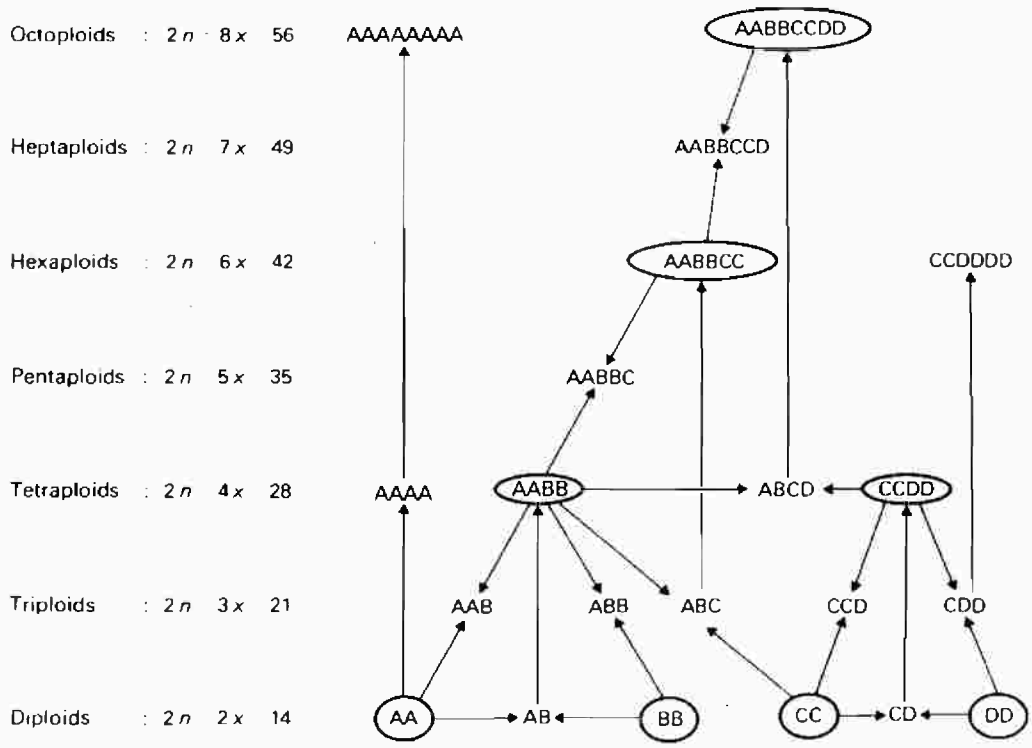
فى حالات عديدة قد لا يكون الجينومان متناظرين تماماً Homologous أو غير متناظرين تماماً Non-homologous ، ولكنهما يكونان وسطاً بين هذا وذاك ، ويرمز لهذه الحالة AAAA ، وتعرف بالتعدد المجموعى الخلطى جزئياً Segmental allopolyploids وهذه توضح جميع الحالات الوسطية بين أقصى حد للتعدد المجموعى الخلطى ، وأقصى حد 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 ٢ ن = ٢٠ ثنائى المجموعة الكروموسومية به × = ١٠ ، أو رباعى المجموعة الكروموسومية به × = ٥ ، فإذا ما كان لهذا النوع أنواع قريبة بها ٢ ن = ١٠ . 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 بالآباء 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 توجد ثلاثة أنواع *Spartina maritima* به ٢ ن = ٦٠ ، و *S. alterniflora* به ٢ ن = ٦٢ ، و *S. anglica* به ٢ ن = ١٢٢ ، وفى مثل هذه الحالات تحتوى مشتقات التعدد المجموعى

الخلطى عدداً أساسياً جديداً ويكون العدد الجديد فى *Spartina* × = ٦١ ، والذى نشأ على آباء بها العدد الأساسى × = ٣٠ و × = ٣١ .

من الأمور الشائعة احتواء معقد التعدد المجموعى على سلسلة من أنواع ثنائية المجموعة الكروموسومية ، حدث بها تهجين ، نتج عنه تعدد مجموعى ؛ فأعطت متتالية من رباعية المجموعة الكروموسومية سداسية المجموعة الكروموسومية ، وأحياناً مستويات أعلى من التعدد المجموعى شكل (١٠-١١) . ونتيجة للتوافيق 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 ٢ ن = ١٠ و ١٢ و ١٤ و ٢٤ و ٢٨ ، ومن الواضح أنها تتكون من تجمعات لتغيرات كروموسومية عددية للمستويين ثنائى المجموعة الكروموسومية ورباعى المجموعة الكروموسومية . وفى جنس *Crepis* ٢ ن = ٦ و ٨ و ١٠ و ١٢ و ١٤ و ١٦ و ١٨ و ٢٢ و ٢٤ و ٤٢ و ٤٤ و٦٦ و ٨٨ (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 ٣ مرات) بثلاثى الكروموسوم Trisomic ، وتلك التى فقدت كروموسوم بأحادية الكروموسوم Monosomic ، ويطلق على ثنائية المجموعة الكروموسومية الطبيعية Disomic .



شكل (١٠-١١) : رسم توضيحي لاحتمالات نشأة معقد تعدد مجموعي بداية من أربعة أنواع ثنائية المجموعة الكروموسمية AA و BB و CC و DD . يمثل الجينوم في الفئات المحاطة بحلقة مرتين، وغالباً ما تكون خصبة. بينما قد تظهر الفئات الأخرى درجات مختلفة من الـعقم ، عدد الكروموسومات المشار إليه جهة اليسار هو المتوقع إذا ما كان العدد الأساسي للمعقد X = Y (عن ستاس Stace ١٩٨٤) .

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 × = 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 *Festuca ovina* و *Vicia sepium* (٢ ن = ١٤) ، و *Spirogyra cylindrica*, 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 الكروموسمات 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 × = ٧، وعادة ما تفضل المقارنة بين الفصائل على أساس العدد الأساسى × وليس عدد الكروموسومات ن . وبالرجوع إلى تصنيف كرونكوست . . نجد أن جميع النباتات الزهرية (٢ طائفة Class ، تشتمل على ١١ طويئفة Subclass) بها العدد الأساسى × = ٧ . وفيما عدا طويئفة Caryophyllidae . . فإن العدد الأساسى بها × = ٩ ، كما أن غالبية النباتات ثنائية المجموعة الكروموسومية × 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 × = ٥ ، و ٦ و ٩ .

أمكن الاستفادة من عدد الكروموسومات داخل الفصائل على مستوى العشائر Tribes والأجناس Genera ، مثال ذلك الفصيلة الشقيقية Ranunculaceae ؛ إذ يحتوى معظم أجناسها على × = ٨ . ولكن بعض الأجناس بها × = 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 × = ١٢ ، بينما تحت الفصيلة Pooideae بها × = ٧ . وإن اشتملت الأخيرة على عشائر مثل Glycerieae بها × = ١٠ ، أو أجناس مثل *Holcus* به × = ٥ تحيد فى عددها الأساسى .

يعتبر التباين فى عدد الكروموسومات بين الأنواع مصدراً مهمًا 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 .

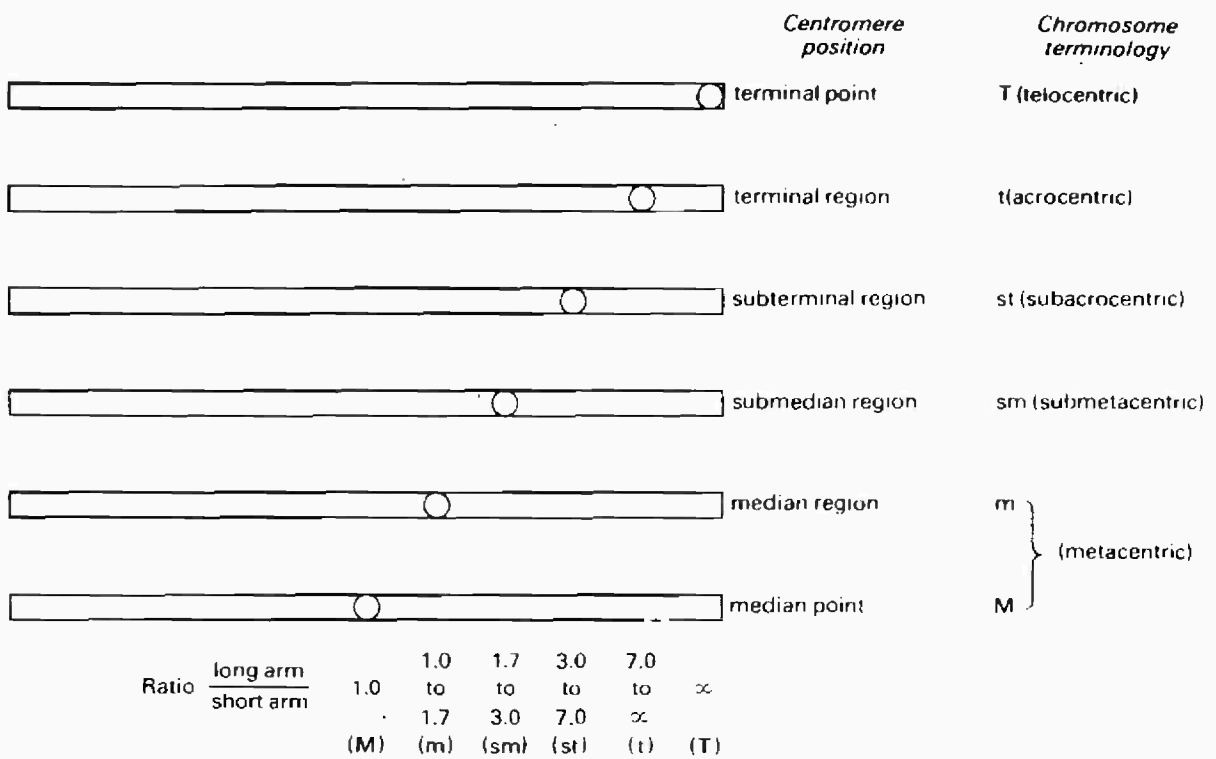
يستعمل المصطلح التعدد المجموعى الخفى Cryptic polyploidy أو التعدد المجموعى شبه الخفى Semi-cryptic polyploidy ؛ إذا لم يصاحب التعدد المجموعى مظهراً خارجياً مميزاً . وقد تنشأ بعض المشكلات التقسيمية ، إذا لم يصاحب العدد المحدد للكروموسومات اختلافات مورفولوجية معينة ، كما فى حالة *Ranunculus ficaria* ثنائى 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 Telocentrics ، 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 (١٠-١٢) : مخطط يوضح المصطلحات الكروموسومية تبعا لموضع السنترومير .
(عن ليڤان وآخرين Levan *et al.*, ١٩٦٥) .



الصفة الثالثة التى يستفاد منها عند دراسة تركيب الكروموسومات ، هى الاختناقات الثانوية Secondary constrictions ، التى تحدد وجود التوابع Satellites ، ولا تقتصر أهمية وجود التوابع على القيمة التقسيمية لها ، ولكن للخلط بينها وبين الكروموسومات الإضافية خاصة فى التحضيرات الرديئة ، أو إذا ما استطالت 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 فى المظهر فى أغلب الأحيان ؛ فقد تكون فى بعض الحالات واضحة للغاية ، وفى حالات أخرى غير محددة، كما يصعب الحصول على نتائج لها ثابتة على الدوام .

يعرف مظهر المجموعة الأساسية للكروموسومات (الجينوم) تحت المجهر الضوئى بالطراز النووى Karyotype . ومثال ذلك يمكن القول أن الطراز النووى فى جنس *Calystegia* (٢ ن = ٢٢) يتكون من ثمانية كروموسومات قصيرة بها السنترومير وسطى ، وكروموسومين قصيرين ، بهما السنترومير قريباً من الوسط Submetacentrics ، وكروموسوم قصير ، به سنترومير وسطى ، بالإضافة إلى اختناق ثانوى واضح وتابع . ويمكن استخدام النسبة بين ذراعى الكروموسوم فى الحالات التى 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 فى هذا الحقل على صيغة موحدة لذلك .

أمكن الاستفادة كثيراً بالصفات التركيبية للكروموسومات إلى جانب حجمها وعددها بمختلف المستويات التقسيمية ، ومن الأمثلة على ذلك فى نباتات ذوات الفلقة الواحدة جنسى اليوكا *Yucca* والصبار *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 فى اليوكا وبعض أجناس أخرى ذات مبيض علوى . وعلى العكس من ذلك . . فإن المبيض فى 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 التى وضحت فى الثلاثينات ، عندما وجد أن الفصيلة الصبارية ذات طراز نووى متميز ، يتكون من ٥ كروموسومات كبيرة و ٢٥ كروموسومًا صغيرًا ، وإن كان هذا النوع من التميز الواضح نادر الوجود ، ولكن غالباً ما توجد اختلافات أقل وضوحاً بالصفات المورفولوجية للكروموسومات ، والتى تكون ذات قيمة لحسم ما قد ينشأ من جدل فى النواحى التقسيمية .

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 التقسيمية 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 السنترومير 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 لالتحام كروموسومات بها السنترومير 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 مورفولوجيا ، ويرجع ذلك إلى التقدم السريع فى طرق الصبغ الحديثة ، باستعمال صبغات جيمسا Giemsa وفلوروكروم Fluorochrome ، والتى تصبغ الكروموسومات على هيئة أشرطة منتظمة بدلاً

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

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

تحتوى بعض المجموعات النباتية على طرز من الكروموسومات مميزة للغاية ؛ مما يوفر معلومات لها أهميتها التقسيمية ، مثال ذلك الكروموسومات الصغيرة والخالية من سنترومرات متميزة ، غالباً ما يقال إنها ذات سنترومرات منتشرة أو غير محددة الموقع ، والتى توجد فى فصيلتى السمارية Juncaceae والسعدية Cyperaceae ، وهما من فصائل ذوات الفلقة الواحدة ، التى ثبت حالياً وجود صلة تربطهما معاً ، بينما باعدت نظم التقسيم السابقة بينهما لاختلافات التركيب الزهرى بهما . ولما كانت مثل هذه الكروموسومات لا تعتمد على وجود سنترومير متميز لإنتظام سلوكها الميتوزى والميوزى ، فإن تجزئتها لا تكون بالضرورة ضارة ، وتتميز أنواع كثيرة بعدد من الكروموسومات غير منتظم ، على سبيل المثال فى مجموعة *Luzula spicata* قد تكون ٢ ن = ١٢ أو ١٤ أو ٢٤ ، ولكن العدد الكلى للكروموسومات يكون تقريباً متساويًا فى الجميع ؛ مما يشير إلى احتمال نشأة الأعداد المرتفعة من التجزئة Agmatoploidy . وفى 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 رقياً) فإن كروموسومات الجنس لا تكون فى الغالب متميزة ، ومع ذلك يحتوى *Silene dioica* على النظام XX/XY و *Rumex acetosa* على النظام XX/XYY 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 ، والتى 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 ، والتى بها كروموسومات صغيرة ذات سنتروميرات 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 بالسنتروميرات 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 الكروموسونية بها ٢ ن = ١٤ ، 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 ٦ كروموسومات وأخرى من ٨ كروموسومات ، بينما يعطى *O. erythrosepala* حلقة من ١٢ كروموسومًا ووحدة ثنائية ، ويعطى *O. strigosa* حلقة واحدة من ١٤ كروموسومًا .

يعتبر وضع *Oenothera* نادر الحدوث ، فعادة ما تكون مثل هذه التراكيب الشاذة غير ثابتة ، وإنما تمثل نتاج تهجين عفوى 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 Quadrivalent 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* (٢ ن = ٨) و *C. fuliginosa* (٢ ن = ٦) . 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 حامل 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 (٢ ن = ٧) ، 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 تتسبب الانقلابات البسيطة نسبياً بالكروموسومات فى عدم التزاوج كلية . وبطبيعة الحال . . فإن مدى التزاوج لا يرتبط تماماً مع مستوى خصوبة الهجين ؛ حيث يوجد عديد من العوامل الأخرى - خلاف عدم التزاوج - تؤدى إلى العقم ، وبالتالى 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 $B\acute{B}$ بدلاً 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

موجود من نباتات ثنائية المجموعة الكروموسومية . فلو حصلنا على الهجن ثلاثية المجموعة الكروموسومية نتيجة للتهجين بين نباتات رباعية وكل من العشرة ثنائية المجموعة الكروموسومية PQA و PQB ... إلخ .. لأمكن تعرف الجينومين P و Q من خلال السلسلة A إلى J من سلوك تزاوج الكروموسومات ، وإذا ما احتوى كل جينوم ٧ كروموسومات.. فإن الهجين الثلاثى PQA سوف يعطى ٢١ وحدة أحادية الكروموسوم Univalent ، إذا لم تناظر A أى من P أو Q ، وسوف تعطى ٧ وحدات أحادية الكروموسوم و ٧ وحدات ثنائية الكروموسوم Bivalent إذا ناظرت أى من P أو Q ، وعادة ما لا يتطلب الأمر إجراء كل العشرة هجن المحتملة ، فغالباً ما يصاحب الجينومات الأبوية خصائص خارجية متميزة للأنواع المختبرة .

أمكن بهذه الكيفية تحديد أسلاف عديد من التعدد المجموعى Polyploids دون أدنى شك ، ومثال ذلك القمح السداسى *Triticum aestivum* الذى يرمز له AABBDD ، ويوجد الجينوم A فى القمح الثنائى *Triticum monococcum* والجينوم B فى الثنائى *Aegilops speltoides* ، والجينوم D فى الثنائى *Aegilops squarrosa* . ومع ذلك فيجدر الإشارة أنه فيما عدا التعدد المجموعى الحديث النشأة جداً .. فإن حالة اشتراك ثنائى المجموعة الكروموسومية مع تعدد مجموعى لا يدل بالضرورة (أو ربما نادراً ما يدل) على أن الثنائى ذاته كان سلفاً للتعدد المجموعى ، بل الأحرى أن ثنائياً به هذا الجينوم أو آخر شديد الشبه به كان سلفاً لهذا التعدد المجموعى .

تعطى النباتات ذات تعدد المجموعات الكروموسومية الخلطى التامة الخصوبة ثنائيات كروموسومية أثناء الانقسام الميوزى ، فلو كان النبات رباعياً AABB أمكن استدلال أن الثنائيات كانت أزواج A-A و B-B ، وأن A و B متناظرة .. فمن المتوقع بالإضافة إلى أزواج A-A و B-B ، وجود بعض أزواج A-B ، وبالتالى بعض رباعيات A-A-B-B عند الانقسام الميوزى؛ أى يكون الرباعى على هيئة تعدد مجموعى رباعى ذاتى Autotetraploid ، أو تعدد مجموعى رباعى خلطى جزئياً Segmental allotetraploid تبعاً لمقدار التزاوج ، كما قد يظهر أيضاً أزواج A-B فى الهجين الثنائى AB التى ينشأ عنها التعدد المجموعى الرباعى ، ونتيجة لذلك .. فإنه كلما قل التزاوج أدى إلى زيادة العقم فى الهجين الثنائى ، وزاد عدد الوحدات الثنائية الكروموسوم مقارنة بتكون الوحدات

الكروموسومية المتعددة ، وهذه تؤدى إلى زيادة الخصوبة فى التعدد المجموعى الرباعى الناتج ، ولقد تجد 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 ، ففى 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 الثنائى Amphidiploid ، كما كان يفترض ، ولكنه سداسى المجموعة الكروموسومية خلطى جزئياً Segmental allohexaploid "Diploidized" 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 جيمسا Giemsa التى تأكدت أهميتها فى إظهار الخصائص الجينومية .

أسئلة للنقاش

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