الباب الرابع

الورقـــة LEAF

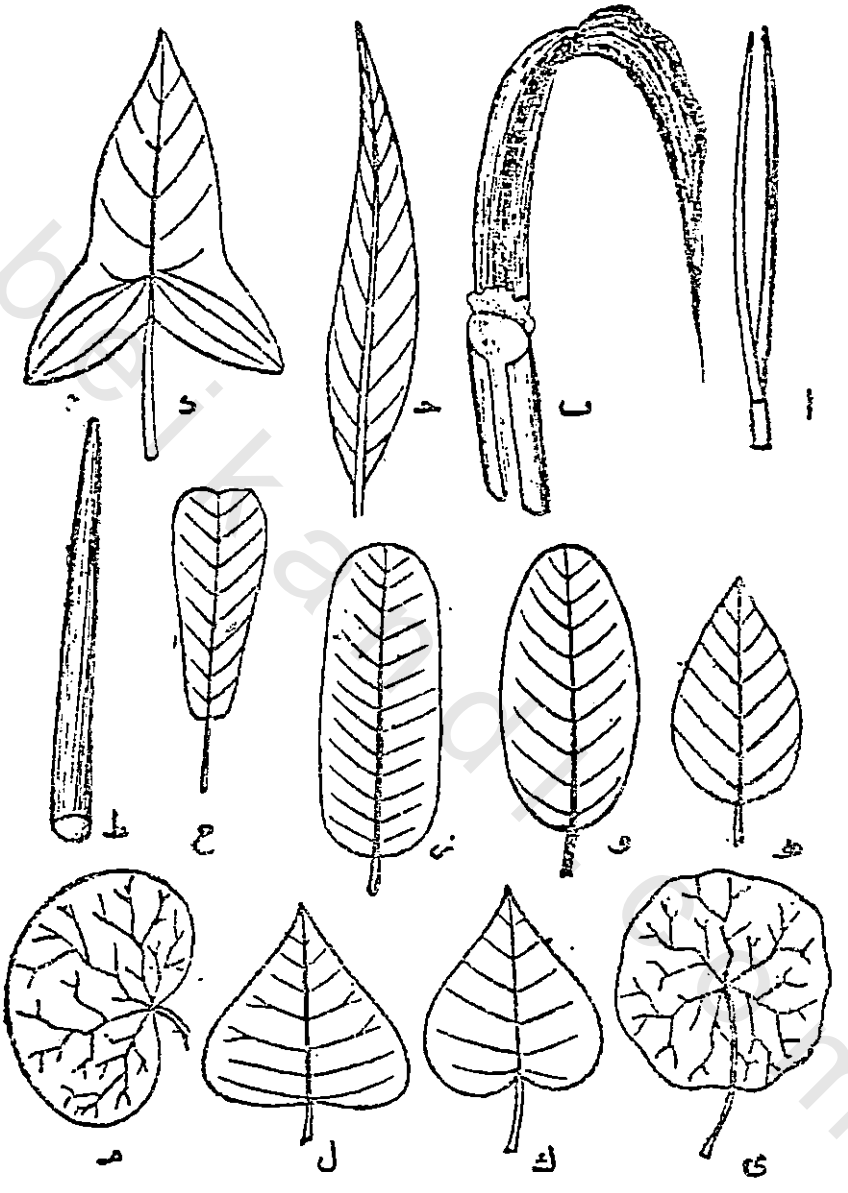
الأوراق هى أجزاء نباتية مفلطحة رقيقة عادة ، غنية بالكلوروفيل ، تحمل على الساق . وتسمى منطقة خروج الأوراق من الساق بالعقد nodes والزاوية العليا بين الورقة والساق تسمى ابط الورقة leaf axil ، وفى هذه الزاوية توجد البراعم .

وتنشأ الأوراق من نموات بارزة لبعض الخلايا الخارجية للبراعم تسمى مبادىء الأوراق leaf primordia ، وباستمرار نمو مبادىء الأوراق تتكون الأوراق ويشمل النمو فى المبدأ جميع أجزاء مبادىء الأوراق ولكن يكون معظمه ناتجا عن النمو فى القمة ثم يقف النمو القمى، ويكتمل معظم النمو فى أوراق النباتات ذات الفلقتين نتيجة للنشاط المرستيمى للخلايا الوسطية الواقعة بين القمة والقاعدة، أما فى النباتات ذات الفلقة الواحدة فيستمر نمو الورقة بعد وقوف النمو الطرفى نتيجة للنشاط المرستيمى لخلايا قاعدة الورقة .

أجزاء الورقة :

تتركب الورقة أساسياً من نصل blade وعنق petiole وقاعدة base ، وقد توجد زائدتان ورقيتان تتصلان بقاعدة العنق تسميان بالأذينتين stipules .

ونصل الورقة هو أهم جزء فيها . وهو رقيق عادة ويحتوى على الكلوروفيل.

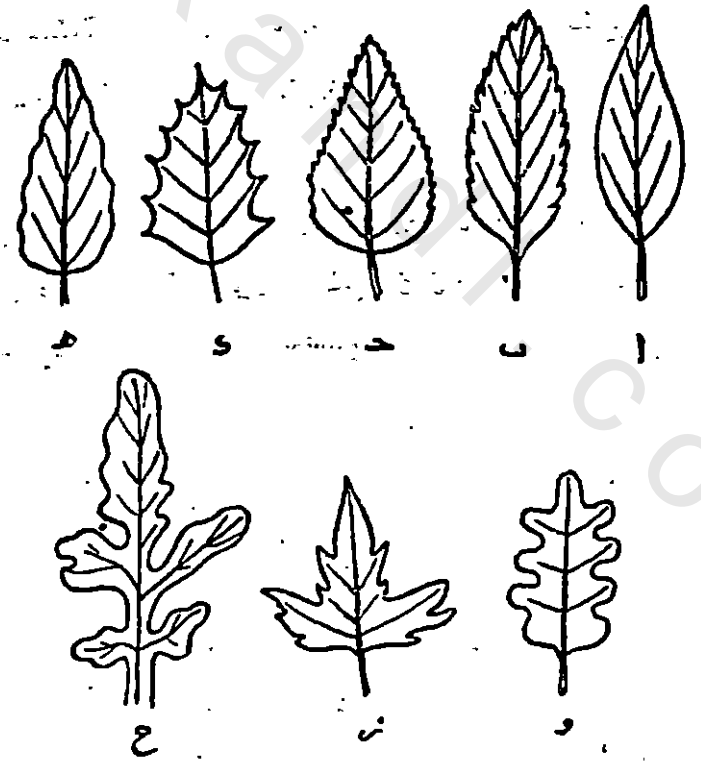


(شكل ١٢) : أشكال النصل فى الورقة البسيطة

ا - أبرى ب - شريطى ح - رمحى د - سهمى
هـ - بيضى و - بيضاوى ز - مستطيل ع - ملعقى
ط - أنبوبى ى - درعى ك - قلبى ل - مثلث
م - كلوى

وتختلف أشكاله كثيراً ، فمن أشكاله الابرى acicular ، والشريطى linear ، والرمحى lanceolate . والسهمى sagittate، والبيضى ovate ، والبيضاوى elliptic ، والمستطيل oblong ، والدرعى peltate ، والقلبى cordate ، والمثلث deltoid ، والملعقى spatulate ، والكلوى reniform ، والأنبوبى tubular (شكل ١٢).

ويختلف شكل حافة الورقة ، فمنها الحافة الكاملة entire ، والمنشارية serrate ، والمسننة dentate ، والشوكية Spiny ، والمتموجة crenate ، والمفصصة lobed ، والمقسمة deeply lobed ، والمجزأة pinnatifid (شكل ١٣) .



(شكل ١٣) : أشكال حافة النصل

ا - كاملة ب - منشارية حـ - مسننة د - شوكية
هـ - متموجة و - مفصصة ز - مقسمة ح - مجزأة

ويختلف شكل قمة الورقة ، فقد تكون مستدقة acuminate ، أو حادة acute ، أو مستديرة obtuse ، أو مسطحة flattened ، أو معقودة retuse . أو منخفضة emarginate (شكل ١٤) .

و هـ د حـ ب ا

(شكل ١٤) : أشكال قمة النصل

ا ـ مستدقة ب ـ حادة حـ ـ مستديرة

د ـ مسطحة هـ ـ معقودة و ـ منخفضة

كما يختلف شكل القاعدة فقد تكون مسحوبة acuminate ، وقد تكون مسطحة truncate ، وقد تكون مستديرة rounded ، وقد تكون قلبية cordate وقد تكون غائرة auriculate .

هـ د حـ ب ا

(شكل١٥) : أشكال قاعدة النصل

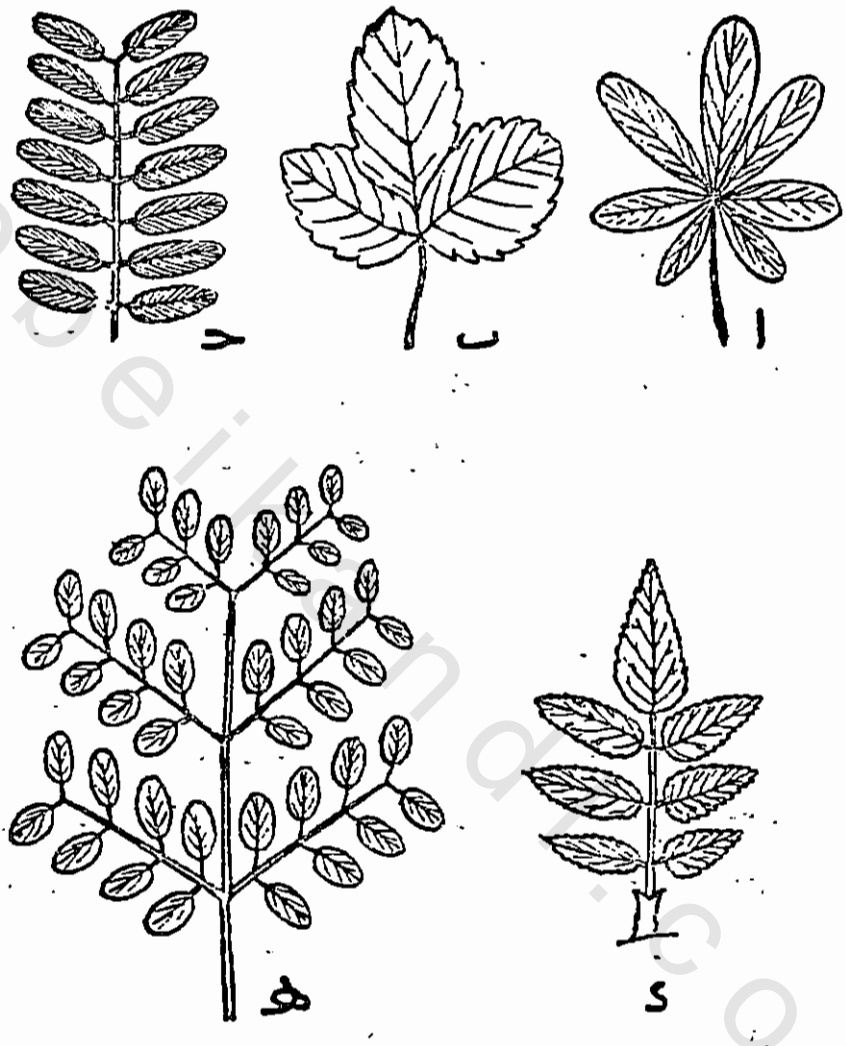
ا ـ مسحوبة ب ـ مستديرة حـ ـ مسطحة

د ـ قلبية هـ ـ غائرة

وبالنسبة لعنق الورقة فهو عادة أسطوانى يشبه الساق ، وفى بعض الأحيان يكون العنق شريطيا كما فى كثير من النباتات وحيدة الفلقة ويسمى فى هذه الحالة بالغمد sheath . وعادة يظهر نمو مسن عند منطقة اتصال النصل بالغمد يطلق عليه لسين ligule . وهو فى كثير من الأحوال يمنع الماء والمواد الغريبة من السقوط بين الساق والغمد ، وفى كثير من النباتات كالشعير تمتد قاعدة النصل عند اتصالها بالغمد فى شكل زائدتين تسميان بالاذنتين auricles تمتدان حول الساق . وأحيانا لا يوجد العنق فيتصل النصل مباشرة بالساق فيقال للورقة أنها جالسة sessile كما فى أوراق نبات الزينيا *Zinnia* .

والأوراق قد تكون بسيطة simple عندما يكون نصل الورقة مكونا من قطعة واحدة وقد تكون الورقة مركبة compound عندما يتكون النصل من عدة أجزاء تشبه الأوراق تسمى وريقات leaflets . والتمييز بين الورقة والوريقة يلاحظ أن الوريقات لا يوجد فى آباطها براعم بعكس الأوراق، وأن الوريقات توجد دائما فى مستوى واحد فى حين أن الأوراق توجد فى مستويات مختلفة ، وكذلك يلاحظ عند التساقط انفصال الورقة عند قاعدة عنقها، ونادراً ما تسقط الوريقات منفصلة .

والأوراق المركبة نوعان (شكل ١٦) . أوراق مركبة راحية palmately compound وفيها تكون جميع الوريقات خارجة من نقطة واحدة على طرف عنق الورقة ، وأوراق مركبة ريشية pinnately compound ، وفيها يوجد محور سطحى يطلق عليه الشمراخ الورقى rachis على امتداد العنق وعلى جانبيه تقع الوريقات التى قد يطلق عليها أيضا الريشات pinnae . الأوراق المركبة الريشية قد تكون فردية odd pinnately compound إذا وجدت بها



(شكل ١٦) : أنواع الأوراق المركبة

ا - مركبة راحية ب - مركبة ثلاثية حـ - مركبة ريشية ثنائية
د - مركبة ريشية فردية هـ - مركبة ريشية متضاعفة

وريقة طرفية واحدة وقد تكون زوجية even pinnately compound إذا وجد فى طرف شماخها الورق وريقتان ، والوريقات قد تكون جالسة أو معنقة

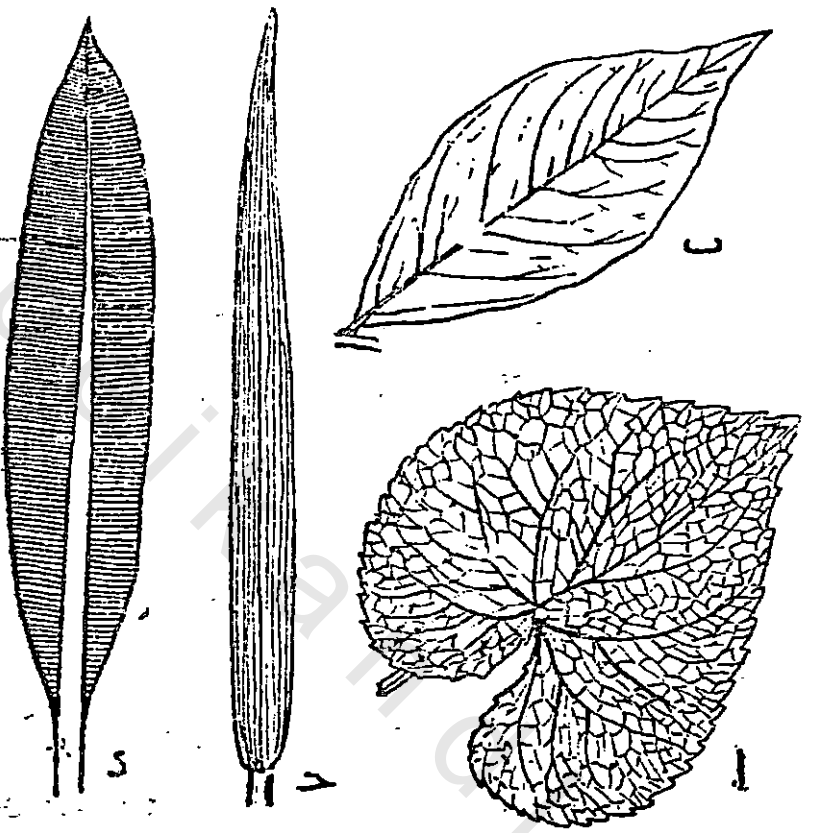
وفى بعض الأحيان تكون الوريقة مركبة فيقال للورقة أنها مركبة ريشية متضاعفة pibinnately compound ؛ ووحداتهـــا الصغيرة تسمى ريشات pinnules .

التعـــريق : Venation

رغم قلة سمك نصل الورقة فإنها تكون متينة متماسكة ، ويرجع ذلك إلى مجموعة الحزم الوعائية التى تجرى بداخلها والتى تسمى العروق veins ، وهى تتصل بحزم العنق فالساق وتختلف الأوراق فى نظام تعريقها ، فيوجد نظامان أساسيان للتعريق هما التعريق الشبكى netted والتعريق المتوازى parallel (شكل ١٧) والتعريق الشبكى يميز نباتات ذات الفلقتين وفيه تتفرع العروق عـــدة مرات ونهايات الفروع الصغيرة تتقابل وتتصل ببعضها فى شكل شبكى . ويوجد نوعان من التعريق الشبكى ، تعريق شبكى راحى palmate وفيه يخرج فى قاعدة النصل عدد من العروق الرئيسية يتفرع كل منها شبكيا . وتعريق شبكى ريشى pinnate ويميزه وجود عرق وسطى واحد رئيسى يتفرع إلى عروق جانبية . والتعريق المتوازى يميز نباتات ذات الفلقة الواحدة ومنه نوعان ، تعريق متوازى طولى ويميزه وجود عدة عروق رئيسية تمر من القاعدة إلى القمة كما فى النباتات النجيلية ، وتعريق متوازى عرضى ويميزه وجود عرق وسطى واحد رئيسى تخرج منه عروق جانبية متوازية كما فى نبات الموز *Musa* .

نظام وضع الأوراق على الساق : Phyllotaxy

تختلف ترتيب وضع الأوراق على الساق حسب نوع النبات ، وعموما فهناك ثلاثة أوضاع كالآتى : ـ



(شكل ١٧) : أنواع التعريق فى الأوراق

ا - تعريق راحى شبكى　　ب - تعريق ريشى شبكى

حـ - تعريق متوازى طولى　　د - تعريق متوازى عرضى

١ - الوضع الحلزونى : Spiral

وفى هذا النظام توجد ورقة واحدة على كل عقدة وفى أبسط أنواعه تقع الورقة الثانية فى وضع مقابل للورقة الأولى والورقة الثالثة تقع فوق الورقة الأولى مباشرة وذلك كما فى نبات القمح . وقد يكون ترتيب الأوراق بحيث تقع الورقة الرابعة فوق الورقة الأولى كما فى نبات الزان *fagus grandifolia* وقد تقع

الورقة السادسة فوق الورقة الأولى وهذا من أكثر الأنواع شيوعا كما فى الكريز *Prunus avium* والتفاح *Malus* sp. والحور *Populus* . وعموما يقدر نظام وضع الأوراق بكسر حسابى يمثل بسطه عدد الدوائر الكاملة التى تحدث إذا مررنا خيط من قاعدة ورقة ماراً بقواعد الأوراق المتتالية حتى نصل إلى الورقة التى تقع فوق الورقة الأولى مباشرة ، والمقام يمثل عدد قواعد الأوراق التى مر بها الخيط ما عدا الورقة الأولى. ففى حالة القمح نجد أن الخيط يعمل دائرة واحدة ليمر من الورقة الأولى إلى الورقة الثالثة التى تعلوها مباشرة فيكون نظام وضع الأوراق $\frac{1}{3-1}$ أى $\frac{1}{2}$ (شكل ١٨) وفى حالة التفاح نجد أن الخيط يعمل دائرتين كاملتين ليمر فى الورقة الأولى حتى الورقة التى تعلوها مباشرة وهى السادسة ، فنجد أن نظام وضع أوراق التفاح هو $\frac{2}{5}$ ، والأوضاع المعروفة فى الطبيعة هى . $\frac{1}{2}$ و $\frac{1}{3}$ و $\frac{2}{5}$ و $\frac{3}{8}$ و $\frac{5}{13}$ و $\frac{8}{21}$ و $\frac{13}{34}$ و $\frac{21}{55}$.

٢ ـ الوضع المتقابل : Opposite

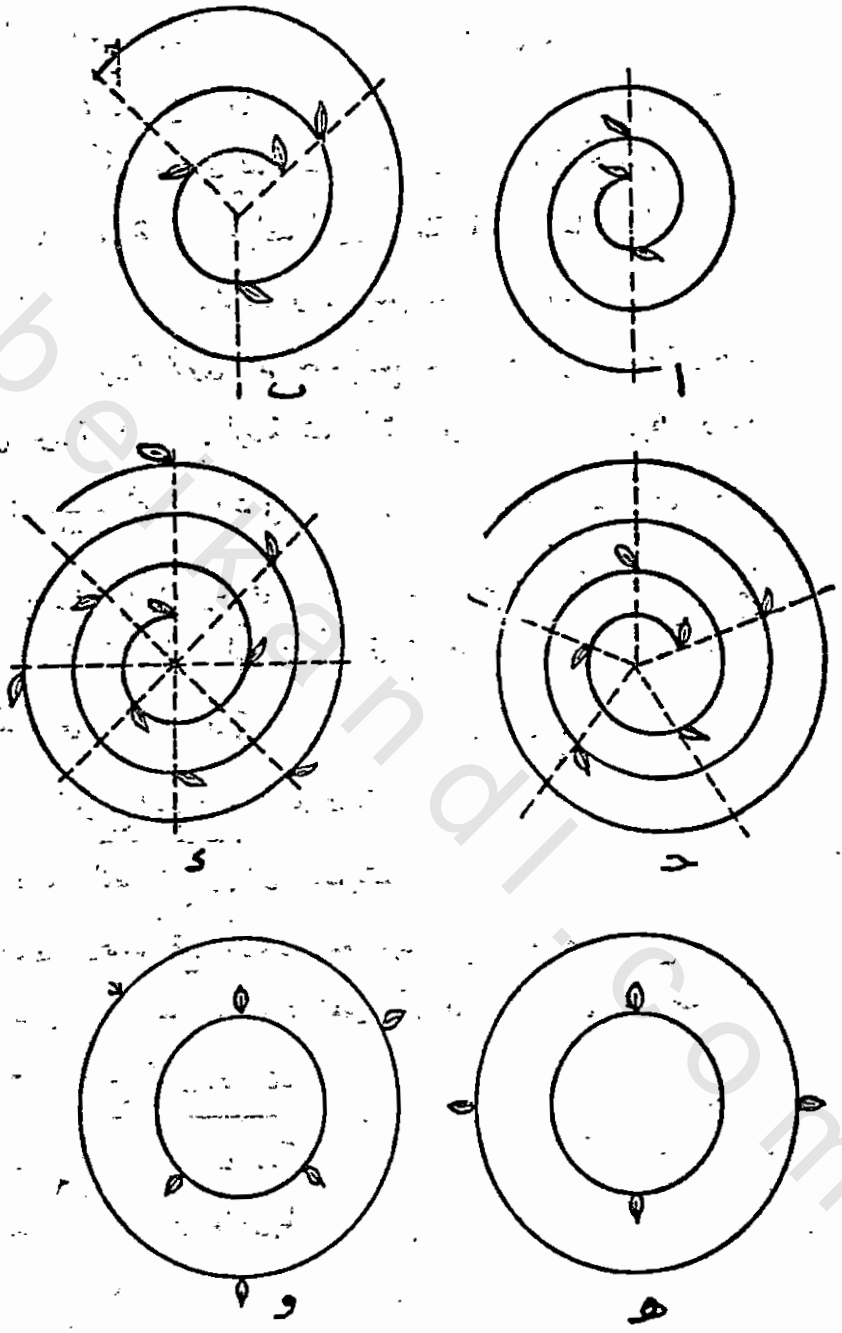
وفى هذا النظام تقع ورقتان متقابلتان فى كل عقدة كما فى نبات الدورنتا *Duranta* ، وعادة تقع الورقتان المتقابلتان فى العقدة التالية فى وضع عمودى على ورقتى العقدة السابقة وبذلك تظهر الأوراق على الساق فى أربعة صفوف .

٣ ـ الوضع السوارى : Whorled

وفيه تقع أكثر من ورقتين على العقدة الواحدة كما فى نبات الدفلة *Nerium oleander* والكازورينا *Casuarina* .

أنواع الأوراق :

توجد صور مختلفة من الأوراق تتخصص بعضها لوظائف معينة ، ومن هذه الأنواع :ـ



(شكل ١٨) : رسم توضيحى يبين نظم وضع الأوراق على الساق

أولا: الأوضاع الحلزونية، ا = ١/٢ ، ب = ١/٣ ، جـ = ٢/٥ ، د = ٣/٨

ثانياً : الوضع المتقابل (هـ) ثالثا : الوضع السوارى (و)

١ - الأوراق الخوصية : Foliage Leaves

وهى أوارق النبات الخضراء العادية التى يحملها فى أجزائه الهوائية .

٢ - الأوراق الأولية : Prophylls .

وهى الأوراق التى يكونها النبات فى أول تكوينه ، وتختلف فى الشكل عن الأوراق العادية . ففى الفول مثلا توجد فى البسادرة ورقتان أوليتان وهذه تخالف الأوراق العلوية فى أنها بسيطة عديمة الأذينات جالسة بعكس الأوراق العادية المركبة ذات الأذينات والمعنقة .

٣ - الأوراق الفلقية : Cotyledonary leaves

وهو جزء من الجنين يحتوى عادة على الغذاء اللازم لنمو الريشة والجذير فى أول حياة النبات . ففى حالة الأنبات الهوائى ، كما فى إنبات القطن ، تظهر الفلقتان فوق سطح الأرض ويخضر لونهما فتظهر بشكل ورقتين سميكتين كلوية الشكل .

٤ — الأوراق الحرشفية: Scaly Leaves

هى أوراق أو أجزاء من الأوراق غير خضراء توجد على الساق الأرضية والبراعم المغطاة ، وقد تكون الأوراق الحرشفية عصارية كما فى البصل ، والغالب أن تكون جافة . فى البراعم المغطاة لكثير من النباتات الخشبية تكون الأوراق الحرشفية صغيرة وسميكة جالسة عادة مغطاة بشعور على سطحها الخارجى وأحيانا تكون شمعية أو فللينية أو بها مواد راتنجية .

٥ — الأوراق الزهرية : Floral Leaves

وهى الأوراق التى تكون المحيطات الزهرية ، وتشمل السبلات sepals

والبتلات patals والأسدية stamens والكرابل carpels ، كما تعتبر من الأوراق الزهرية، الأوراق المساعدة المرتبطة بالزهرة ، مثل القنابات bracts والقلاة involucre والقينوة spathe وغيرها .

٦ ــ الأوراق المتحورة : Modified Leaves

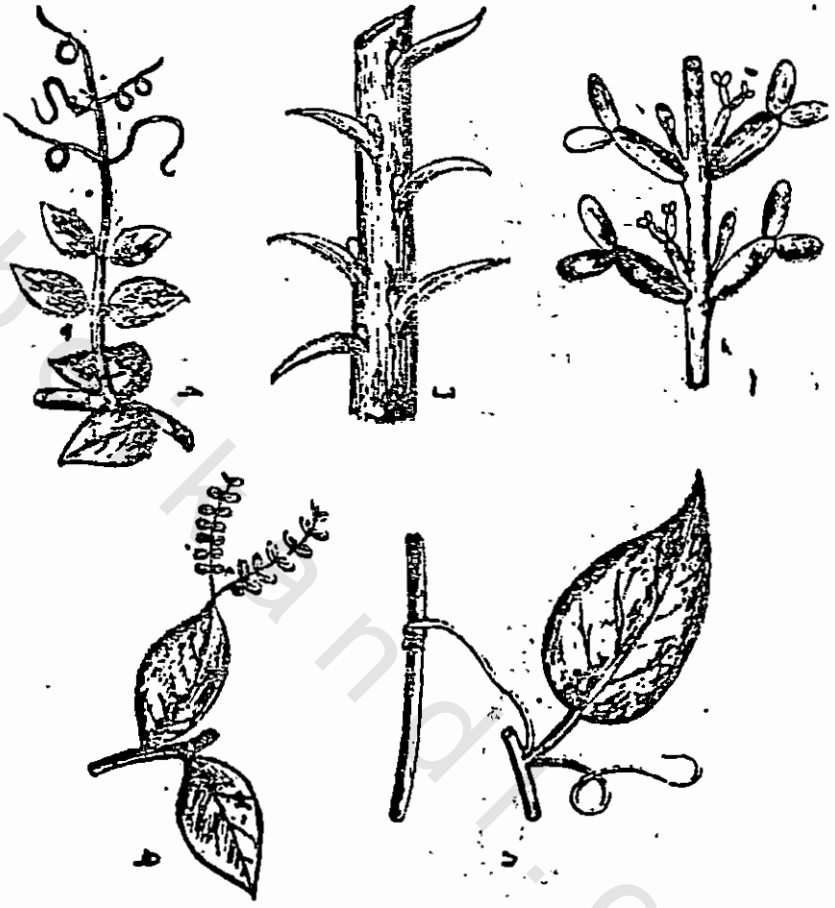
قد يحدث تحور للأوراق يبعدها عن الشكل الطبيعي للاوراق مما يصعب معه التعرف عليها كأوراق ، الا بعد الفحص النباتي الدقيق (شكل ١٩) ، ومن هذه التحورات : ــ

ا ــ أوراق مخزنة Storage : وهي أوراق تقوم بتخزين الماء والغذاء كما في أوراق نبات الحي علم *Mesembryanthemum* .

ب ــ أوراق شوكية Spines : كما في بعض أوراق نبات البربرى *barberry* ويستدل على هذه الأشواك كاوراق لوجود براعم في آباطها . وكذلك في أنواع من نبات الكاكتس حيث تتحور جميع أوراقها إلى أشواك ، وفي هذه الحالة يقوم الساق بالتمثيل الكلوروفيللي. في بعض النباتات كما في نبات السنط *Acacia* تتحور الأذينات فقط إلى أشواك .

حـ ــ المحاليق Tendrils : قد تتحور الورقة كلها أو جزء منها فقط إلى محاليق كما في بسلة الزهور *Lathyrus* حيث تتحور الوريقات الطرفية إلى محاليق وتبقى الوريقات القاعدية كما هي ، وفي نبات السميلاكس *Smilax* تتحور الأذينات إلى محاليق وتبقى باقي الورقة في شكلها الطبيعي .

د ــ العنق الورقي Phyllode : وفي هذا النوع من النباتات يأخذ عنق الورقة شكل ورقي ويكون النصل عادة مختزل ويسقط بعد مدة قصيرة كما في بعض أنواع السنط *Acacia sp.*



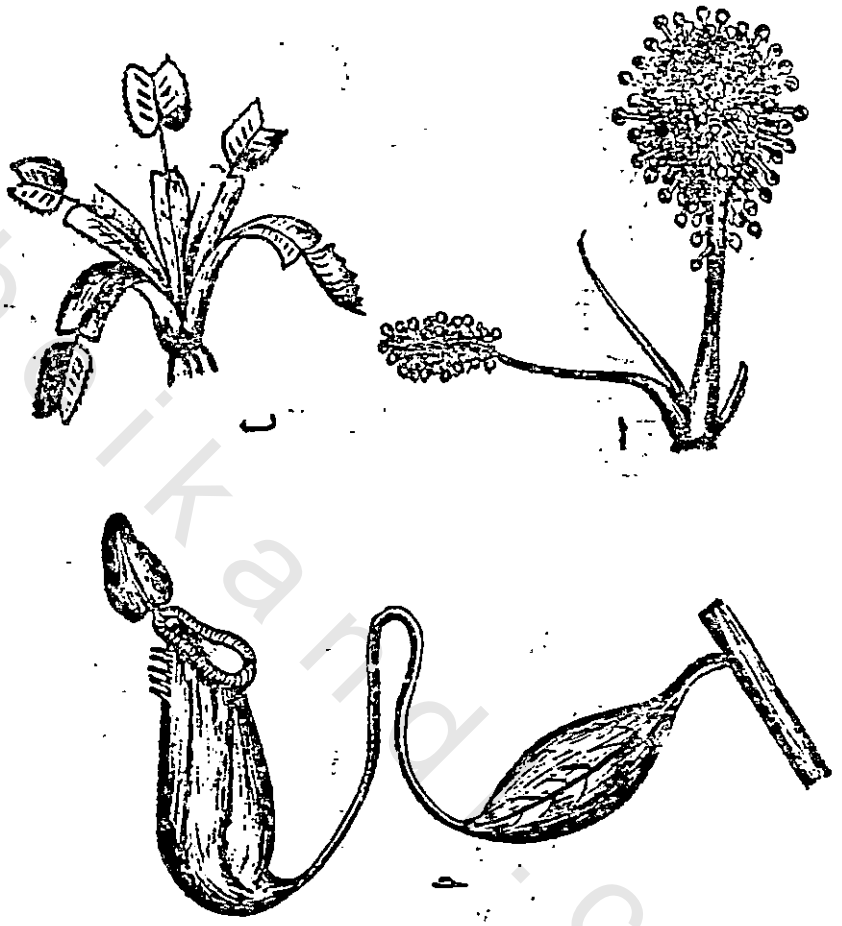
(شكل١٩) : أنواع من الأوراق المتحورة

ا ـ أوراق مخزنة للماء ب ـ أوراق شوكية

حـ ـ أجزاء من الورقة متحورة إلى محاليق و ـ أذينات محلاقية

هـ ـ عنق ورقى

هـ ـ النباتات آكلة الحشرات : Insectivorous plant : فى هذه النباتات تحدث تحورات للأوراق تمكنها من قنص الحشرات ثم التغذية عليها (شكل ٢٠) ومن أمثلة هذه النباتات ورد الشمس *Drosera* ، حيث



(شكل ٢٠) : بعض النباتات آكلة الحشرات

ا ـ نبات ورد الشمس Drosera ب ـ نبات خناق الذباب

حـ ـ نبات الجرة .

تكون الأوراق دائرية ومغطاة بشعور طويلة غدية تفرز على أطرافها مادة غدية لزجة ، هذه الشعور أطول فى الأطراف عنها فى الوسط ، فإذا سقطت حشرة على هذه الشعور التصقت بها وسرعان ما تنحنى جميع الشعور إلى الوسط ممسكة بالحشرة بقوة ثم تفرز عليها أنزيمات هاضمة

تحلل جسم الحشرة ثم تمتصها الورقة . وفى نبات خناق الذباب *Dionea muscipula* يتحور نصل الورقة بشكل مصراعين يتحركان حول العرق الوسطى ، ويوجد بداخل كل مصراع ثلاث شعيرات حساسة وعدد منتشرة على سطح المصراعين . وعلى حواف كل مصراع صف من الأشواك القوية ، فإذا سقطت حشرة على الشعيرات الحساسة يتحرك المصراعان حول العرق الوسطى مغلقا على الحشرة . يتبع ذلك عمليات الهضم المعتادة . أما فى نبات الجرة (النيبنتس) *Nepenthes* فيتحور عنق الورقة وينقسم إلى ثلاثة أجزاء ، الجزء القاعدى يتورق والجزء الوسطى يبقى محلاقى والجزء الطرفى يأخذ شكل الجرة ، أما النصل فيتحرك مفصليا حول الجرة مكونا غطاء لها ، يفرز الغطاء من الداخل مادة عسلية لزجة بينما تفرز جدر الجرة الداخلية مادة سائلة . جدر الجرة الداخلية مغطاة بمادة شمعية أو شعيرات متجهة إلى أسفل تجذب المادة العسلية الموجودة بغطاء الجرة الحشرات التى تنزلق للداخل بتأثير المادة الشمعية أو الشعيرات ثم تسقط بالداخل حيث تختنق فى المادة السائلة المتجمعة بأسفل الجرة ثم تهضم وتمتص .