فصل ۳

# دستگاه زایای گیاه

**هدف‌های رفتاری:** پس از پایان این فصل از فراگیر انتظار می‌رود :

۱ــ بخش‌های اصلی گل را توضیح دهد.

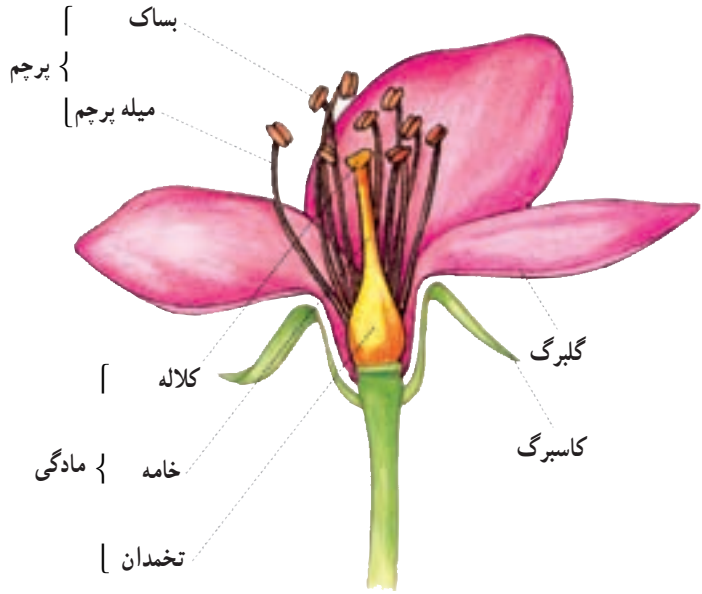
۲ــ ساختمان تخمک را رسم کند.

۳ــ انواع گل‌ها را شرح دهد.

۴ــدانه گرده را توضیح دهد.

۵ــ تشکیل میوه را شرح دهد.

۶ ــ انواع میوه را طبقه‌بندی کند.




شکل ۱ــ۳ــ گل

## گل

گل دستگاه تولید مثل می‌باشد. در نباتات پست گل خیلی ساده ولی در نباتات عالی و پیدازادان گل به حد اعلای رشد خود می‌رسد. اصولاً دستگاه تولید مثل (گل) مجموع برگ‌های تغییر شکل یافته‌ایست که مانند سایر برگ‌ها در روی ساقه گیاه قرار گرفته است.

**شکل ظاهری و قسمت‌های مختلف گل:** هر گل ابتدا به صورت غنچه و سپس شکفته می‌شود.

کار اصلی گل تولید میوه و دانه می‌باشد.

هر گل از قسمت‌های زیر تشکیل یافته است :

**۱ــ دمگل** : ساقه باریکی است که گل را به ساقه متصل می‌کند.

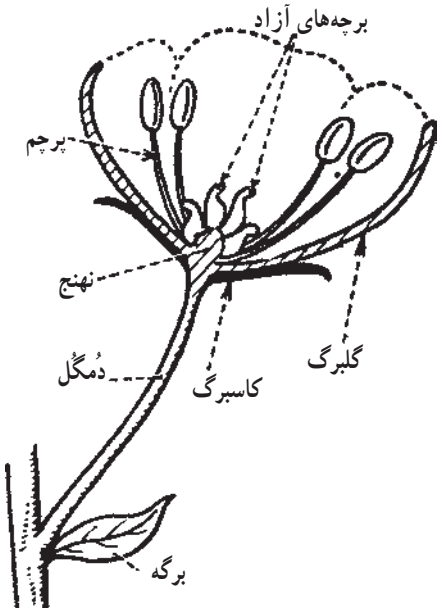
**۲ــ *برگچه*:** در محلی که دمگل به ساقه متصل می‌شود برگچه وجود دارد که به اشکال و رنگ‌های مختلف می‌باشد. در گل کاغذی بزرگ و رنگی و در گل شیپوری قیف مانند و سفید است.

**۳ــ *نهنج*:** قسمت برجسته‌ی انتهای دمگل را نهنج می‌نامند که در بعضی از گل‌ها برجسته و مشخص و در پاره چندان مشخص نیست.

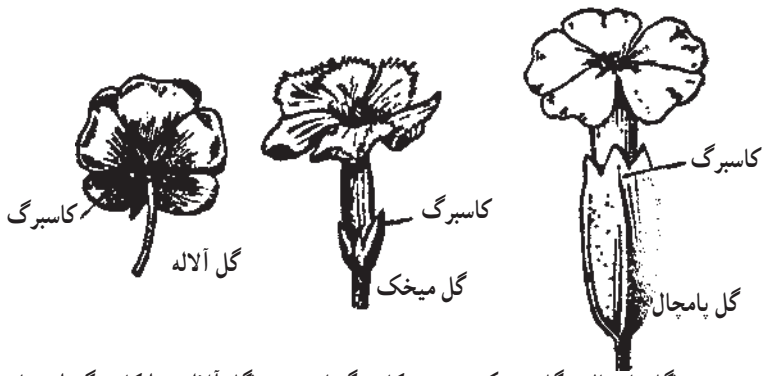
**۴ــ *کاسبرگ*:** مجموع برگ‌های سبز را کاسبرگ می‌نامند ولی کاسبرگ‌هایی نیز وجود دارند که همانند گلبرگ هستند مانند زنبق و لاله. عده کاسبرگ‌ها در گل‌های مختلف متفاوت است در خشخاش ۲ و در شب‌بو ۴ و در گیاهان تک‌لپه‌ای ۳ یا مضربی از آن است.

کاسه گل را منظم گویند، وقتی همه کاسبرگ‌ها به یک اندازه باشند مانند گل سرخ. اگر کاسبرگ‌ها به یک اندازه نباشند کاسه گل را نامنظم گویند مانند گل نخود.

کاسه گل جدا کاسبرگ است. هنگامی که کاسبرگ‌های آن جدا از یکدیگر باشند مانند کاسبرگ آلاله و گل را پیوسته کاسبرگ گویند وقتی که قسمت بیشتر کاسبرگ‌ها به هم چسبیده باشد مانند کاسه گل




**شکل ۲ــ۳ ــ اندام‌های گل لاله**




(گل پامچال و گل میخک پیوسته کاسبرگند)　　(گل آلاله جدا کاسبرگ است)

**شکل ۳ــ ۳ ــ گل‌های پیوسته کاسبرگ و جدا کاسبرگ**

میخک و پامچال. کاسه گل پامچال شبیه لوله است.

***۵ ــ گلبرگ یا جام:*** مجموع برگ‌های رنگین را گلبرگ یا جام گل نامند که به شکل‌ها و رنگ‌های گوناگون مشاهده می‌شود و زیبایی گل‌ها عموماً از آن‌ها است. عده گلبرگ‌ها غالباً برابر عده کاسبرگ‌ها است مانند آلاله که ۵ کاسبرگ و ۵ گلبرگ دارد و در پاره‌ای از گل‌ها عده گلبرگ‌ها بیشتر از عده کاسبرگ‌ها است مانند خشخاش که دارای ۲ کاسبرگ و ۴ گلبرگ می‌باشد.

جام گل یا گلبرگ‌ها را منظم گویند، وقتی گلبرگ‌ها یک اندازه باشند مانند جام گل شب‌بو و توت‌فرنگی. جام گل را نامنظم گویند، اگر گلبرگ‌ها به یک اندازه نباشند مانند جام گل نخود که از ۵ گلبرگ نابرابر ساخته شده است. یکی از گلبرگ‌ها که بزرگتر است درفش نام دارد و دو گلبرگ آن به نام بال و دو تای دیگر را ناو می‌نامند.

گل را جدا گلبرگ یا گشاده جام گویند وقتی که گلبرگ‌های آن از یکدیگر جدا باشند مانند گل‌سرخ. هنگامی‌که گلبرگ‌ها به هم چسبیده باشند گل را پیوسته جام یا پیوسته گلبرگ می‌گویند.

گشاده جام منظم (توت فرنگی)　　گشاده جام نامنظم (نخود)　　پیوسته جام منظم (نیلوفر)

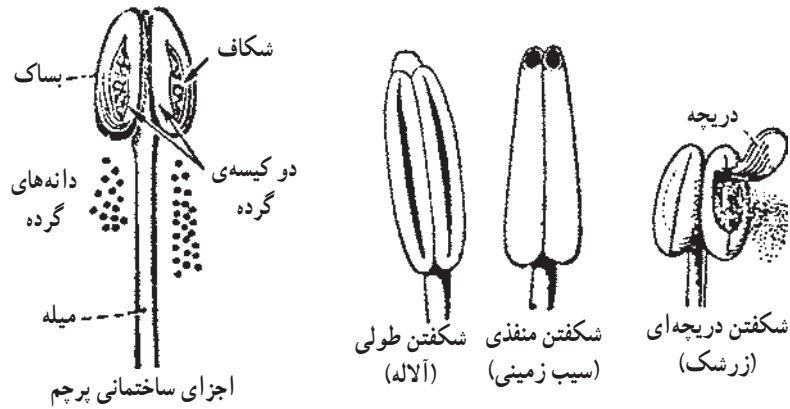
**شکل ۴ــ۳ ــ وضع گلبرگ‌ها در گل‌های منظم و نامنظم**

مانند گل نیلوفر و توتون. وضع جام گل در رده‌بندی گیاهان از اهمیت خاصی برخوردار است.

جام گل به اشکال مختلفی دیده می‌شود از قبیل جام چلیپایی، میمون، پروانه‌آسا، شیپوری، لوله‌ای، لوله‌ای زبانه‌ای و استکانی.

## پرچم‌ها یا نافه (اندام‌های نر)

هر پرچم[1] به‌طور معمول از **میله** و **بساک** درست شده است. میله در سمت پایین معمولاً به نهنج چسبیده و در سمت بالا به بخش حجیمی به نام بساک ختم می‌شود. بساک جوان از سلول‌های پارانشیمی مشابه تشکیل شده است، اما کم‌کم در بساک چهار گروه سلولی به نام سلول‌های مادر گرده در چهارگوشه آن متمایز می‌شوند. وقتی بساک می‌رسد، از این چهار توده سلولی چهار کیسه گرده[2] حاصل می‌آید.




**شکل ۵ــ۳ ــ ساختمان پرچم و انواع شکفتن پرچم‌ها**

تعداد پرچم‌ها در گل‌های مختلف متفاوت است. در نعناع ۴، شب‌بو۶ و در لوبیا ۱۰ و در خشخاش بیش از ۱۰۰ می‌باشد. در گیاهان تک‌لپه تعداد پرچم‌ها ۳ یا مضربی از آن است.

اندازه پرچم‌های بعضی از گل‌ها متفاوت است به طوری که در شب‌بو ۴ پرچم بلند و ۲ پرچم کوتاه است و در نعناع دو پرچم بلند و دو پرچم کوتاه است.

رنگ بساک در بیشتر گل‌ها زرد است و ممکن است به رنگ‌های دیگر هم باشد چنان‌که در گل هلو قرمز و در یاس بنفش و در خشخاش سیاه رنگ است.

بیشتر گل‌ها پرچم‌های آزاد دارند مانند آلاله و شب‌بو، ولی پرچم بعضی از گل‌ها ممکن است

---

۱ــ میکروسپوروفیل ۲ــ میکروسپوراژ

به یکدیگر یا به جدار جام گل چسبیده باشند. مانند پرچم‌های گل نخود که از ۱۰ پرچم، ۹ پرچم به هم چسبیده و یک عدد آزاد است. ممکن است همه پرچم‌ها به هم چسبیده و تشکیل لوله‌ای بدهند مانند گل مینا.

بساک پرچم دارای چهار کیسه است که دو به دو به هم راه دارند. پس از رسیدن بساک یعنی پس از آماده شدن دانه‌های گرده شکاف یا سوراخ یا دریچه‌ای در آن پیدا می‌شود تا دانه‌های گرده را بیرون بریزد. شکفتن بساک پرچم‌ها در گیاهان مختلف متفاوت می‌باشد.

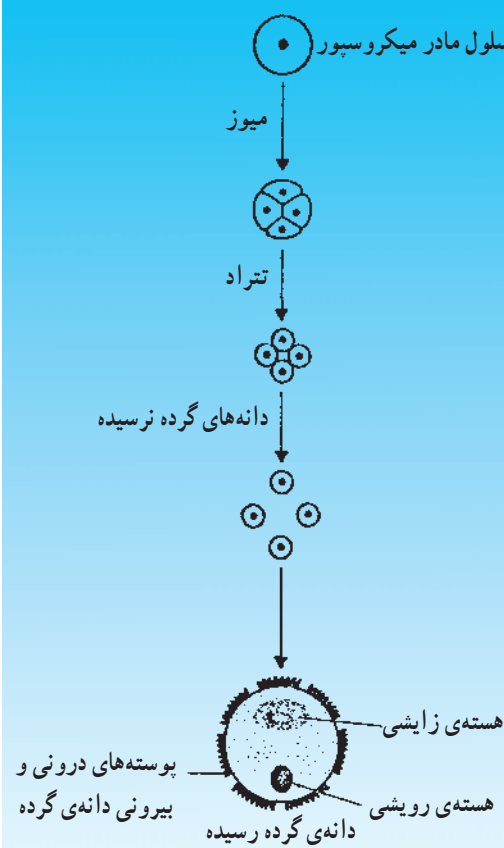
## برای مطالعه

### ساختمان دانه گرده

هر دانه گرده جسمی میکروسکوپی است که در سطح خارجی آن تزییناتی وجود دارد که در گونه‌های مختلف گیاهی گوناگون است. دانه گرده از اجزای زیر درست شده است.

**الف ــ پوسته‌ها:** دو پوسته دانه گرده را احاطه می‌کنند. پوسته خارجی منفذ دارد و از جنس کوتین است و به آن **اگزین** می‌گویند. سطح خارجی این پوسته ناهموار بوده و در گونه‌های مختلف شکل‌های گوناگون دارد و در تشخیص نوع گیاه مؤثر است. پوسته داخلی از جنس سلولز است و **انتین** نام دارد.

**ب ــ سلول‌ها:** دو سلول




شکل ۶ــ۳ــ مراحل پیدایش دانه گرده

به نام سلول‌های رویشی و زایشی در درون هر دانه‌ی گرده جای دارند. سلول رویشی بزرگ‌تر است و سلول زایشی را دربر گرفته است. به‌طور معمول در سیتوپلاسم این سلول‌ها رنگیزه کاروتنوئیدی وجود دارند که رنگ‌دانه‌های گرده را سبب می‌شوند. دانه‌های گرده‌ی بعضی گیاهان در هوا پراکنده شده و به مواد موجود در آتمسفر، آلوده می‌شوند و با ورود به مجاری تنفسی در بعضی افراد حالت آلرژی یا حساسیت به‌وجود می‌آورند.

**دانه‌های گرده چگونه در کیسه‌های گرده ساخته می‌شوند؟** در داخل هر کیسه گرده یا میکروسپورانژ سلول‌های $2n$ کروموزومی به نام سلول‌های **مادر میکروسپور** یا مادر دانه‌ی گرده وجود دارند. هرکدام از این سلول‌ها با تقسیم میوزی چهار سلول $n$ کروموزومی به نام **میکروسپور** به‌وجود می‌آورد. سپس هسته هر میکروسپور به طریق میتوز تقسیم می‌شود و هر دو هسته پدید می‌آورد. یکی از این هسته‌ها با مقداری سیتوپلاسم، سلول زایشی را به‌وجود می‌آورد و هسته دیگر با بقیه سیتوپلاسم به سلول رویشی تبدیل می‌شود. سپس با به‌وجودآمدن پوسته‌های انتین و اگزین، هر میکروسپور به یک دانه گرده یا گامتوفیت نر تبدیل می‌شود.

**شکفتن بساک:** در هنگامی که میکروسپور تبدیل به دانه گرده می‌شود، بساک نیز تغییراتی حاصل کرده، به بساک رسیده تبدیل می‌شود. لایه مکانیکی بساک که تنها دیواره‌ی خارجی سلول‌های آن نازک باقی مانده است در اثر خشکی هوا بیش از دیواره‌های دیگر، آب خود را از دست داده و جمع می‌شود و در نتیجه بساک را پاره می‌کند. شکفتن بساک همیشه با ایجاد شکاف انجام نمی‌شود، گاهی شکوفایی بساک، مانند سیب‌زمینی با پدیدآمدن روزن و گاهی مانند زرشک با ایجاد دریچه صورت می‌گیرد. چون در شکفتن بساک گیاهان در اکوسیستم‌های آبی، خشکی هوا دخالتی ندارد، بنابراین مکانیسم شکفتن بساک در همه گیاهان به یک صورت نیست.

## مادگی[1]

واحدهای سازنده‌ی مادگی **برچه** نام دارند. هر برچه ساختمانی همانند برگ دارد و می‌توان آن را یک برگ تغییرشکل‌یافته به حساب آورد. مادگی ممکن است از یک یا چند برچه درست شده

۱ــ مگاسپوروفیل

باشد که در حالت اول آن را **ساده** و در حالت دوم مرکب می‌نامند. در مادگی مرکب ممکن است برچه‌ها از هم جدا (آلاله و توت‌فرنگی) و یا به هم پیوسته باشند (زنبق، پامچال، اطلسی). در هر برچه و درنتیجه در هر مادگی سه بخش تخمدان، خامه و کلاله وجود دارد. تخمدان بخش حجیم برچه است و در درون آن ساختارهایی به نام **تخمک** پدید می‌آیند. تخمک‌ها حامل گامت‌های ماده‌اند. خامه ستون باریکی است که از سلول‌های پارانشیمی ساخته شده و از آن رگبرگی می‌گذرد. در بخشی از خامه بافت مغذی وجود دارد که لوله گرده از آن راه به تخمک می‌رسد. کلاله بخش پهن انتهایی خامه است. سلول‌های ترشحی کلاله ماده چسبناکی را می‌سازند که برای رویش دانه‌های گرده محیط مناسبی را پدید می‌آورد.

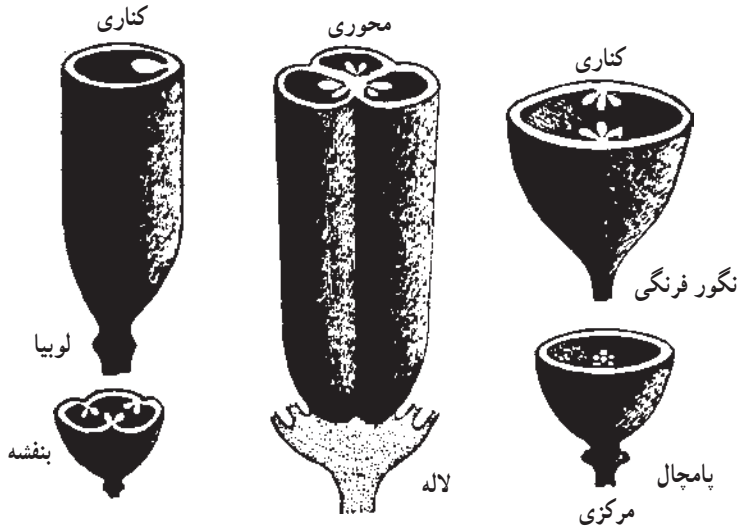
## جفت‌بندی و انواع آن

ترتیب استقرار تخمک‌ها را در درون تخمدان **جفت‌بندی** می‌گویند. انواع جفت‌بندی از این قرارند :

**جفت‌بندی کناری:** در این جفت‌بندی، تخمک‌ها در سطح داخلی تخمدان قرار می‌گیرند. در تخمدان لوبیا که از یک برچه تشکیل شده، تخمک‌ها در محل اتصال دولبه‌ی برچه قرار دارند و در بنفشه که از سه برچه تشکیل شده، کنار هر برچه به کنار برچه‌ی دیگر متصل می‌شود و به این ترتیب مادگی سه‌برچه‌ای تک‌خانه به وجود می‌آید و تخمک‌ها در کناره‌ی تخمدان در محل جفت قرار می‌گیرند.

**جفت‌بندی محوری:** در این جفت‌بندی کناره‌های برچه‌های تشکیل‌دهنده‌ی مادگی در وسط تخمدان به یکدیگر پیوسته و محور میانی تخمدان را تشکیل می‌دهند. بنابراین به تعداد برچه‌ها در داخل تخمدان حفره به‌وجود می‌آید و تخمک‌ها به‌صورت ردیف‌هایی در طول محور میانی قرار می‌گیرند مانند گیاهان تیره‌ی سوسن.

**جفت‌بندی مرکزی:** این جفت‌بندی در مادگی‌های چندبرچه و تک‌خانه مانند پامچال وجود دارد. تخمک‌ها بر روی ستون آزاد در مرکز تخمدان که از رشد قاعده‌ی محل اتصال برچه‌ها حاصل آمده، قرار می‌گیرند.




شکل ۷ــ۳ــ انواع جفت‌بندی‌ها

## برای مطالعه

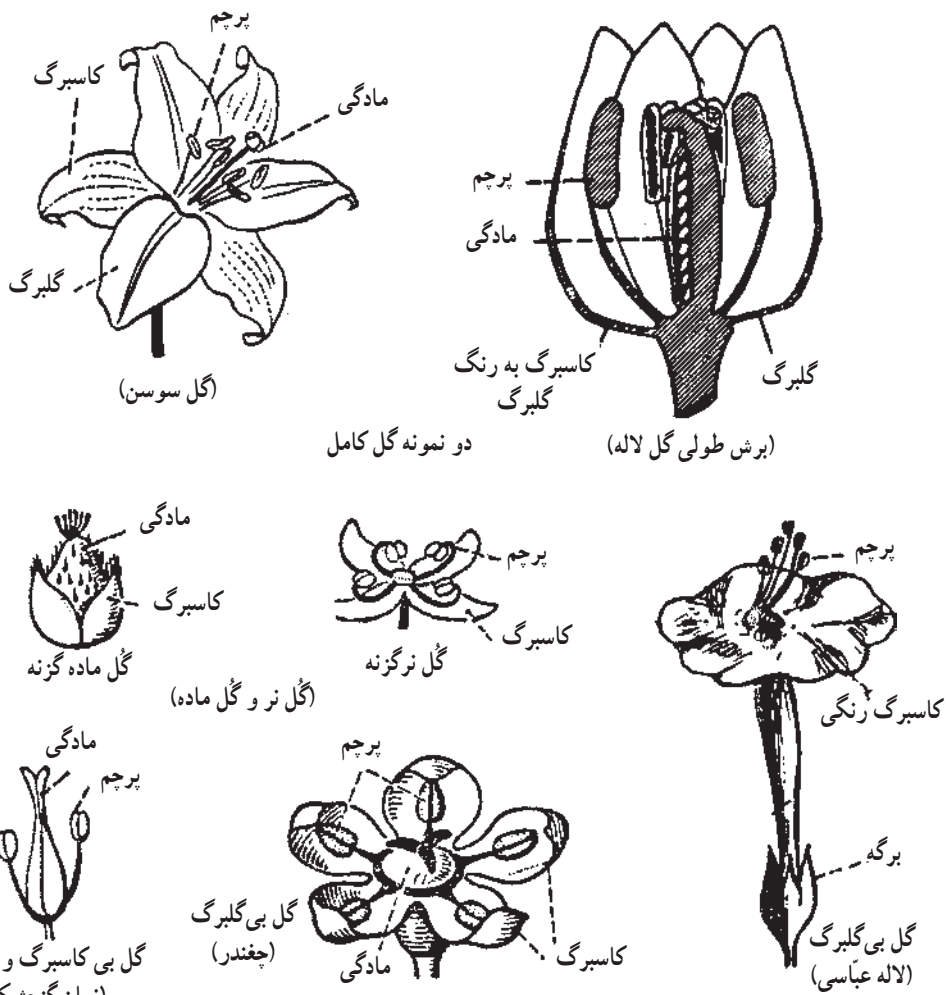
### تخمک‌ها چگونه ساخته می‌شوند؟

ابتدا در دیواره‌ی تخمدان در محلی به نام جفت یک برآمدگی پدیدار می‌شود. این برآمدگی شامل توده‌ای از سلول‌هاست که بعدها پارانشیم خورش را پدید می‌آورند. سپس در سمت خارج این توده‌ی سلولی دو پوسته به‌وجود می‌آیند. همزمان با این تغییرات یکی از سلول‌های خورش از بقیه متمایز می‌گردد. این سلول که مانند سایر سلول‌های پارانشیم خورش، $2n$ کروموزومی است، سلول **مادر مگاسپور** نام دارد. سلول مادر مگاسپور با تقسیم میوز چهار سلول $n$ کروموزومی به نام **مگاسپور** تولید می‌کند. یکی از این چهار سلول بزرگ می‌شود و سه سلول دیگر از بین می‌روند. هسته‌ی سلول باقی‌مانده (مگاسپور) سه بار به طریق میتوز تقسیم می‌شود و ۸ هسته $n$ کروموزومی حاصل می‌کند. سرانجام هرکدام از این هسته‌ها با مقداری سیتوپلاسم تبدیل به یک سلول می‌شود. ۶ تا از این سلول‌ها در قطبین سلول مگاسپور قرار می‌گیرند و دو تای دیگر در مرکز سلول دو هسته‌ای را به‌وجود می‌آورند. اکنون سلول بزرگ مگاسپور شامل ۷ سلول است و آن را **کیسه رویانی (گامتوفیت ماده)** می‌نامیم.

گل‌ها را از نظر دارا بودن اجزای گل به دو دسته گل کامل و گل ناقص تقسیم می‌نمایند.

**گل کامل:** گلی را کامل گویند هرگاه هر چهار جزء اصلی گل یعنی کاسه، جام، نافه و مادگی (برچه) در گل مشاهده گردد مانند شب‌بو، آلاله، نیلوفر آبی و گل شراب.

**گل ناقص:** هرگاه گل فاقد یکی از اجزای اصلی باشد آن را ناقص می‌نامند.




**شکل ۸ــ۳ــ گل‌های کامل و گل‌های ناقص**

گل‌های ناقص دارای دو نوع مختلف می‌باشند.

ــ پاره‌ای فاقد کاسه و جام گل می‌باشند و آن‌ها را برهنه می‌گویند.

ــ پاره‌ای از گل‌ها فاقد گلبرگ هستند در آن صورت آن‌ها را بی‌گلبرگ گویند.

گل‌هایی که دارای نافه و مادگی هستند خواه دارای کاسه و جام بوده و یا فاقد آن باشند گل‌های هرمافرودیت (نر ماده) نامیده می‌شوند مانند گل‌های گندم، میخک، اطلسی، شب‌بو و غیره.

گل‌هایی که فاقد نافه‌اند گل ماده و گل‌هایی که فاقد مادگی هستند گل نر گویند. هرگاه گل نر روی یک درخت و گل ماده روی درخت دیگر باشد گیاه را دو پایه می‌نامند مانند بید، خرما و پسته.

در صورتی که گل‌های نر و گل‌های ماده در روی یک گیاه باشند آن را یک پایه می‌گویند. مانند بلوط، فندق و گردو.

گاهی در بعضی نباتات در روی یک پایه آن، هم گل‌های نر ماده (هرمافرودیت[1]) و هم گل‌های یک جنسی (نر یا ماده) دیده می‌شود. این قبیل نباتات را پلی‌گام می‌نامند.

**گل‌های منظم و گل‌های نامنظم:** گل‌هایی که اجزای ساختمانی آن‌ها نسبت به محور گل قرینه باشند گل‌های منظم نام دارند مانند گل لاله و توت‌فرنگی. اگر اجزای ساختمانی گل با یکدیگر مساوی نباشند ولی نسبت به صفحه‌ای که از دمگل می‌گذرد قرینه باشد گل را نامنظم می‌گویند مانند گل نخود.

**نباتات اتوفکوند و هتروفکوند:** هرگاه تخمک‌های درون تخمدان یک گیاه (گامت ماده) با محتوی دانه گرده (گامت نر) همان گیاه تلقیح گردد می‌گویند گیاه به‌طریق اتوفکوند تولید بذر نموده است و این نوع گیاهان را اتوگام می‌نامند مانند گندم و نخود. در صورتی که تخمک درون تخمدان گیاهی به‌وسیله گیاه دیگر تلقیح گردد آن را هتروفکوند نامند و این نوع گیاهان را الوگام می‌گویند مانند چغندر.

گیاهانی نیز یافته می‌شوند که وضعی بینابین دارند و این نوع گیاهان را الواتوگام می‌گویند. شناسایی گیاهان الوگام و گیاهان اتوگام از نظر اصلاح نباتات در رابطه با تهیه بذر مرغوب و مناسب اهمیت فراوان دارد.

## اقسام گل آذین

چگونگی قرار گرفتن گل‌ها روی ساقه را گل آذین گویند.

گل آذین‌های ساده یک دمگل اصلی داشته و چند گل به آن متصل است در صورتی که در

---

۱ــ Hermafrodit

گل‌آذین‌های مرکب دمگل‌های فرعی از آن منشعب می‌شوند.

**دمگل:** پایک هر گل در گل آذین.

**دمگل آذین:** پایک گل آذین.

**ساقه برهنه:** پایک بدون برگی که از زمین خارج می‌شود و حامل گل آذین است.

**محور:** محور اصلی گل آذین.

**گریبانه:** فلس و یا برگ‌های کوچکی که در زیر گل آذین‌های متراکم قرار گرفته مثل گیاهان خانواده‌های چتریان و گل قاصد.

**برگه، چمچه:** برگه و یا برگ‌هایی که گل آذین را احاطه می‌کند و یا در زیر آن قرار گرفته مثل گل شیپوری و پیاز.

**گرزن یکسویه:** در زیر گل انتهایی یک شاخه حامل یک گل، وجود دارد. در صورتی‌که مجدداً گلدهی ادامه یابد گرزن یکسویه مرکب تشکیل می‌شود.

**گرزن دم عقربی:** گرزن یکسویه مرکب که به‌ترتیب شاخه‌ها در جهات مختلف منشعب می‌شوند.

**گرزن باد بزنی:** گرزن یکسویه مرکبی که به‌ترتیب از چپ و راست منشعب می‌شوند و نوک همه آن‌ها در یک سطح قرار دارد.

**گرزن حلزونی:** گرزن یکسویه مرکبی که انشعابات همه از یک جهت خارج می‌شوند و در یک سطح قرار گرفته‌اند.

**گرزن دوسویه:** در زیر گل انتهایی ۲ شاخه حامل گل روبه‌روی هم قرار دارند. در صورتی که مجدداً انشعابات ادامه یابد، گرزن دوسویه مرکب تشکیل می‌شود.

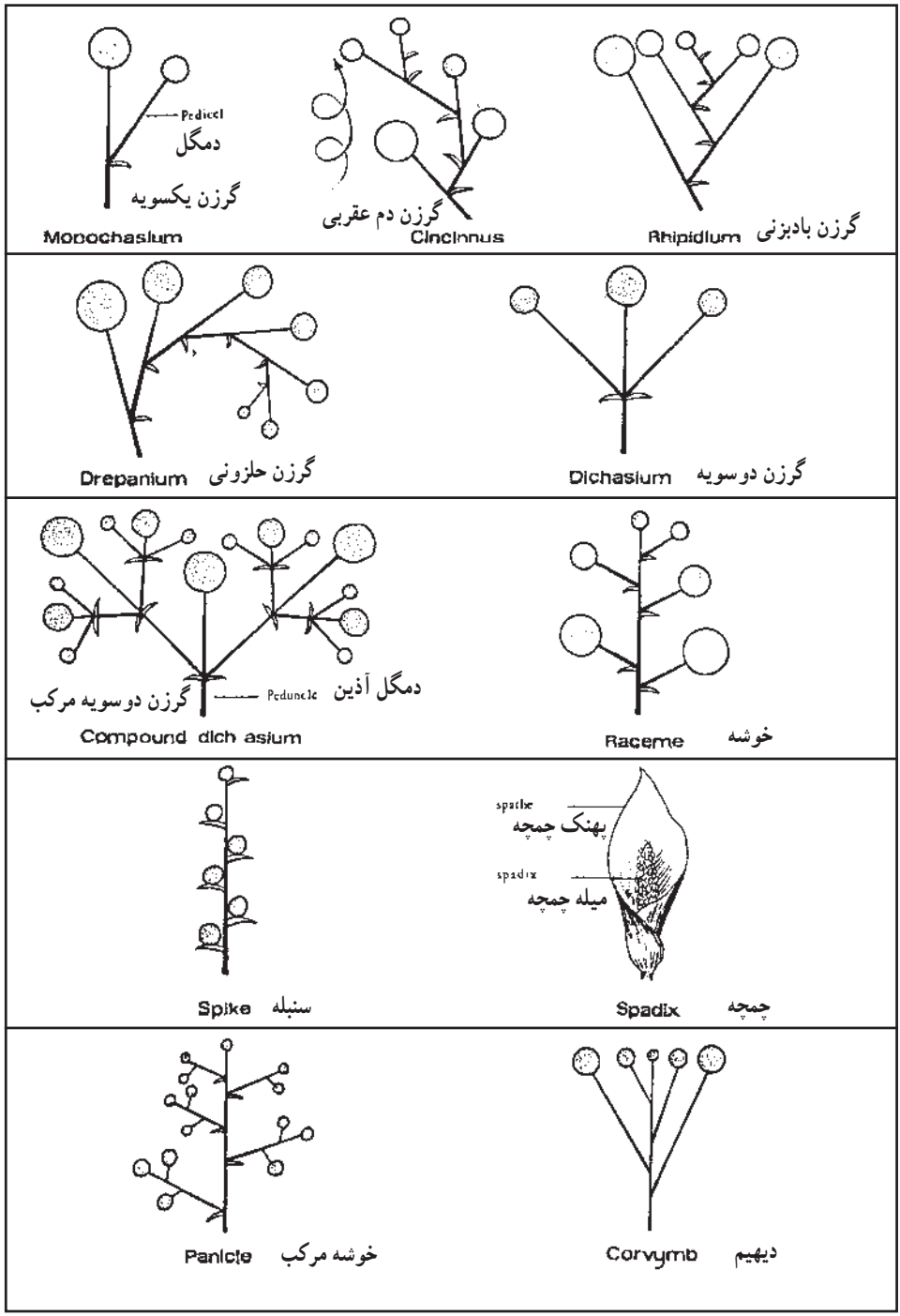
**خوشه:** نوعی گل آذین که محور اصلی آن طویل شده و دمگل‌های حامل گل به آن متصل می‌گردند.

**سنبله:** شبیه خوشه ولی گل‌ها بدون دمگل هستند.

**میله چمچه:** سنبله‌ای با محور ضخیم و گوشتی مثل گل شیپوری.

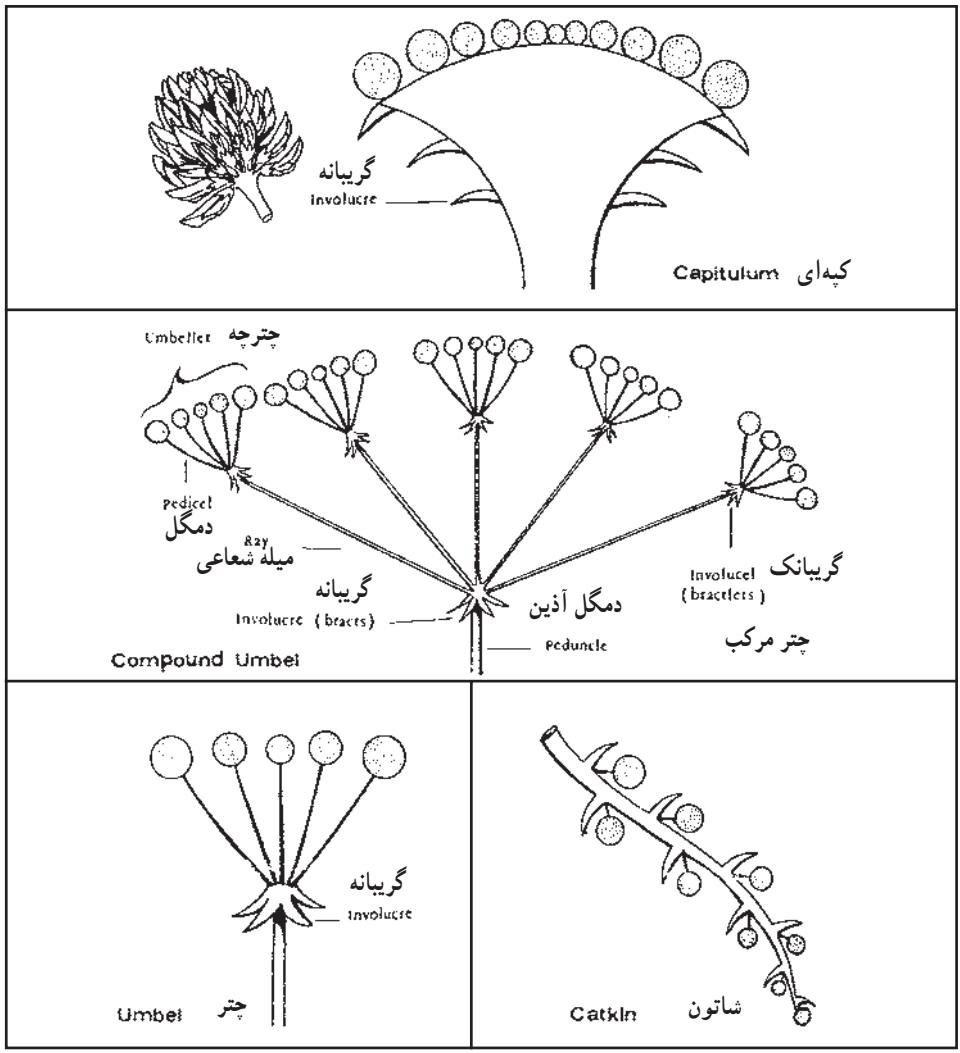
**خوشه مرکب:** نوعی گل آذین با یک محور اصلی و انشعاباتی که خود مجدداً منشعب می‌گردند.

**دیهیم:** نوعی گل آذین که دمگل‌های پایینی طویل‌تر شده، به نحوی که گل‌ها در بالا همه در یک سطح قرار می‌گیرند.


Pedicel
دمگل
گرزن یکسویه
Monochasium
گرزن دم عقربی
Cincinnus
Rhipidium
گرزن بادبزنی
Drepanium
گرزن حلزونی
Dichasium
گرزن دوسویه
Peduncle
دمگل آذین
گرزن دوسویه مرکب
Compound dich asium
Raceme
خوشه
Spike
سنبله
spathe
پهنک چمچه
spadix
میله چمچه
Spadix
چمچه
Panicle
خوشه مرکب
Corvymb
دیهیم

شکل ۹ــ۳

**کپه‌ای، کلاپرک، سرسان:** نوعی گل آذین شامل کپه‌ای با گل‌های بدون دمگل و به صورت فشرده به‌هم و انبوه.




شکل ۱۰ــ۳

**چتر:** نوعی گل آذین که در آن تمام دمگل‌ها از یک نقطه خارج می‌شوند. درصورتی که دمگل‌های دیگری از دمگل‌های اصلی منشعب گردد گل آذین چتر مرکب خواهد بود.

**شاتون، دم گربه‌ای:** شبیه سنبله که یک‌جا خزان می‌کند و دارای گل‌های تک جنسی و بدون گلبرگ است.

## فعالیت عملی ۱ــ۳:

هنرجویان گرامی انواع گل‌آذین در گیاهان مختلف را جمع‌آوری و شناسایی نمایید.

تعداد و وضع قطعات گل در گیاهان مختلف متفاوت است و از این تفاوت‌ها برای رده‌بندی گیاهان استفاده می‌شود.

به خطر اهمیت گل در شناسایی گیاهان نهاندانه، گیاه‌شناسان راه‌هایی را برای نشان‌دادن ویژگی‌های گل پیشنهاد کرده‌اند، مانند تهیه‌ی برش طولی و رونگاره‌ی گل.

**رونگاره‌ی گل:** هرگاه صفحه‌ای فرضی پوشش‌های گل را به‌طور افقی در بخش میانی و پرچم‌ها را از ناحیه بساک و مادگی را از ناحیه‌ی تخمدان برش داده و تصویر برش‌های به‌دست آمده را به همان ترتیبی که بر روی گل قرار دارند روی صفحه‌ای افقی رسم کنیم، رونگاره‌ی آن گل به دست می‌آید. به طوری که در شکل ملاحظه می‌شود در رونگاره تعداد، وضعیت قرارگرفتن، پیوستگی و آزادبودن، منظم یا نامنظم بودن قطعات تشکیل‌دهنده‌ی گل هم‌چنین ویژگی‌های تشریحی بساک و تخمدان به آسانی مشخص می‌شود.

دیاگرام گل در گیاهان تیره کلم

دیاگرام گل در گیاهان تیره ختمی

دیاگرام یک سنبله گندم

شکل ۱۱ــ ۳

## گرده‌افشانی و آمیزش گامت‌ها

گرده‌افشانی عبارت است از انتقال دانه‌های گرده پرچم یک گل به روی کلاله مادگی همان گل یا گل دیگری از همان گونه. گرده‌افشانی ممکن است به‌طور **مستقیم** یا **غیرمستقیم** انجام شود. در گرده‌افشانی مستقیم، دانه‌های گرده یک گل به‌روی مادگی همان گل انتقال می‌یابد این نوع گرده‌افشانی به‌طور معمول در یک گل هرمافرودیت (گلی که هم پرچم و هم مادگی دارد) و پرچم‌ها و مادگی‌ها با هم می‌رسند، انجام می‌شود. همچنین در مواردی مانند گل نخود که گلبرگ‌ها فضای مسدودی به‌وجود آورده و پرچم‌ها و مادگی در آن جای می‌گیرند، اجباراً گرده‌افشانی مستقیم انجام می‌دهند. از سوی دیگر هرگاه گرده‌افشانی بین دو گل (تک‌جنسی یا هرمافرودیت)انجام گیرد، گرده‌افشانی را غیرمستقیم می‌گویند. گرده‌افشانی غیرمستقیم به کمک حشرات، باد، آب، جانوران دیگر و به‌طور مصنوعی به‌وسیله آدمی انجام می‌گیرد، اما گرده‌افشانی به‌وسیله حشرات و باد عمومیت بیشتری دارد.

گرده‌افشانی به‌وسیله حشرات در بین گیاهان بسیار رایج است. گل‌هایی که به کمک حشرات گرده‌افشانی می‌کنند، سازگاری‌های خاصی حاصل کرده‌اند. این گل‌ها با رنگ، بو و نوش یا شهد خود حشرات را به سوی خود جلب می‌کنند. نوش در نوشگاه ساخته می‌شود. نوشگاه در نقاط مختلف از جمله در پای گلبرگ‌ها، پرچم‌ها و بر روی بخش‌هایی از نهنج و غیره قرار دارند. نوش

**شکل ۱۲ــ ۳ ــ گرده‌افشانی در گیاه سالویا**

از ترشحات گیاهی است و در آن مواد قندی وجود دارد، پروانه‌ها، زنبوران بویژه زنبور عسل غذای خود را از نوش گل‌ها تأمین می‌کنند. اندازه‌ی گل‌ها اغلب با جثه‌ی حشره هماهنگی دارد، به‌طوری که حشره به‌راحتی در درون گل به گونه‌ای جای می‌گیرد که بدنش با دانه‌های گرده و مادگی تماس پیدا می‌کند.

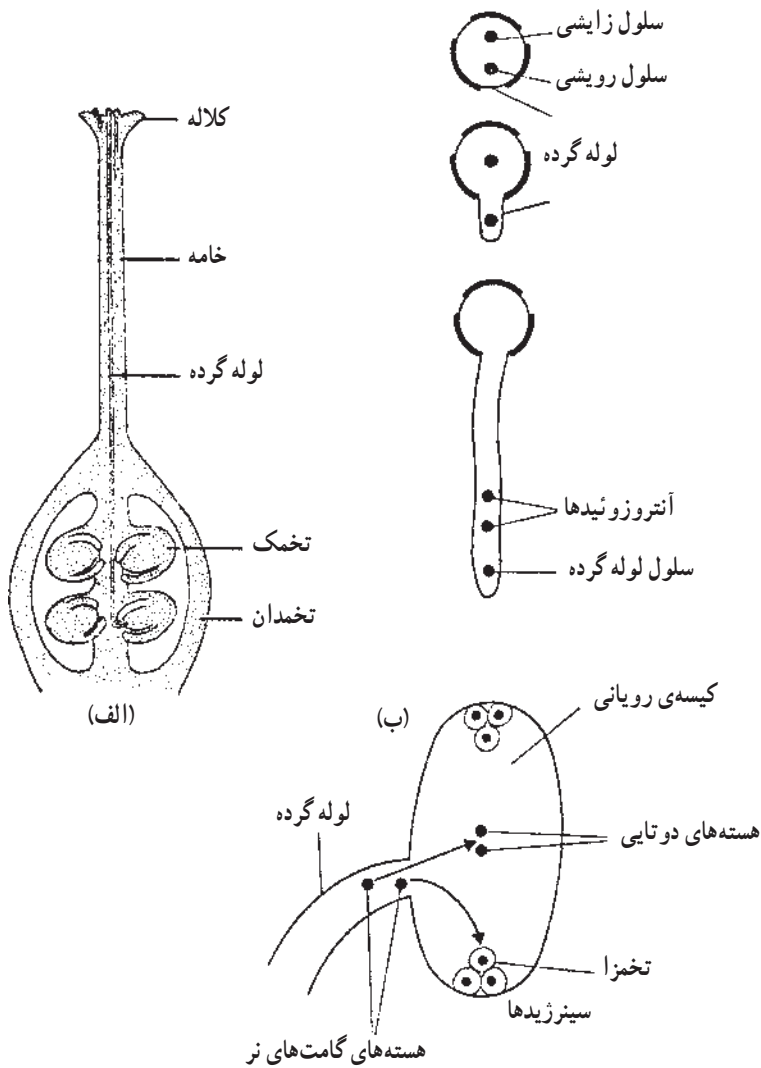
بسیاری از گیاهان بوته‌ای و درختان برای عمل گرده‌افشانی به حشرات نیاز ندارند. دانه‌های گرده گل این گیاهان در هوا پخش شده، به‌وسیله باد حمل می‌شوند. اما در این حال بیشتر دانه‌های گرده هدر می‌روند، اما بعضی به دام کلاله‌های گل‌های رسیده می‌افتد. گرده‌افشانی به‌وسیله باد بیشتر در گیاهانی صورت می‌گیرد که دارای گل‌های نر و گل‌های ماده‌اند و این گل‌ها روی پایه‌های جداگانه قرار دارند. در این قبیل گل‌ها، پرچم‌ها اغلب از گل خارج شده و به‌وسیله‌ی باد تکانده شده، دانه‌های گرده خود را آزاد می‌سازند. دانه‌های گرده این گل‌ها بسیار فراوان بوده، صاف و سبک‌اند و مسافت‌های طولانی را همراه باد طی می‌کنند. کلاله‌ها اغلب دارای انشعابات پرمانند بوده و خارج از گل قرار می‌گیرند. این وضعیت شانس کلاله‌ها را برای به دام‌انداختن دانه‌های گرده که به وسیله‌ی باد حمل می‌شوند، افزایش می‌دهد. در گل‌هایی که به‌وسیله‌ی باد گرده‌افشانی می‌کنند، گلبرگ‌ها یا وجود ندارند و یا بسیار کوچکند و نوش گل وجود ندارد (چرا؟).

## آمیزش

آمیزش عبارت است از ترکیب گامت ماده با گامت نر. محصول آمیزش، سلول تخم است. سلول تخم با تقسیمات متوالی و تحولاتی که حاصل می‌کند رویان را پدید می‌آورد. پس از آن که دانه‌های گرده بر روی کلاله مادگی نشستند، درصورتی که شرایط محیط مناسب باشد، رطوبت جذب می‌کنند و محتویات هرکدام از آن‌ها به‌صورت لوله‌ای به نام لوله‌ی گرده، از یکی از روزن‌های پوسته دانه گرده خارج می‌گردد. هر لوله گرده از طریق بافت مخصوصی که در خامه وجود دارد به سوی تخمدان نفوذ می‌کند و خود را به تخمک می‌رساند. سپس لوله گرده وارد تخمک می‌شود. ضمن رویش لوله گرده، هسته‌ی سلول رویشی تحلیل می‌رود و هسته‌ی سلول زایشی به طریق میتوز تقسیم می‌شود و دو سلول حاصل می‌آورد. هرکدام از سلول‌های اخیر یک گامت نر یا آنتروزوئید است. پس لوله‌ی گرده‌ای که وارد تخمک می‌شود دارای دو گامت نر است. در داخل کیسه رویانی یکی از آنتروزوئیدها با سلول تخمزا و آنتروزوئید دیگر با سلول دو هسته‌ای ترکیب می‌شود. نتیجه‌ی این دو آمیزش به وجودآمدن تخم اصلی (2n کروموزومی) و تخم ضمیمه (3n کروموزومی) است (شکل۱۳ــ۳).

## پدیدآمدن دانه

پس از آمیزش، یک سری تغییرات در تخمک صورت می‌گیرد و طی این تغییرات تخمک به دانه تبدیل می‌شود. در این فرایند از تخم اصلی رویان دانه و از تخم ضمیمه، اندوخته (آلبومن) دانه به‌وجود می‌آید. پوسته‌های تخمک هم در محل سفت به هم می‌رسند و پس از تغییراتی به پوسته دانه تبدیل می‌شوند.




**شکل ۱۳ــ۳ــ الف ــ ورود لوله‌های گرده از خامه به سوی تخمک‌ها؛ ب ــ رویش لوله گرده و انجام لقاح مضاعف**

## پیدایش آلبومن

تخم ضمیمه نیز همراه با تقسیمات تخم اصلی، پس از تقسیمات متوالی، بافت ویژه‌ای به نام **آلبومن** را می‌سازد که در حقیقت همان اندوخته‌ی دانه بوده، بعدها مورد استفاده‌ی رویان قرار می‌گیرد. تشکیل آلبومن به این ترتیب است که هسته‌ی تخم ضمیمه پی‌درپی تقسیم شده و اطراف دیواره‌ی کیسه‌ی رویانی را اشغال می‌کنند درحالی که بخش میانی کیسه‌ی رویانی دارای مقداری سیتوپلاسم محتوی مواد غذایی و واکوئل است. هسته‌های حاصل از تخم ضمیمه به تکثیر خود ادامه داده تمام حجم کیسه‌ی رویانی را اشغال می‌کنند. لایه‌ی بیرونی آلبومن در بسیاری از گیاهان با ترشح آنزیم‌هایی تمام خورش داخل تخمک را به مصرف خود رسانده و به این ترتیب خورش در اغلب موارد کاملاً از میان می‌رود.

به‌طوری که ملاحظه می‌شود تخم ضمیمه از اندوخته‌ی کیسه‌ی رویانی استفاده کرده تکثیر می‌یابد و معمولاً تمام سلول‌های خورش را نیز به مصرف می‌رساند. درحالی که خود غذای مناسبی را برای رویان فراهم می‌آورد و سرانجام مورد تغذیه‌ی رویان قرار می‌گیرد.

## تشکیل میوه

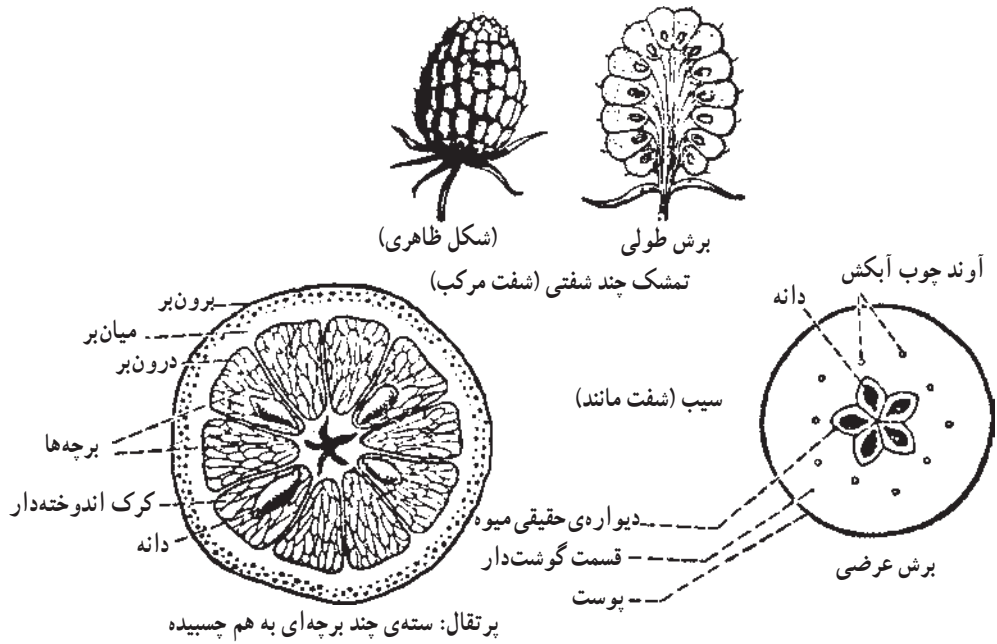
در مدتی که رشد و نمو تخمک در جریان است تغییراتی نیز در بخش‌های مختلف تخمدان به‌وجود می‌آید و این اندام تبدیل به میوه می‌شود. دیواره‌ی میوه که از تغییرات دیواره‌ی تخمدان حاصل می‌شود و پیرابر نام دارد شامل سه بخش کم‌وبیش مشخص **برون‌بر**، **میان‌بر** و **درون‌بر** است که ساختمان آن برحسب نوع میوه متفاوت است.

**شکل ۱۴ــ۳ــ تشکیل میوه**

**برون‌بر:** خارجی‌ترین پوسته میوه است که در هلو کرکدار، در پرتقال ناصاف و در گیلاس صاف است.

**میان‌بر:** میان‌بر در بیشتر میوه‌ها قسمت خوراکی را تشکیل می‌دهد. میان‌بر هلو نرم، میان‌بر پرتقال سفید است و همراه با برون‌بر به‌نام پوست پرتقال کنده می‌شود.

**درون‌بر:** این قسمت دانه را دربر می‌گیرد، درون‌بر گردو و گیلاس چوبی، درون‌بر انگور نازک می‌باشد و مستقیماً روی دانه چسبیده است و درون‌بر پرتقال به‌صورت کرک‌های دراز و آبدار درآمده است و بخش خوراکی میوه است.




شکل ۱۵ــ۳ــ انواع میوه‌های آبدار

## اقسام میوه

میوه‌ها را از روی ساختمان فرابر آن‌ها به دو دسته تقسیم می‌کنند :

**۱ــ میوه آبدار:** در این نوع میوه میان‌بر یا درون‌بر عموماً آب و مواد گوناگون اندوخته می‌کنند مانند هلو که دارای میان‌بر آبدار و پرتقال که دارای درون‌بر آبدار است. میوه‌های آبدار دو نوع‌اند :

***الف ــ سته:*** درون برش نازک و کاملاً به پوست دانه چسبیده است مانند انگور.

***ب ــ شفت:*** میوه آبداری است که درون برش چوبی و ضخیم شده است. درون‌بر چوبی و دانه را بر روی هم هسته گویند. مانند هسته هلو و هسته گوجه.

سیب و گلابی میوه شفتی هستند که از مادگی چند برچه‌ای به‌وجود آمده‌اند.

**۲ــ میوه‌های خشک:** عموماً فرابر خشک دارند و دانه آن‌ها به مصرف تغذیه می‌رسد. میوه‌های خشک دو دسته‌اند :

***الف ــ ناشکوفا***

به شکل‌های زیر می‌باشند :

ــ اگر فرابر نازک داشته باشند که به دانه چسبیده باشد آن را گندمه گویند مانند گندم.

ــ اگر فرابر میوه خشک و چوبی شده باشد میوه فندقه نامند مانند فندق.

***ب ــ شکوفا***

این نوع میوه خشک پس از رسیدن شکفته می‌شود و دانه‌ها به‌صورت‌های گوناگون بیرون می‌ریزند و انواع آن‌ها عبارتند از :

ــ میوه شکوفایی که با یک شکاف باز می‌شود و آن را برگه می‌گویند مانند زبان پس قفا (زبان‌در قفا).

ــ میوه شکوفایی که با دو شکاف باز می‌شود و آن را نیام می‌گویند مانند نخود، لوبیا و باقلا. اگر طول میوه کم بود (خورجین کوتاه) و آن را خورجینک نیز می‌گویند.

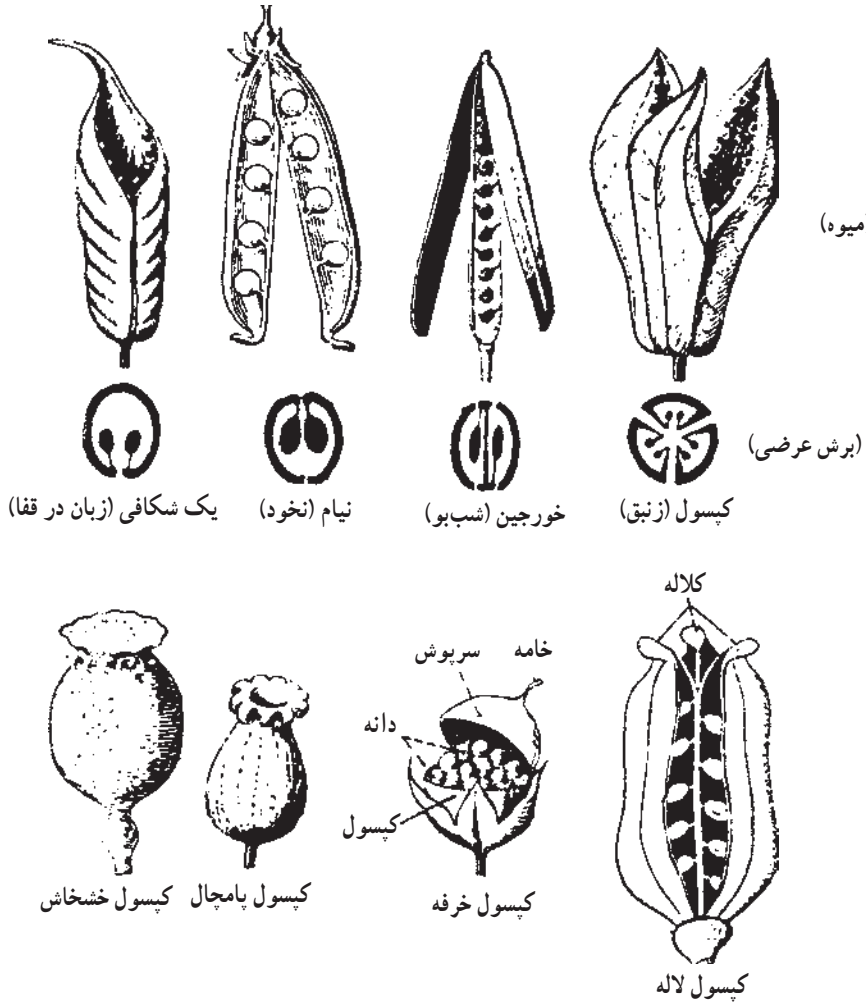
ــ نوع دیگر میوه‌های شکوفا کپسول است که از اجتماع چند برچه به‌وجود آمده است مانند خشخاش و پامچال.

**میوه ساده و مرکب:** میوه‌ای که از یک برچه یا از برچه‌های به‌هم چسبیده به‌وجود آمده باشد میوه ساده می‌نامند مانند هلو، پرتقال. میوه‌ای که از گل‌های مستقل کنار هم نتیجه شده باشد، میوه مرکب می‌گویند مانند : آلاله و تمشک.

در بعضی از گیاهان آنچه را که میوه نامیده می‌شود تخمدان رشد یافته نیست بلکه سایر اندام‌های گل است که بزرگ و آبدار و پراندوخته می‌شود که به آن‌ها میوه‌های کاذب می‌گویند مانند توت، شاه‌توت، بادام هندی، آناناس و . . . .

## فعالیت عملی ۲ــ۳:

انواع میوه‌های گیاهان را جمع‌آوری و شناسایی نمایید.




**شکل ۱۶ــ۳ ــ انواع میوه‌های خشک شکوفا**

## فعالیت عملی ۳ــ۳:

با راهنمایی مربیان خود انواع ریشه، برگ، ساقه و میوه را از منطقه خود جمع‌آوری نموده و نامگذاری نمایید.

## فعالیت عملی ۴ــ۳:

انواع گل موجود در منطقه خودتان را جمع‌آوری نموده و اجزای آن را بررسی (پوشش، پرچم، مادگی) و دیاگرام‌های آن‌ها را ترسیم کنید.

## خودآزمایی

۱ــ برچه چیست؟ انواع برچه‌ها را در گیاهان مختلف معرفی کنید.

۲ــ گیاهانی که با باد گرده‌افشانی می‌کنند چه سازگاری‌هایی حاصل کرده‌اند؟

۳ــ چرا وقتی در تشکیل دانه دو فرد شرکت دارند نسبت به موقعی که یک فرد شرکت می‌کند، برتری و امتیاز بیشتری در نظر می‌گیریم؟

۴ــ جفت‌بندی چیست؟ انواع آن را نام ببرید.

۵ــ تشکیل میوه را به‌طور خلاصه شرح دهید.

۶ــ تخم ضمیمه چگونه بوجود می‌آید؟

۷ــ میوه‌های سته و شفت را توضیح دهید.

۸ــ گل آذین خوشه را با رسم شکل توضیح دهید.

فصل ۴

# انتقال مواد

**هدف‌های رفتاری:** پس از پایان این فصل از فراگیر انتظار می‌رود :
۱ــ جابه‌جایی شیره خام در گیاه را توضیح دهد.
۲ــ جابه‌جایی شیره پرورده در گیاه را توضیح دهد.

ریشه‌ها، آب و مواد محلول را به کمک تارهای کشنده خود از خاک می‌گیرند و به سلول‌های پوست منتقل می‌کنند. سلول‌های پوست ریشه این مواد را به آوندهای چوبی می‌رسانند. از میان آوندهای چوبی مواد محلول که **شیره‌ی خام** نام دارد به سوی برگ‌ها هدایت می‌شود. در برگ‌ها ضمن عمل غذاسازی، شیره خام به **شیره‌ی پرورده** تبدیل شده و از آنجا از راه آوندهای آبکشی در همه بخش‌های گیاه توزیع می‌شود.

## نقش آب در گیاه

بیش از ۹۰ درصد از آبی که وارد گیاه می‌شود، به‌صورت بخار از طریق روزنه‌های هوایی و کمتر از ۵ درصد آن از طریق لایه کوتیکول (درصورتی که نازک باشد) به اتمسفر برمی‌گردد. دفع آب به‌صورت بخار از گیاه **تعرق** نام دارد.

مقدار تعرق بسیار بیشتر از تصور ماست. برای مثال هر بوته از ذرت رسیده در هر هفته ۱۵ لیتر آب به‌صورت بخار از دست می‌دهد. یک درخت برای تولید ۰/۴۵ کیلوگرم چوب، حدود ۴۵۰ لیتر آب مصرف می‌کند و یک درخت پر برگ مانند غان که ۲۰۰/۰۰۰ برگ دارد در فصل رویش در هر روز بین ۷۵۰ تا ۳۸۰۰ لیتر آب از دست می‌دهد. اگر قرار می‌بود آدمی مانند گیاه آب مصرف کند یک انسان متوسط می‌بایست روزانه ۳۸ لیتر آب بنوشد.

چرا در فرایندهای زیستی میزان مصرف آب تا این حد بالاست؟ آب ۹۰ درصد وزن سلول‌های

جوان را تشکیل می‌دهد، هزاران واکنش آنزیمی و فعالیت‌های شیمیایی دیگر در آب رخ می‌دهند. سطوح خارجی سلول‌های درون برگ، یعنی سطوحی که با حفرات داخل برگ تماس دارند باید مرطوب باشند، زیرا از طریق همین لایه مرطوب است که دی‌اکسیدکربن لازم برای فتوسنتز از هوا به درون سلول‌های برگ انتشار می‌یابد. آب همچنین عامل تورژسانس سلول‌هاست که خود موجب استحکام و تردی گیاهان علفی و شاخ و برگ‌های جوان درختان می‌شود. گیاهان، به‌ویژه گیاهان نواحی بیابان، با تعرق مقداری آب، از افزایش گرمای درونی خود می‌کاهند، بنابراین آب برای تعدیل گرمای درونی گیاه نیز ضرورت دارد. البته اگر دمای محیط خیلی بالا باشد، روزنه‌های هوایی بسته می‌شوند و از پژمردگی گیاه جلوگیری می‌کنند. دفع آب به‌صورت بخار از یک‌سو و جذب آن از سوی دیگر موجب به جریان افتادن شیره‌ی خام و پرورده در گیاه می‌شود. مقدار ناچیزی از آب نیز در فرایند فتوسنتز مصرف می‌شود.

## شیره‌ی خام

محلول یونی بسیار رقیق به غلظت کمتر از یک گرم در لیتر و pH ۵/۵ تا ۶ که به‌وسیله ریشه جذب و در آوندهای چوبی هدایت می‌شود، شیره خام نام دارد. به علت تبادلاتی که میان آوندهای چوبی و سلول‌های اطراف صورت می‌گیرد، علاوه بر آنچه که توسط تارهای کشنده جذب شده در شیره خام مواد متفاوت دیگری نیز موجود است.

چگونه آب و مواد محلول از ریشه که در عمق ۳ تا ۶ متری یا بیشتر از سطح زمین قرار دارد به برگ‌هایی که ممکن است فاصله‌ی آن‌ها تا زمین ده‌ها متر باشد، برسد؟ می‌دانیم که آوندهای چوبی در گیاه شبکه پیوسته‌ای را تشکیل می‌دهند. این لوله‌ها از ریشه‌های جوان آغاز شده، از ساقه می‌گذرند و سرانجام تا باریکترین رگبرگ‌های برگ ادامه می‌یابند. ورود آب و مواد محلول از محیط به این سیستم لوله‌ای پیوسته، از طریق تارهای کشنده‌ی ریشه، طبق پدیده‌ی اسمز انجام می‌شود. این‌که چه عواملی باعث صعود شیره‌ی خام در لوله‌های آوندی می‌شود از گذشته‌های دور مورد بحث دانشمندان بوده است. در ابتدا تصور می‌شد که آوندهای چوبی در عمل هدایت نقش فعال دارند، ولی چگونگی تکوین این آوندها نشان می‌دهد که سلول‌های تشکیل‌دهنده‌ی آن‌ها به‌زودی هسته و سیتوپلاسم خود را از دست می‌دهند و عمل آوندهای چوبی تنها مکانیکی بوده و راهی برای عبور شیره‌ی خام به‌شمار می‌آیند.

آزمایش‌های انجام شده نشان می‌دهد که عوامل مؤثر در صعود شیره‌ی خام در آوندهای چوبی

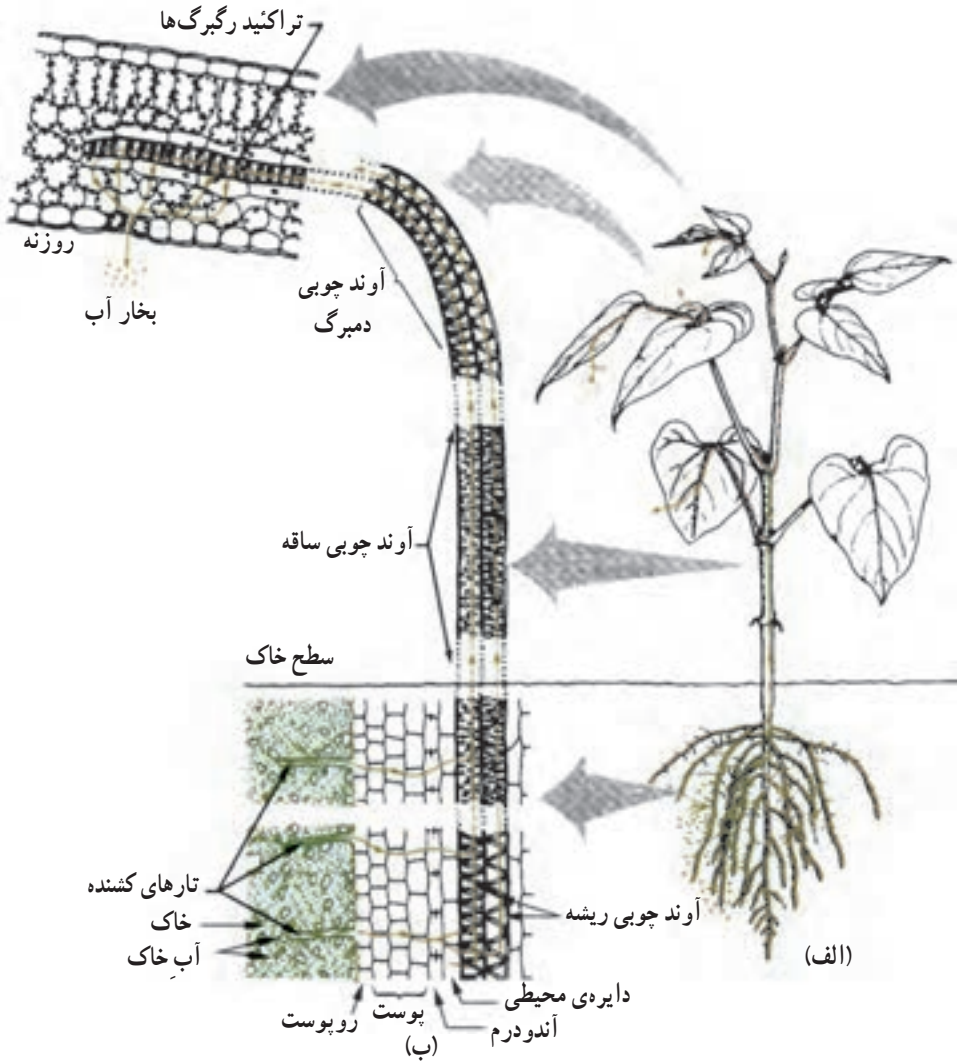
از این قرار هستند :

**الف ــ تعرق:** نیروی کششی که در اثر خروج بخار آب از برگ‌ها و ساقه‌های جوان پدید می‌آید، دلیل قانع‌کننده‌ای برای صعود شیره‌ی خام در آوندهای چوبی است. اثر تعرق در صعود شیره‌ی خام به خاصیّت چسبندگی مولکول‌های آب وابسته است. هر مولکول آب قطبی بوده و از نظر الکتریکی در یک سمت اندکی مثبت و در سمت دیگر اندکی منفی است، به همین مناسبت وقتی سر مثبت یک مولکول آب به سر منفی مولکول دیگر آب نزدیک شود، یک پیوند هیدروژنی ضعیف، مولکول‌ها را نسبت به هم پیوسته نگه می‌دارد. این خاصیت سبب می‌شود مولکول‌های آب به دیواره‌ی لوله‌های مویین (لوله‌های بسیار باریک نظیر آوندهای چوبی) بچسبند و نیز نسبت به هم پیوستگی داشته باشند.

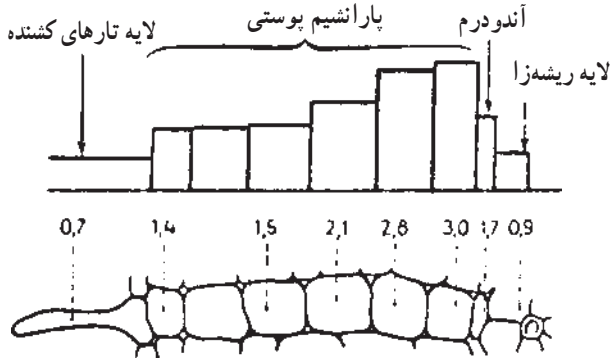
وقتی آب از سلول‌های مزوفیل برگ بخار شد، از راه روزنه‌های هوایی به خارج از گیاه انتشار می‌یابد، میزان آب آن سلول‌ها نسبت به سلول‌های مجاور کاهش می‌یابد. به این علت آب از سلول‌های مجاور از راه اسمز به سلول‌هایی که آب از دست داده‌اند، رانده می‌شود. این عمل در سلول‌های مزوفیل ادامه می‌یابد تا آن‌که به یک دسته آوند چوبی برسد. به این ترتیب سلول‌های مجاور این آوندها، آب از دست رفته را از این لوله دریافت می‌کنند. همان‌طورکه می‌دانید آوندهای کوچک به آوندهای چوبی بزرگتر و این آوندها به آوندهای اصلی ساقه و آوندهای اخیر به آوندهای چوبی ریشه متصل هستند. بنابراین وقتی یک مولکول آب به‌صورت بخار از برگ خارج می‌شود، ستونی از مولکول‌های آب به‌دنبال آن به حرکت درمی‌آیند و چون بین مولکول‌های آب پیوستگی وجود دارد و شبکه آوندهای چوبی نیز پیوسته است، شیره‌ی خام از ریشه به سوی برگ‌ها کشیده می‌شود. گاهی پیدایش حباب‌های هوا در لوله‌های آوند چوبی پیوستگی مولکول‌های آب را به‌هم می‌زند و مانعی در صعود آب به‌وجود می‌آید. این امر به‌ندرت مشکل‌آفرین است زیرا در صورتی که حباب‌ها کوچک باشند به‌زودی حل شده و از میان می‌روند، حباب‌های بزرگ به‌ندرت در معدودی از لوله‌ها تشکیل می‌شوند.

**ب ــ فشار ریشه‌ای:** هنگامی که شاخه‌ی بعضی درختان را همزمان با آغاز رویش آن‌ها در فصل بهار قطع می‌کنند (هَرَس)، از سطح مقطع آن‌ها آب خارج می‌شود. مقدار این آب در سطح مقطع ساقه مو نسبتاً زیادتر است و به آن **اشک‌مو** می‌گویند. علت خروج آب را از این شاخه‌ها فشار ریشه‌ای می‌دانند. اثر فشار ریشه‌ای در صعود آب به‌ویژه در تابستان به‌مراتب کمتر از تعرق است.

فشار ریشه‌ای، نتیجه فشار اسمزی و فعالیت‌های حیاتی سلول‌های ریشه به‌ویژه آندودرم است. هرگاه تغییرات فشار اسمزی را به‌ترتیب از لایه تارهای کشنده تا سلول‌های آندودرم (شکل ۲ــ۴)



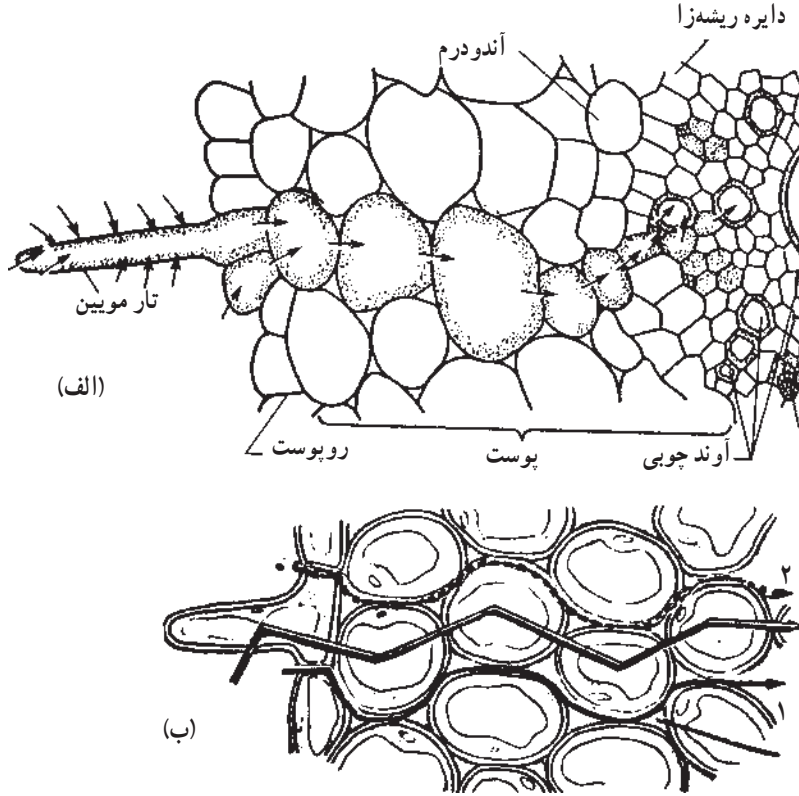

شکل ۱ــ۴ــ الف ــ طرحی از مسیر حرکت آب در یک گیاه کامل لوبیا، ب ــ جزئیات این حرکت در مسیر آوندهای چوبی




شکل ۲ــ۴ــ تغییرات فشار اسمزی از لایه تارهای کشنده تا آوندهای چوبی برحسب اتمسفر

بررسی کنیم، می‌بینیم که فشار اسمزی تا آندودرم به‌تدریج افزایش می‌یابد. بنابراین طبیعی است که حرکت شیره خام از تارهای کشنده تا درون پوست بر طبق قوانین اسمزی انجام شود. در سلول‌های آندودرم فشار اسمزی ناگهان کاهش می‌یابد و در این‌جا حرکت شیره‌ی خام مستلزم انتقال فعّال است. سلول‌های آندودرمی به طریق فعّال شیره خام را از سلول‌های پارانشیم پوست گرفته و به دایره ریشه‌زا می‌رانند تا از آن‌جا وارد آوندهای چوبی شود.

عبور آب تا اندازه‌ای از راه سیتوپلاسم سلول‌ها و تا اندازه‌ای از فضاهای بین سلول‌ها و دیواره‌ی سلول‌هاست. آب و نمک‌های محلول از راه تارهای کشنده وارد گیاه می‌شود و از آن‌جا از راه سلول‌های پارانشیم پوستی تا لایه آندودرم پیش می‌رود. حلقه نفوذناپذیر کاسپاری در سلول‌های آندودرم سبب می‌شود که آب و مواد محلول از طریق سیتوپلاسم این سلول‌ها به آوندهای چوبی راه یابند. در این‌جاست که سلول‌های آندودرمی نقش زیستی خود را به‌ویژه برای عبور دادن مواد محلول، ایفا می‌کنند.

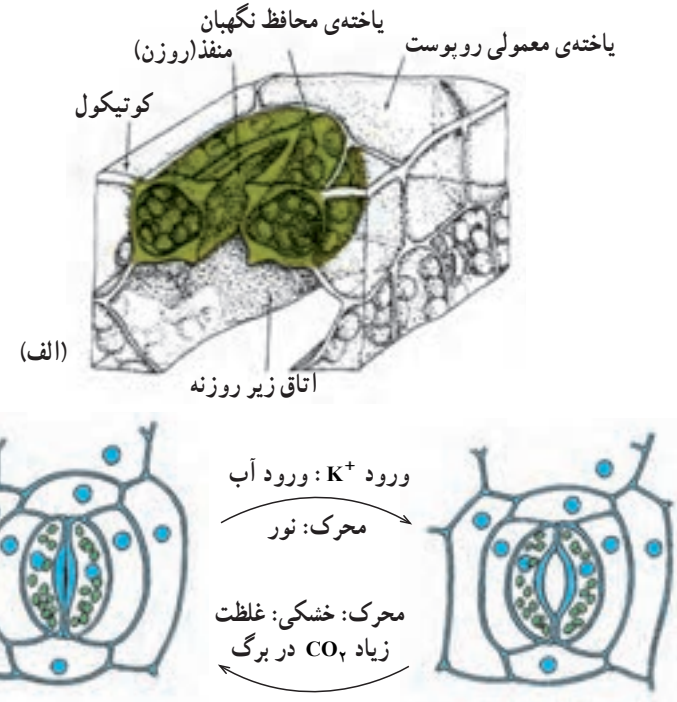



**شکل ۳ــ۴ــ طرح عبور آب از تار کشنده به آوندهای چوبی (الف). راه درون سیتوپلاسمی، (ب) . راه انتشار آزاد: از سطح دیواره و از درون دیواره**

## تنظیم مقدار تعرق

در تشکیل هر روزنه هوایی دو سلول لوبیایی شکل به‌نام سلول‌های **نگهدارنده روزنه** شرکت می‌کنند. این سلول‌ها دیواره انعطاف‌پذیری دارند و ضخامت آن‌ها در سمت روزنه بیشتر است. این تفاوت در ضخامت دیواره سبب می‌شود تا با تغییر مقدار تورژسانس این سلول‌ها، روزنه باز یا بسته شود. وقتی فشار تورژسانس (تورم) سلول‌ها کم باشد، روزنه بسته می‌شود و زمانی که فشار آن بالا باشد، روزنه باز می‌شود.

روش باز شدن روزنه‌های هوایی را می‌توان این چنین توضیح داد. سلول‌های نگهدارنده روزنه به طریق فعّال از سلول‌های اپیدرمی مجاور خود یون‌های پتاسیم و کلر را جذب می‌کنند. این امر سبب می‌شود که فشار اسمزی سلول‌های نگهدارنده روزنه بالا رود. درنتیجه این عمل، آب از سلول‌های اپیدرمی به سلول‌های نگهدارنده رانده می‌شود و سلول‌های نگهدارنده به حال تورژسانس درمی‌آیند و باز می‌شوند. برای بسته شدن روزنه‌های هوایی عمل عکس انجام می‌شود.




**شکل ۴ــ۴ــ الف ــ شمای روزنه؛ ب ــ طرحی که در آن مکانیسم‌های باز و بسته شدن یاخته‌های محافظ روزنه خلاصه شده است. گرفتن یا از دست دادن $K^+$ که با انتقال فعال انجام می‌شود، ورود اسمزی آب را به همراه خواهد داشت.**

**شیره پرورده**

مایعی که در آوندهای آبکشی جریان دارد **شیره‌ی پرورده** نامیده می‌شود. شیره‌ی پرورده به‌مراتب غلیظ‌تر از شیره‌ی خام است. (غلظت آن حدود ۱۵ تا ۲۵ گرم در لیتر است) زیرا که مقدار چشم‌گیری از آب موجود در شیره‌ی خام بر اثر تعرق از میان می‌رود و با انجام فتوسنتز در برگ، مقدار دیگری از آب موجود در شیره‌ی خام مصرف شده و ترکیبات آلی به آن اضافه می‌شود. بنابراین شیره‌ی پرورده حاوی ترکیبات آلی فراوان است که ضمن فرایند فتوسنتز در برگ‌ها ساخته شده‌اند. مهم‌ترین ترکیبات موجود در شیره‌ی پرورده مواد قندی به‌ویژه ساکاروز است. مواد نیتروژن‌دار آلی مانند اسیدهای آمینه و عناصری مانند کلسیم، پتاسیم و منیزیم نیز در شیره‌ی پرورده یافت می‌شوند. pH شیره‌ی پرورده از ۷ تا ۸ تغییر می‌کند.

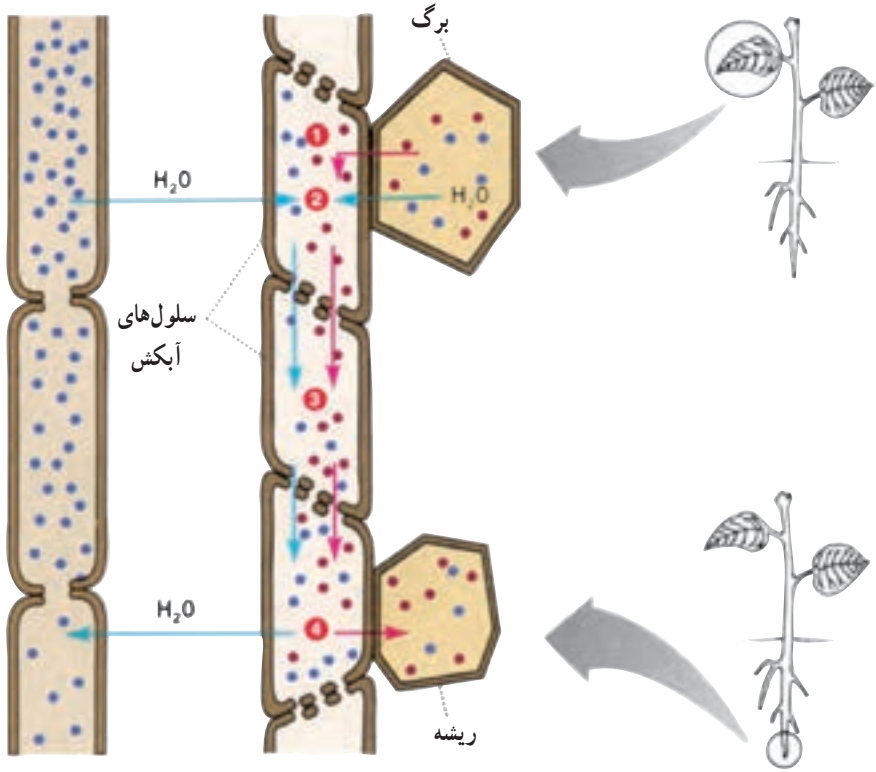
بیشتر اطلاعاتی که درباره‌ی شیره‌ی پرورده به‌دست آمده به کمک عناصر رادیواکتیو و استفاده از حشرات کوچکی به‌نام **شته** بوده است. برای مثال یک ماده قندی نشان‌دار (دارای عنصر رادیواکتیو) را در زمانی مشخص در نقطه‌ی معین به برگ وارد می‌کنند و زمان رسیدن این ماده را به نقطه دیگر اندازه گرفته و با توجه به فاصله دو نقطه سرعت حرکت شیره‌ی پرورده را محاسبه می‌کنند. شته‌ها خرطوم لوله مانند و ظریف خود را تا رسیدن به درون آوندهای آبکشی، در برگ یا ساقه جوان فرو می‌برند. فشار تورژسانس موجود در آوندهای آبکشی سبب می‌شود که مایع درون این آوندها وارد خرطوم و سپس دهان و لوله گوارش این حشرات گردد. در مطالعات، شته‌ها را بی‌حس می‌کنند و خرطوم آن‌ها را به‌گونه‌ای قطع می‌کنند که قسمت عمده‌ی آن در جای فرو رفته باقی بماند. به این ترتیب مایع درون آوندهای آبکشی به‌طور پیوسته از این لوله‌های ظریف خارج و برای مطالعه و بررسی جمع‌آوری می‌شود.

مدت‌ها تصور می‌شد که شیره‌ی پرورده در آوند آبکشی، از سلولی به سلول دیگر به طریق انتشار ساده جریان می‌یابد، اما معلوم شده که سرعت حرکت شیره‌ی پرورده به مراتب بیشتر از سرعت انتشار ساده است (در حدود ۱۰ تا ۱۰۰ سانتی‌متر در ساعت). بنابراین علاوه بر پدیده‌ی انتشار عوامل دیگر در جریان یافتن شیره‌ی پرورده دخالت دارند.

امروزه یکی از علت‌های جریان شیره‌ی پرورده را این‌گونه توضیح می‌دهند : ابتدا قندهای ساخته شده در سلول‌های برگ به طریق انتقال فعّال وارد لوله‌های آبکشی در باریک‌ترین رگبرگ‌ها می‌شود. این امر باعث می‌شود که غلظت در این لوله‌ها بالا رود و آب به طریق اسمزی وارد آن‌ها شود. فشار تورژسانس که به این ترتیب در لوله‌های آبکشی برگ پدید می‌آید، باعث می‌شود که

شیره‌ی پرورده به همین ترتیب در این لوله‌ها به سوی اندام‌های مصرف‌کننده پیش رود. در اندام‌های مصرف‌کننده، موادغذایی (به‌طور عمده ساکاروز) به طریق فعال از نوک آوندهای آبکشی وارد سلول‌های این اندام‌ها می‌شود. به‌دنبال این عمل آب نیز از این آوندها خارج و وارد آوندهای چوبی شده و همراه آن‌ها به برگ می‌رود تا جریان از نو آغاز شود.

عامل دیگر توانایی زیستی سلول‌های آبکشی است. هرگاه آوندهای آبکشی را به کمک گرما یا مواد شیمیایی بکشیم، حرکت شیره‌ی پرورده متوقف می‌شود. این امر نشان می‌دهد که سلول‌های زنده آبکشی نیز در هدایت شیره‌ی پرورده نقش فعّال دارند.




**شکل ۵ــ۴ــ جابه‌جایی شیره‌ی پرورده**

## فعالیت عملی ۱ــ۴ :
## مشاهده‌ی تعرق در گیاهان و اثر عوامل محیطی (حرارت، نور، رطوبت، وزش باد) در شدّت تعرق

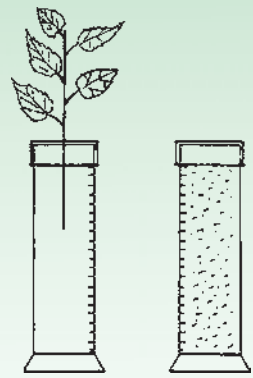
**وسایل و موادّ لازم:**

۱ــ دو ظرف شیشه‌ای استوانه‌ی نسبتاً باریک و بلند و مدرّج
۲ــ یک شاخه از گیاه حُسن یوسف
۳ــ پنکه و بخاری برقی
۴ــ ورق کاغذ آلومینیومی یا ورق پلاستیک
۵ــ محلول کُلرید کُبالت

### آزمایش ۱

دو ظرف شیشه‌ای استوانه‌ای مدرّج (باریک و بلند) را تا بالاترین بخش مدرّج شده، از آب پُر کنید. دهانه‌ی شیشه‌ها را با کاغذ آلومینیومی و یا پلاستیک بپوشانید و آن را با نخ، محکم ببندید. این کار برای جلوگیری از تبخیر آب ظرف است.

از سوراخ کوچکی که در وسط یکی از سرپوش‌ها ایجاد کرده‌اید، یک شاخه گیاه حُسن یُوسف به داخل آب وارد کنید. (این شاخه‌ی گیاه، باید چندین برگ نیز داشته باشد.) این دو ظرف را در کنار یکدیگر در اتاق آزمایشگاه قرار دهید، پس از مدّتی پایین رفتن سطح آب را در آن دو با یکدیگر مقایسه کنید و بنویسید.



**شکل ۶ــ۴ ــ بررسی تعرق در گیاه**

## پرسش

۱ــ علّت پایین رفتن سطح آب، در ظرفی که گیاه در آن قرار داشته به چه پدیده‌ای مربوط است؟

۲ــ ظرفی که در آن گیاه وجود ندارد، چه نقشی در آزمایش دارد؟

## آزمایش ۲

دو ورق کاغذ صافی را به درون محلول کلرید کُبالت فرو می‌بریم، سپس دو ورق مذکور را خشک کرده، یک برگ از آن را در سطح زیرین و دیگری را در سطح رویی برگ گیاه حُسن یوسف قرار دهید و آن‌ها را با گیره محکم کنید.

پس از مدّتی که ظرف آزمایش را به حال خود گذاشتید، ورق کاغذ آغشته به کلرید کبالت را از سطح برگ جدا کنید و مشاهده نمایید.

۱ــ علت بوجود آمدن نقاط پراکنده‌ی رنگی در سطح دو ورق کاغذ آغشته به کلرید کبالت چیست؟

۲ــ چرا در ورق کاغذی که در سطح روی برگ گیاه قرار داشته، تعداد نقاط پراکنده رنگی کمتر است؟

## آزمایش ۳

چند ظرف آزمایش را طبق شرح گذشته تهیه می‌کنیم و در محل‌های مختلف با شرایط مختلف قرار می‌دهیم :

۱ــ در اتاق معمولی آزمایشگاه

۲ــ در محیط بسیار تاریک

۳ــ در محیط بسیار مرطوب

۴ــ در مقابل یک منبع حرارتی (بخاری برقی)

۵ــ در مقابل باد (پنکه)

۶ــ در مقابل نور شدید آفتاب و یا نور شدید یک لامپ

در هر یک از شرایط، میزان پایین رفتن سطح آب را در ظرف محتوی گیاه یادداشت کنید و با ظرفی که در شرایط معمولی اتاق آزمایشگاه قرار داده بودید، مقایسه

و نتیجه‌گیری کنید.

## پرسش

۱ــ در چه شرایطی شدّت تعرّق زیاد می‌شود؟

۲ــ چرا شدّت تعرق در شرایط ... افزایش می‌یابد؟

۳ــ محل‌های انجام عمل تعرّق در کجای برگ قرار دارند؟

۴ــ علّت رنگین شدن بعضی از نقاط در کاغذ آغشته به کلُرید کُبالت چیست؟

۵ــ در کدام سطح برگ، تعداد روزنه‌ها بیشتر است؟

## فعالیت عملی ۲ــ۴:

## مشاهده‌ی پدیده‌ی انتشار

### وسایل و موادّ لازم:

۱ــ محلول غلیظ پرمنگنات (و یا جوهر غلیظ)

۲ــ بشر ــ لوله شیشه‌ای ــ قطره چکان

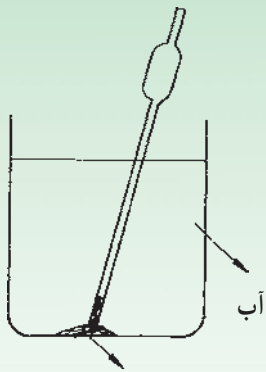
### چگونگی انجام آزمایش:

۱ــ تقریباً $\frac{۲}{۳}$ از گنجایش بشر را از آب پر کنید.

۲ــ یک لوله‌ی شیشه‌ای را به داخل آن فرو ببرید و به ته بشر بچسبانید.

۳ــ با یک قطره‌چکان، چند قطره پرمنگنات غلیظ (و یا جوهر غلیظ) به داخل لوله شیشه‌ای بریزید. سپس لوله را به آرامی از آب خارج کنید.

۴ــ بشر را به حال خود گذارید و پدیده انتشار مادّه رنگی را در آب مشاهده کنید.




شکل ۷ــ۴

## فعالیت عملی ۳ــ۴ :

## مشاهده‌ی پدیده‌ی اسمز

### وسایل و مواد لازم:

۱ــ کاغذ سلوفان (معمولاً به صورت لوله در آزمایشگاه‌ها موجود است)

۲ــ بشر ــ لوله شیشه‌ای

۳ــ شکر

۴ــ چوب پنبه در بطری و نخ قرقره

۵ــ پایه‌ی فلزی

### چگونگی انجام آزمایش:

۱ــ قطعه‌ای از کاغذ سلوفان به طول تقریبی ۷ سانتی‌متر قطع کنید و آن را در آب قرار دهید تا نرم شود. انتهای آن را با نخی محکم ببندید و یک کیسه درست کنید.

۲ــ داخل کیسه را از آب‌قند غلیظ پر کنید.

۳ــ به دهانه‌ی کیسه، یک چوب پنبه که از درون آن یک لوله‌ی شیشه‌ای نازک عبور داده‌اید وصل کنید و با نخ محکم ببندید. چوب پنبه باید به اندازه‌ای در آب قند فرو رود که سطح آب قند در ابتدای لوله‌ی شیشه‌ای که از چوب پنبه خارج است، قرار گیرد.

۴ــ یک کاغذ مدرّج (میلی‌متری) روی لوله شیشه‌ای متّصل کنید و سطح آب قند را در این مرحله با گذاشتن علامت O مشخّص کنید.

۵ــ کیسه‌ی محتوی آب قند را در یک ظرف پر از آب مقطر (آب خالص) قرار دهید.

وسیله را به پایه‌ای متّصل کنید و دستگاه را به حال خود بگذارید.

۶ــ پس از ده‌دقیقه سطح آب قند را مشاهده کنید و مشاهده خود را یادداشت کنید.

۷ــ با قراردادن میزان‌الحراره، درجه‌ی حرارت آب داخل بشر را مشخص و سپس آن را با آب گرمتر تعویض کنید و تغییر حاصل را مشاهده و یادداشت کنید.

۸ــ برای این آزمایش، بهتر است یک دستگاه مشابه درست کنید و در درون کیسه سلوفان آب مقطر بریزید و نتیجه را مشاهده و با نتیجه آزمایش قبل مقایسه کنید. (این آزمایش را آزمایش کنترل می‌گوییم)

برای بررسی کیفیّت اسمز در گیاهان، می‌توان آزمایش ساده‌ی دیگری ترتیب داد.

**وسایل و موادّ لازم:**

۱ــ بشر و چاقو (اسکالپل)

۲ــ قند (یا شکر)

۳ــ هویج

**طرز عمل:**

۱ــ با چاقو (اسکالپل) ته هویج را به‌طور افقی قطع کنید.

۲ــ با نوک اسکالپل، داخل هویج را به آرامی سوراخ کنید. (دقت کنید بدنه‌ی هویج سوراخ نشود.)

۳ــ داخل حفره‌ی ایجاد شده در هویج، مقداری آب‌قند غلیظ بریزید. (سطح آب‌قند را مشخّص کنید.)

۴ــ هویج را داخل یک بشر پر از آب مقطر قرار دهید.

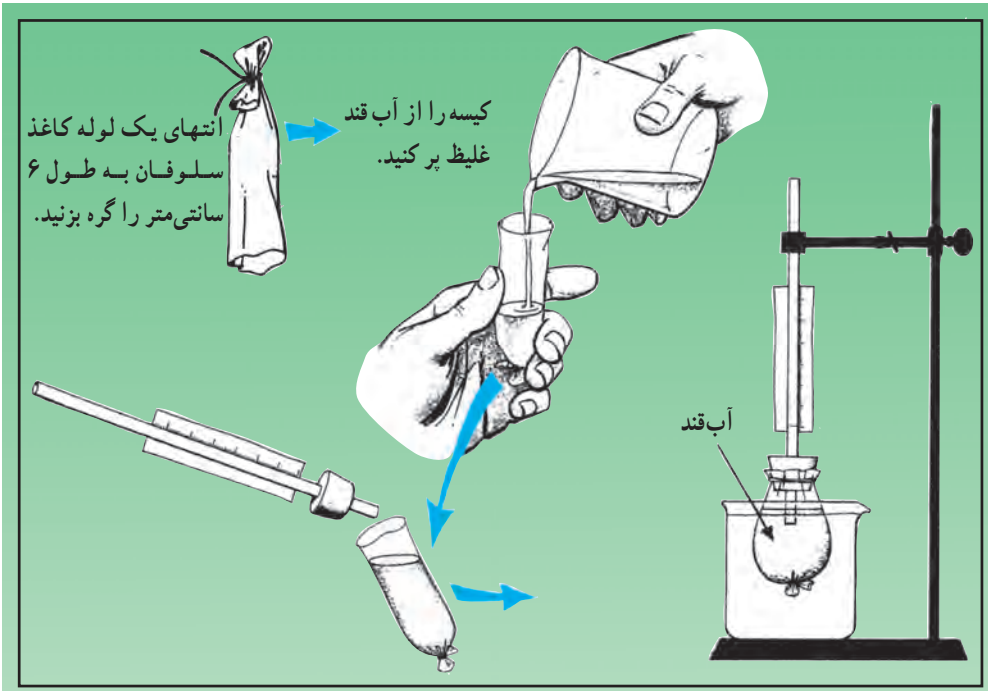
۵ــ پس از نیم‌ساعت (یا بیشتر) سطح آب قند داخل هویج را مشاهده کنید و نتیجه را بنویسید.

**پرسش**

۱ــ چرا برای آزمایش، کاغذ مخصوص (سلوفان) به‌کار می‌بریم؟

۲ــ چرا سطح آب قند در لوله شیشه‌ای بالا می‌رود؟

۳ــ پدیده اسمز چه پدیده‌ای را در سلول‌های زنده توضیح می‌دهد؟




شکل ۸ــ۴ ــ بررسی اسمز

۹ــ۴ ــ بررسی اسمز به وسیله‌ی هویج

داخل هویج را به آرامی خالی کنید. (سعی کنید که بدنه هویج سوراخ نشود) درون حفره‌ی ایجاد شده، آب‌قند غلیظ بریزید، سپس هویج را در ظرف آب خالص قرار دهید. تغییر سطح آب قند را پس از نیم ساعت مشاهده و یادداشت کنید.

## خودآزمایی

۱ــ قسمت عمده آبی که به‌وسیله ریشه جذب می‌شود چه سرنوشتی دارد؟
۲ــ آب چگونه باعث تردی و استحکام اندام‌های گیاهان علفی می‌شود؟
۳ــ تعرق چگونه باعث صعود شیره‌ی خام در آوندهای چوبی است؟
۴ــ علت پیدایش حباب هوا در آوندهای چوبی کدام است؟
۵ــ یک آزمایش طراحی کنید که اثر فشار ریشه‌ای را در صعود شیره خام ثابت کند.
۶ــ چه عواملی در صعود شیره خام اخلال می‌کنند؟
۷ــ روزنه‌های هوایی چگونه بسته می‌شوند؟