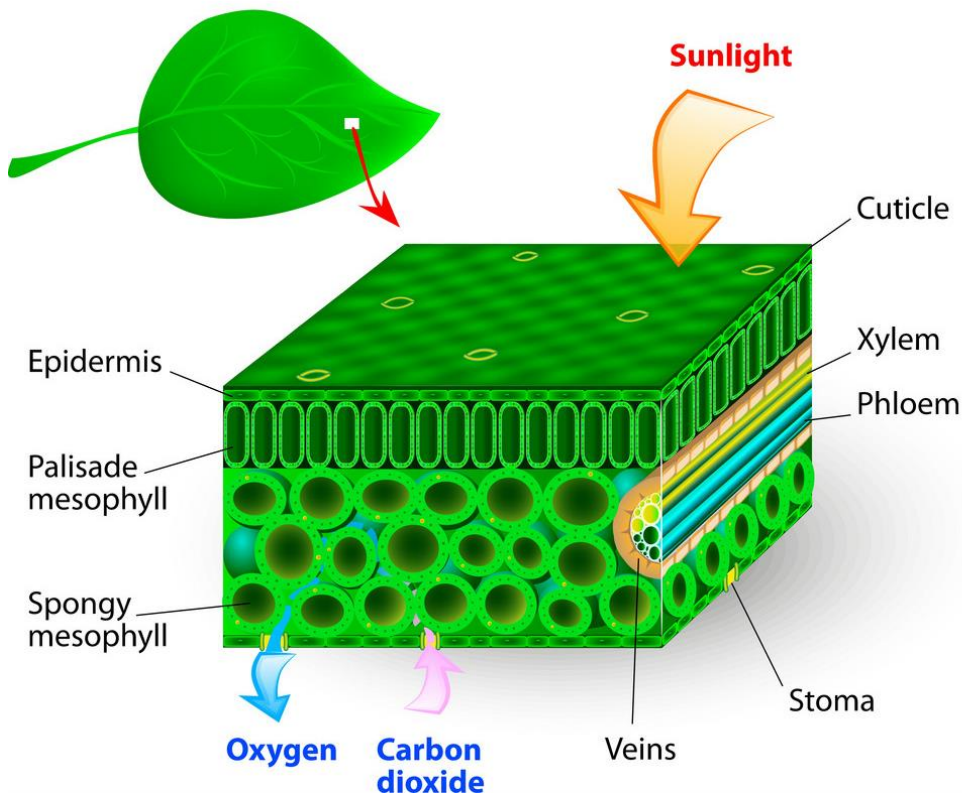


## فصل پنجم:

### آناتومی و مورفولوژی برگ

برگ یکی از اندام‌های بسیار مهم در گیاهان است این اندام‌های پهن و سبز رنگ دارای دو بخش اصلی پهنک و دم برگ می‌باشند و با نظم و ترتیب ویژه‌ای بر روی ساقه گیاهان قرار دارند. پهنک با افزایش سطح تماس برگ و محیط جهت نورگیری توسعه یافته و دو نقش فتوسنتز و تعرق را به خوبی انجام می‌دهد. همچنین در شناسایی گیاهان اهمیت بسزایی دارد. برگ‌ها از اعضای جانبی ساقه‌ها هستند که از مریستم انتهایی نوک ساقه پدید می‌آیند و در محل گره‌ها قرار گرفته‌اند. معمولاً همراه با جوانه‌های جانبی و انشعابات می‌باشند. رشد برگ محدود و متقارن است. برگ هر گیاه معمولاً ویژگی‌های ظاهری خاص خود را دارا است. این ویژگی در درجه اول مربوط به خصوصیات ارثی گیاه و در درجه دوم مربوط به عوامل محیطی مانند نور، رطوبت و دما است.

### ساختمان برگ و انواع آن



## تشریح ساختار برش عرضی برگ

**وظیفه و نقش برگ در گیاه :**

**الف- فتوسنتز (نورساخت) :** فرایندی است که در آن گیاهان سبز در برابر نور خورشید و با استفاده از دی اکسید کربن هوا و آب، گلوکز می سازند و اکسیژن آزاد می کنند. هر موقع که نور به برگ نرسد فتوسنتز و چرخه کالوین در برگ متوقف می شود. عمل غذاسازی (فتوسنتز) هنگامی که نور خورشید به برگ گیاهان می تابد صورت می گیرد در طی این فرایند گیاه با جذب انرژی نورانی خورشید و انجام واکنش های پیچیده شیمیایی در برگ مواد غذایی می سازند و اکسیژن آزاد می کند. در برگ گیاه سبزینه دار، دانه های سبز رنگی به نام کلروپلاست وجود دارد. در درون کلروپلاست مولکول شیمیایی کلروفیل وظیفه آن غذاسازی است. همه سلول های برگ قادر به غذاسازی نیستند تنها سلول هایی قادر به غذاسازی هستند که دارای سبزینه یا کلروفیل باشند مانند سلول های نرده ای و حفره ای واقع در بخش مزوفیل برگ و سلول های محافظ روزنه واقع در بخش روپوست یا اپیدرم برگ.

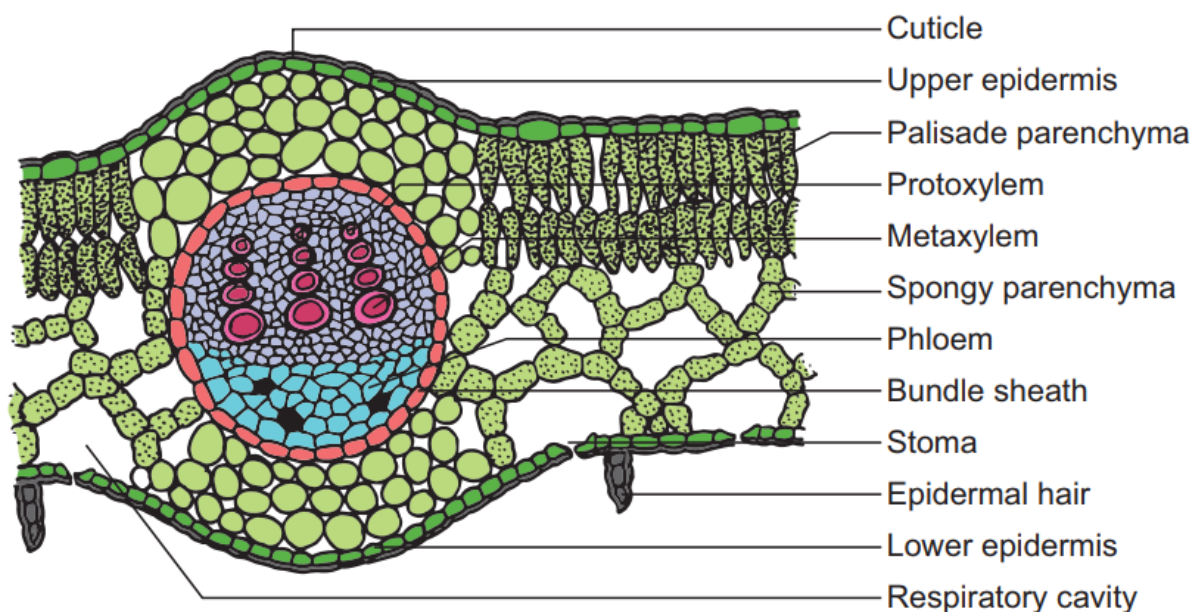
**ب- تنفس:** فرایند آزادسازی انرژی شیمیایی مواد غذایی را به کمک اکسیژن تنفس می گویند.

**ج- تعرق:** دفع آب به صورت بخار از سطح برگ را تعرق می گویند. تعرق به صورت روزنه، بشره و عدسک صورت می گیرد؛ ولی به صورت روزنه ای بیشتر دیده می شود. اهمیت تعرق به دلیل جریان یافتن آب در گیاهان سبب انتقال آب و املاح معدنی از ریشه به برگ و همچنین خنک شدن گیاه می شود.

**د- تعریق:** بخشی از آب اضافی گیاه به صورت مایع از راه روزنه های آبی که در حاشیه برگها قرار دارند خارج می شود.

**ساختار آناتومیکی برگ يك گیاه دولپه:** در برش عرضی که از پهنک برگ تهیه می شود اولین لایه سلولی، لایه اپیدرم است که توسط کوتیکول پوشیده شده است، اپیدرمی که به طرف سطح فوقانی یا سطح شکمی برگ قرار دارد اپیدرم فوقانی (upper epidermis) نامیده می شود و اپیدرمی که در سطح تحتانی یا پشتی برگ وجود دارد اپیدرم تحتانی (lower epidermis) نامیده می شود. در نهان دانگان دولپه اپیدرم فوقانی فاقد استومات (روزنه) و یا دارای تعداد کمی استومات می باشند؛ اما در نهان دانگان تکلپه استوماتها به طور یکنواخت در سطح فوقانی و تحتانی برگ وجود دارند. بعد از اپیدرم بافت پارانشیم کلروفیلی برگ که اصطلاحاً به مزوفیل برگ گفته می شود قرار دارد

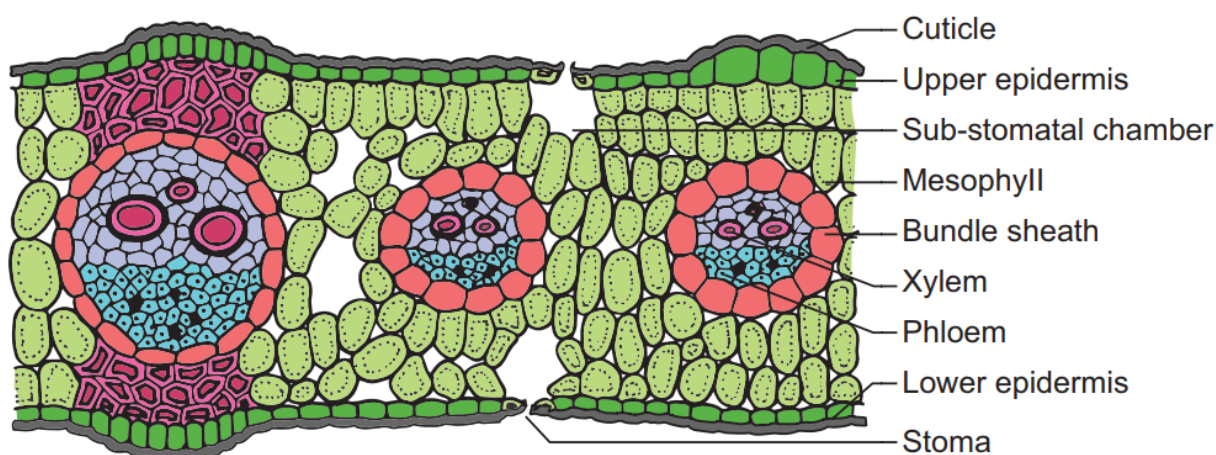
در واقع مزوفیل پارانشیم زمینه‌ای برگ است در قسمت پایین اپیدرم فوقانی سلول‌های پارانشیم نرده‌ای وجود دارند که دارای مقدار زیادی کلروپلاست می‌باشند. سایر سلول‌های پارانشیم مزوفیل برگ از نوع پارانشیم حفره‌ای هستند که در پارانشیم حفره‌ای برگ فضای بین سلولی گسترده است، از این‌رو مزوفیل برگ در نهان‌دانگان دولیه هتروژن یا ناهمگن است، علاوه بر سلول‌های پارانشیم نرده‌ای و حفره‌ای سلول‌های کلانشیم و اسکلرانشیم نیز در مزوفیل برگ وجود دارند، سلول‌های کلانشیم بعد از لایه اپیدرم در داخل قرار می‌گیرند و سلول‌های اسکلرانشیم در بالا و پایین بافت آوندی چوب و آبکش قرار می‌گیرند. بافت‌های آوندی چوب و آبکش به‌صورت جدا از هم طوری قرار می‌گیرند که بافت چوب در سطح فوقانی و بافت فلوئم به‌طرف پایین یا پشتی برگ قرار می‌گیرد، یکی از این دسته‌های آوندی نسبت به بقیه دارای ابعاد بزرگتری است که همان رگبرگ اصلی است.



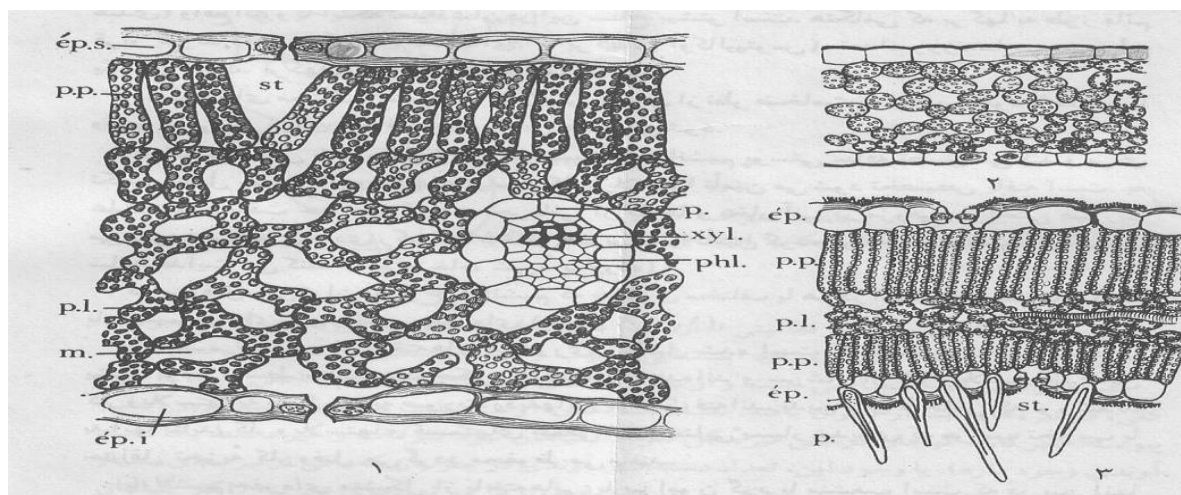
تشریح ساختار برش عرضی برگ گیاه دولپه (آفتابگردان)

**ساختار آناتومیکی برگ یک گیاه تک‌لپه:** پهنک برگ دارای اپیدرم فوقانی (upper epidermis) و تحتانی (lower epidermis) است و از یک سری سلول خشن و سخت تشکیل شده است. همچنین دارای روزنه، کرک، سلول‌های حبابی، سلول‌های حاوی سیلیس و سلول‌های چوب‌پنبه‌ای می‌باشد. در برگ گیاهان تک‌لپه مزوفیل به‌صورت پارانشیم حفره‌ای و نرده‌ای تمایز حاصل نمی‌کند و مزوفیل برگ

دارای بافت پارانشیمی کلروفیلی ساده هست؛ و استوماتها هم در سطح تحتانی و هم فوقانی برگ قرار می‌گیرند. رگبرگها (دستجات چوب آبکش) به صورت موازی مشاهده می‌شوند. دسته‌های آوندی از بافت آبکش (فلوئم) و چوب (زایلیم) تشکیل شده‌اند. دور دستجات آوندی توسط یک لایه سلول به نام استوانه آوندی (Bundle sheath) احاطه شده است. بافت زایلیم به طرف سطح فوقانی و بافت فلوئم به طرف سطح تحتانی برگ وجود دارد. آوندهای چوبی شبیه V معکوس نسبت به سطح رویی برگ قرار گرفته‌اند و آوندهای آبکش در دهانه V و نزدیک به سطح تحتانی مشاهده می‌شوند. همچنین بافت کلانشیم و اسکلرانشیم نیز در این برگها دیده می‌شود. ساختمان نیام در تکلیف‌های تقریباً شبیه دم برگ در دولپه‌ایها هست با این تفاوت که مقداری برجسته است و وسعت پیدا کرده است. بافت نگهدارنده در این نواحی زیاد است زیرا وظیفه استوار نگهداشتن برگ روی ساقه را بر عهده دارند.



تشریح ساختار برش عرضی برگ گیاه تک لپه (نوعی چمن)

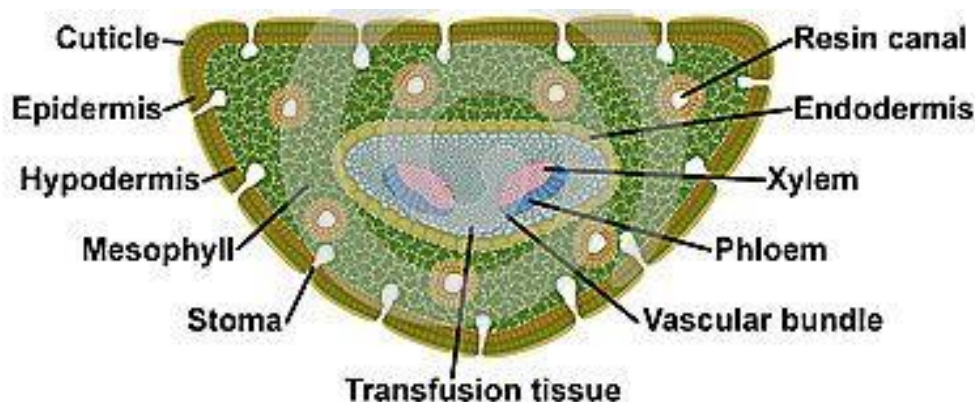


شکل: (۱) تشریح پهنک برگ یک گیاه دولپه (راش): ep.s: بصره فوقانی، st: روزنه، p.p: پارانشیم نرده‌ای، pl: پارانشیم حفره‌ای، p: غلاف پریدسمی احاطه کننده دسته چوب-آبکش، xyl: چوبدر قسمت فوقانی دسته آوند، phl: آبکش در قسمت تحتانی، m: مئا، ep.i: اپیدرم تحتانی.

(۲) برگ بارهنگ: برگ منحصرأ از پارانشیم حفره‌ای واقه بین دو بصره تشکیل شد است.

(۳) برگ سنا: پهنک از دو طبقه پارانشیم نرده‌ای متصل به دو بصره ساخته شده است. در مرکز پارانشیم حفره‌ای، روزنه‌ها در دو سطح، کرک‌های تک یاخته‌ای، بصره دارای پوستک ضخیم و مبطق است.

**ساختار آناتومیکی برگ بازدانگان:** سطح برگ فوق‌العاده تحلیل رفته و برگ‌ها سوزنی شکل هستند. مزوفیل برگ از نوع اسفنجی (حفره‌ای) هست و روزنه‌ها از نوع عمقی می‌باشند. کانال ترشچی به‌خصوص در کاج‌ها مشاهده می‌شود.



آناتومی برگ کاج (سوزنی برگ)

**ساختار برگ گیاهان آبزی:** اگر برگ‌ها غوطه‌ور باشند به شکل نواری مشاهده می‌شوند معمولاً بدون روزنه هستند و دستجات آوندی در آن‌ها کم است. بافت مزوفیل برگ بیشتر از نوع پارانشیم حفره‌ای (اسفنجی) است. و اگر برگ

شناور بر سطح آب باشد مثل نیلوفر آبی روزنه‌ها در سطح بالایی برگ مشاهده می‌شوند.



**ساختار برگ گیاهان مناطق خشک:** معمولاً دارای کوتیکول فوق‌العاده ضخیم هستند. روزنه‌ها معمولاً درون فرورفتگی‌هایی به نام کریپت قرار گرفته است و میزان کربن در آن‌ها فوق‌العاده زیاد است.

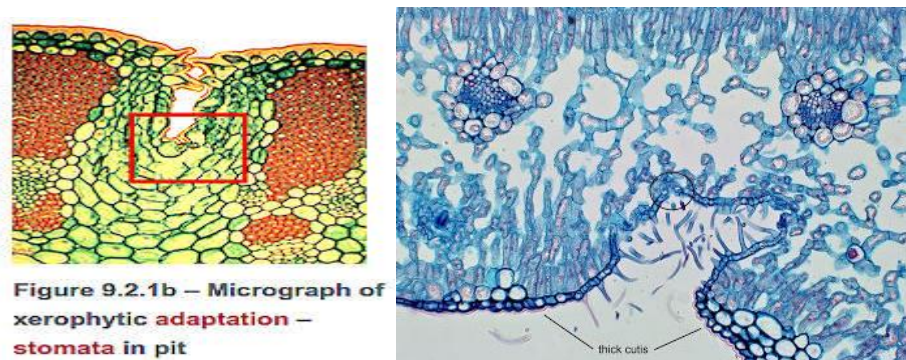


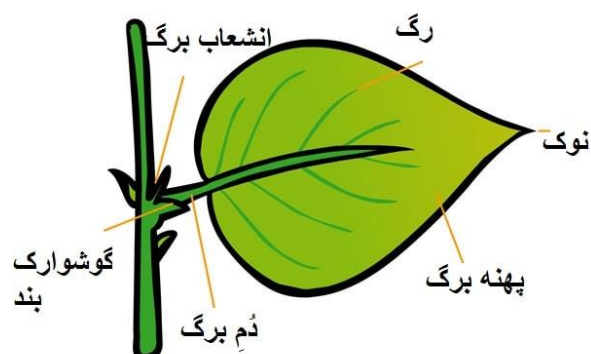
Figure 9.2.1b – Micrograph of xerophytic adaptation – stomata in pit

روزنه‌های فرو رفته در برگ گیاه خشکی پسند

**ساختار آناتومیکی دم برگ:** اپیدرم بیرونی‌ترین لایه دم برگ است از که از یک سری سلول با دیواره نازک تشکیل شده است و دارای ضمام اپیدرمی از قبیل کرب و روزنه است. زیر اپیدرم بافت پارانشیم پوست با فضای بین سلولی زیاد وجود دارد. در بین این بافت ممکن است بافت ترش‌جی دیده شود. مثل دم برگ پرتقال. بعد دستجات چوب آبکش مشاهده می‌شوند که از ناحیه گره ساقه وارد دم برگ می‌شوند. آوندهای چوبی در بالا و آوندهای آبکش در زیر آن‌ها قرار گرفته‌اند.

**مورفولوژی برگ:** برگ هر گیاه معمولاً ویژگی‌های ظاهری خاص خود را دارا است. این ویژگی در درجه اول مربوط به خصوصیات ارثی گیاه و در درجه دوم مربوط به عوامل محیطی مانند نور، رطوبت و دما است. یک برگ معمولی

ممکن است دارای بخش‌ها و اجزای زیر باشد که گاهی بخوبی قابل تشخیص می‌باشند.



۱- **پهنک برگ ( Blade ) یا صفحه ( Lamina )** : بخش اصلی و فعال برگ بوده و غالباً به علت دارا بودن کلروفیل سبز رنگ است و در نتیجه تکامل در مسیر فعالیت حیاتی فتوسنتز جهت نورگیری بیشتر پهن می‌شود. پهنک معمولاً به شکل صفحه مسطحی است که رگبرگ‌ها از آن می‌گذرند. رگبرگ‌ها ادامه دستجات آوندی چوب و آبکش در دم‌برگ بوده و در سطح زیرین مشخص‌ترند. گاهی ممکن است پهنک وجود نداشته یا بسیار کاهش یافته باشد و یا به صورت پیچک در آید. نازک بودن پهنک سبب می‌شود که فتوسنتز و تعرق به خوبی انجام گیرد.

۲- **دم‌برگ ( Petiole )** : بخش میله مانندی است که پهنک را به ساقه متصل می‌کند. دم‌برگ گاهی بلند، گاهی کوتاه و به ابعاد و اشکال مختلف یافت می‌شود. قسمت عمده دم‌برگ را بافت‌های چوبی و آبکشی تشکیل می‌دهند. ارتباط سیستم آوندی پهنک از طریق دم‌برگ با ساقه برقرار می‌شود. دم‌برگ معمولاً به لبه پایه پهنک متصل است ولی در بعضی از گیاهان مانند لادن و کرچک به سطح زیرین برگ اتصال دارد. این‌گونه برگ‌ها را برگ‌های سیری شکل می‌گویند. گاهی برگ‌ها فاقد دم‌برگ بوده و در این برگ‌ها، پهنک مستقیماً به ساقه متصل است که به آنها برگ‌های بی‌دم‌برگ یا چسبنده (sessile) می‌گویند. مانند برگ نوعی پیچ امین‌الدوله و نوعی میخک. گاهی اوقات ممکن است دم‌برگ گسترش یافته و حالت پهنک به خود بگیرد که در این حالت به آن فیلود (phyllode) گفته می‌شود. گاهی در بعضی از گیاهان دم‌برگ ضخیم شده مملو از مواد غذایی می‌شود مانند: کرفس و ریواس

۳- **نیام یا غلاف:** قاعده برگ گاهی به صورت نیام (غلاف) گسترش می‌یابد که تمامی میانگره ساقه را می‌پوشاند که در برگ‌های اکثر تک لپه‌ای‌ها، بخصوص اعضای خانواده گندمیان (گندم، جو، برنج و ...) و برگ گیاهان خانواده چتریان (Apiaceae) مشاهده می‌شود.

۴- **گوشواره یا گوشوارک یا استیپول (Stipule):** همچنین ممکن است در محل اتصال دم‌برگ به ساقه دو زائده کوچک و برگ‌ی شکل به نام گوشوارک (stipule) و زبانک دیده شود، وجود یا عدم وجود گوشوارک به عنوان یک معیار مورفولوژیک در طبقه‌بندی گیاهان مورد استفاده قرار می‌گیرد. گوشواره گاهی بزرگ و گاهی کوچک است و گاهی نیز تغییر شکل می‌دهد. ممکن است هر چهار بخش برگ یعنی پهنک، دم‌برگ، گوشوارک و نیام، در یک گیاه دیده نشوند. برگ ممکن است فاقد گوشوارک و یا فاقد دم‌برگ باشد. **برگ‌شاخه:** اصطلاحاً به برگ‌های بزرگ و تقسیم‌شده برخی از گیاهان برگ‌شاخه گفته می‌شود و این اصطلاح بیشتر برای سرخس‌ها بکار می‌رفته اما امروزه به برگ‌های نخل هم برگ‌شاخه می‌گویند.

رگ‌برگ میانی (midrib): غالباً به صورت برجسته در وسط پهنک قرار دارد و به خصوص از زیر برگ بخوبی نمایان است. انشعاب اصلی سیستم آوندی برگ را تشکیل می‌دهد. معمولاً بافت‌های محافظ و مقاومی در اطراف آن قرار گرفته است.

**تنوع جوانه برگ:** زندگی برگ از درون جوانه آغاز می‌شود. جوانه برگ بخشی از قسمت رشد یابنده ساقه است و از قسمت بالایی محل اتصال دم‌برگ به ساقه رشد می‌کند. در گیاهانی مانند علف‌ها، که دارای ساقه نرم هستند برگ تنها یک بار می‌روید و با فرارسیدن زمستان رویش برگ کاملاً متوقف و گیاه کاملاً خشک می‌شود. اما در گیاهانی که دارای ساقه چوبی هستند، مانند درختان و درختچه‌های خزان برگ، در هر سال برگ‌های جدیدی می‌رویند. در زمستان، برگ‌های داخل جوانه‌ها فعالیت حیاتی اندکی دارند. در بهار گرما و رطوبت جوانه‌ها را فعال می‌کند. آن‌ها نخست غذای خود را از برگ‌های قدیمی یا از غذای ذخیره شده در گیاه به دست می‌آورند، سپس طی یک تا چند هفته کاملاً رشد می‌کنند و غذای خود را می‌سازند. برگ‌های رشد کرده، علاوه بر غذای خود، مقداری غذای اضافه نیز می‌سازند که برای مصرف یا ذخیره به سایر قسمت‌های گیاه منتقل می‌شود.

**رنگ برگ:** رنگ برگ در طی رشد از سبز روشن به سبز تیره تغییر می‌کند. با ضخیم‌تر شدن دیواره‌های سلول‌ها، استحکام برگ افزایش می‌یابد. با نزدیک شدن فصل سرما و فرارسیدن پاییز دگرگونی‌هایی در برگ درختان و درختچه‌های خزان‌کننده به وجود می‌آید. در این گیاهان برای اینکه گیاه مقاومت بیشتری در برابر سرما داشته باشد شیره سلولی درون آوندهای آبکش بایستی غلیظ‌تر شود تا با داشتن ناخالصی بیشتر در برابر یخ زدن مقاومتش افزایش یابد. به همین منظور قبل از ریزش برگ‌ها کربوهیدرات‌ها، پروتئین‌ها و برخی مواد دیگر موجود در برگ از طریق آوندهای آبکش از برگ خارج شده و وارد آوند آبکش ساقه و ریشه شده و غلظت شیره پرورده در این آوندها افزایش می‌یابد برخی از پروتئین‌های موجود در آوندها مانند پرولین نقش ضد یخ در گیاه را اعمال می‌کنند و مقاومت گیاه را در برابر یخ‌زدگی افزایش می‌دهند. در محل اتصال دم‌برگ به ساقه، لایه‌ای سلولی به نام لایه جداکننده شکل می‌گیرد. تشکیل لایه جداکننده مانع انتقال آب و مواد غذایی به برگ می‌شود. در نتیجه پس از مدتی برگ‌ها از لایه جداکننده آویزان می‌شوند و به زمین می‌افتند. رنگ سبز برگ‌ها در پاییز تغییر می‌کند و زرد، قرمز، نارنجی و ارغوانی می‌شود، زیرا برگ‌ها، علاوه بر سبزینه (کلروفیل)، رنگدانه‌های دیگری نیز دارند. وجود این رنگدانه‌ها سبب می‌شود که آن‌ها پس از متوقف شدن عمل فتوسنتز (در فصل پاییز و زمستان) به رنگ‌های گوناگون دیده شوند چرا که کلروفیل در گیاهان خزان‌کننده در فصول خاصی از سال در اثر کاهش دما و نور تجزیه شده و از بین می‌روند و رنگ نارنجی و یا قرمزی که در فصل پاییز دیده می‌شود به دلیل غالب بودن رنگیزه‌های دیگری نظیر کاروتن (رنگدانه نارنجی) و لیکوپن (رنگدانه قرمز) و گزانتوفیل (رنگدانه زرد) و... می‌باشد.

**اندازه برگ‌ها:** طول بیشتر برگ‌ها میان ۲/۵ تا ۳۰ سانتی‌متر است. اما برگ بعضی از گیاهان بسیار بزرگ است. مثلاً "طول بعضی از برگ‌های نوعی نخل آفریقایی به ۲۰ متر هم می‌رسد. عرض نوعی از برگ‌های شناور که در مرداب‌های آمریکای جنوبی می‌رویند، به ۱/۸ متر می‌رسد. همچنین در مرداب انزلی، قطر برگ‌های دایره‌ای نیلوفر آبی گاه بیش از ۵۰ سانتی‌متر است. برگ بعضی از گیاهان بسیار کوچک است.

**تعداد برگ‌ها:** تعداد برگ‌های گیاهان گوناگون نیز متفاوت است. گیاهانی مانند گندم و ذرت دارای چند برگ هستند. درختان کهنسال نارون صدها هزار برگ دارند. بعضی از گیاهان تنها یک برگ دارند.

**پایداری (دوام) برگ:** برگ گیاهان چند ساله یا دائمی را بر حسب اینکه چه مدت روی گیاه می‌ماند به دو دسته برگ‌های همیشه سبز و خزان کننده تقسیم می‌کنند.

**الف- برگ‌های همیشه سبز:** برگ‌هایی که بیش از یک سال روی گیاه باقی می‌مانند. مانند برگ کاج‌ها (Pinus)، سروها (Cupressus)، بیشتر مرکبات (Citrus)، نخل خرما (Phoenix) و نخل نارگیل (Cocos).

**به برگ‌های خزان کننده:** برگ‌هایی که در پایان فصل رویشی ریزش می‌کنند. این نوع برگ‌ها در گیاهان دائمی (گیاهانی که بیش از دو سال زندگی می‌کنند) خزان کننده، مانند گردو (Juglans)، سیب (Malus)، توت (Morus) و ... مشاهده می‌شوند.

**برگ گیاهان دولپه‌ای:** اکثراً پهنک برگ دولپه‌ای‌ها رگه‌بندی پر مانند یا شانه‌ای دارند به عبارتی دیگر رگبرگ اصلی از یک رگه میانی با ارتباطات شبکه ای کوچکتر بین آنها، منشعب می‌شود. در برخی موارد پهنک برگ دولپه‌ای‌ها، رگه‌بندی پنجه‌ای (شبه دست) دارند که چندین رگبرگ بزرگ از دم‌برگ تا حاشیه‌ها، منشعب می‌شوند. برخی دولپه‌ای‌ها رگه‌بندی موازی دارند. مثال این مورد نوعی بارهنگ (Plantago lanceolata) می‌باشد. در قاعده برگ گیاهان دو لپه‌ای یک جوانه جانبی و گاهی یک جفت گوشوارک قرار دارد.

**برگ گیاهان تک لپه‌ای:** اکثر تک‌لپه‌ای‌های مناطق معتدله، پهنک برگ باریک و تسمه مانند دارند که در قاعده خود، ساقه را دربر می‌گیرند. رگبرگ اصلی از قاعده برگ بوجود می‌آید و رگبندی به صورت کم و بیش موازی می‌باشد رفته رفته رگه‌بندی همگرا شده و در نوک برگ با یک رگبرگ کوچک به هم متصل می‌شوند.



رگبندی کم و بیش موازی در ذرت که در نوک رفته رفته رگبندی همگرا می-شود.

در برخی تکلیپه‌ای‌ها، رگبرگ‌ها به جای اینکه در نوک برگ همگرا شوند، در حاشیه‌های برگ به هم نزدیک می‌شوند. مانند فیلودندرون‌ها.



دو نوع فیلودندرون

در برخی دیگر از تکلیپه‌ای‌ها رگه‌بندی دو سویه (پر مانند) است مانند گیاه برگ انجیری (Monstera).



گیاه برگ انجیری

برگ گیاهان تکلیپه‌ای از دو بخش پهنک و نیام تشکیل شده است گسترش رگبرگ قسمت اعظم در بیشتر آن‌ها موازی است. در محل اتصال نیام به پهنک زبانک وجود دارد. در بعضی گونه‌های غلات در محل اتصال پهنک به نیام یک جفت گوشوارک وجود دارد.



نیام یا غلاف در برخی از گیاهان تک لپه‌ای مانند ذرت و جو میانگره ساقه را در برگرفته.

**برگ بازدانگان یا مخروطیان:** برگ اکثر بازدانگان سوزنی یا پولک مانند (فلس مانند) است. برای مثال برگ در کاج‌ها سوزنی و در سروها پولک مانند است. برگ‌های سوزنی فقط یک رگبرگ دارند و به نوک تیزی ختم می‌شوند.



سمت راست برگ سوزنی در کاج و سمت چپ برگ فلسی شکل یا پولک مانند در سرو

**آرایش برگ‌ها در طول ساقه (فیلوتاکسی):**

**متناوب:** در هر گره شاخه، فقط یک برگ دیده می‌شود مانند گردو.

**متقابل:** آرایش برگ‌ها به صورتی است که در هر گره دو برگ روبروی هم قرار گرفته‌اند مانند زبان گنجشک. یاس بنفش.

**فراهم:** در این آرایش برگی در هر گره بیش از دو برگ وجود دارد مانند:

**رگبندی یا رگ‌بندی (Venation):** به نحوه قرار گرفتن رگبرگ‌ها در برگ

رگبندی یا رگ‌بندی گویند، رگبرگ‌ها دسته‌جات آوندی ساده‌ای هستند که از طریق دم برگ با دسته‌جات آوندی ساقه مرتبط هستند. انشعابات رگبرگ در

پهنک برگ در گیاهان به سه صورت عمده دیده می‌شود:

**۱- رگ‌بندی شانه‌ای یا پر مرغی یا شبکه‌ای (Pinnate):** در رگ‌بندی شانه‌ای

یک رگبرگ اصلی قرار دارد که رگبرگ‌های فرعی به صورت موازی با یکدیگر از

رگبرگ اصلی منشعب می‌شوند، این رگبرگ‌های فرعی به رگبرگ‌های فرعی دیگری متصل می‌شوند و شبکه توری شکل در برگ ایجاد می‌کنند.

**۲- رگ‌بندی پنجه‌ای (Palmate):** در رگ‌بندی پنجه‌ای رگبرگ اصلی پس از ورود به پهنک بلافاصله منشعب می‌شود و همانند یک پنجه به انتها و کناره‌های برگ کشیده می‌شود. در این نوع رگ‌بندی رگبرگ فرعی و اصلی مشخص نیست. این نوع رگ‌بندی بیشتر در نهان‌دانگان دولپه دیده می‌شوند.

**۳- رگ‌بندی موازی (Parallel):** رگبرگ‌ها به موازات هم در داخل پهنک قرار گرفته‌اند. این نوع رگ‌بندی یکی از شاخص‌های نهان‌دانگان تک‌لپه‌ای است.

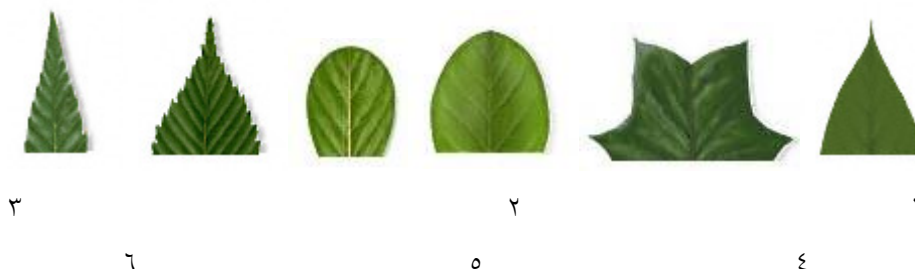
**شکل ظاهری برگ‌ها:** شکل ظاهری برگ‌ها بسیار متنوع است. آنها به شکل‌های دایره، بیضی، نیزه، پنجه، قلب و بسیاری شکل‌های دیگر هستند، اما در مجموع می‌توان آنها را به سه گروه تقسیم کرد: برگ‌های پهن، برگ‌های باریک و برگ‌های سوزنی. غیر از این سه گروه بعضی گیاهان مانند سروکوهی برگ‌های پولک مانند دارند. شکل برگ در گیاهان یکی از راه‌های مهم شناسایی نوع گیاه است.

### شکل برگ‌ها



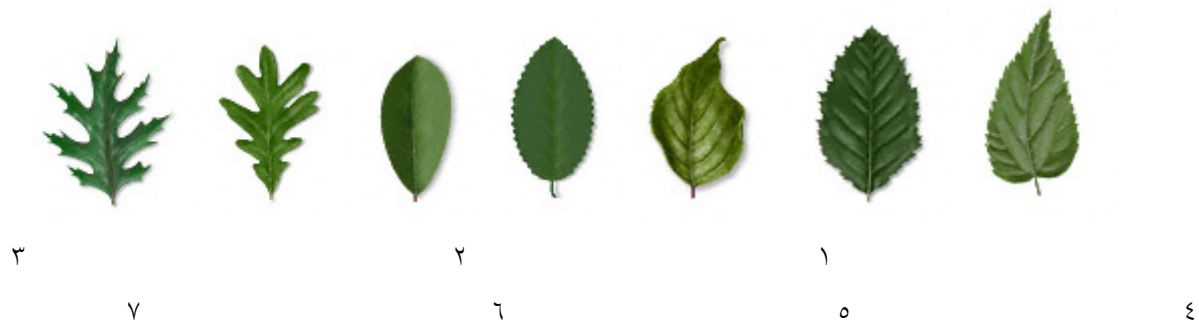
قلبی شکل، سه گوش، نیزه‌ای، تخم مرغی، تخم مرغی وارونه، ستاره‌ای شکل و باریک یا مستطیلی

### نوک برگ‌ها



۱: نوک سیخ، ۲: ناقص، ۳: پخ (لب گرد)، ۴: گرد شده، ۵: نوک تیز و ۶: نوک دار

### لبه برگها



۱: اره ای، ۲: اره ای مضاعف، ۳: کنگره ای (مواج)، ۴: مژرس (داندانه دار)، ۵: یکپارچه، ۶: بریده بریده و ۷: بریده بریده (شکل دار)

### قاعده برگ



۱: بریده شده، ۲: قلبی شکل (truncate) ۳: دو طرف نابرابر در نارون، ۴: گوه ای شکل، ۵: گرد شده



**تنوع و اقسام برگ:** رشد متفاوت و غیر منظم بخش‌های مختلف پهنک، در برگ‌های گیاهان مختلف سبب اشکال متفاوت آن‌ها می‌شود. به‌طور کلی برگ‌ها را بر حسب وضع پهنک به دو دسته بزرگ تقسیم می‌کنند.

**برگ‌های ساده:** برگ‌هایی که پهنک واحدی دارند و به آن‌ها برگ‌های ساده می‌گویند.

انواع برگ‌های ساده را از روی پهنک و کناره آن‌ها که دارای دندانه یا کنگره است و همچنین بر حسب نوع و عمق بریدگی حاشیه که سطحی است یا کم و بیش به رگبرگ و سطحی می‌رسد نامگذاری می‌کنند. حاشیه پهنک برگ‌های ساده ممکن است کامل بوده، یا به علت بریدگی‌ها یا فرورفتگی‌ها اشکال مختلف پیدا کند.

**برگ‌های مرکب:** برگ‌هایی که پهنک آن‌ها از برگچه‌های متعدد تشکیل می‌شود به برگ‌های مرکب مرسوم اند.

برگ‌های مرکب از برگچه‌های متعدد تشکیل می‌شوند، اگر برگچه‌های برگ مرکب در طرفین یک رگبرگ مشترک که راشی نام دارد قرار گیرند آن را برگ مرکب شانه‌ای یا پرمانند می‌گویند. دیگر از اشکال مهم برگ مربوط به وضع و اشکال نوک و کناره‌های پایینی آن است که در شناسایی انواع گیاهان اهمیت مخصوص دارند.

**تقسیمات پهنک:** برگ‌ها بر اساس تقسیمات برگ یا ساده هستند یا مرکب. و برگ‌هایی که بیش از یک پهنک داشته باشد برگ مرکب است. پهنک‌های برگ مرکب

را برگچه می‌نامند. بنابراین پهنک برگ یا ساده است و یا مرکب. در پهنک‌های ساده، پهنک از یک بخش پهن تشکیل یافته است و در پهنک‌های مرکب، در اثر بریدگی‌های نسبتاً عمیقی که بر روی آن انجام می‌شود پهنک به ابعاد کوچکتری تقسیم می‌شود که به هرکدام از آن‌ها برگچه یا leaflet گفته می‌شود. **تفاوت برگ با برگچه:** در کنار برگ همیشه یک جوانه جانبی وجود دارد اما در کنار برگچه‌ها جوانه وجود ندارد. اختلاف شکل ظاهری برگ‌ها در نتیجه رشد غیرمنظم و موضعی پهنک آنهاست

**۱- برگ ساده (Simple Leaf):** به برگ‌ی که یک پهنک داشته باشد برگ ساده که خود شامل:

**الف- برگ ساده کامل:** در این نوع برگ‌ها هیچ‌گونه بریدگی در حاشیه برگ یا پهنک دیده نمی‌شود. مثل: اطلسی، یاس، گل کاغذی



**ب - برگ ساده مضرس:** در این نوع برگ‌ها بریدگی‌های خیلی کوچک و ریز در حاشیه برگ وجود دارد به‌طوری‌که حاشیه برگ حالت دندانه‌ای به خود می‌گیرد مثل برگ در نعنا، نارون، شمشاد، پرتقال و گیلان



**ج- برگ‌های کنگره‌ای یا دندانه‌دار Dentate leaf:** در برگ‌های کنگره‌ای فرورفتگی‌های نسبتاً عمیقی که دارای حاشیه‌ای گرد می‌باشند بر روی برگ دیده می‌شوند، این بریدگی‌ها حدود یک چهارم از پهنک برگ را در بر می‌گیرد. مثل سرخس، چنار، آلاله و انجیر، توت سفید و بلوط جنگلی.



**۲- برگ مرکب (Compound leaf):** برگچه‌های برگ مرکب به صورت پر مانند (شانه‌ای) یا پنجه روی ساقه قرار می‌گیرند.

**الف - برگ مرکب پرمانند یا شانه‌ای یا pinnately:** در آرایش نوع پر، برگچه‌ها شبیه شانه‌ای دو طرف رگبرگ اصلی جای می‌گیرند که به این رگبرگ rachis (راکیس یا راجیس) می‌گویند، مانند برگ گیاهان تیره نخود، درخت گردو و زبان گنجشک. عده‌ای از مؤلفان برگ‌های مرکب شانه‌ای را ابتدایی‌تر از برگ‌های کامل یا ساده می‌دانند و به عبارت دیگر تکامل برگ را از حالت مرکب بودن به طرف سادگی و کامل شدن عنوان می‌کنند. مورفولوژیست‌ها برای اثبات این نظریه دلایل بیشماری از مقایسه برگ یا فروند گیاهان فسیلی یا گیاهان امروزی ذکر می‌کنند. در بعضی از گیاهان، هرکدام از برگچه‌های روی رگبرگ اصلی دوباره به برگچه‌های کوچکتری تقسیم شوند که این برگ‌ها را برگ مرکب دوگانه **برگ مرکب دو بار شانه‌ای** می‌نامند مانند برگ هویج و شبت (شوید).



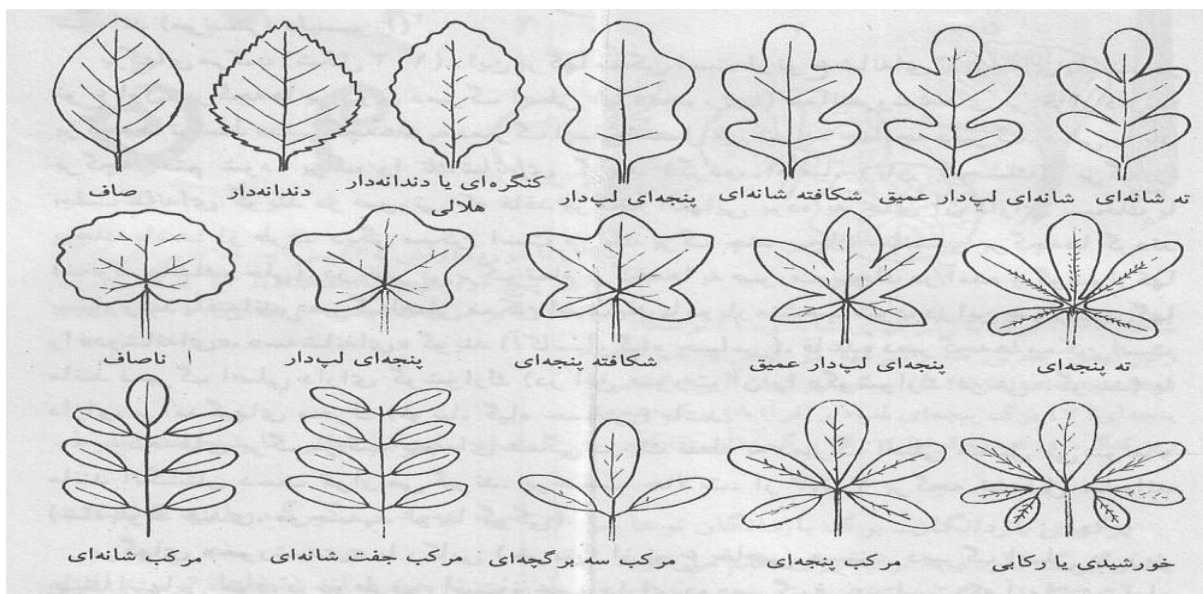
شکل سمت راست برگ مرکب شانه‌ای زوج و شکل سمت چپ برگ مرکب شانه‌ای فرد

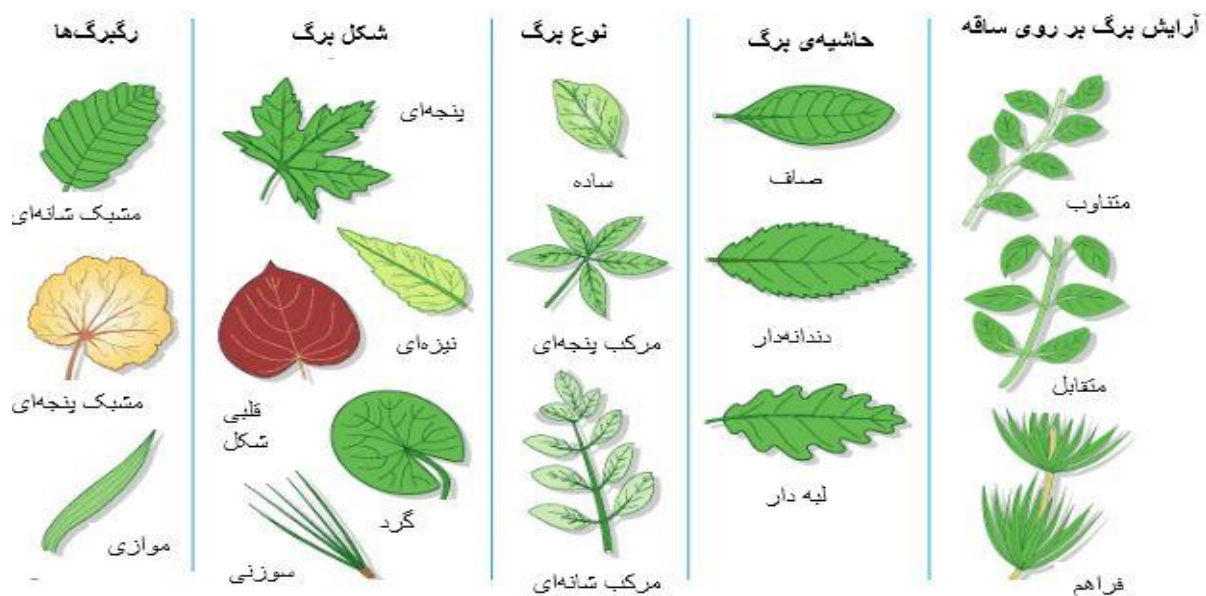
برگ مرکب را در بعضی از برگ‌های مرکب شانه‌ای ممکن است یک برگچه در انتهای رگبرگ اصلی قرار گرفته باشد که در این صورت به آن **برگ مرکب شانه‌ای فرد** می‌گویند مانند برگ رز، تکوما گل زرد و یاس هلندی و اگر دو برگچه در انتهای رگبرگ اصلی وجود داشته باشد آن را **برگ مرکب شانه‌ای زوج** می‌گویند مانند برگ برهان.



شکل سمت راست برگ مرکب دوبارشانه‌ای فرد و شکل سمت چپ برگ مرکب دوبار شانه‌ای زوج

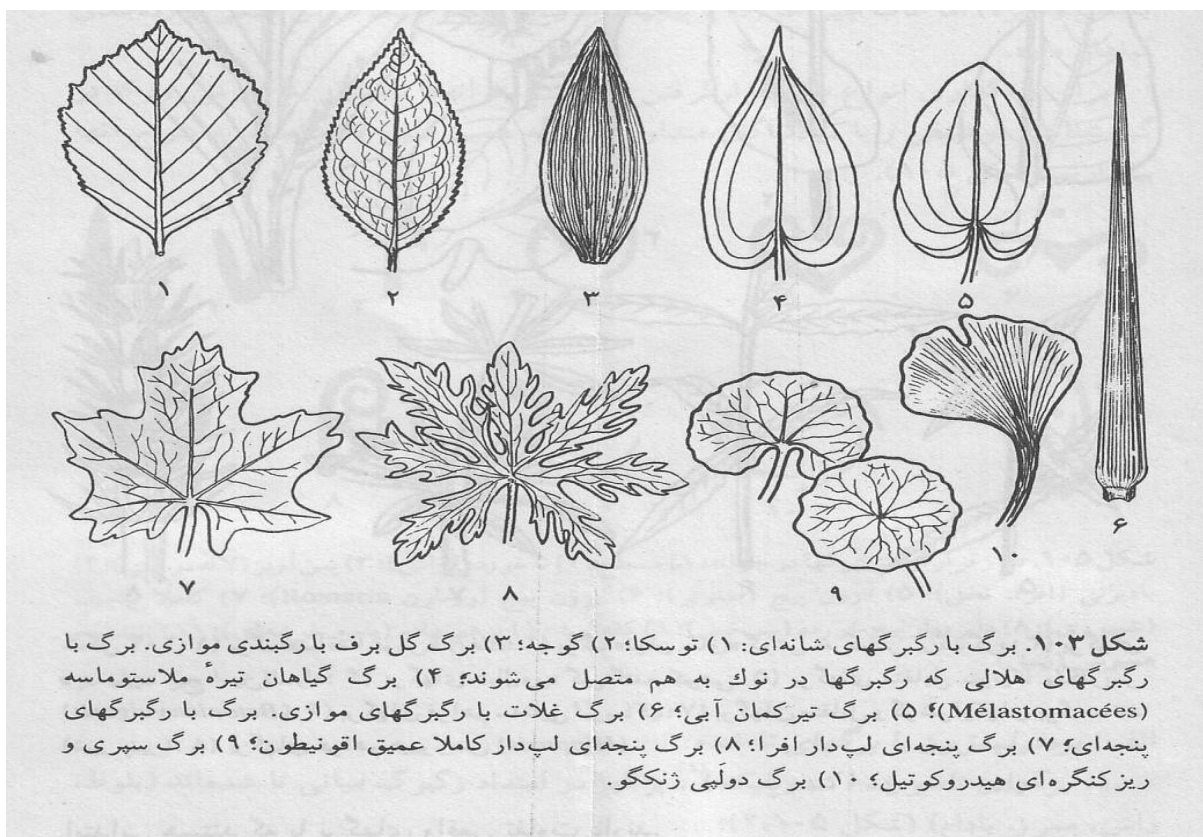
**ب - برگ مرکب پنجه‌ای یا palmately:** برگچه‌های برگ‌های مرکب پنجه‌ای از انتهای دم‌برگ می‌رویند یا به عبارتی برگچه‌ها در قسمت انتهایی خود به یکدیگر متصل می‌شوند ، مانند برگ شیدر و شفلرا.





در تکلیف‌های برگ فاقد دم برگ است و به‌جای دم برگ غلاف برگ وجود دارد. غلاف برگ بخشی از برگ است که به‌صورت استوانه ساقه را در برگ

می‌گیرد، طول غلاف و شکل آن در گیاهان متفاوت است.



بین غلاف و پهنک برگ یک زائده غشایی وجود دارد که به آن زبانک یا ligule گفته می‌شود. زبانک ممکن است در تمامی گیاهان وجود نداشته باشد، وجود یا عدم وجود و همچنین شکل آن می‌تواند به‌عنوان یکی از معیارهای مهم در شناسایی گیاهان تیره گندم باشد. غلاف نیز در این نوع از برگ‌ها ممکن است دارای شکاف یا بدون شکاف باشد که این خاصیت هم از معیارهای دیگر شناسایی تیره گندم است.

**چندشکلی (هتروفیلی) در برگ‌های گیاهان:** شکل برگ در هر گیاه معمولاً ثابت است و یکی از اختصاصات ثابت گونه‌های گیاهی تقریباً وضع و شکل برگ‌های آنهاست. گاهی نیز دو یا چند شکلی در برگ‌های یک گیاه دیده می‌شود، این ناجور بودن برگ‌ها در برخی از گیاهان **منشا ارثی** داشته، به اصطلاح ژنتیکی است مانند درخت پده که نوعی تبریزی است یا بعضی از سروهای کوهی که ناجور برگ هستند در این سروها شکل برگ‌های شاخه جوان و مسن باهم تفاوت دارند. در بعضی از گیاهان ناجور بودن برگ‌ها به علت **تاثیر شرایط محیطی** است. مثلاً آلاله آبی دارای دو نوع برگ است. برگ‌های هوایی آن دارای پهنک و برگ‌های درون آب آن فاقد پهنک و غوطه‌ور در آب است. در گیاهان آبی

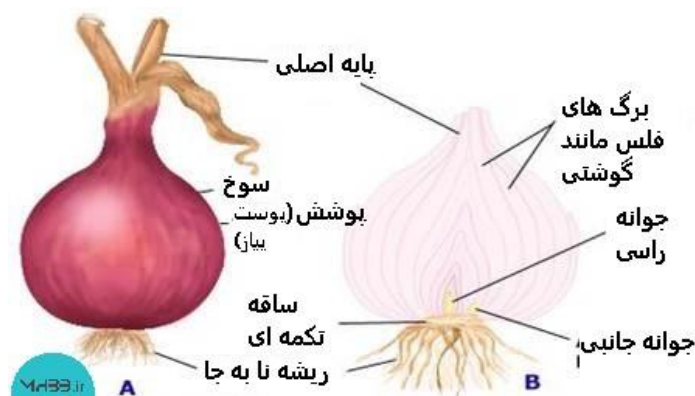
دیگر نیز برگ‌ها تغییراتی متناسب با محیط زیست آبی پیدا می‌کنند. مثال دیگر از گیاهان ناجور برگ **تیرکمان آبی** است که دارای سه نوع برگ غوطه‌ور، شناور، برگ هوایی است. هتروفیلی در غالب گیاهان نهاندانه و حتی در سرخسها و نهانزادان آوندی کم و بیش دیده می‌شود.

### تغییرات در شکل برگ: برگ‌ها همیشه با وضع عادی و با اجزا و بخش-

های مختلف خود ظاهر نمی‌گردند بلکه ممکن است غیر از نقش‌های اصلی خود، اعمالی به منظور سازش با محیط انجام دهد. بسیاری از مواقع تغییرات وسیعی در شکل و فرم هر کدام از آنها رخ می‌دهد.

**۱- تبدیل برگ به پیچک:** برگ‌ها نیز مانند ساقه به پیچک تبدیل می‌شوند. پیچک‌ها در واقع برگ‌های باریک و کشیده‌ای هستند که با متصل شدن به قیم به بالا رفتن گیاه کمک می‌کند. در نخود، برگچه انتهایی برگ مرکب به پیچک تبدیل شده است. گیاهان تیره کدو نیز این پیچک‌ها مشاهده می‌شوند و در خلر از تیره حبوبات برگ انتهایی به پیچک تبدیل شده است.

**۲- تبدیل برگ به فلس:** برگ‌هایی که در زیر زمین و در روی ساقه‌های زیر زمینی (ریزوم) قرار دارند، کلروفیل خود را از دست داده‌اند و فلس نامیده می‌شوند. ساقه‌های زیرزمینی گیاهان تک لپه مثل: پیاز، سوسن و نرگس توسط برگ‌های ضخیمی پوشیده شده که به رنگ‌های سفید، صورتی، بنفش و... دیده می‌شوند و جوانه کوچک گیاه که در مرکز آن قرار گرفته است را حفظ می‌نماید. در اغلب این برگ‌ها مواد غذایی فراوانی ذخیره شده است بنابراین به آنها فلس‌های ذخیره‌ای نیز گفته می‌شود، فلس‌های ذخیره‌ای مزبور، گاهی توسط فلس‌های نازک قهوه‌ای رنگی جهت محافظت پیاز احاطه می‌شوند.



**۳- تبدیل برگ به خار:** گاهی برگ در برخی از گیاهان مثل کاکتوس به خار تبدیل شده است تا هم سطح تبخیر و تعرق در گیاه کاهش یابد و هم نقش

محافظت از گیاه در برابر جانوران را دارد. در کاکتوس همه برگهای محافظ، خار هستند و عمل نورساخت (فتوسنتز) را ساقه سبز و ضخیم گیاه انجام می‌دهد. خارهایی که از تغییرات ساقه بوجود آمده اند ممکن است حامل برگ و جوانه باشند ولی خارهایی که از تغییرات برگ بوجود آمده اند هیچوقت برگ و جوانه نخواهند داشت.



**۴- برگهای ضخیم و گوشتی:** بسیاری از گیاهان مناطق خشک دارای برگهای ضخیم و گوشتی هستند که آب را در خود ذخیره می‌کنند. مانند انواع ساکولنت‌ها دارای برگهای گوشتی هستند.



**۵- برگکها یا براکته‌ها:** برگهای کوچک و ساده‌ای هستند که در قسمت زیرین شکوفه بعضی از گیاهان می‌رویند. گاهی این برگکها رنگی می‌شوند و به عنوان بخشی زینتی گیاه به‌شمار می‌رود مانند برگکهای رنگی (قرمز، صورتی، سفید، زرد و ابلق) در گیاه پنت قنسول که در طول روزهای کوتاه در زیر گل‌آذین مشاهده می‌شوند و با بلند شدن طول روز به رنگ سبز در می‌آیند.



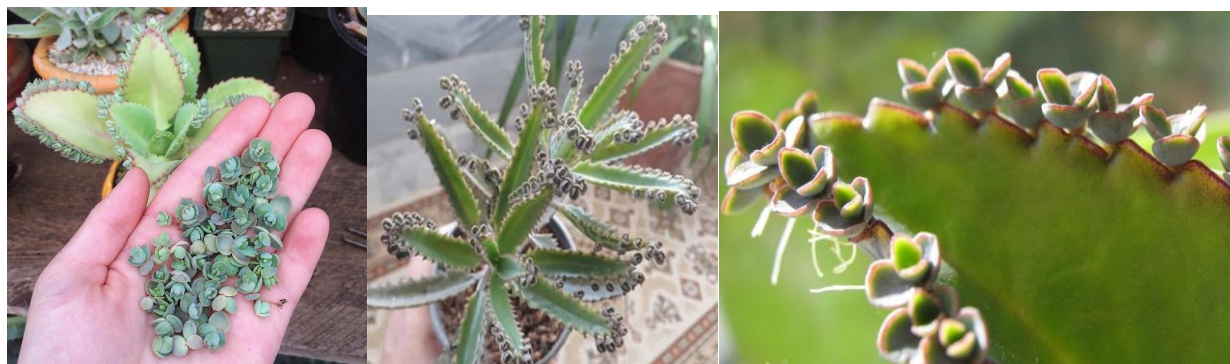
براکته های رنگی در بنت القنسل و گل کاغذی

۶- برگهای حشره خوار: این برگها می توانند حشره ها را جذب کنند و بدام بیاندازند. این گیاهان بیشتر در منطقه های مرطوب رشد می کنند و مواد غذایی خود را از شکار حشره ها بدست می آورد.



۷- برگهای زنده زار: در بعضی از گیاهان حاشیه برگ به بافت زاینده

تبدیل می شود: مانند برگیا یا بریوفیلوم یا اشک تمساح



برگیا یا بریوفیلوم