رابطه آب، خاک و گیاه

محمد مؤمنی

دانشکده کشاورزی سمنگان

مقدمه

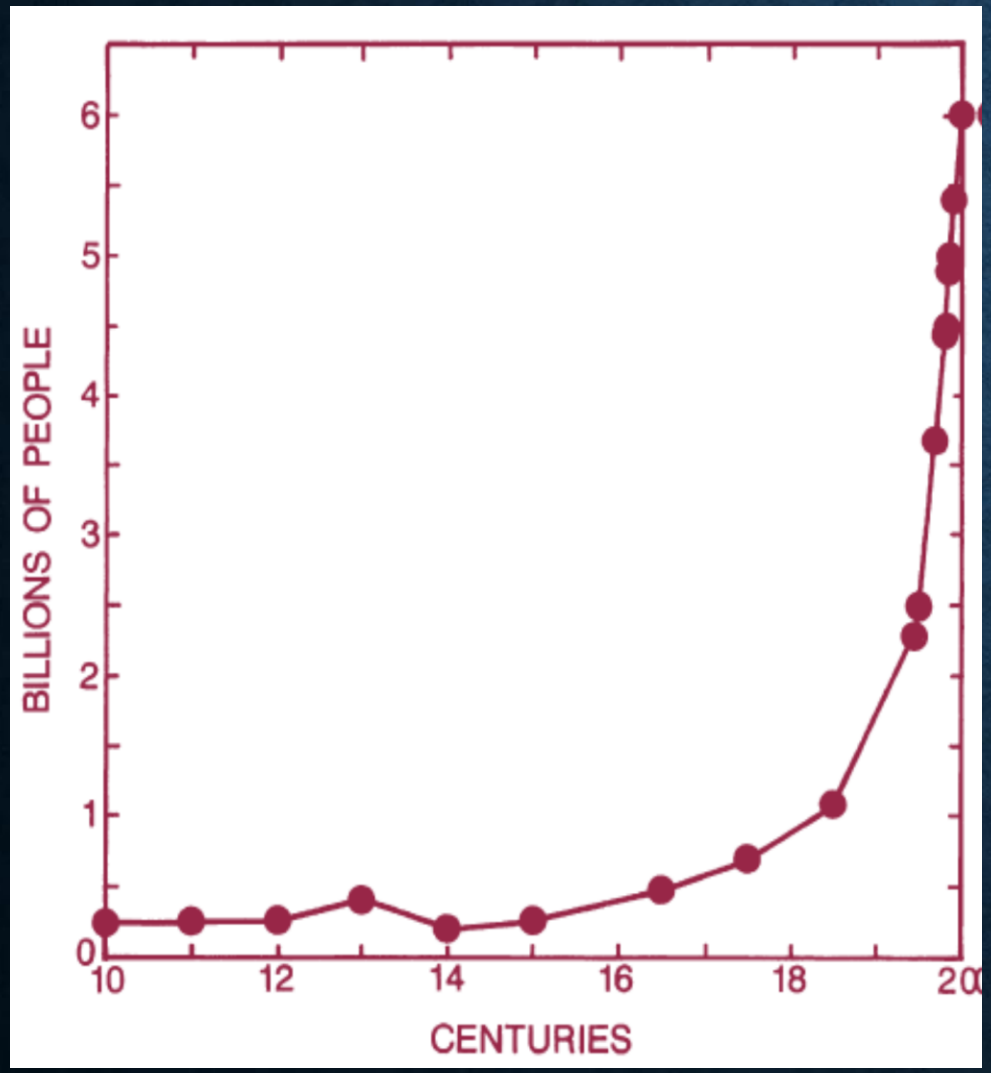
مقدمه

آبیاری، مصرف آب به مقدار لازم برای محصولات زراعی و باغی به منظور برطرف نمودن نیازهای آبی گیاهان می‌باشد. در مناطق خشک، بدون انجام آبیاری، تولید مواد غذایی و الیاف امکان‌پذیر نبوده و در مناطق نیمه خشک هم به واسطهٔ عدم توزیع یکنواخت بارش امکان عملکرد پایین و خطر از بین رفتن گیاهان وجود داشته و در اغلب مواقع بایستی اراضی آبیاری شوند.

در مناطق مرطوب و نیمه مرطوب نیز برای اطمینان از عدم کاهش عملکرد، آبیاری اراضی اجتناب‌ناپذیر است.

عموما هدف کشاورزی، تولید عملکرد زراعی سودآور است و آبیاری تضمین کنندهٔ کشاورزی سودمند در مناطق نیمه خشک، نیمه مرطوب و مرطوب است درحالی که در نواحی خشک، انجام آن ضروری می باشد.

دلایل مطالعهٔ روابط آب، خاک و گیاه



توان تولید محصولات کشاورزی، سالانه ۴۰ درصد به دلیل خشکسالی‌ها و ۱۷ درصد به دلیل زه‌دار و ماندابی شدن زمین‌ها کاسته می‌شود. به عبارت دیگر، کمبود یا زیادی آب عملا موجب می‌شود تا توان تولید محصول ۵۷ درصد کاهش یابد.

انسان ها برای تأمین و تولید غذا، به گیاهان وابسته‌اند و از آنجا که آب مهمترین عامل زیست محیطی محدود کنندهٔ رشد گیاه است، لازم است تا برای تأمین غذای جمعیت در حال افزایش، روابط آب، خاک و گیاه مورد مطالعه قرار گیرد.

نقش‌های مهم آب در گیاهان

ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی آب منحصر به فرد است که باعث شده نقش‌های مهم مختلفی در گیاه داشته باشد :

1. پراکندن انرژی و کمک به تداوم حیات گیاه
2. انتشار مواد حل شده در سلول‌های گیاهی
3. به دلیل خاصیت غیرقابل فشرده شدن آب، باعث انبساط سلولی و شکل‌گیری گیاه می‌گردد
4. تنظیم دمای گیاه با توجه به گرمای تبخیر، گرمای ویژه و هدایت گرمایی بالای آب
5. به خاطر قطبی بودن، آب ماده مناسبی برای حل مواد است
6. به دلیل ثابت دی‌الکتریک بالا، حلال مناسبی برای یون‌ها می‌باشد

نقش‌های مهم آب در گیاهان

7. مواد معدنی و ترکیبات آلی تولید شده در فرآیند فتوسنتز در گیاه توسط آب انتقال می‌یابند

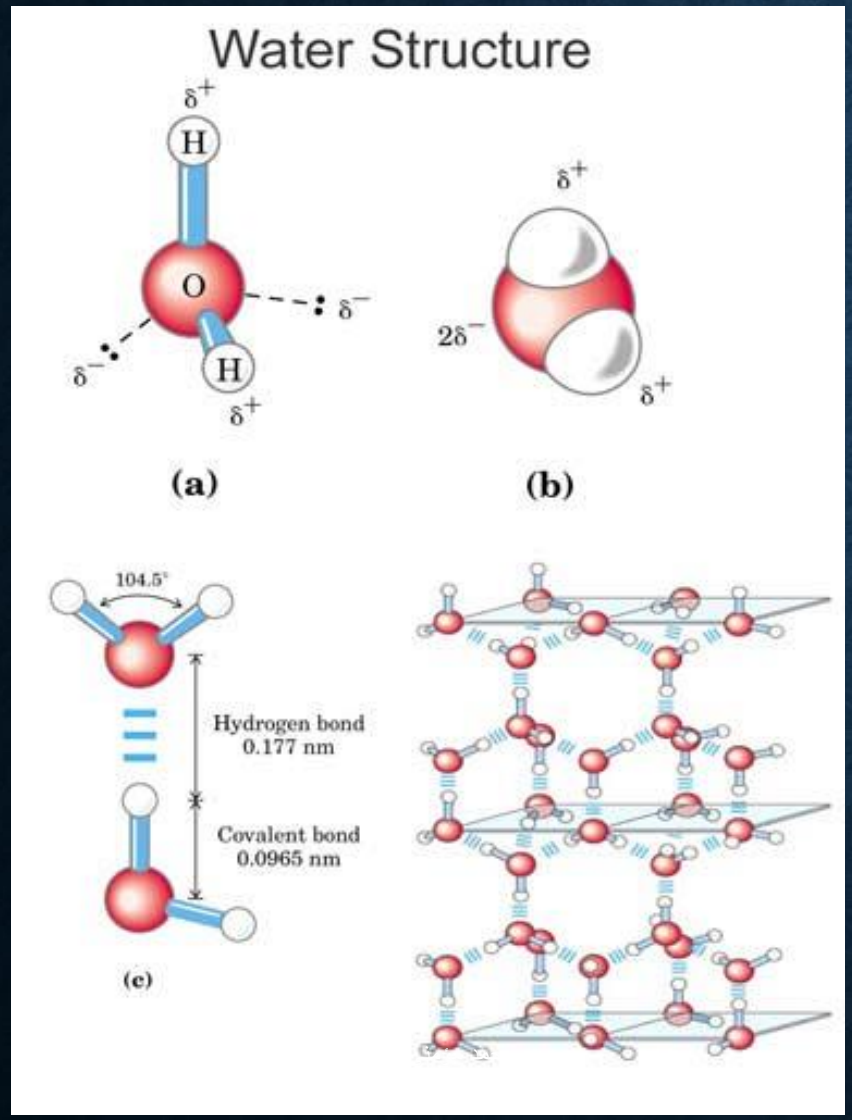
8. آب منبع تولید اکسیژن فتوسنتز و هیدروژن مورد استفاده در احیای CO_2 به کربوهیدرات است

9. سبک‌تر بودن یخ نسبت به آب اهمیت زیادی برای حیات آبزیان دارد

بنابراین با توجه به خصوصیات و نقش‌های ذکر شده آب، درک ویژگی‌های آب و فعل و انفعالات آن در خاک و گیاه برای درک فیزیولوژی، اکولوژی و تولید گیاهان مهم است.

خصوصیات آب و محلول ها

ساختمان آب



مولکول آب از دو عنصر هیدروژن و یک عنصر اکسیژن ساخته شده و طرز قرارگیری و ارتباط بین دو اتم هیدروژن و یک اتم اکسیژن به گونه ای است که اگر خط راستی از مرکز اتم‌های هیدروژن به اتم اکسیژن رسم کنیم، زاویهٔ بین این دو خط ۱۰۵ درجه می‌باشد.

لذا در مولکول‌های آب، قطبی که در آن هیدروژن‌ها به یکدیگر نزدیکترند قطب مثبت و طرف دیگر آن قطب منفی خواهد بود. در نتیجه آب به صورت مولکول دوقطبی در می‌آید.

اجسامی که دارای مولکول دو قطبی هستند، در طبیعت با قدرت بیشتری در فعل و انفعالات شیمیایی عمل می کنند.

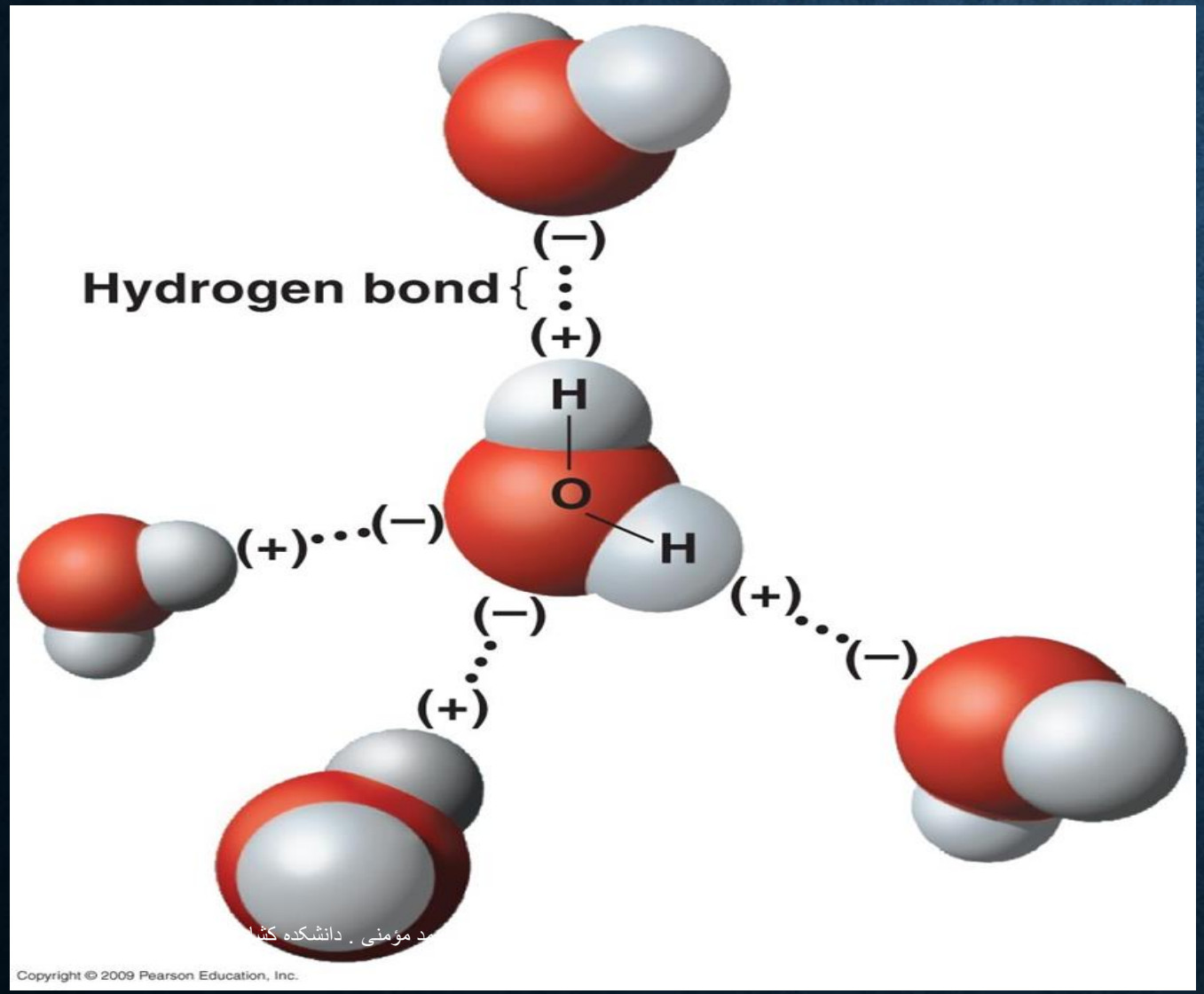
خصوصیات آب

۱– پیوند هیدروژنی :

پیوند هیدروژنی از ساختار الکتریکی مولکول‌های آب ناشی می‌شود که آنها را به روش خاصی به یکدیگر متصل می کند. جفت و تک الکترون‌های منفی یک مولکول آب، سبب جذب پروتون یا سمت مثبت یک مولکول دیگر آب می‌شوند. بنابراین هر گوشه از چهار گوشهٔ مولکول چهار وجهی آب می‌تواند با استفاده از جاذبهٔ الکترواستاتیک، به چهار مولکول آب در محلول بچسبد که این نوع پیوند را **پیوند هیدروژنی** می‌نامند.

پیوند هیدروژنی در پیوند مولکول‌های آب به یکدیگر اهمیت زیادی دارد. پیوندهای هیدروژنی، نیروی پیوندی در حدود ۱/۳ تا ٤/٥ کیلوکالری بر مول در آب دارند.

خصوصیات آب



تنها بخشی از پیوندهای هیدروژنی ساختمان آب، به وسیلهٔ گرما از بین می‌رود و در حدود ۷۰ درصد پیوندهای هیدروژنی موجود در یخ، در آب ۱۰۰ درجه سانتیگراد به صورت دست نخورده باقی می‌مانند. در دمای ٤۰۰ درجه سانتیگراد تقریباً همه پیوندهای هیدروژنی شکسته می‌شوند.

خصوصیات آب

۲– گرمای ویژه :

مقدار انرژی که لازم است به یک گرم آب داده شود تا دمای آن یک درجه سانتیگراد افزایش یابد و مقدار آن ٤/١٨٤ ژول بر گرم است. گرمای ویژه آب به مراتب بیشتر از گرمای ویژهٔ سایر اجسام می‌باشد.

با افزایش درجه حرارت تا ۳۵ درجه سانتیگراد گرمای ویژهٔ آب کاهش یافته ولی با افزایش بیشتر درجه حرارت، مقدار گرمای ویژه افزایش می‌یابد.

بالا بودن گرمای ویژهٔ آب، موجب تثبیت درجه حرارت در محیط می‌گردد. این موضوع از نظر کشاورزی و پوشش طبیعی بسیار با اهمیت است.

جدول ۲-۳- گرماي ويژه‌ي برخي از مواد

ماده	گرماي ويژه بر حسب $(\frac{J}{kg^{\circ}c})$
آب	٤٢٠٠
آب دریا	٣٩٠٠
یخ	٢١٠٠
آلومینیوم	٩٠٠
بتون	٨٠٠
گرانیت	٨٠٠
شیشه	٧٠٠
فولاد	٥٠٠
مس	٤٠٠
جیوه	١٥٠

خصوصیات آب

ماده	گرمای نهان تبخیر (kJ/kg)
هلیم	۲۰/۹
هیدروژن	۴۵۲
ازت	۲۰۱
اکسیژن	۲۱۳
جیوه	۲۷۲
آب	۲۲۵۶
گوگرد	۳۲۶
سرب	۸۷۱
قلع	۵۶۱
نقره	۲۳۳۶
طلا	۱۵۷۸
مس	۵۰۶۹

محمد مؤمنی . دانشگاه گلستان

۳– گرمای نهان تبخیر :

گرمای نهان تبخیر عبارت است از **مقدار گرمای مورد نیاز برای اینکه یک گرم مایع تبدیل به بخار شود بدون آنکه دمای مایع افزایش یابد.**

آب یکی از موادی است که دارای بالاترین گرمای تبخیرمی‌باشد و اندازه آن ۲۲۵۶ ژول بر گرم است.

به دلیل بالا بودن گرمای تبخیر آب، عمل تبخیر **اثر خنک کنندگی** قابل توجهی دارد. اثر خنک کنندگی تبخیر در مناطق نیمه خشک اهمیت زیادی دارد.

خصوصیات آب

۴– گرمای نهان ذوب :

گرمای نهان ذوب، **مقدار گرمای مورد نیاز برای تغییر یک گرم جامد به مایع بدون تغییر دما** می باشد. گرمای ذوب آب، به طور غیرعادی بالاست و مقدار آن ۳۳۵ ژول بر گرم می‌باشد.

گرمای ذوب زیاد آب، برای **کنترل یخبندان** کاربرد دارد. آب آبیاری استخراجی از زیرزمین غالباً درجه حرارت یکنواختی دارد. به عنوان مثال اگر درجه حرارت آب زیرزمینی ۱۲ درجه سانتیگراد باشد، هر گرم آن می‌تواند ۱۲ کالری گرما به هوایی که با آن تماس می‌یابد، وارد نماید.

ماده	گرمای نهان ذوب (kJ /kg)
هیدروژن	۵۸/۶
ازت	۲۵/۵
اکسیژن	۱۳/۸
جیوه	۱۱/۸
یخ	۳۳۴
گوگرد	۳۸/۱
سرب	۲۴/۵
قلع	۱۶۵
نقره	۸۸/۳
طلا	۶۴/۵
مس	۱۳۴

محمد مؤمنی . دانشکده کشاورزی سمنگان

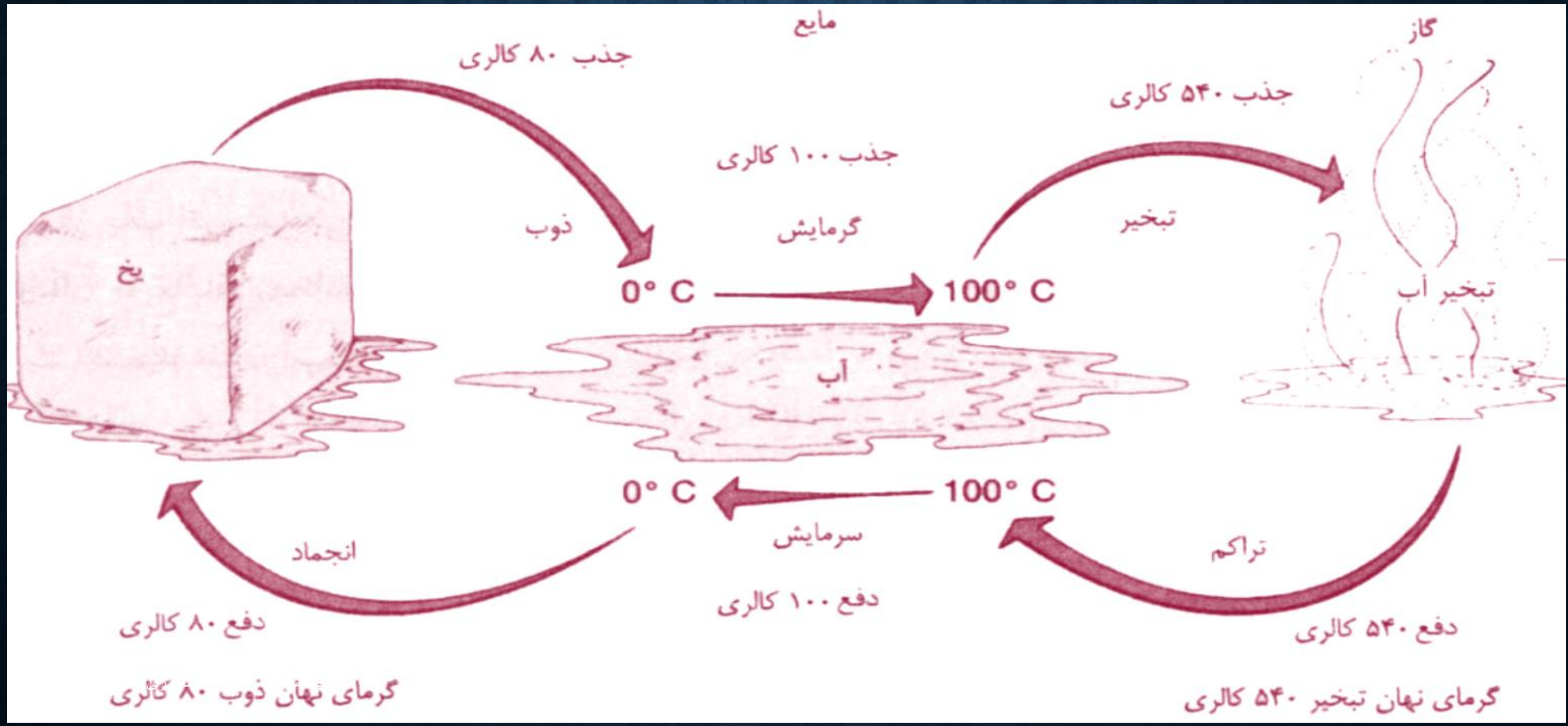
خصوصیات آب

با این وجود، این اثر حرارتی در مقایسه با مقدار گرمای آزاد شده در زمان یخ زدن (۸۰ کالری بر گرم) کوچک می‌باشد. آب آبیاری می‌تواند در فرایند خنک شدن و یخ زدن، بیش از ۹۰ کالری بر گرم گرما آزاد نماید (۱۲ به علاوهٔ ۸۰ کالری بر گرم).

آب‌پاشی، یک روش مؤثر استفاده از آب برای محافظت از یخبندان است. با شروع یخبندان، آب‌پاشی گیاهان آغاز می‌گردد. با یخ زدن آب در اندام‌های گیاه، مقداری گرما آزاد می‌گردد. با طولانی شدن یخ زدگی، دمای یخ در صفر درجه سانتیگراد باقی خواهد ماند.

آبپاشی باید تا زمانی که دمای هوا به قدری بالا رود که شروع به ذوب یخ‌ها نماید ادامه یابد. اگر آب‌پاشی زودتر قطع شود، دمای اندام‌های گیاه، یخ را ذوب نموده و امکان خسارت یخبندان وجود خواهد داشت.

خصوصیات آب


مایع
گاز
جذب ۸۰ کالری
جذب ۵۴۰ کالری
جذب ۱۰۰ کالری
ذوب
گرمایش
تبخیر
یخ
0° C
100° C
تبخیر آب
آب
0° C
100° C
سرمایش
انجماد
تراکم
دفع ۱۰۰ کالری
دفع ۸۰ کالری
دفع ۵۴۰ کالری
گرمای نهان ذوب ۸۰ کالری
گرمای نهان تبخیر ۵۴۰ کالری

خصوصیات آب

۵– هدایت گرمایی :

هدایت حرارتی عبارت است از **مقدار گرما بر حسب کالری که در هر ثانیه از یک صفحه به ضخامت یک سانتیمتر در امتداد سطحی معادل یک سانتیمتر مربع منتقل می‌شود**؛ در شرایطی که اختلاف دما یک درجه سانتیگراد باشد. واحد هدایت حرارتی، کالری بر سانتیمتر ثانیه درجه سانتیگراد می‌باشد.

آب در مقایسه با سایر مایعات و جامدات غیر فلزی، هادی حرارتی خوبی می‌باشد ولی در مقایسه با فلزات، هادی ضعیفی است.

سبز شدن گیاهان در بهار می‌تواند به هدایت حرارتی بستگی داشته باشد.

خصوصیات آب

۶– شفافیت و تابش مرئی :

تابش نور مرئی (طول موج بین ۰/۳۹ تا ۰/۷۸ میکرون) از آب عبور می‌کند. نفوذ نور به داخل آب، امکان فتوسنتز و رشد را برای جلبک‌ها تا اعماق قابل توجهی فراهم می‌سازد.

۷– تیرگی برای تابش مادون قرمز :

آب، طول موج‌های بلند در محدودهٔ مادون قرمز را جذب می‌کند (همانند جسم تیره عمل می‌نماید). به همین دلیل است که صافی‌های آبی، جذب کنندهٔ خوبی برای حرارت به شمار می‌آیند.

خصوصیات آب

۸– چگالی یا جرم مخصوص آب :

چگالی به عنوان جرم بر واحد حجم تعریف می‌شود و چگالی آب معمولا بر حسب گرم بر سانتیمتر مکعب بیان می گردد. آب دارای جرم مخصوص بالایی است و برخلاف تصور، در حالت انجماد دارای بالاترین جرم مخصوص نمی‌باشد بلکه در دمای ٤ درجه، حداکثر جرم مخصوص را دارد.

بر این اساس دمای آب کف دریاها در مناطق سردسیر از ٤ درجه پایین‌تر نخواهد رفت و این امر، تداوم حیات موجودات آبزی را در این اکوسیستم‌ها میسر می‌سازد.

در حالت انجماد، حجم آب افزایش می‌یابد به طوری که حجم یخ، ۹ درصد بیشتر از آبی می‌باشد که از آن ایجاد شده است.

خصوصیات آب

جدول ـ جرم حجمی ووزن مخصوص وحجم آب تحت تأثیر تغیرات درجه حرارت .

Tempé-rature (°C) درجه‌حرارت	Densité وزن‌مخصوص	Volume حجم	Tempé-rature (°C) درجه‌حرارت	Densité وزن‌مخصوص	Volume حجم
0	0,999 86	1,000 13	60	0,983 24	1,017 05
4	1	1	70	0,977 81	1,022 70
10	0,999 72	1,000 27	80	0,971 83	1,028 99
20	0,998 23	1,001 77	90	0,965 34	1,035 90
30	0,995 67	1,004 34	100	0,953 38	1,043 43
40	0,992 24	1,007 82	150	0,917 3	1,090 2
50	0,98 07	1,012 07	200	0,862 8	1,159 0

خصوصیات آب

۹– یونیزاسیون و اسیدی یا بازی بودن آب (pH) :

کم یا زیاد شدن **pH** ، واکنش شیمیایی آب را تضعیف یا تشدید می‌کند. به طوری که بعضی از فعل و انفعالات شیمیایی، تنها در محیط‌های مشخصی از **pH** صورت می‌گیرد. به همین دلیل میزان **pH** ، نشان دهندهٔ محیطی است که در آن واکنش شیمیایی انجام می‌شود.

قدرت یونیزه شدن آب بسیار کم است و از هر ۵۵۵ میلیون مولکول آب، تنها یک مولکول آن تجزیه می‌شود. به عبارت دیگر، آب عملا تجزیه‌ناپذیر است. در این مورد، چون یون هیدروژن فاقد پروتون است و نمی‌تواند به تنهایی وجود داشته باشد، لذا با مولکول‌های آب ترکیب شده و یون هیدرونیوم را ایجاد می‌کند.

خصوصیات آب

۱۰– ثابت دی‌الکتریک :

آب یک جسم دو قطبی است، بنابراین دارای خاصیت الکتریکی می‌باشد. ضریب دی الکتریک هر ماده، ظرفیت آن را برای خنثی کردن نیروی جاذبهٔ بین بارهای الکتریکی مشخص می کند.

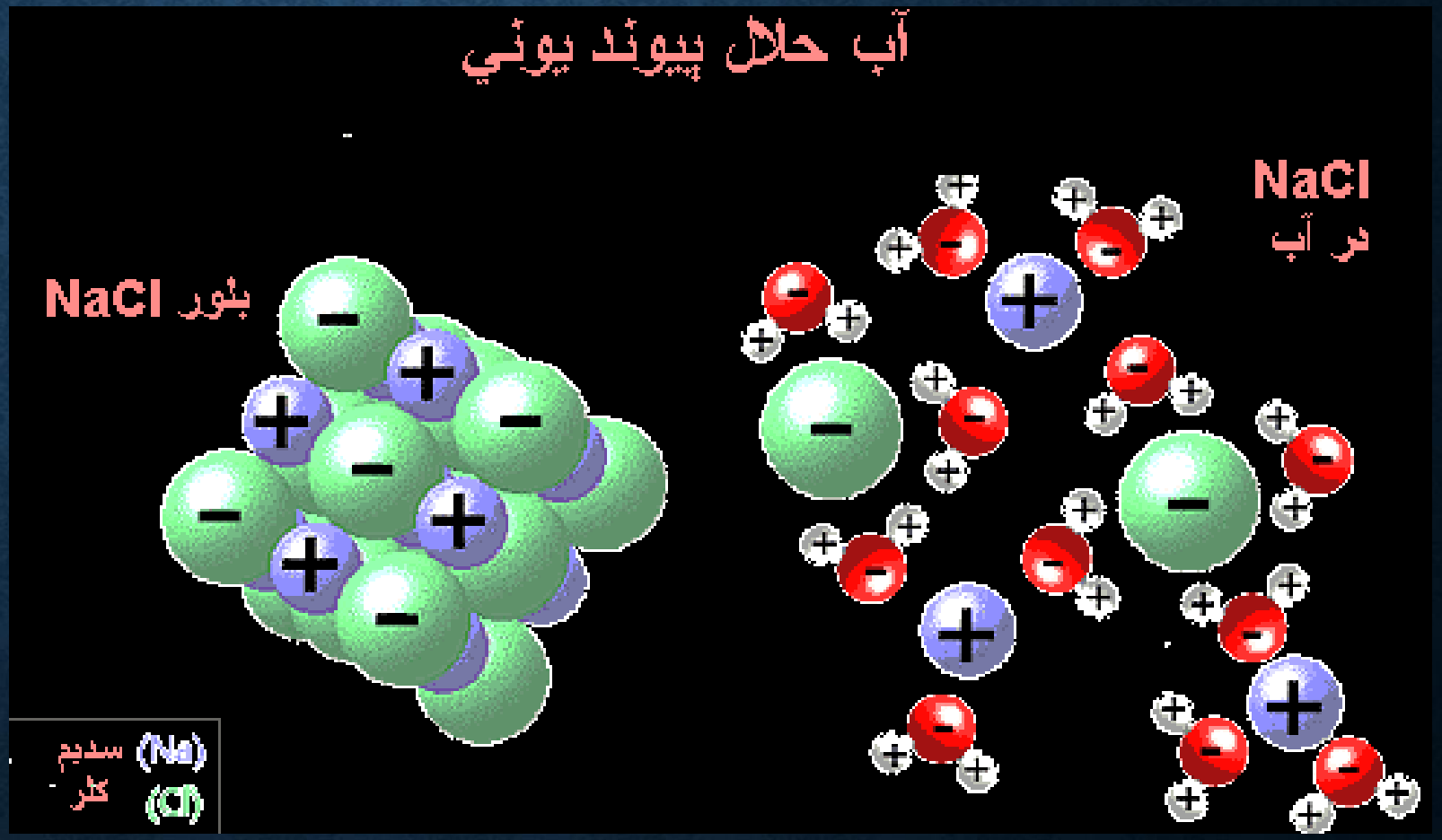
مثلاً وقتی کلرید سدیم درآب حل می‌شود، مولکول‌های آب، یون‌های مثبت سدیم و منفی کلر را از هم دور نگه می‌دارند و نیروی جاذبهٔ بین یون‌های کلر و سدیم به کمتر از یک درصد مقدار اولیه تقلیل می‌یابد.

از آنجا که آب به مقدار کم یونیزه می‌شود، ثابت دی الکتریک آن بالا بوده و به همین دلیل، به عنوان عمده‌ترین حلال برای اجسام مطرح است.

مقدار ضریب دی الکتریک آب حدود ۸۰ است در نتیجه آب عایق خوبی است.

خصوصیات آب

دی الکتریکهای جامد	
شیشه	10 - 6
میکا	6.6 - 5.6
کاغذ پارافینی	2.3 - 2.1
پارافین (در 20° Co)	2.5 - 2.1
دی الکتریکهای مایع	
الکل	25
روغن	2.2 - 2
آب	83 - 80
دی الکتریکهای گازی	
دی اکسید کربن	1.00097
هوا	1.00060
هیدروژن	1.00026



خصوصیات آب

۱۱– جذب سطحی :

آب می‌تواند با سطوح اجسامی مانند کانی‌های رس، خاک، سلولز، مولکول‌های پروتئین و بسیاری اشیاء دیگر ترکیب شده و پیوندهای قوی برقرار کرده و به اصطلاح جذب آنها شود، یعنی آنها را خیس می کند. این موضوع یکی از خصوصیات مهم آب در رابطه با خاک و گیاه است که در تئوری چسندگی، اهمیت آن مشخص می گردد.

۱۲– استقامت کششی آب :

وجود استقامت کششی باعث می‌شود که مولکول‌های آب در طی بالا کشیده شده در آوندهای چوبی در طی فرآیند تعرق، دچار پارگی نشده و در نتیجه ستون آب که به صورت جریانی پیوسته است، قطع نگردد.

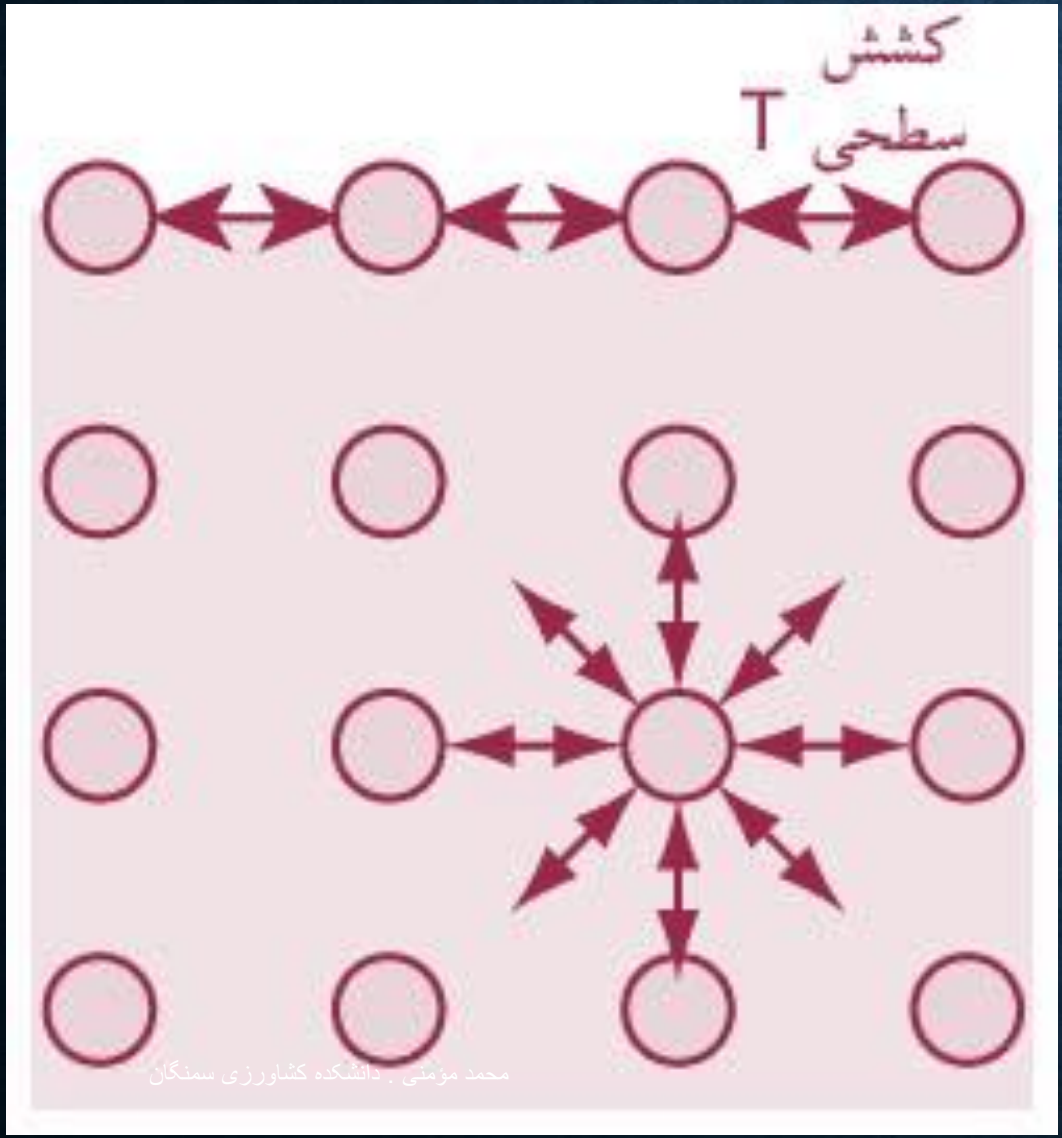
خصوصیات آب

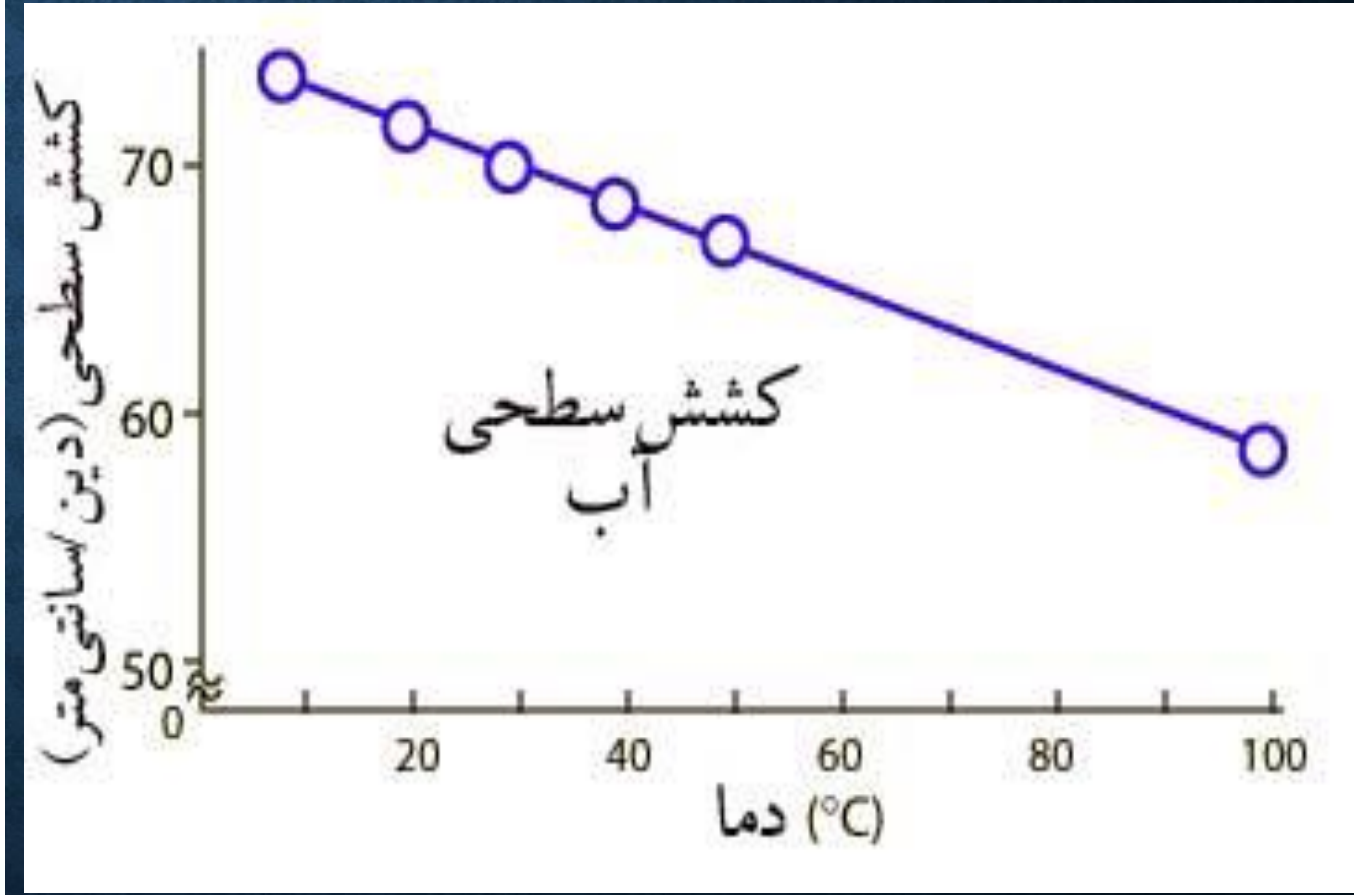
۱۳– کشش سطحی :

به دلیل فراوان بودن نیروهای چسبندگی داخلی بین مولکول‌های آب، کشش سطحی آب در مقایسه با بسیاری از مایعات بیشتر است. کشش سطحی زیاد آب، عامل مهمی جهت صعود شیره (آب) از آوندهاست (تئوری چسبندگی). تئوری چسبندگی، فقط یک تئوری است ولی به نظر می‌رسد که بهترین توصیف برای بالارفتن آب در گیاهان باشد.

مولکولی‌های سطح آب، چون مولکولی در بالای آن وجود ندارد که آن را به سمت خود بکشد، برآیند نیروهای جذب کننده، نیرویی خواهد بود که آن را به سمت داخل می‌کشد. بنابراین، تمایل مولکول‌های سطحی برای حرکت به سمت داخل، بیشتر از تمایل مولکول‌های داخلی برای حرکت به سطح می‌باشد.

خصوصیات آب


کشش
سطحی T


کشش سطحی (دین/سانتی متر)
70
60
50
0
20
40
60
80
100
دما (°C)
کشش سطحی
آب

صعود و نزول آب در منافذ خاک

از یک سو جذب سطحی (**Adhesion**) آب به سطوح دیگر یعنی نیروی چسبندگی بین مولکول‌های آب و جسم جامد و از سوی دیگر به علت پدیدهٔ مویینگی (**Capillarity**)، آب جذب منافذ خاک می‌شود و در لوله‌های مویین خاک به سمت بالا حرکت می‌کند. این در حالی است که این نیروی چسبندگی از نیروی پیوستگی بین مولکول‌های آب بیشتر باشد.

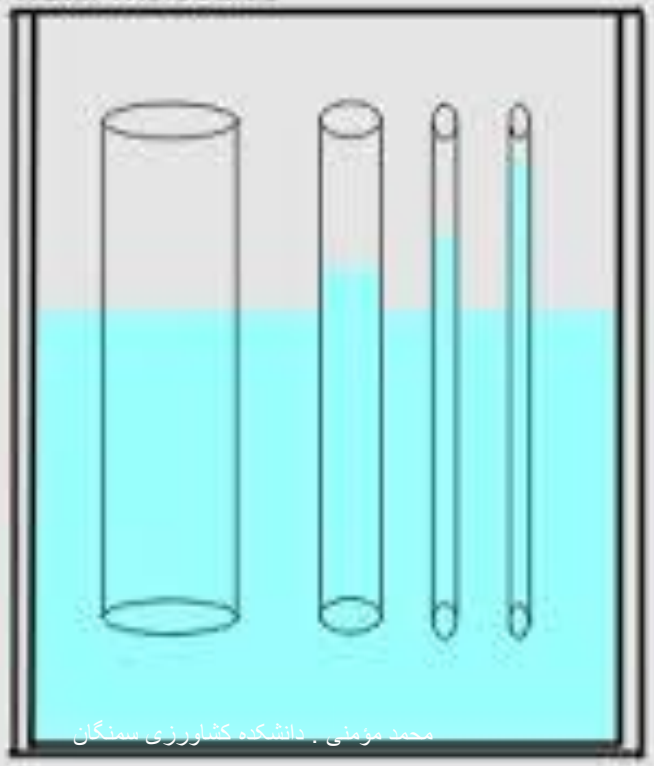
تفاوتی که لوله‌های موئین شیشه‌ای با منافذ خاک دارند این است که منافذ خاک، قطر یکنواخت ندارند لذا یک لولهٔ منفذی ممکن است در قسمتی باریک و در قسمت دیگر گشاد و حفره‌ای باشد. این امر سبب می‌شود که پر و خالی شدن منافذ خاک از آب، به همان سادگی لوله‌های شیشه‌ای نباشد.

صعود و نزول آب در منافذ خاک

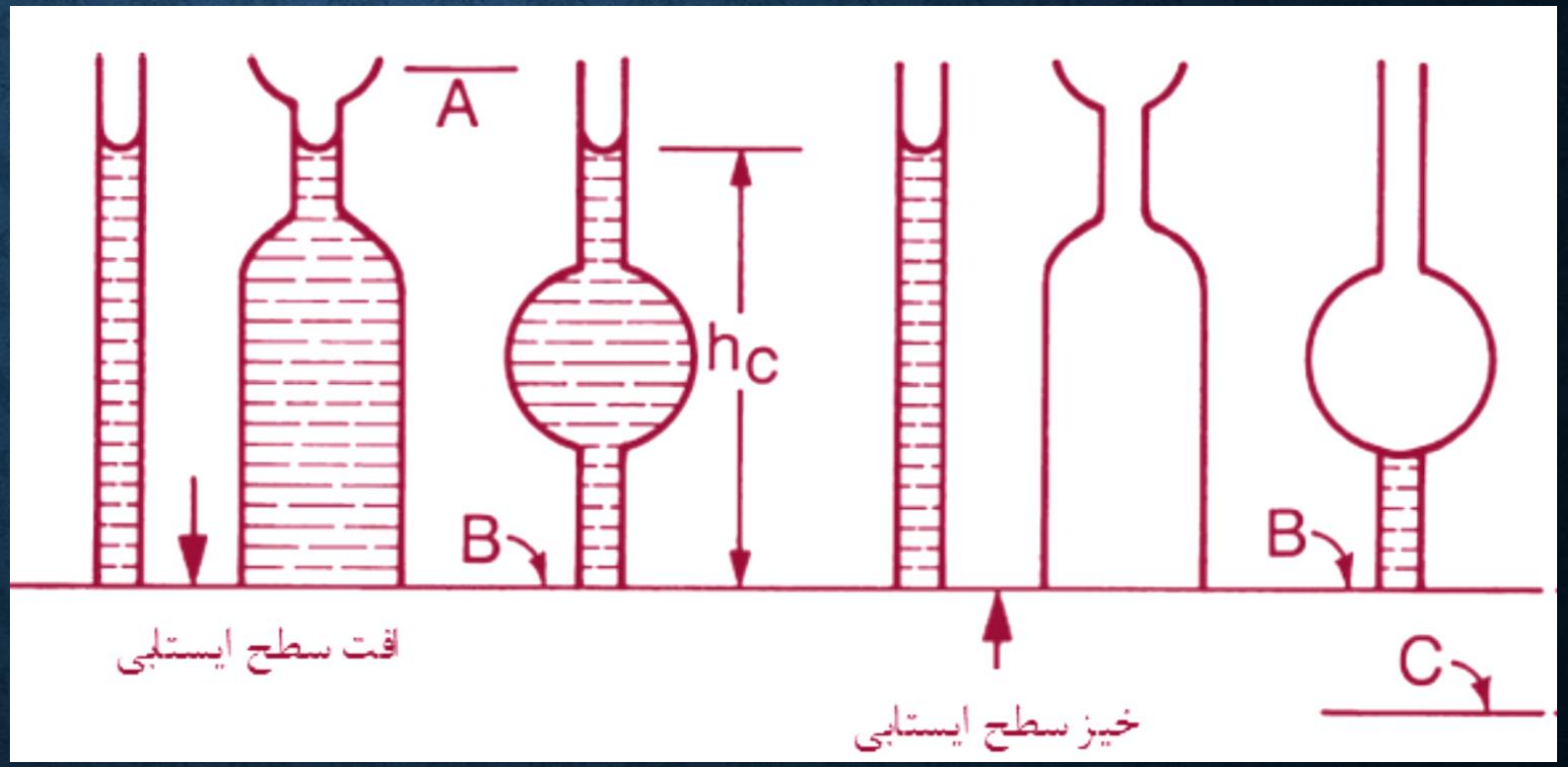
Capillary Tubes

Capillary rise is related to the diameter of the tube: the smaller the tube diameter the greater the rise of the water column

Capillarity is due to adhesion of water to a surface and cohesion of the adhered water to and among other water molecules



محمد مومنی . دانشکده کشاورزی سمنگان

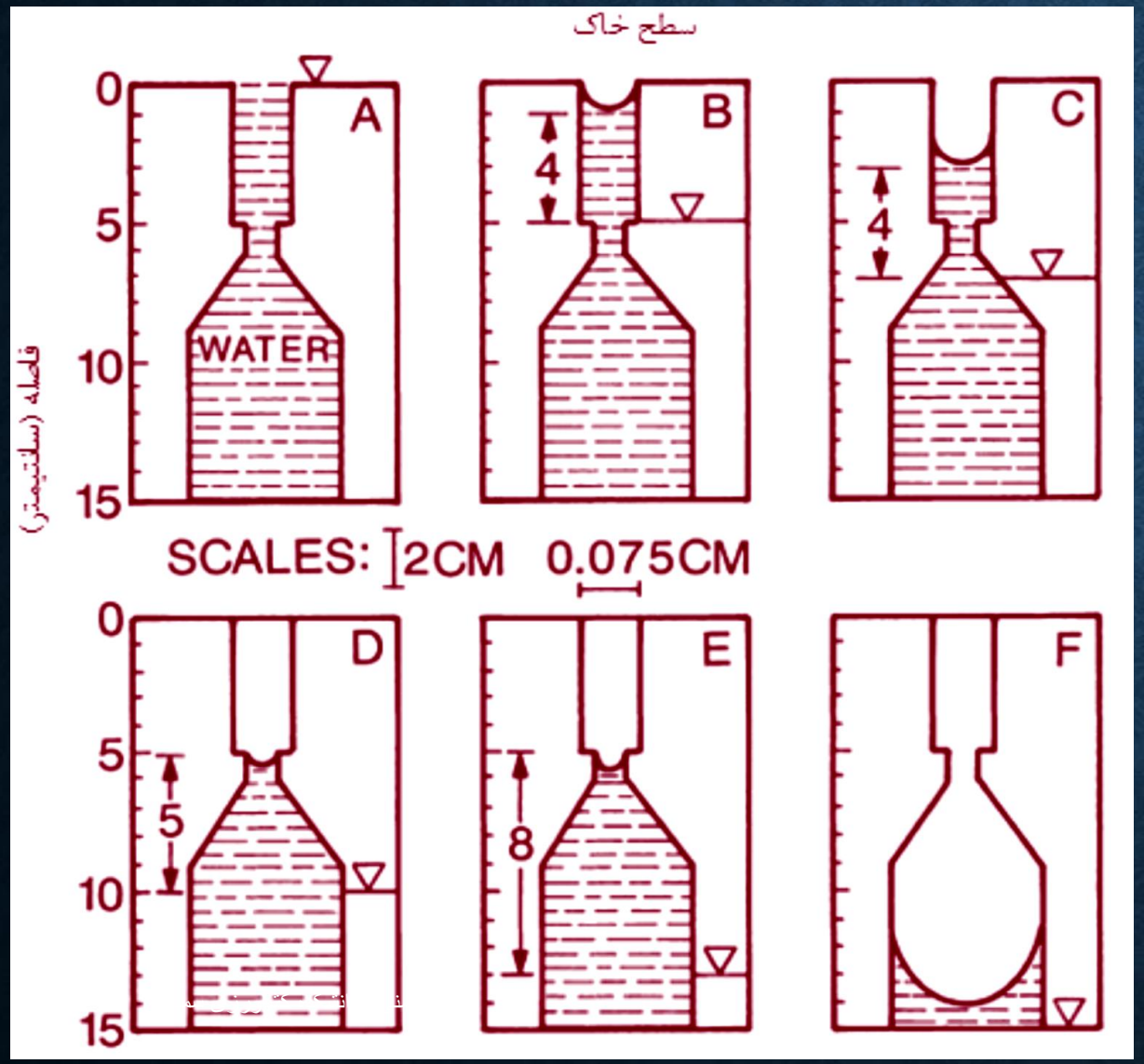


صعود و نزول آب در منافذ خاک

اگر خاک تا سطح آن کاملاً اشباع بوده و توسط یک لایهٔ نازک آب پوشیده شده باشد، هیچ مکشی در منافذ خاک وجود ندارد. اگر سطح ایستابی از سطح خاک پایین‌تر رود، مکش در منافذ خاک پدیدار می‌شود. اگر قطر منافذ یکسان باشد، نزول سطح آب در آنها مساوی میزان افت سطح ایستابی خواهد بود. اگر قطر منفذ خیلی بزرگ‌تر از حدی باشد که بتواند این مکش را تحمل کند، این منفذ در معرض مکش حداکثر قرار نخواهد گرفت.

با توجه به این که قطر لوله‌های مویین خاک یکسان نمی‌باشد، بنابراین صعود و نزول آب در خاک از یک رابطه ثابت تبعیت نمی‌کند. هرچه شعاع و اندازه قطر بیشتر گردد، ارتفاع صعود و یا نزول آب کمتر خواهد شد.

صعود و نزول آب در منافذ خاک



شکل، افت سطح ایستابی در یک لولهٔ موئین با قطر متغیر را نشان می‌دهد.

خواص محلول‌ها

در روابط آب و خاک و گیاه، ما به ندرت با آب خالص سر و کار داریم زیرا آب محتوی مواد حل شدهٔ مختلف می‌باشد. بنابراین لازم است بین خصوصیات آب خالص و آبی که محتوی مواد خارجی بوده و ما آن را محلول می‌نامیم، تمایز قائل شویم.

مثلا نقطهٔ جوش و انجماد آب خالص، به ترتیب ۱۰۰ و صفر درجه سانتیگراد است اما با وارد کردن یک مول از یک نوع نمک به آن، نقطهٔ جوش آن بالا رفته و به ۱۰۰/۵۱۸ درجه می‌رسد و نقطهٔ انجماد آن تا ۱/۸۶- درجه تنزل می‌یابد. فشار اسمزی آب خالص که صفر می‌باشد در این محلول تا حدود ۲۲ بار یا اتمسفر افزایش می‌یابد.

به ویژگی‌هایی مانند فشار بخار، نقطه جوش، نقطه انجماد، پتانسیل اسمزی و ... که در محلول‌ها نسبت به آب خالص تغییر می کنند، **ویژگی‌های کولیگاتیو** (Colligative) می گویند.

خواص محلول‌ها

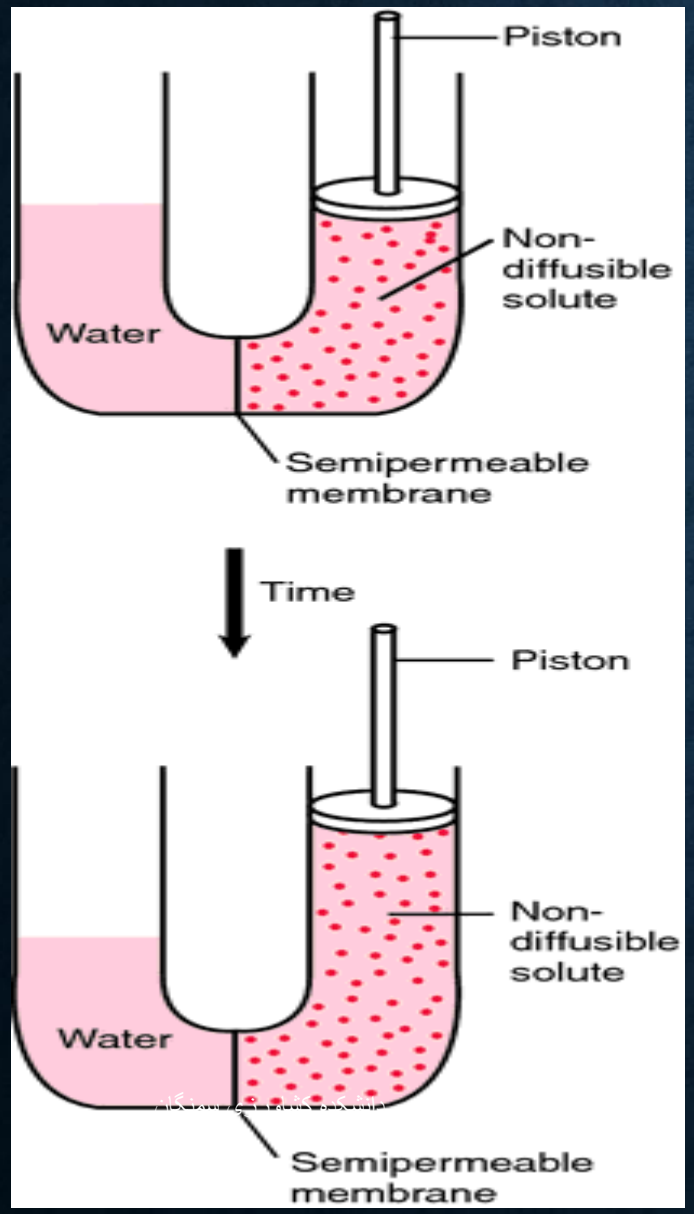
به طور مثال بین آب خالص و آب محتوی مواد حل شده، از نظر فشار بخار تفاوت وجود دارد. بنابراین چون آب در داخل سلول‌های گیاهی و یا خاک به صورت محلول بوده و محتوی اجسام حل شده می‌باشد، لذا فشار بخار آن با فشار بخار آب خالص متفاوت و کاهش می‌یابد. مقدار این تفاوت، بستگی به غلظت مادهٔ حل شده دارد. فشار بخار محلول براساس قانون رائولت از فرمول زیر بدست می‌آید :

$$e = e0 \frac{n_w}{n_w + ns}$$

n_w تعداد مول‌های آب در یک حجم معین – n_s مول از یک جسم حل شدنی – e_0 فشار بخار آب خالص

قابل ذکر است که این رابطه فقط در مورد محلول‌های رقیق که غلظت آنها کمتر از یک مول در هر لیتر آب باشد صادق است و نباید آن را برای محلول‌های بسیار غلیظ به کار برد.

خواص محلول‌ها



قانون رائولت نشان می‌دهد که با افزایش اجسام حل شدنی در آب، فشار بخار آب در محلول پایین می‌آید. اگر غشایی که نسبت به آب خالص تراوا ولی در برابر اجسام حل شدنی غیرقابل نفوذ باشد در بین آب خالص و محلول قرار دهیم (دستگاه اسمومتر)، آب خالص به طرف محلول حرکت خواهد کرد و این حرکت تا زمانی که فشار بخار آب خالص و محلول برابر شوند، ادامه خواهد یافت.

خاک و خصوصیات آن

خاک

خاک ها به عنوان محل ذخیرهٔ مواد غذایی گیاه، مسکن طبیعی موجودات زندهٔ خاک و ریشه‌های گیاه و مخزن ذخیره آب جهت تأمین نیازهای تبخیر و تعرق می‌باشند. مقدار آبی که یک خاک می‌تواند جهت استفاده گیاه نگه دارد متأثر از خصوصیات فیزیکی و شیمیایی آن است. مقدار نگهداشت آب، تعیین کنندهٔ مدت زمانی است که یک گیاه می‌تواند در فاصلهٔ بین دو آبیاری یا بارندگی، به طور مناسب ادامه حیات دهد. همچنین، این مقدار تعیین کننده تناوب آبیاری، میزان آب مصرفی و ظرفیت مورد نیاز سیستم آبیاری برای رشد بهینه و دائمی گیاه می‌باشد.

اجزا تشکیل دهنده خاک عبارتند از : مواد کانی، مواد آلی، هوا، آب و میکروارگانیسم‌ها.

مواد کانی حاصل تجزیه سنگ‌های مادری است و مواد آلی خاک از تجزیه بافت‌های حیوانی و گیاهی توسط آنزیم‌های موجود در میکروارگانیسم‌ها حاصل می‌شود.

ترکیب خاک

خاک ترکیبی از مواد معدنی، مواد آلی و خلل و فرج است. مواد معدنی متشکل از ذرات شن، سیلت و رس می‌باشد.

I. شن : قطرش بین ۰/۰۵ تا ۲ میلیمتر است.

II. سیلت : قطرش بین ۰/۰۰۲ تا ۰/۰۵ میلیمتر می‌باشد.

III. رس : قطرش کمتر از ۰/۰۰۲ میلیمتر است.

IV. ریگ : قطرش بین ۲ تا ۷۲ میلیمتر است و بزرگتر از آن را سنگ می گویند.

مواد آلی ۱ تا ۵ درصد کل خاک را تشکیل می‌دهند. ترکیب مواد معدنی و آلی خاک را بخش جامد می گویند.

ترکیب خاک

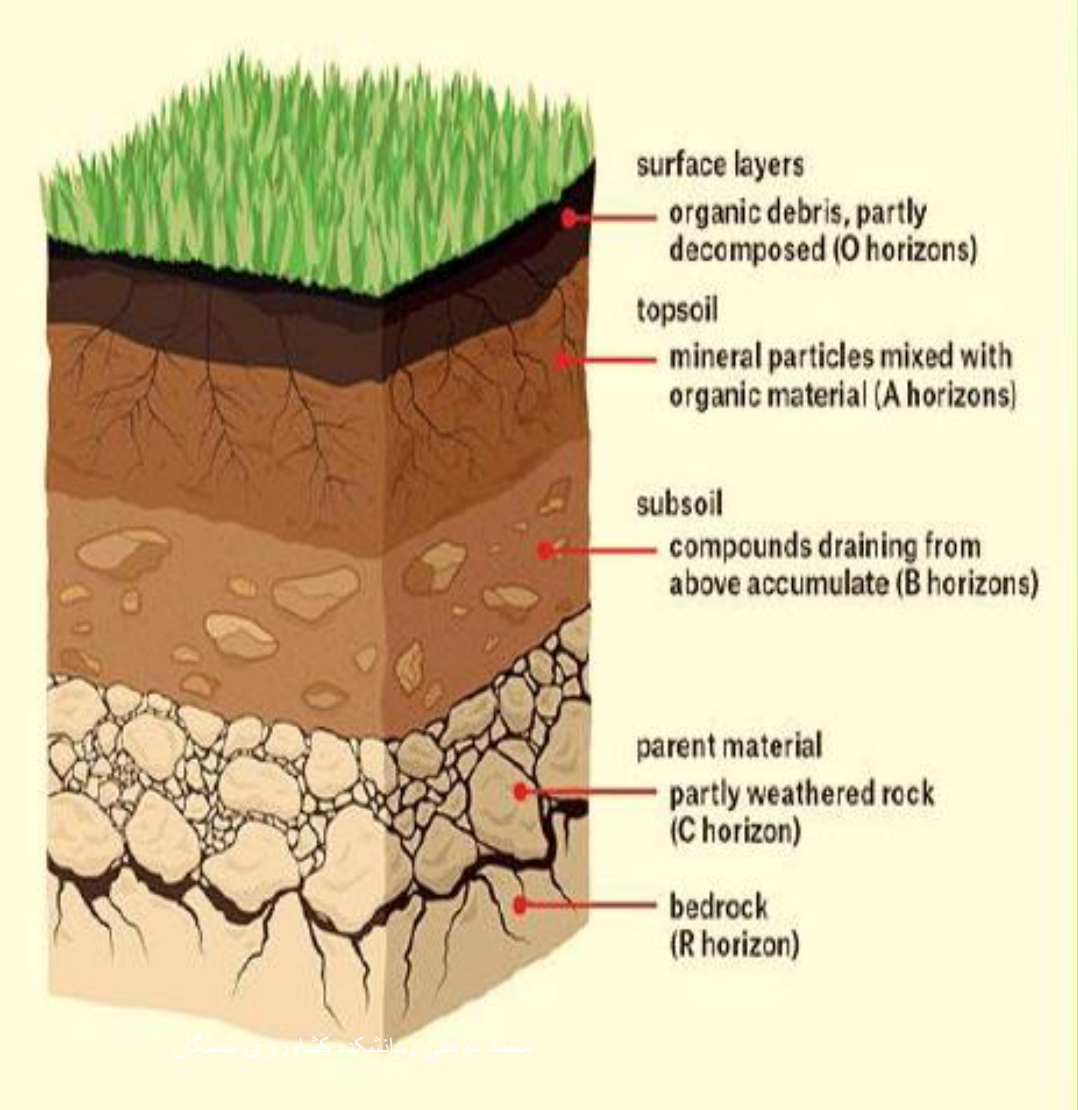
حجم نسبی اجزای مختلف خاک برای رشد نسبتا مساعد گیاه بدین صورت است :

I. مواد جامد ۵۰ درصد شامل ٤۵٪ مواد معدنی و ۵٪ مواد آلی.

II. خلل و فرج ۵۰ درصد شامل آب و هوا. البته این نسبت آب و هوا متغیر است و تحت تأثیر شرایط جوی و خاک قرار دارد.

شکل ۳-۱. اجزاء تشکیل دهندهٔ خاک

خواص فیزیکی خاک



هوازدگی فیزیکی و شیمیایی همراه با جابجایی و تجمع ذرات مختلف منجر به لایه‌های افقی خاک که به آن **پروفایل خاک** می‌گویند می‌شود.

I. قسمت بالای مقطع که معمولاً نرم‌تر و دارای رنگ تیره می‌باشد به نام **خاک سطح‌الارض** است.

II. قسمت پائین که دارای رنگ روشن‌تر و معمولاً ضخامت بیشتری هم دارد **خاک تحت‌الارض** نامیده می‌شود.

III. در زیر قسمت تحت‌الارض **سنگ‌های مادری** وجود دارد.

خواص فیزیکی خاک

دو خاصیت مهم فیزیکی خاک **بافت و ساختمان** خاک است.

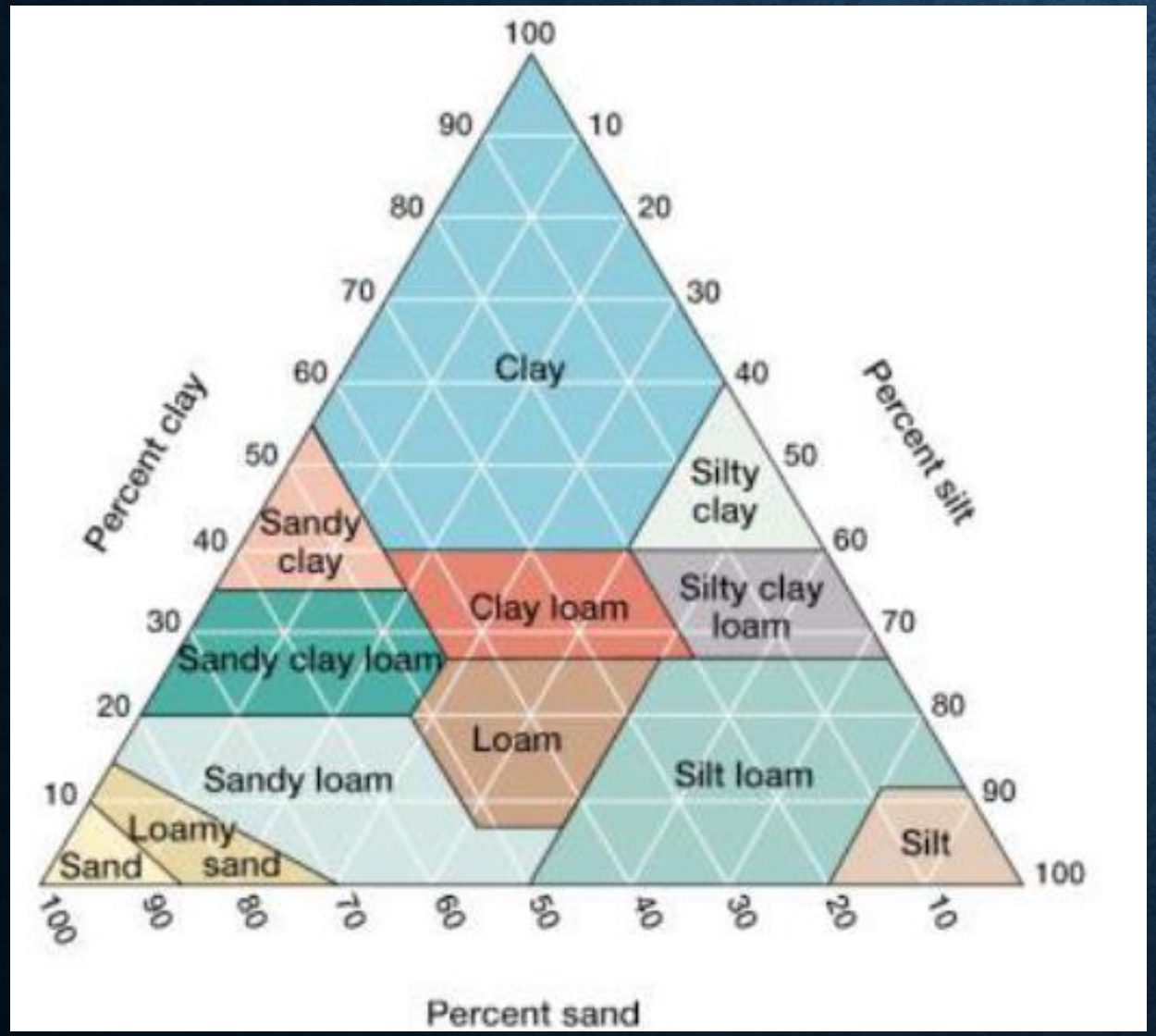
۱– بافت خاک :

بافت خاک معرف نسبت اختلاط و حضور هر یک از ذرات رس، سیلت و شن در نمونهٔ خاک است.

به خاک‌هایی که دارای بافت ریز هستند، خاک سنگین و به خاک‌هایی که دارای بافت درشت هستند، خاک سبک اطلاق می‌گردد. همچنین به خاک‌هایی که لومی هستند از نظر کشاورزان، بافت متوسط اطلاق می‌شود.

بافت خاک، دائمی است و کشاورز نمی‌تواند آن را اصلاح یا تغییر دهد.

خواص فیزیکی خاک



به منظور یافتن نسبت ذرات خاک، نمونهٔ خاک در آزمایشگاه مورد تجزیهٔ مکانیکی قرار میگیرد و سپس برای تعیین بافت خاک، از مثلث بافت خاک استفاده می‌شود.

شناسایی بافت خاک اهمیت زیادی در ارزیابی زمین دارد. معمولاً بهترین خاکهای مزروعی دارای ۱۰ تا ۲۰ درصد رس، ۵ تا ۱۰ درصد مادهٔ آلی و به مقدار مساوی سیلت و شن می‌باشند.

خواص فیزیکی خاک

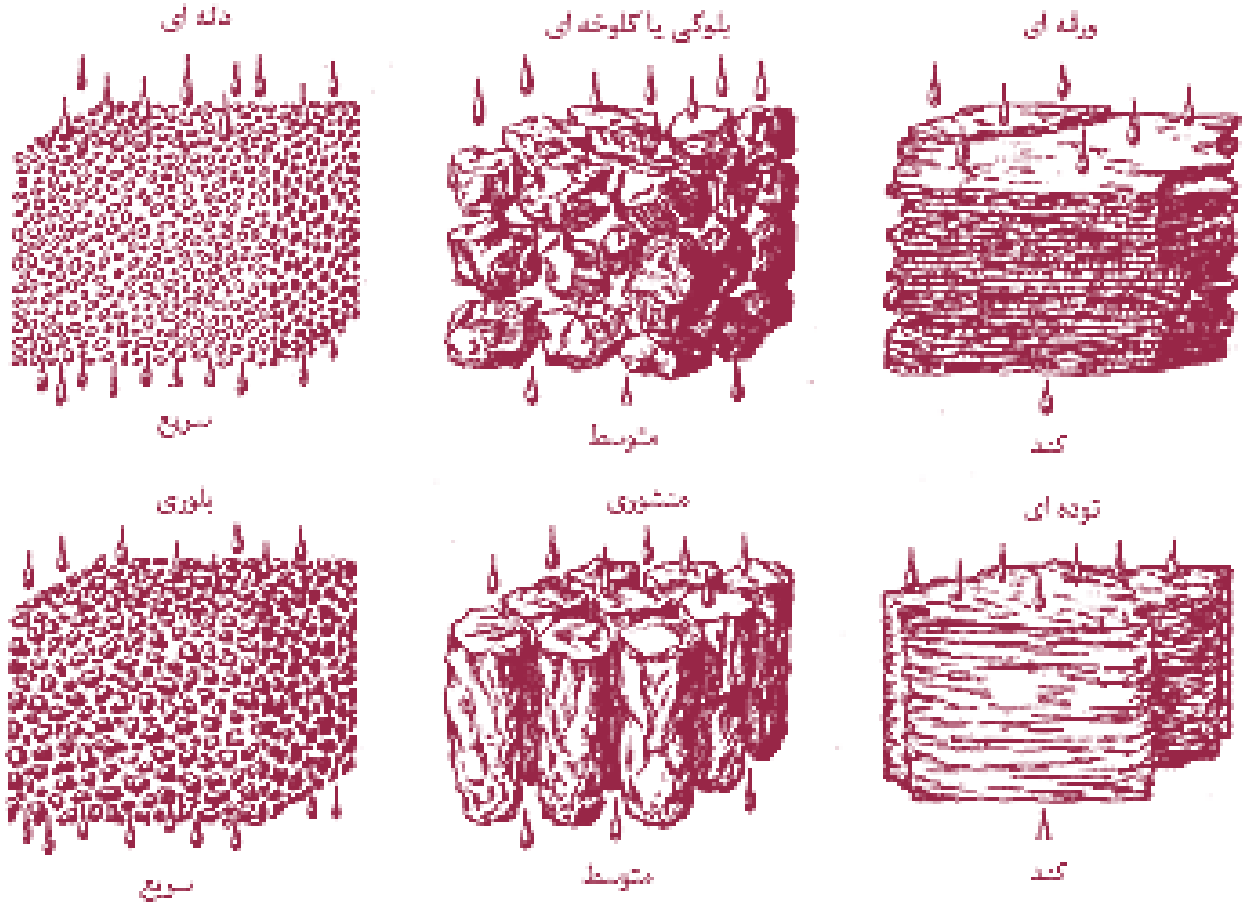
۲– ساختمان خاک :

به نحوهٔ قرار گرفتن ذرات خاک در واحدهای طبیعی تودهٔ خاک که خاکشناسان به آن خاکه (peds) می‌گویند. ساختمان خاک بر ورود آب و هوا به درون خاک و حرکت در داخل خاک، نفوذ ریشه و منبع غذایی خاک تأثیر می‌گذارد.

ساختمان خاک بر خلاف بافت آن در اثر عملیات زراعی تغییر می‌کند. اهمیت ساختمان خاک از این نظر مهم است که روی عوامل رشد و نمو گیاه مثل تهویه، ظرفیت نگهداری آب، دمای محیط ریشه، حرکت املاح، فعالیت‌های بیولوژیک و نفوذ ریشه اثر می‌گذارد.

در لایه‌های سطحی خاک‌های دارای مقدار زیاد مواد آلی و در خاک‌هایی که گیاهان علوفه‌ای دائمی رشد می‌کنند، بهترین ساختمان شکل می‌گیرد.

خواص فیزیکی خاک



شکل ۳-۳. انواع ساختمان خاک و تأثیر آن‌ها بر حرکت رویه پایین آب

خاک‌های دانه‌دانه (single grained) مانند شن خشک و خاک‌های توده‌ای (massive soils) مانند برخی رس‌ها، فاقد ساختمان می‌باشند.

نفوذ آب در خاک‌های دارای ساختمان منشوری، بلوکی و بلوری یا دانه‌ای، بهتر از خاک‌های دارای ساختمان ورقه‌ای می‌باشد که از حرکت رو به پایین آب ممانعت می‌کنند.

خواص فیزیکی خاک

بهترین خاک از نظر کشاورزی، خاکی است که ذرات آن به صورت خاک‌دانه باشند. فرآیندهایی که سبب تخریب خاک‌دانه‌ها می‌گردند عبارتند از :

I. خشک و مرطوب شدن خاک

II. از بین رفتن مواد آلی

III. فعالیت ریشه‌ها و جانوران ریز

IV. جذب نیتروژن

V. یخ زدن آب بین ذرات خاک و ذوب شدن یخ

VI. شخم خاک

تخلخل خاک

حجم منافذ خالی به حجم کل خاک را **تخلخل** می‌نامند. میزان تخلخل خاک‌های معدنی عموماً بین ۳۰ تا ۶۰ درصد حجم کل خاک (به طور متوسط حدود ۵۰ درصد) می‌باشد.

عوامل مؤثر بر تخلخل خاک :

دانه‌بندی خاک، بافت، فعالیت ریشه، گازهای محبوس، حشرات، کرم‌ها و سایر حیوانات نقب‌زن.

فضای خالی خاک‌ها را می‌توان به صورت شبکهٔ وسیع متصل به هم از خلل و فرج دانست که در جهات مختلف توسعه می‌یابند. این خلل و فرج علاوه بر این که محل نگهداری مایعات و گازها بوده و جابجایی آنها را تنظیم می‌کنند، به عنوان زیستگاه موجودات زندهٔ ریز و نیز معابر ورود ریشه‌ها و رشد و توسعهٔ آنها می‌باشند.

تخلخل خاک

خاک‌های درشت بافت، تخلخل کمتری نسبت به خاک‌های ریز بافت دارند؛ اما اندازهٔ متوسط منافذ در خاک‌های شنی معمولاً بزرگ‌تر است.

تخلخل خاک

کل تخلخل یک نمونه خاک را می‌توان با استفاده از معادلهٔ زیر به دست آورد :

$$\text{تخلخل خاک} = 1 - \frac{\text{جرم مخصوص ظاهری}}{\text{جرم مخصوص حقیقی}}$$

در صورتی که خاکدانه‌ها کاملاً مجزا باشند، می‌توان توزیع اندازهٔ منافذ را به خلل و فرج درشت یا **ماکروپورها** و خلل و فرج ریز یا **میکروپورها** تقسیم نمود.

ماکروپورها، عمدتاً فضاهای خالی بین خاکدانه‌ها هستند که به عنوان مسیرهای اصلی نفوذ آب، زهکشی و تهویه می‌باشند. میکروپورها، منافذ کوچک‌تر داخل خاکدانه‌ها می‌باشند که غالباً به عنوان نگهدارندهٔ آب و املاح عمل می‌نمایند.

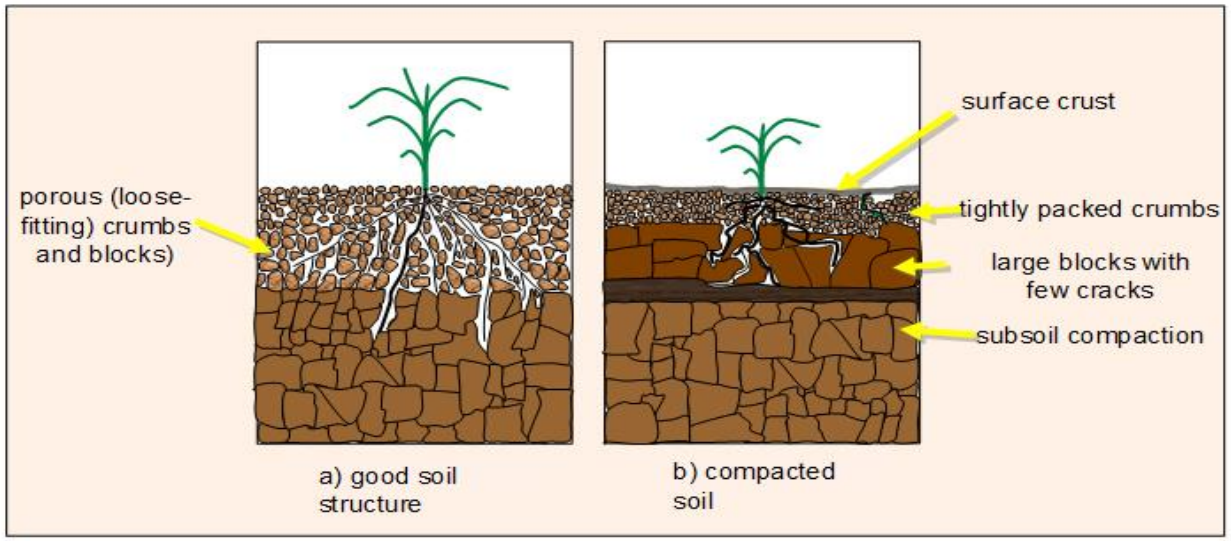
تراکم خاک

تراکم خاک‌های کشاورزی، عموماً بر کاهش تخلخل خاک از طریق فروپاشی جزئی منافذ و دفع هوای موجود دلالت دارد. از لحاظ کشاورزی، زمانی به خاک‌ها متراکم گفته می‌شود که تخلخل پر شده از هوا، به اندازه‌ای کاهش یابد که تهویه را محدود نماید و به واسطهٔ کم شدن تهویه، از نفوذ ریشه و زهکشی جلوگیری گردد.

به طور طبیعی، خاک‌ها می‌توانند در نتیجهٔ شکل‌گیری بافت شان، رژیم رطوبتی یا نحوهٔ قرار گرفتن ذرات در کنار یکدیگر، متراکم گردند. نیروهای مکانیکی وارد شده بر سطح خاک در طول مدت فعالیت‌های زراعی، غالباً منجر به تراکم خاک‌های کشاورزی می‌گردند. رایج‌ترین علت افزایش تراکم خاک (افزایش جرم مخصوص ظاهری) در کشاورزی امروزی، نیروی وارده بر سطح خاک به واسطهٔ چرخ‌های ماشین‌آلات کشاورزی می‌باشد.

تراکم خاک

Soil Compaction



شوری و سدیتهٔ خاک

خاک‌های شور و سدیمی در مناطق خشک و نیمه خشک به وفور یافت می‌شوند زیرا مقدار بارندگی کمتر از حدی است که بتواند نیاز تبخیر و تعرق پتانسیل گیاهان را تأمین نماید. این خاک‌ها در شرایطی ایجاد می‌گردند که نمک‌ها شسته نشده و به حدی که برای رشد گیاه مضر است تجمع یابند. مشکلات شوری در مناطق مرطوب و نیمه مرطوب، به ویژه در مجاورت مناطق ساحلی نیز می‌تواند به وجود آید.

سه منبع طبیعی مهم شوری خاک عبارتند از :

I. هوازدگی معدنی

II. نهشته‌های اتمسفری (مثل باران، گاز و ذرات اسیدی)

III. نمک های فسیلی

شوری و سدیتهٔ خاک

تبخیر و تعرق، غلظت باقیماندهٔ نمک‌های محلول را افزایش می‌دهند.

در خاک‌های دارای زهکشی داخلی خوب، غلظت نمک به طور معمول با افزایش عمق خاک، افزایش می‌یابد. هر چه نسبت آب آبیاری عبوری از ناحیهٔ ریشه (جزء آبشویی) بیشتر شود، تجمع نمک در این ناحیه کاهش می‌یابد.

چنانچه خاک‌ها با آب آبیاری دارای مقادیر زیاد سدیم آبیاری شوند، مقدار سدیم قابل تبادل ممکن است بسیار زیاد گردد. در این خاک‌ها، ذرات خاک سطحی به شدت پراکنده می‌شود که در نتیجهٔ آن، نفوذپذیری خاک نسبت به آب کاهش می‌یابد.

انواع خاک‌های شور

طبقه‌بندی خاک‌های شور، براساس غلظت نمک محلول در عصارهٔ اشباع خاک صورت می‌گیرد. هدایت الکتریکی عصارهٔ اشباع (EC)، یک معیار استاندارد برای شوری است.

انواع خاک‌های شور

طبقه‌بندی شوری خاک براساس هدایت الکتریکی عصارهٔ اشباع در جدول زیر ارائه گردیده است. نسبت جذبی سدیم (SAR) معیار استاندارد سدیمی بودن خاک است که با استفاده از غلظت یون‌های سدیم، کلسیم و منیزیم (بر حسب میلی اکی والانت بر لیتر) و از طریق رابطهٔ زیر محاسبه می‌گردد :

$$SAR = \frac{Na}{\left[\frac{(Ca + Mg)}{2}\right]^{\frac{1}{2}}}$$

جدول ۳-۱. طبقه‌بندی خاک‌های شور

کلاس	هدایت الکتریکی عصاره اشباع (دسی‌زیمنس بر متر یا میلی‌موس بر سانتی‌متر)
شوری خیلی کم	۴-۰
شوری کم	۸-۴
شوری متوسط	۱۶-۸
شوری زیاد	بیشتر از ۱۶

وضعیت آب در خاک

مقدمه

گیاه، آب مورد نیاز خود را از طریق ریشه‌ها از خاک جذب می کند. بنابراین **فراهم بودن آب در خاک**، از عوامل اصلی رشد گیاه است که تأثیراتی به شرح ذیل در خاک دارد :

I. **تأثیر بر خصوصیات خاک :** مانند پایداری، خمیرایی، مقاومت، قابلیت فشرده شدن، نفوذپذیری و قابلیت تردد روی خاک، بستگی به مقدار آب در خاک دارد.

II. **تأثیر بر تبادل گازها :** رطوبت خاک بر مقدار هوای موجود در خاک و تبادل گازها مؤثر است.

III. **فعالیت موجودات ریز** خاک و کنش‌های شیمیایی خاک نیز تابعی از مقدار رطوبت آن است.

بنابراین، بررسی رطوبت و قوانین حاکم بر این که آب چگونه و به چه مقدار در خاک موجود بوده و قابل استفادهٔ گیاه می‌باشد، از مهمترین موضوعات در علم رابطهٔ آب و خاک و گیاه است.

مقدمه

رطوبت خاک، مقدار آب موجود در خاک به صورت جرمی یا حجمی است و مقدار آبی می‌باشد که یک تودۀ خاک در گرمخانه‌ای با دمای ۱۰۵ درجه سانتیگراد از دست می‌دهد.

مقدار آن برحسب جرم آب به واحد جرم خاک خشک (کیلوگرم بر کیلوگرم)، یا حجم آب در واحد حجم تودۀ خاک (مترمکعب بر مترمکعب) بیان می‌شود.

این اصطلاحات برای کارهای آبیاری که هدف، تعیین مقدار آب مورد نیاز برای برگرداندن رطوبت خاک به مقدار معینی (حد ظرفیت مزرعه) است، کافی می‌باشد.

مقدمه

با وجود مشخص شدن میزان رطوبت در خاک گاهی سئوالاتی بوجود می‌آید :

- ✓ این که چرا خاک‌های دارای رفتار یکسان، رطوبت‌های مختلفی دارند؟
- ✓ چرا واکنش گیاهان در خاک‌های مختلف با رطوبت یکسان، متفاوت است؟
- ✓ چرا اگر دو خاک شنی و رسی دارای رطوبت یکسان در کنار هم قرار گیرند، آب از خاک شنی به سمت خاک دارای بافت ریزتر حرکت می‌کند؟

برای پاسخ به این گونه سؤالات و تشریح این پدیده‌ها، عامل دیگری غیر از میزان رطوبت خاک مطرح می‌گردد و مورد نیاز می‌باشد؛ که به آن **پتانسیل آب خاک** گفته می‌شود.

پتانسیل آب و اجزای آن در خاک

پتانسیل آب، جایگزین طبقه‌بندی‌های قرارداری (آب ثقلی، آب کاپیلاری، آب هایگروسکوپیک) مورد استفاده در مراحل ابتدایی توسعهٔ علم فیزیک خاک، گردیده است.

آب ثقلی (Gravitational water) :

در اثر آبیاری و اشباع خاک از آب، به بخشی از غشاء آبی که با مکش کمتری (تا ۱۰/۳۳تمسفر) در خاک نگهداری و به سهولت از خاک خارج می‌گردد آب ثقلی گویند.

آب کاپیلاری (Capillary water) :

و به بخشی از غشاء که با مکشی برابر ۰/۳۳ الی۳۱ اتمسفر در خاک نگهداری می‌شود، آب کاپیلاری گفته می‌شود.

پتانسیل آب و اجزای آن در خاک

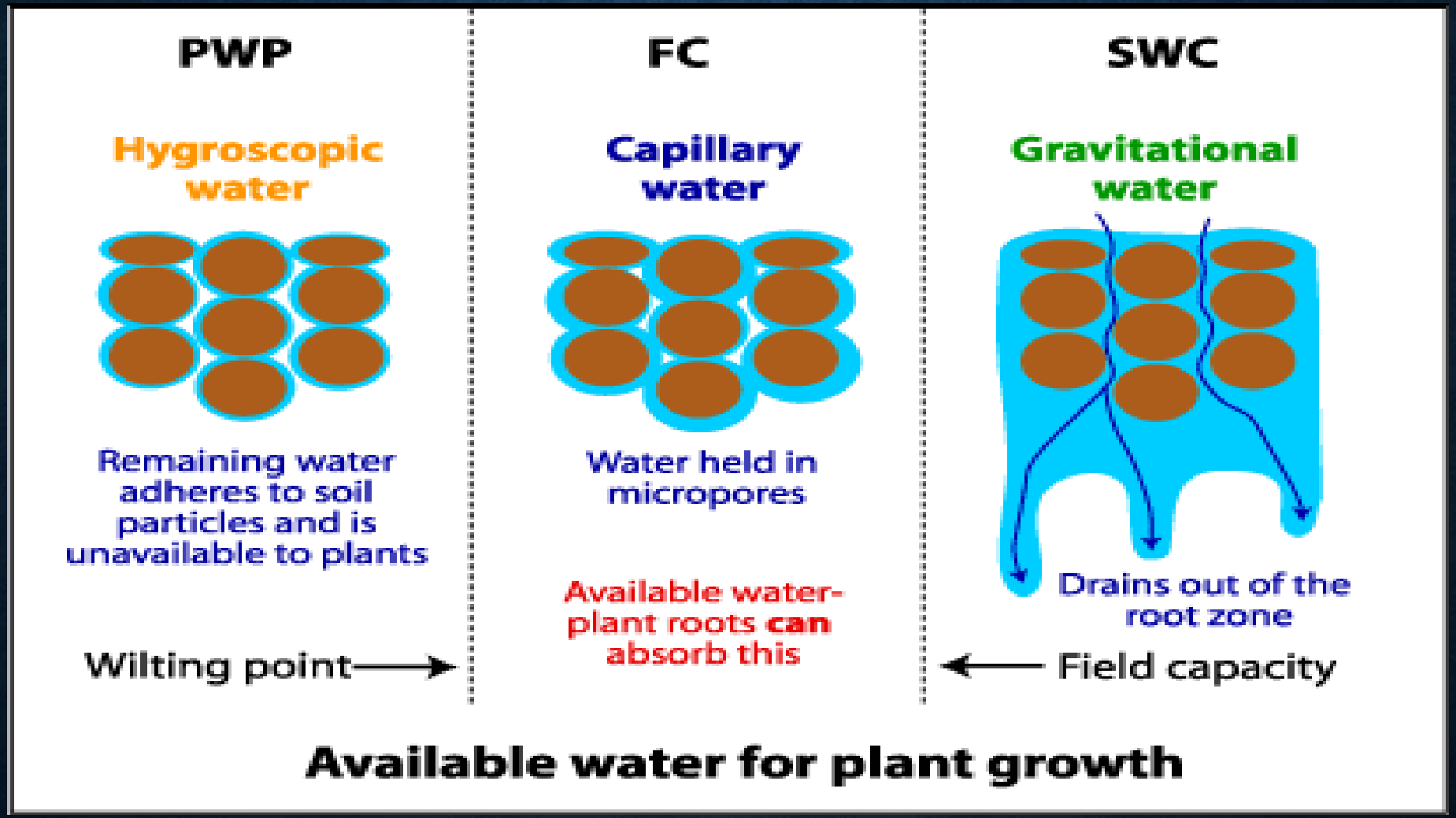
آب ثقلی و کاپیلاری، به طور کامل مورد استفاده گیاه قرار نمی‌گیرند؛ بلکه تنها قسمتی که بین ۰/۳۳ تا ۱۵ اتمسفر قرار دارد، مورد استفاده گیاه قرار می‌گیرد.

آب هیگروسکپی (Hygroscopic water) :

در داخلی‌ترین لایه‌های آب در مجاورت ذرات کلوئیدی خاک، آب با نیروی زیاد جذب شده بطوری که مکش آب برابر ۳۱ الی ۱۰۰۰۰ اتمسفر است که به آن، آب هیگروسکپی گفته می‌شود.

با توجه به اینکه این آب با مکش خیلی زیاد (بیش از قدرت مکش ریشه) به ذرات خاک چسبیده است هیچ گیاهی قادر به استفاده از آن نیست.

پتانسیل آب و اجزای آن در خاک



پتانسیل آب و اجزای آن در خاک

آب موجود در خاک (گیاه)، در معرض نیروهایی هستند که از ٤ عامل ناشی می‌شوند :

I. وجود فاز جامد (بافت) (پتانسیل ماتریک)

II. ثقل (پتانسیل ثقلی)

III. نمک‌های محلول (پتانسیل اسمزی)

IV. عمل فشار گاز یا آب خارجی (پتانسیل فشاری)

انرژی پتانسیل آب در داخل خاک از یک نقطه به نقطهٔ دیگر و از زمانی به زمان دیگر تفاوت دارد. اختلاف انرژی پتانسیل آب از یک نقطه در سیستم خاک تا نقطهٔ دیگر، سبب حرکت آب در داخل خاک می‌گردد . در داخل خاک، آب همواره در جهت کاهش انرژی پتانسیل حرکت می‌نماید.

پتانسیل آب و اجزای آن در خاک

انرژی پتانسیل را معمولاً با حرف یونانی **سای (Ψ)** نشان می‌دهند. Ψ_w و Ψ_T نشان دهندهٔ کل پتانسیل آب می‌باشند.

واحدهای مختلفی برای بیان پتانسیل استفاده می‌شوند که واحد **بار** کاربرد زیادی دارد.

نقطهٔ مرجع برای انرژی پتانسیل، انرژی آب آزاد خالص در ارتفاع یا تراز خاص در نظر گرفته می‌شود.

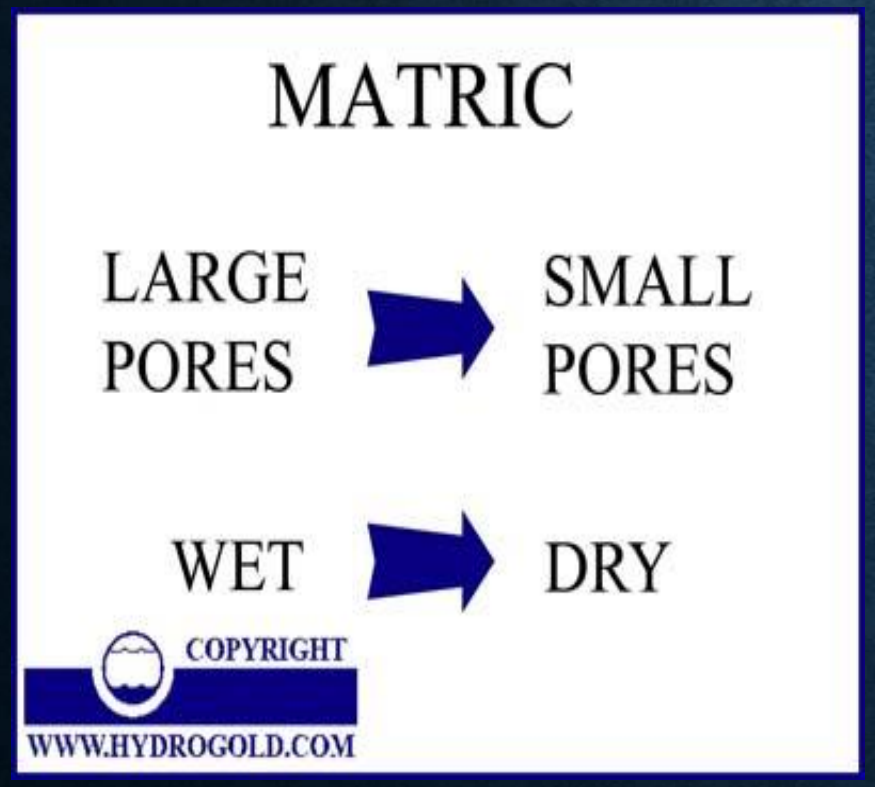
از آنجا که آب موجود در خاک، تحت تأثیر نیروهایی نظیر **جذب سطحی** (adsorption)، **جذب داخلی** (absorption) و **همدوستی** (cohesion) و وجود **املاح محلول** قرار دارد؛ لذا به اندازهٔ آب خالص، انرژی برای انجام کار ندارد. بنابراین، پتانسیل آب خاک به طور معمول **منفی** است.

پتانسیل ماتریک

پتانسیل ماتریک (Ψ_m)، یک خصوصیت دینامیک خاک بوده و بخشی از پتانسیل آب است که از نیروهای موئینگی و جذب سطحی بافت خاک ناشی می‌شود و برای یک خاک اشباع، مقدار آن از لحاظ تئوری صفر است.

هرچه سطح ویژه خاکی بیشتر باشد این پتانسیل بیشتر است مثل خاک‌های رسی در مقابل خاک‌های شنی.

به عبارتی ساده ذرات جامد خاک می‌توانند آب را به طرف خود بکشند و باعث جابجایی و حرکت آب در خاک شوند.



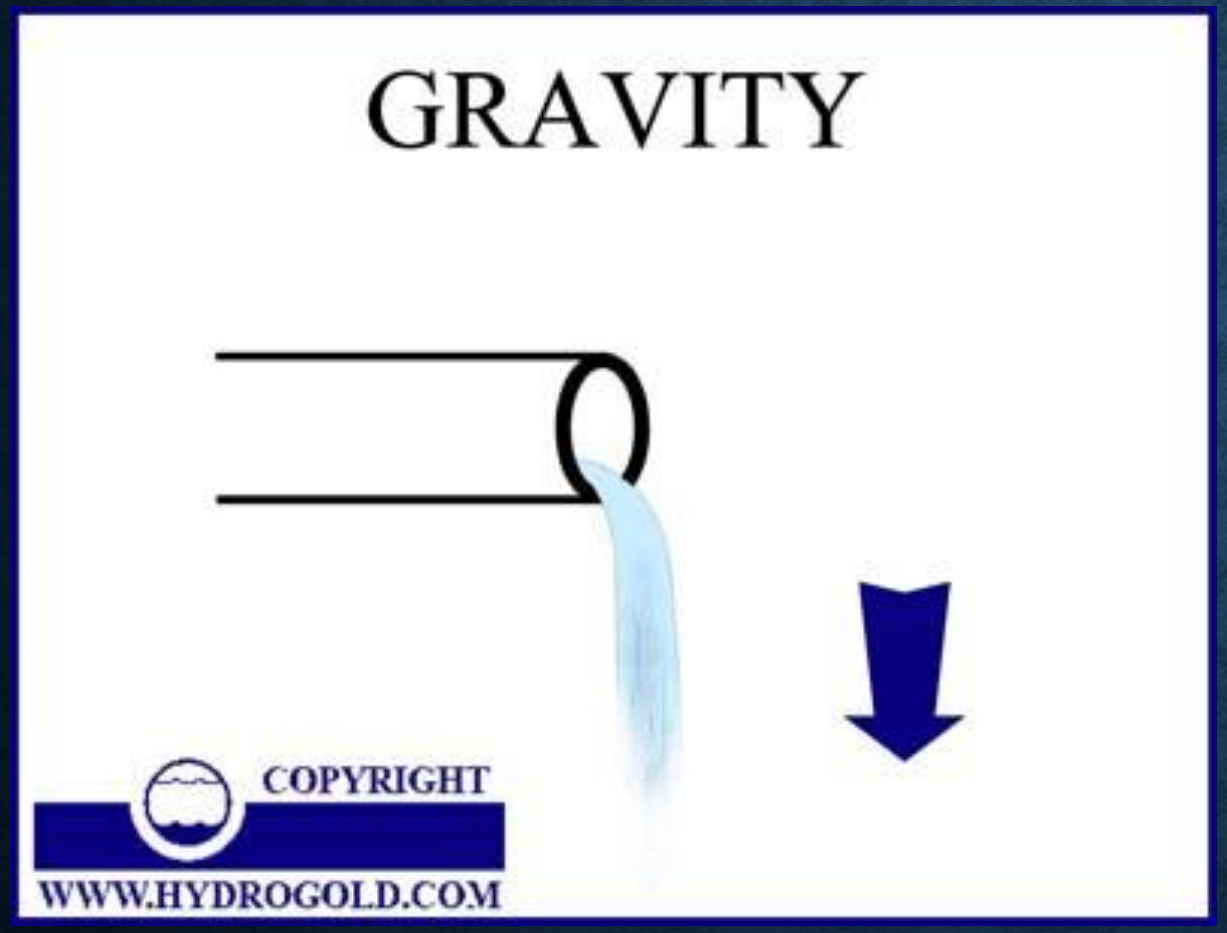
پتانسیل ثقلی

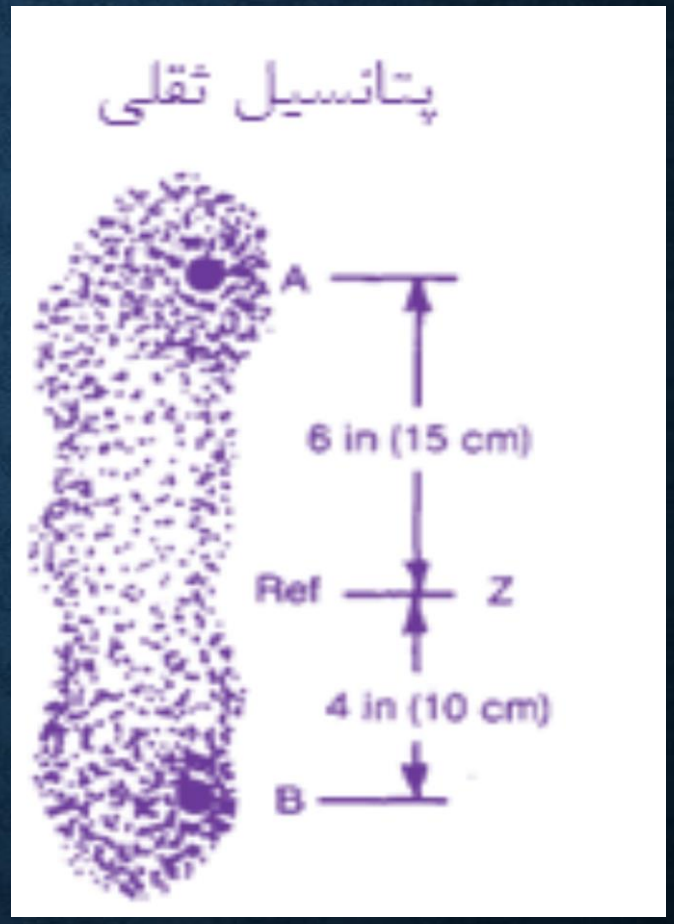
پتانسیل ثقلی (Ψ_g)، انرژی پتانسیل در ارتباط با موقعیت عمودی می‌باشد. **ارتفاع مبنا** یا **سطح مقایسه** می‌تواند برحسب نیاز انتخاب گردد. معمولاً سطح خاک یا سطح آب زیرزمینی را به عنوان سطح مبنا در نظر می‌گیرند. سطح مبنا عموماً به جهت حرکت آب (صعود یا نفوذ) بستگی دارد. در صورتی که سطح مقایسه، زیر نقطهٔ مورد نظر باشد باید کاری روی آب انجام شود و در نتیجه پتانسیل ثقلی مثبت است. اگر سطح مقایسه بالاتر از نقطهٔ مورد نظر باشد، آب باید کار انجام دهد و در نتیجه پتانسیل ثقلی منفی است.

جاذبه زمین نیروی پتانسیلی در آب موجود در خاک ایجاد می کند که باعث می‌شود آب در خاک حرکت کند؛ این نیرو می‌تواند آب آزاد را از خلل و فرج درشت جدا کرده و باعث حرکت آن شود.

پتانسیل ثقلی، مستقل از خواص خاک بوده و تنها به فاصلهٔ عمودی بین نقطهٔ مرجع و نقطهٔ مورد نظر بستگی دارد.

پتانسیل ثقلی





دو نقطه در یک خاک به فاصلهٔ مشخصی از نقطهٔ مرجع Z قرار دارند. پتانسیل ثقلی A ، ۱۵ و نقطه B ، ۱۰- سانتیمتر می‌باشد، بنابراین اختلاف بین پتانسیل ثقلی دو نقطه ۲۵ سانتیمتر است.

پتانسیل فشاری

پتانسیل فشاری (Ψ_p)، انرژی پتانسیل حاصله در اثر وزن آب درنقطهٔ مورد نظر یا اختلاف فشار گاز در نقطهٔ مورد نظر نسبت به نقطهٔ مرجع است. گاهی انرژی پتانسیل فشاری به دو مؤلفهٔ مجزا تقسیم می‌شود :

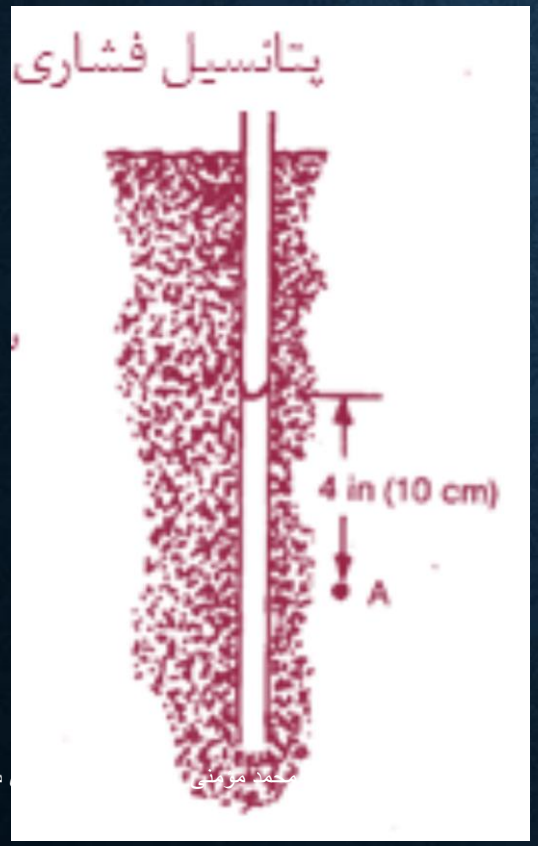
I. **پتانسیل فشار هوا که در شرایط غیر اشباع خاک اتفاق می افتد.**

II. **پتانسیل فشار هیدرواستاتیک که در شرایطی رخ می‌دهد که خاک اشباع باشد و یک فشار از فاز آب، روی نقطهٔ مورد نظر وجود داشته باشد.**

در خاک‌های اشباع نقاطی که زیر سطح ایستایی قرار دارند دارای پتانسیل فشاری مثبت هستند و نقاطی که هم‌تراز سطح آب هستند پتانسیل فشاری آنها صفر است و نقاطی که بالای سطح ایستایی قرار دارند، پتانسیل فشاری در آنها منفی می‌باشند.

پتانسیل فشاری

در خاک‌های اشباع، گاهی به پتانسیل فشاری **پتانسیل پیزومتریک** نیز گفته می‌شود زیرا مقدار آن را می‌توان با استفاده از پیزومتر اندازه‌گیری کرد. با افزایش عمق زیر سطح ایستابی، میزان فشار افزایش می‌یابد.



پتانسیل اسمزی

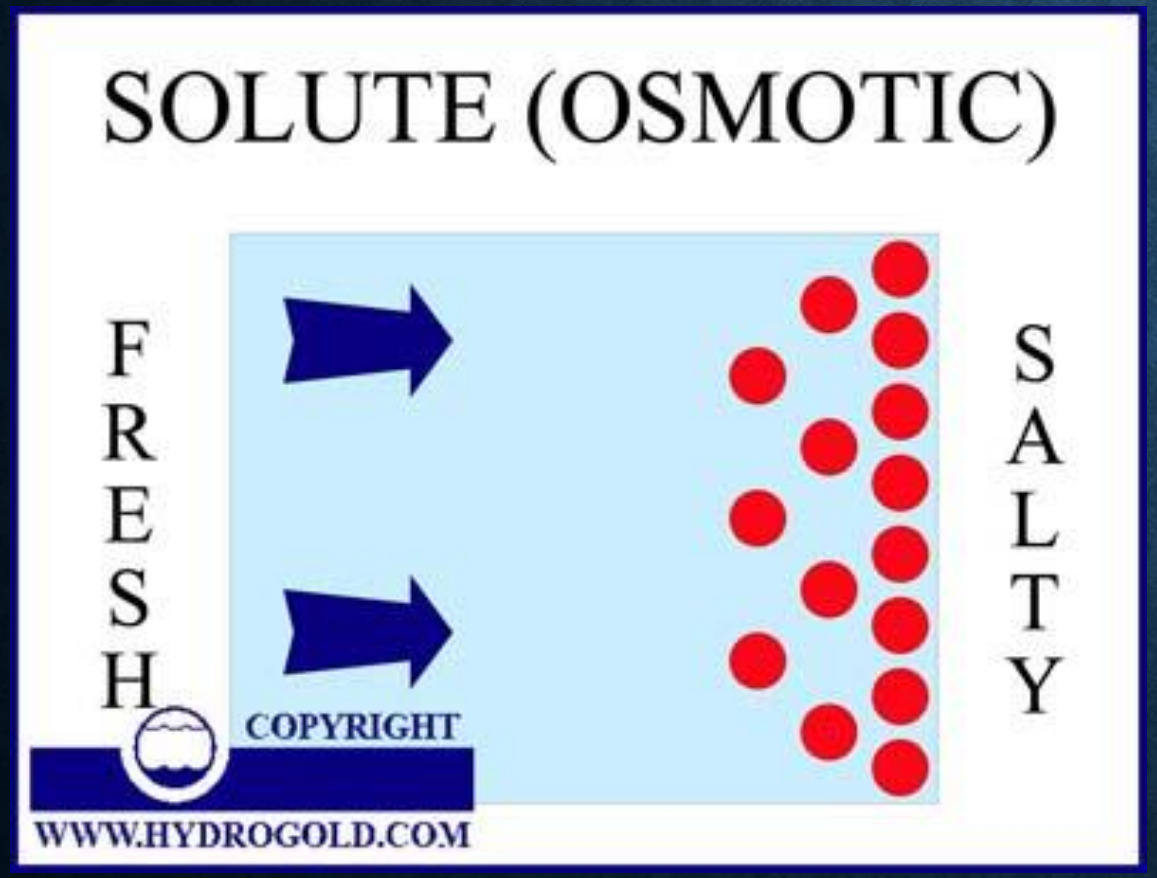
پتانسیل اسمزی (Ψ_s) ناشی از املاح محلول در خاک است. هرچه مقدار املاح خاک بیشتر باشد فشار اسمزی محلول خاک بیشتر شده و در مقابل پتانسیل اسمزی بیشتر **منفی** می‌شود.

در صورتی که آب خالص و محلول، به وسیلهٔ یک غشاء نیمه تراوا که نسبت به آب نفوذپذیر و نسبت به جسم حل شدنی غیرقابل نفوذ باشد از هم جدا شوند، آب خالص وارد محلول می‌شود تا آن را از نظر غلظت شبیه خود سازد.

پتانسیل اسمزی در گیاهان اهمیت زیادی دارد. دو غشاء شناخته شده در سیستم‌های آب و خاک، دیوارهٔ سلولی ریشه های گیاه و حدفاصل هوا-آب می‌باشند.

پتانسیل اسمزی را می‌توان با استفاده از رابطهٔ $\Psi s = RTC$ برآورد نمود.

پتانسیل اسمزی



Solute potential is the tendency of water to move by osmosis.

Solute potential inside cell and in surrounding solution is the same. No net movement of water.

Cell is placed in pure water. Its solute potential is low relative to its surroundings. Water moves into cell via osmosis.

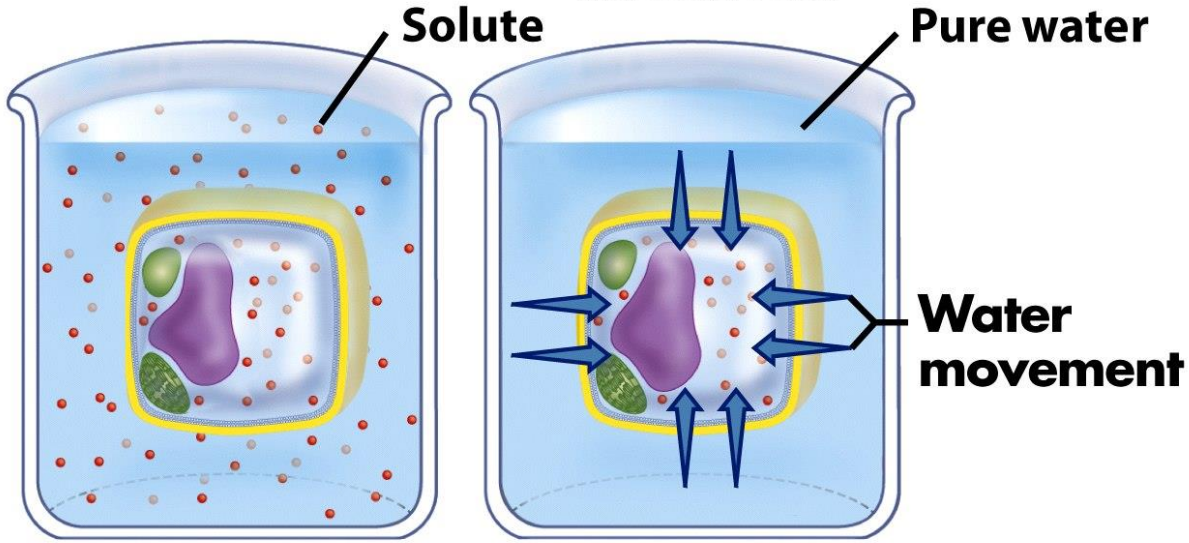


Figure 36-1a Biological Science, 2/e
© 2005 Pearson Prentice Hall, Inc.

پتانسیل آب و اجزای آن در خاک

در هر دو سیستم خاک و گیاه، پتانسیل آبی عبارت است از مجموع چهار پتانسیل ماتریک، ثقلی، اسمزی و فشاری :

$$\Psi = \Psi m + \Psi g + \Psi s + \Psi p$$

حرکت آب، در جهت شیب نزولی پتانسیل می‌باشد به عبارت دیگر آب از نقطهٔ دارای انرژی پتانسیل بیشتر به نقطهٔ دارای انرژی پتانسیل کمتر حرکت می کند.

در خاک‌های غیرشور و غیراشباع، پتانسیل ماتریک و پتانسیل ثقلی و در خاک‌های غیرشور و اشباع، پتانسیل فشاری اهمیت بیشتری دارند.

مهمترین مؤلفه‌های پتانسیل آبی در گیاهان، پتانسیل اسمزی و پتانسیل فشاری می‌باشند.

نقاط پتانسیلی

۱– اشباع خاک :

اولین حالت میزان آب در خاک است که تمام خلل و فرج خاک پر از آب می‌باشد. این حالت پس از آبیاری بیش از حد و یا بعد از بارندگی‌های طولانی حاصل می‌شود و زمان لازم برای خروج آب تحت نیروی ثقل، بسته به فیزیک خاک متفاوت است.

۲– تخلخل تهویه‌ای :

حالتی است که آب در اثر نیروی ثقل زمین به سمت پایین حرکت نموده و ابتدا خلل و فرج درشت خاک از آب تخلیه می‌شوند. در این حالت میزان آب موجود در خاک حدود ٤٥ درصد می‌باشد.

نقاط پتانسیلی

۳– ظرفیت زراعی (Field Capacity, FC) :

این مرحله با ادامه حرکت آب در اثر نیروی ثقل بوجود می‌آید. در ظرفیت زراعی، آب بیشتر در اثر تعرق گیاه (۹۹ ٪) و تبخیر از سطح خاک (۱ ٪) از خاک خارج می‌شود.

عوامل مختلفی بر ظرفیت مزرعه تأثیر می‌گذارند که عبارتند از :

۳-۱- رطوبت اولیهٔ خاک : خاکی که اشباع و سپس خشک شود، نسبت به خاکی که در حال مرطوب شدن است ظرفیت مزرعهٔ بزرگتری دارد.

۳-۲- بافت و ساختمان خاک : هر چه بافت خاک ریزتر باشد ظرفیت مزرعهٔ ظاهری آن بزرگتر و زمان رسیدن به آن، طولانیتر می‌شود.

نقاط پتانسیلی

۳-۳- مواد آلی : مواد آلی خاک به نگهداشت آب کمک می‌نمایند.

۳-٤- دما : میزان آب قابل نگهداری در ظرفیت مزرعه با افزایش دمای خاک کاهش می‌یابد.

۳-٥- سطح ایستابی : اصطلاح ظرفیت مزرعه، در خاک‌هایی که سطح ایستابی در نزدیکی سطح زمین قرار دارد، شک برانگیز است. این اصطلاح برای خاک‌های با زهکشی آزاد به کار می‌رود.

۳-٦- عمق مرطوب شدگی : معمولاً هر چه پروفیل خاک مرطوب‌تر باشد، عمق خیس‌شدگی در طول فرایند نفوذ بیشتر، سرعت توزیع مجدد کمتر و ظرفیت مزرعهٔ ظاهری بزرگتر است.

۳-۷- وجود لایه‌های بازدارنده : این لایه‌ها از توزیع مجدد جلوگیری نموده و ظرفیت مزرعهٔ ظاهری را افزایش می‌دهند.

نقاط پتانسیلی

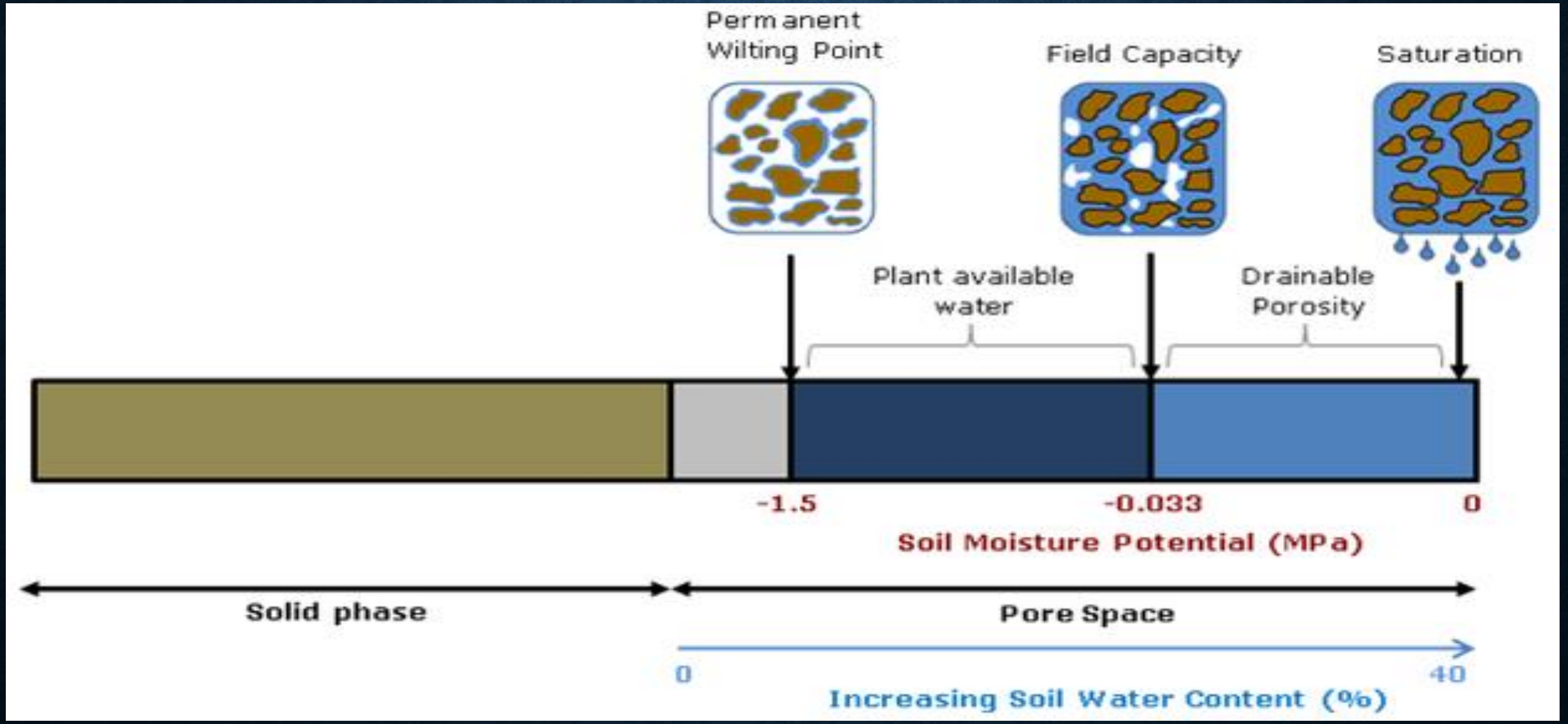
۴– نقطه پژمردگی موقت :

عمل تبخیر و تعرق باعث خشک‌شدگی تدریجی خاک می‌شود و در اثر عدم آبیاری گیاه در ساعات اولیه و انتهایی روز در اثر بالا بودن رطوبت نسبی شاداب است ولی در ساعات میانی روز که میزان رطوبت نسبی هوا پایین می‌آید، علائم پژمردگی را نشان می‌دهد که این پژمردگی برگشت‌پذیر می‌باشد.

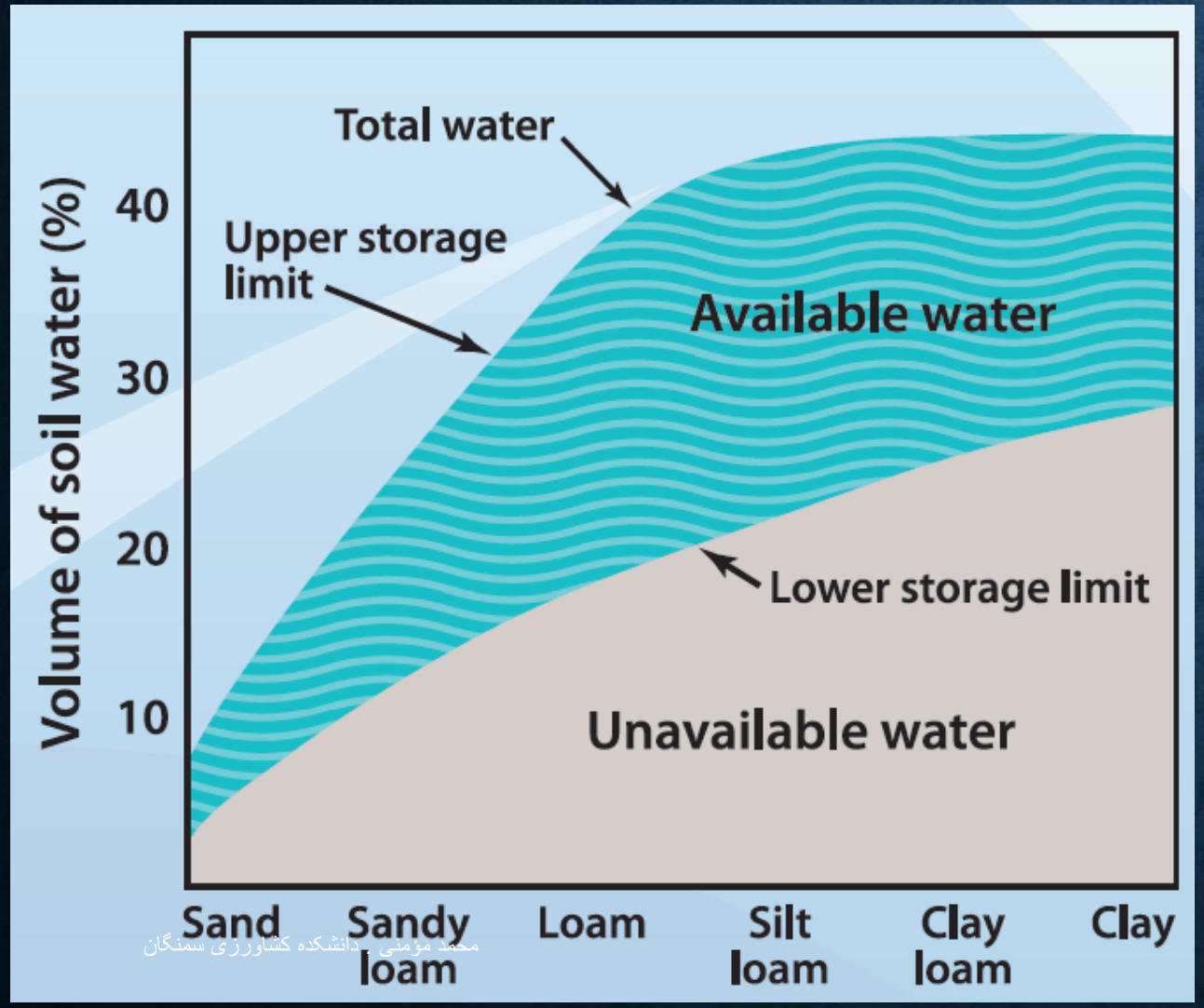
۵– پژمردگی دائم :

با ادامه روند پژمردگی موقت و عدم آبیاری، گیاه از بین رفته و حتی اگر نسبت به آبیاری نیز اقدام شود ولی به دلیل مرگ، گیاه قادر به جذب آب نخواهد بود.

نقاط پتانسیلی



آب قابل دسترس گیاه



محمد مومنی، دانشکده کشاورزی سمنگان

آب قابل دسترس گیاه (Available water)، مقدار آب بین ظرفیت زراعی و نقطه پژمردگی دائم است و هر چه به سمت نقطه پژمردگی دائم پیش برویم سهولت دریافت آب کم می‌شود.

آب سهل‌الوصول بین ظرفیت زراعی تا نقطه پژمردگی موقت است. شروع فاز تنش از انتهای مرحله ظرفیت زراعی می‌باشد ولی علائم تنش در این زمان دیده نمی‌شود.

آب قابل دسترس گیاه

وجود نمک در خاک به صورت پتانسیل اسمزی که در کل پتانسیل آب خاک نقش دارد، می‌تواند بر آب قابل دسترس گیاه تأثیر بگذارد؛ در واقع پتانسیل کل است که تعیین کنندهٔ موجودیت آب خاک برای گیاهان است.

در خاک‌های دارای املاح محلول کم، هر چه بافت خاک ریزتر باشد، مقدار آب قابل دسترس بیشتر است.

معمولاً خاک‌های شنی دارای قابلیت زهکشی خوب، آب قابل دسترس کمی دارند. خاک‌های لومی همانند خاک های لوم رسی و رسی، ظرفیت نگهداشت آب خوبی دارند.

با وجود اینکه ظرفیت مزرعه را به عنوان حد بالای آب قابل استفاده گیاه در نظر می‌گیرند، ولی این دقیقاً درست نمی‌باشد. آبی که پس از آبیاری یا بارندگی در خاک به سمت پایین حرکت می‌کند، می‌تواند توسط گیاهان در حال رشد به نحو مؤثری استفاده شود.

روش‌های اندازه‌گیری رطوبت خاک

بهترین و مؤثرترین روش تعیین زمان آبیاری، اندازه‌گیری یا برآورد مقدار رطوبت خاک می‌باشد. با آگاهی از مقدار رطوبت موجود، یک آبیار که دانش و تجربهٔ مرتبط با یک گیاه در یک خاک خاص را دارد می‌تواند زمان آبیاری را به درستی تعیین کند. بیشتر روش های اندازه‌گیری و برآورد رطوبت خاک، برای کاربرد مزرعه‌ای مناسب نیستند. برخی از روش‌های قابل استفاده برای تعیین زمان آبیاری شامل :

۱- روش اندازه‌گیری مستقیم که شامل رطوبت جرمی و حجمی است.

۲- روش‌های اندازه‌گیری غیرمستقیم که در این روش‌ها با استفاده از دستگاه‌های مختلف، میزان رطوبت خاک تعیین می‌شود که مهمترین این روش‌ها عبارتند از :

نوترون‌متر، بلوک گچی، تانسیومتر، TDR و پرتوی گاما

روش جرمی

در یک مزرعه برای هر نوع خاک، از عمق مورد نظر در چندین محل، نمونه‌های خاک تهیه و وزن شده و به مدت ۲٤ ساعت در گرمخانه در دمای ۱۰۵ تا ۱۱۰ درجه سانتیگراد خشک و مجدداً وزن می‌شوند. اختلاف دو وزن، مقدار آب موجود در خاک براساس وزن خشک می‌باشد که می‌توان آن را بر حسب عمق آب موجود در خاک بیان کرد.

$$\theta_m = \frac{\mathbf{M}_w}{\mathbf{M}_s}$$

θ_m مقدار جرمی رطوبت خاک

$\mathbf{M}_w$ جرم آب موجود در خاک

$\mathbf{M}_s$ جرم جزء جامد خاک

روش جرمی

اگرچه این روش، نتایج خوبی ارائه می‌نماید ولی معمولاً توسط زارعین مورد استفاده قرار نمی‌گیرد.

دقت اندازه‌گیری در این روش، به تعداد نمونه‌های گرفته شده و مهارت در نمونه‌برداری بستگی دارد. در این روش نیاز به تجهیزاتی می‌باشد که معمولاً زارعین در اختیار ندارند و همچنین زمان و نیروی انسانی زیادی صرف می‌شود.

از این روش اصولاً در کارهای آزمایشگاهی و به عنوان استانداردی برای مقایسهٔ نتایج روش‌های دیگر استفاده می‌شود.

رطوبت حجمی

رطوبت حجمی خاک عبارت است از نسبت حجم آب به حجم کل خاک.

$$\theta_v = \frac{V_w}{V_t}$$

θ_v مقدار رطوبت حجمی خاک

V_w حجم آب موجود در خاک

V_t حجم کل خاک

رطوبت حجمی

بین رطوبت حجمی و رطوبت جرمی، رابطه‌ای وجود دارد و می‌توان با استفاده از رطوبت جرمی که آسان‌تر در آزمایشگاه به دست می‌آید به رطوبت حجمی که در مسائل آبیاری کاربرد بیشتری دارد، دست یافت. این رابطه به صورت زیر است :

$$\theta_v = \theta_m \times \rho_b$$

θ_m مقدار جرمی رطوبت خاک

θ_v مقدار رطوبت حجمی خاک

$\mathbf{P_b}$ وزن مخصوص ظاهری خاک

روش لمس و ظاهر خاک

در این روش برای نمونه‌برداری می‌توان از بیل استفاده کرد ولی برای نمونه‌برداری از خاک زیرین، بهتر است از آگر استفاده گردد. واکنش خاک و مقدار رطوبت خاک طی سه آزمایش مزرعه‌ای بررسی می‌شود که به صورت زیر می‌باشد :

۱- آزمایش توپ خاک (ball test) : در آن، نمونهٔ خاک به صورت یک توپ سفت فشرده می‌شود و از ارتفاع‌های مختلف انداخته شده و اثرات ثبت می گردد.

روش لمس و ظاهر خاک

۲- آزمایش میله خاک (rod test) : نمونهٔ خاک به شکل میله‌ای با قطر ۳ میلیمتر در می‌آید و سپس به صورت عمودی نگهداشته می‌شود و تأثیر بر طول آن اندازه‌گیری و ثبت می‌گردد.

۳- آزمایش تسمه خاک (ribbon test) : مواد خاک بین انگشت شصت و انگشت اول فشرده شده و طول تسمهٔ حاصله ثبت می‌شود.

محمد مؤمنی . دانشکده کشاورزی سمنگان

روش لمس و ظاهر خاک

اگرچه تعیین رطوبت خاک با روش لمس و ظاهر دقیق‌ترین روش نیست، اما آبیار با تجربه می‌تواند برآورد رطوبت خاک را با خطای ۱۰ تا ۱۵ درصد داشته باشد.

این روش ارزان است ولی جمع‌آوری نمونه‌های خاک نیاز به کار زیادی خواهد داشت.

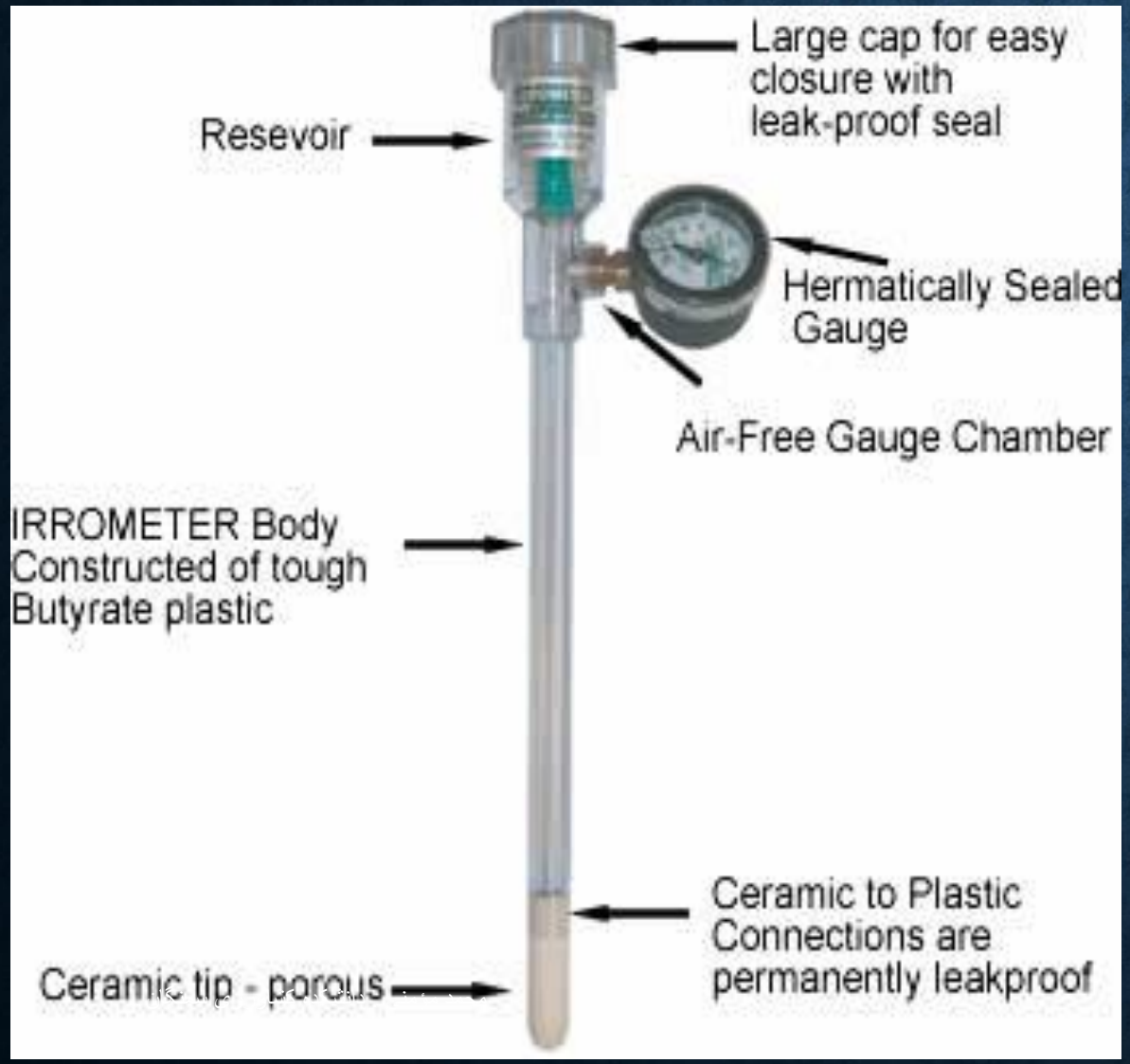
تانسیومتر

تانسیومتر یا مکش‌سنج، وسیله‌ای برای اندازه‌گیری **پتانسیل ماتریک** یا تنش رطوبتی خاک (در شرایطی که خاک خیلی خشک نیست) می‌باشد. به دلیل اینکه این وسیله، مکش را اندازه‌گیری می‌کند به آن مکش‌سنج می‌گویند.

تانسیومترها یا از نوع **جیوه‌ای** هستند و یا از نوع **فلزی**. تانسیومترهای جیوه‌ای بیشتر در کارهای آزمایشگاهی و تحقیقی مورد استفاده می‌باشند.

تانسیومتر فلزی از یک لوله پر آب تشکیل شده است که قسمت پایین آن از یک کلاهک سرامیکی درست شده و قسمت بالای آن مسدود است، به طوری که اگر آب از کلاهک سرامیکی خارج شود در داخل لوله خلاء ایجاد می‌شود. به همین منظور در کنار لوله تانسیومتر، خلاءسنجی به آن متصل است که قادر می‌باشد مقدار خلاء یا فشار منفی را اندازه‌گیری کند.

تانسیومتر



۱- مخزن و درپوش (reservoir and cap)

۲- لوله تانسیومتر (body tube)

۳- کلاهک سرامیکی (ceramic cup or tip)

٤- خلاء سنج (vacuum gauge)

تانسیومتر

جریان آب به داخل و خارج تانسیومتر تنها در صورتی برقرار می‌شود که کلاهک سرامیکی کاملا اشباع از آب باشد. اگر کلاهک غیر اشباع باشد دو مشکل بوجود می‌آید که کارکرد صحیح تانسیومتر را غیرممکن می‌سازد :

1. هوا از طریق منافذ غیراشباع به داخل لوله تانسیومتر وارد و موجب می‌شود خلاءسنج میزان خلاء را به درستی نشان ندهد و در صورت تشدید مسئله خلاءسنج عدد صفر را نشان دهد.
2. تبادل آب بین بیرون و داخل تانسیومتر به خوبی صورت نمی‌گیرد چرا که منافذ عبور دهنده آب به وسیله هوا اشغال شده‌اند.

تانسیومتر

آماده کردن تانسیومتر :

1. پر کردن لوله و مخزن تانسیومتر با آب مقطر جوشانده و سرد شده
2. هواگیری و اشباع کامل کلاهک سرامیکی و بررسی خلاءسنج :

مخزن و لوله تانسیومتر را با آب مقطر جوشیده و سرد شده پر نموده و تانسیومتر را به حالت عمودی در هوا نگه داشته، پس از مدتی قطرات آب مانند عرق بر روی کلاهک سرامیکی ظاهر خواهد شد سپس مجددا تانسیومتر را با آب پر نموده و آن را به مدت ٢٤ ساعت در سطل آب قرار می‌دهیم تا کلاهک سرامیکی تانسیومتر اشباع گردد. پس از اطمینان ا ز این که تانسیومتر کاملا از آب پر است درپوش تانسیومتر را محکم بسته و آن را در هوای آزاد به حالت عمودی نگه می‌داریم و خلاءسنج باید عدد حدود ٧٠ (فشار اتسفر) را نشان دهد در غیر این صورت باید مرا حل فوق را مجددا تکرار نمود.

تانسیومتر

نصب تانسیومتر :

تانسیومتر را باید به گونه‌ای نصب کرد که کلاهک سرامیکی در تماس مستقیم با خاک باشد. با استفاده از ابزارهای متداول نمونه‌برداری خاک مثل مته خاک یا یک لوله، چاهکی به قطر کمی کمتر از قطر تانسیومتر حفر کرده و تانسیومتر را به آرامی و با فشار به داخل چاهک هدایت کرد و اطمینان حاصل نمود که ابتدای کلاهک سرامیکی نیز با کف چاهک برخورد نموده است. اگر قطر چاهکی که حفر گردیده از قطر لوله تانسیومتر بیشتر است، هنگام نصب تانسیومتر و پر کردن اطراف آن باید دقت شود که خاک اطراف تانسیومتر به تراکمی حدود تراکم اولیه خاک برسد. پس از نصب نیز با مقداری خاک اطراف تانسیومتر را برآمده می‌نمایند تا آب اطراف آن جمع نگردد.

عمق نصب تانسیومتر باید به گونه‌ای باشد که کلاهک سرامیکی در منطقه فعال ریشه گیاه قرار داشته باشد.

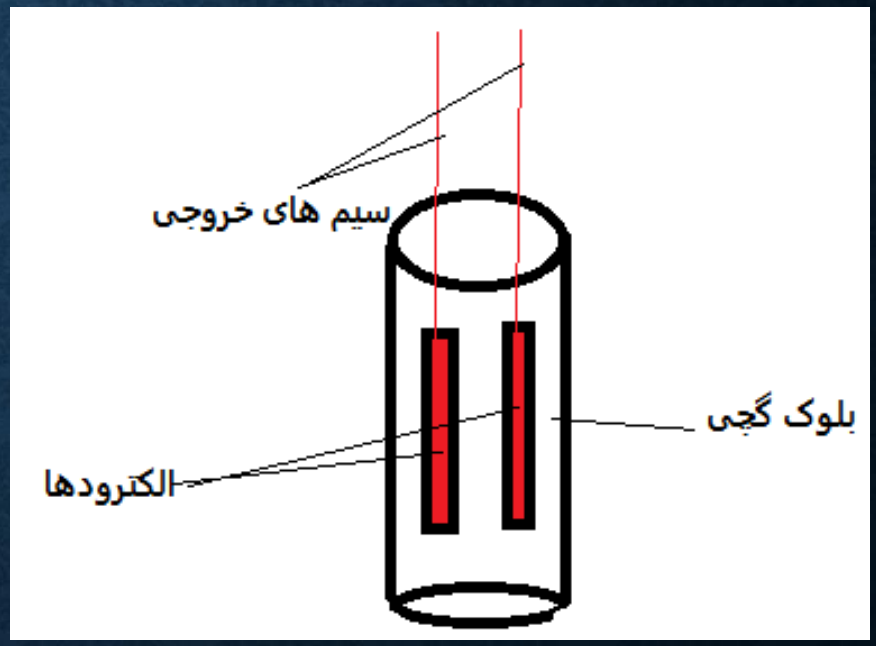
تانسیومتر

بلوک‌های مقاومت

در این روش درون یک توده گچی متخلخل(بلوک گچی) مثل گچ شکسته‌بندی؛ دو الکترود (دو تیغه مسی رسانا) با فاصله مشخص از هم (حدود یک سانتیمتر) قرار می‌دهند و این دو الکترود را با دو سیم به بیرون از این توده گچی هدایت می کنند.

در مرحله بعد این بلوک گچی را درون عمق مشخصی از خاک به طور آزمایشی قرار می‌دهند و میزان هدایت الکتریکی یا مقاومت این دو تیغه الکترود درون بلوک گچی را در سطوح مختلف رطوبت (از حالت خاک خشک تا خاک اشباع و پر از آب که رطوبت آن را به روش مستقیم محاسبه کرده‌اند)؛ توسط یک اهم‌متر اندازه‌گیری یا آزمایش می کنند و نتایج را در جدول و نموداری رسم می کنند. سپس براساس این نمودار (نمودار ارتباط بین مقاومت الکتریکی و میزان رطوبت خاک) و میزان هدایت الکتریکی که بعدا در محیط خاص دیگری که قرار است رطوبتش سنجیده شود، میزان رطوبت خاک را محاسبه می کنند.

بلوک‌های مقاومت



بلوک‌های مقاومت

در هنگام آزمایش بلوک‌های گچی، پس از آن که آنها را در داخل آب قرار دادید، تفاوت قرائت بلوک‌ها نباید از ۵۰ اهم بیشتر باشد. در این صورت بلوک‌ها یکنواخت نخواهند بود. اگر قرائت بلوک‌ها در داخل آب، همگی صفر باشند ایده‌آل است اما اگر قرائت‌ها اعدادی تا حدود ٤۰۰ اهم را نشان دهند، باز هم می‌توان با اعمال ضریب اصلاحی از آنها استفاده کرد؛ ولی اگر قرائت بلوک در آب بسیار زیاد بود حتماً توصیه می‌شود که از آن استفاده نگردد.

در حد ظرفیت زراعی، قرائت بلوک حدود ۵۰۰ تا ٦۰۰ و در حد پژمردگی ۵۰۰۰۰ تا ۷۵۰۰۰ اهم است.

در این روش، بلوک گچی بعد از چند بار استفاده مخصوصا در خاک‌های شور به خاطر ورود نمک‌های معدنی به بلوک گچی از حساسیت و دقت آن کاسته می‌شود و دیگر قابل استفاده نیست.

نسبت به روش‌های دیگر، ارزان‌تر و راحت‌تر است.

بلوک‌های مقاومت

با توجه به **نیاز تعادل پتانسیلی** بین بلوک و خاک، لازم است که پس از نصب بلوک به مدت چندین ساعت صبر کرد تا این تعادل برقرار شود. برای این منظور، بلوک‌ها قبل از آبیاری در خاک قرار داده می‌شوند و معمولاً در تمام طول فصل رشد، در خاک باقی می‌مانند و فقط سیم‌های متصل به الکترودها از خاک خارج می‌باشند تا در مواقع اندازه‌گیری، به دو سر مقاومت‌سنج وصل شوند.

گرچه در خاک‌های معمولی، بلوک می‌تواند تا ۵ سال مورد استفاده قرار گیرد ولی در خاک‌های شور یا آلی و خاک‌های مرطوب، بیش از یک سال عمر نخواهند کرد.

در استفاده از بلوک‌های گچی، توصیه می‌شود فاصلهٔ آنها از یکدیگر در خاک کمتر از ۳۰ سانتیمتر نباشد.

بلوک‌ها نسبت به درجه حرارت حساس بوده و در هنگام واسنجی آنها باید این مسأله در نظر گرفته شود.

بلوک‌های مقاومت

محمد مؤمنی . دانشکده کشاورزی سمنگان

بلوک‌های مقاومت

روش نوترون‌متر

دستگاه نوترون‌متر دارای دو قسمت است :

I. قسمت لوله یا Probe با قطر حدود ۵ سانتیمتر و ارتفاعی متناسب با عمق مورد اندازه‌گیری رطوبت که محفظهٔ انتشار نوترون‌های سریع

II. دستگاه شمارگر برای ثبت شار نوترون‌های کند شده (بخش گیرندهٔ نوترون‌های کند شده)

روش نوترون‌متر

وقتی نوترون‌های سریع به ذرات هم جرم خود برخورد می‌کنند، مقدار زیادی انرژی از دست داده و به نوترون کند تبدیل می‌شوند.

هستهٔ اتم هیدروژن، تقریباً هم جرم با ذرات نوترون است. در خاک نیز تقریبا تنها منبع هیدروژن، همان آب موجود در خاک است. بنابراین تعداد نوترون‌های کند شدهٔ برگشتی، متناسب با مقدار رطوبت خاک می‌باشد. به کمک دستگاه شمارش‌گر، نوترون‌های کند شدهٔ برگشتی ثبت می‌شوند و سپس به کمک منحنی واسنجی (که در آن، رابطهٔ هیدروژن یا رطوبت خاک با تعداد نوترون‌های کند شده مشخص است) می‌توان به درصد رطوبت حجمی خاک پی برد.

هرچه رطوبت خاک بیشتر باشد، تعداد بیشتری نوترون کند شده به گیرنده می‌رسد.

روش نوترون‌متر

مزایای روش نوترون‌متر :

I. احتیاج به نمونه‌برداری از خاک ندارد و خاک دست نخورده باقی می‌ماند.

II. مقدار رطوبت در هر فازی تعیین می‌شود

III. سرعت اندازه‌گیری زیاد است

IV. در حجم وسیع خاک و در شرایط واقعی مزرعه امکان کاربرد دارد

V. می‌توان اندازه‌گیری را با هر تعداد تکرار نمود.

روش نوترون‌متر

معایب روش نوترون‌متر :

I. هزینهٔ زیاد دستگاه

II. نیاز به تهیهٔ منحنی واسنجی برای هر نوع خاک

III. عدم امکان اندازه‌گیری رطوبت در لایهٔ سطحی خاک

IV. خطرات ناشی از تابش نوترون برای سلامت فرد

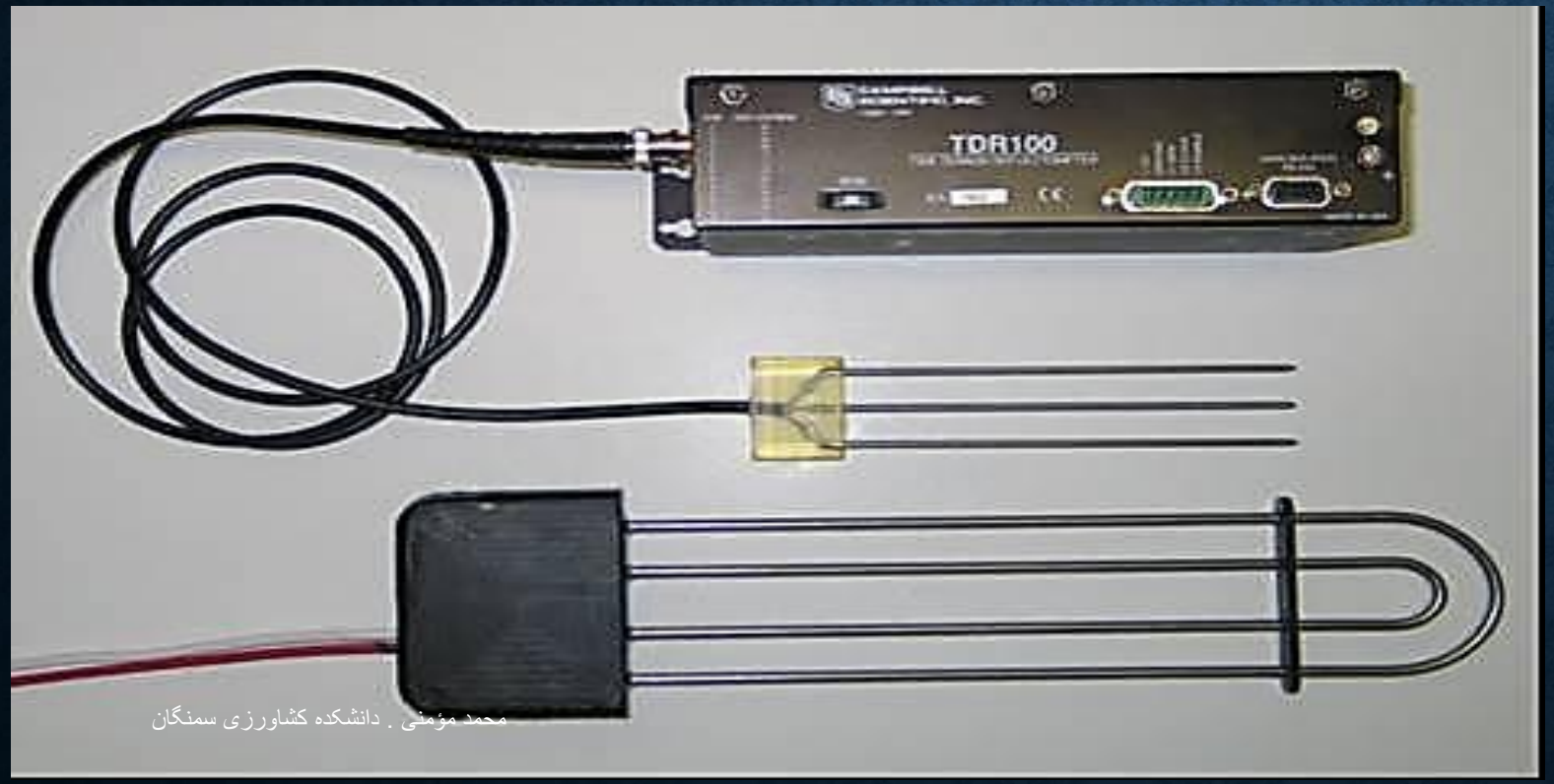
V. تأثیر خصوصیات شیمیایی و فیزیکی خاک (نظیر شوری و میزان مواد آلی) بر روی اندازه‌گیری‌ها

روش جذب اشعه گاما

بطور کلی، دستگاه جذب اشعهٔ گاما از دو قسمت مجزا تشکیل شده است :

I. میلی ولت ساطع که منبع تولید اشعهٔ گاما است (سزیم ۱۳۷ که اشعهٔ گاما را با انرژی ۰/٦٦ میلی‌ولت ساطع می کند)

II. گیرندهٔ اشعهٔ گاما



محمد مؤمنی . دانشکده کشاورزی سمنگان

روش جذب اشعه گاما

با توجه به این نکته که عبور اشعه گاما در خاک‌هایی با رطوبت مختلف متفاوت است؛ ابتدا در آزمایشی با مشخص بودن میزان رطوبت خاک (از طریق رطوبت جرمی) در حالت‌های مختلف (از حالت اشباع تا خشک) میزان یا سرعت و چگونگی عبور امواج اشعه گاما را اندازه‌گیری کرده و در جدول و یا نموداری (منحنی کالیبراسیون) ثبت می‌کنند و سپس با داشتن اطلاعات این نمودار و سرعت حرکت امواج اشعه گاما در خاکی که قرار است رطوبتش مورد اندازه‌گیری قرار گیرد، می‌توانند رطوبت خاک را اندازه‌گیری کنند.

روش جذب اشعه گاما

مزایا :

I. توانایی اندازه‌گیری تغییرات زمانی رطوبت خاک

II. روش غیرتخریبی

III. تعیین رطوبت در اعماق مختلف حتی اعماق سطحی

IV. قابلیت اتوماتیک کردن

روش جذب اشعه گاما

معایب :

I. کاربرد این دستگاه در صحرا محدود است

II. خطرات ناشی از تابش اشعهٔ گاما

III. محدودیت ضخامت خاک (۲/۵ سانتی متر یا کمتر)

IV. تأثیر تغییر چگالی بر اندازه‌گیری رطوبت

V. هزینهٔ بالا

VI. خطای زیاد در خاک‌های مطبق

دستگاه TDR

یک دستگاه **TDR** از دو قسمت تشکیل شده است :

I. قسمت مرکزی گیرنده

II. سنسورهای میله‌ای

برای اندازه‌گیری رطوبت خاک میله‌های سنسور در داخل پروفیل و ترجیحا به تفکیک افق‌ها قرار می‌گیرد. سنسور معمولا از ٤ یا ٥ میله مسی یا فلزی مشابه و هم اندازه تشکیل شده است که بصورت دایره یا کنار یکدیگر قرار گرفته است.

دستگاه TDR

اساس کار دستگاه TDR :

کار این دستگاه بر این اصل استوار است که دستگاه گیرنده، علایمی را به داخل سنسور میله‌ای ارسال کرده که از میله اصلی(که معمولا میله وسطی است) این علایم خارج شده و توسط میله‌های کناری دریافت می‌شوند.

هنگامی که سنسور در داخل خاک قرار دارد و بین میله‌ها را خاک فرا می‌گیرد، بسته به میزان رطوبت خاک، زمان عبور موج الکترومغناطیس تغییر می‌کند و دستگاه برحسب واحدهای مختلف (بسته به تنظیم دستگاه که معمولا میلی ولت است)، میزان رطوبت را مستقیما قرائت می‌کند.

دستگاه TDR

محمد مؤمنی . دانشکده کشاورزی سمنگان

دستگاه TDR

در هنگام استفاده از دستگاه مذکور باید موارد زیر را رعایت کرد :

1. در خاک‌های سخت قبل از فرو کردن سنسور در خاک با استفاده از میله‌های هم اندازه سنسور اقدام به ایجاد سوراخ در نیمرخ خاک کرده تا سنسور به راحتی داخل خاک شود.
2. تمام سطح میله‌ها را خاک فرا بگیرد زیرا اگر قسمتی از میله‌ها با هوا در تماس باشد دستگاه به اشتباه رطوبت هوا را برای آن قسمت قرائت میکند.
3. میله‌های سنسور با زاویه ۲۰ درجه به داخل خاک فرو برده شوند.
4. برای یک افق حداقل ۳ بار اندازه‌گیری و معدل‌گیری شود.

دستگاه TDR

محمد مؤمنی . دانشکده کشاورزی سمنگان

مزایای این روش :

I. تکرارپذیری

II. سرعت و دقت نسبتاً زیاد

III. اندازه‌گیری رطوبت در اعماق مختلف خاک

IV. بی ضرر بودن کاربرد آن در مقایسه با روش نوترون‌متر

V. امکان اندازه‌گیری شوری خاک

خطای نمونه‌برداری

خطای نمونه‌برداری، مشکلی است که غالباً در تعیین رطوبت خاک وجود دارد که از جمله به موارد ذیل می‌توان اشاره نمود :

I. رشد غیریکنواخت گیاهان و نفوذ غیریکنواخت ریشه

II. تغییرات بافت و ساختمان خاک که نفوذ، انتقال و نگهداشت آب در خاک را تغییر می‌دهند

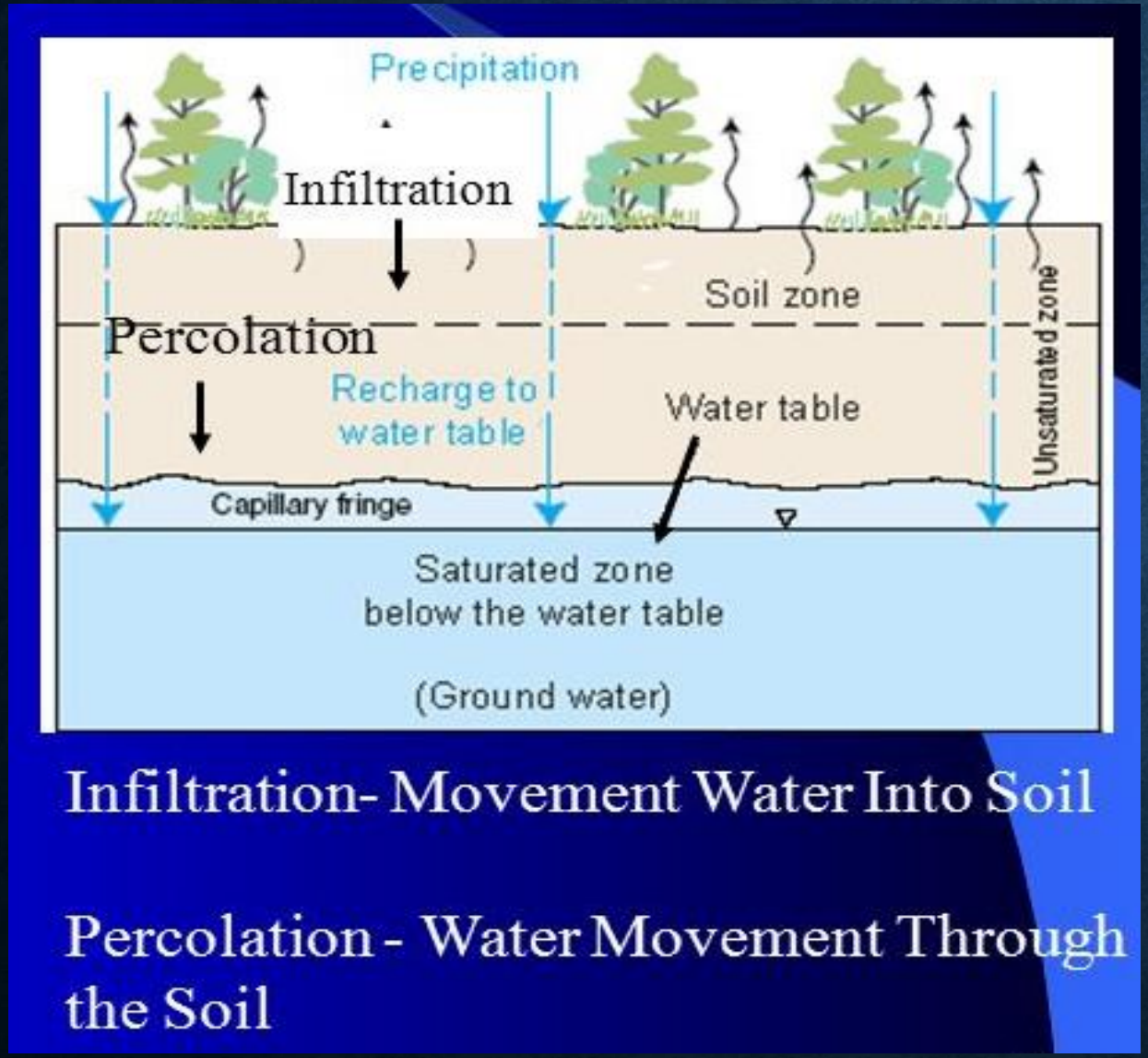
III. تغییرات شکل ظاهری سطح زمین که بر فرصت نفوذ آب باران و آبیاری تأثیر دارد

IV. شکل و اندازهٔ فاروهای آبیاری، سرعت نفوذ آب آبیاری را تغییر می‌دهد

کلیهٔ این عوامل سبب می‌شوند که مقدار رطوبت خاک از یک نقطه به نقطهٔ دیگر در مزرعه تغییر کند و در نتیجه برای به دست آوردن نمونهٔ خاک معرف شرایط مزرعه، لازم است که چندین نمونه تهیه شود.

جذب و حرکت آب در خاک

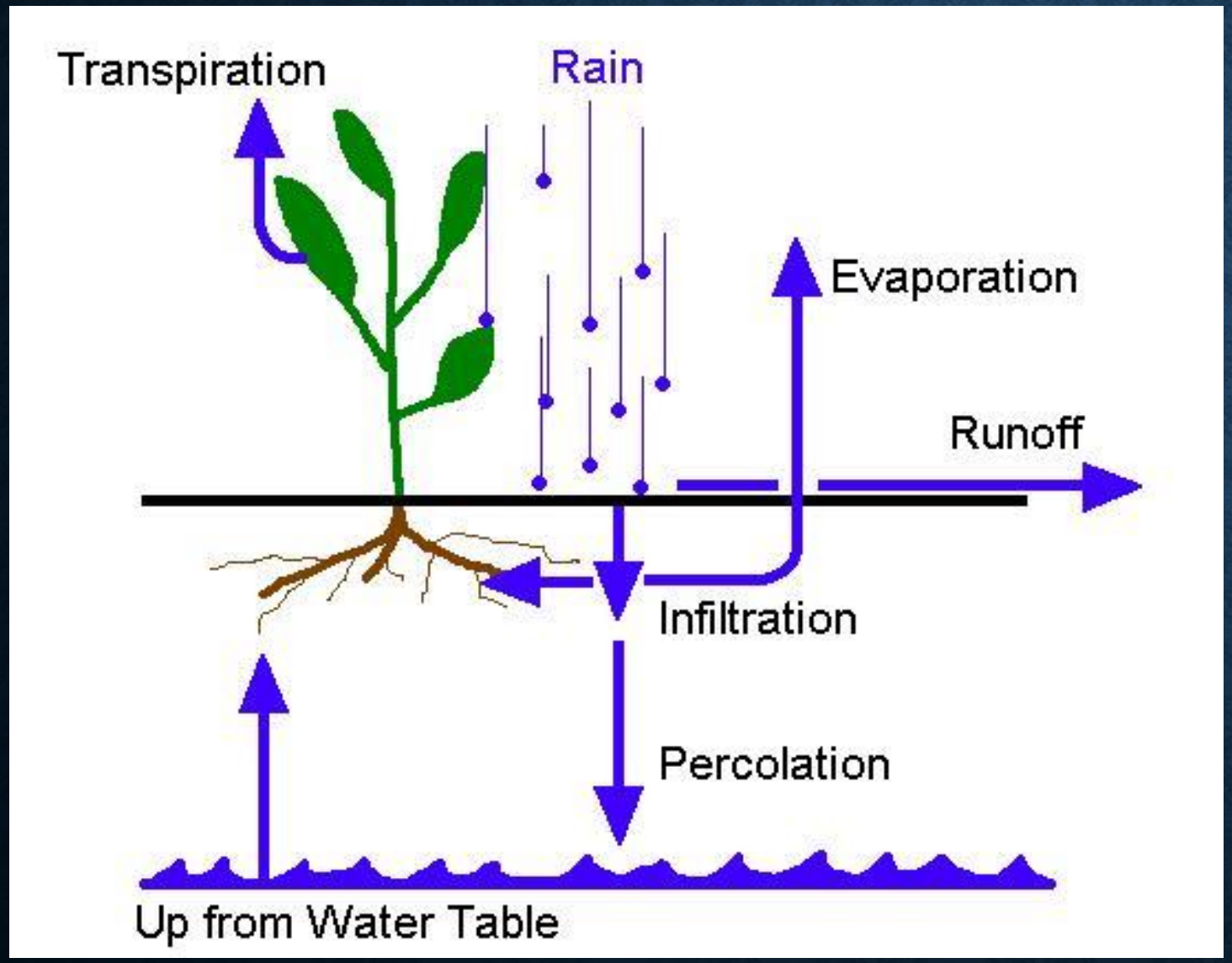
جذب آب



حرکت آب از سطح خاک به داخل و از طریق خاک، **جذب آب** نامیده می‌شود که با عوامل مختلف بیان می‌شود از جمله :

1. **نفوذ** (**Infiltration**) : حرکت آب به درون خاک
2. **فرونشت** یا پرکولاسیون (**Percolation**) : حرکت آب در میان خاک

نفوذ



نفوذ واژه‌ای است که به فرآیند ورود آب به داخل خاک به طورکلی (اما نه لزوما) از طریق سطح خاک و عمودی رو به پایین اعمال می‌شود.

به عبارت دیگر، نفوذ به ورود و حرکت رو به پایین آب از سطح خاک اشاره دارد و یک ویژگی سطح خاک است.

نفوذ

سرعت نفوذ :

سرعت نفوذ، دلالت بر میزان ورود آب از سطح به خاک دارد. در ابتدا سرعت نفوذ بیشتر است اما پس از آن کاهش می‌یابد؛ چرا که خاک مرطوب می‌شود. با توجه به نرخ ورود آب از سطح به خاک، سرعت نفوذ به چهار بخش تقسیم می‌شود :

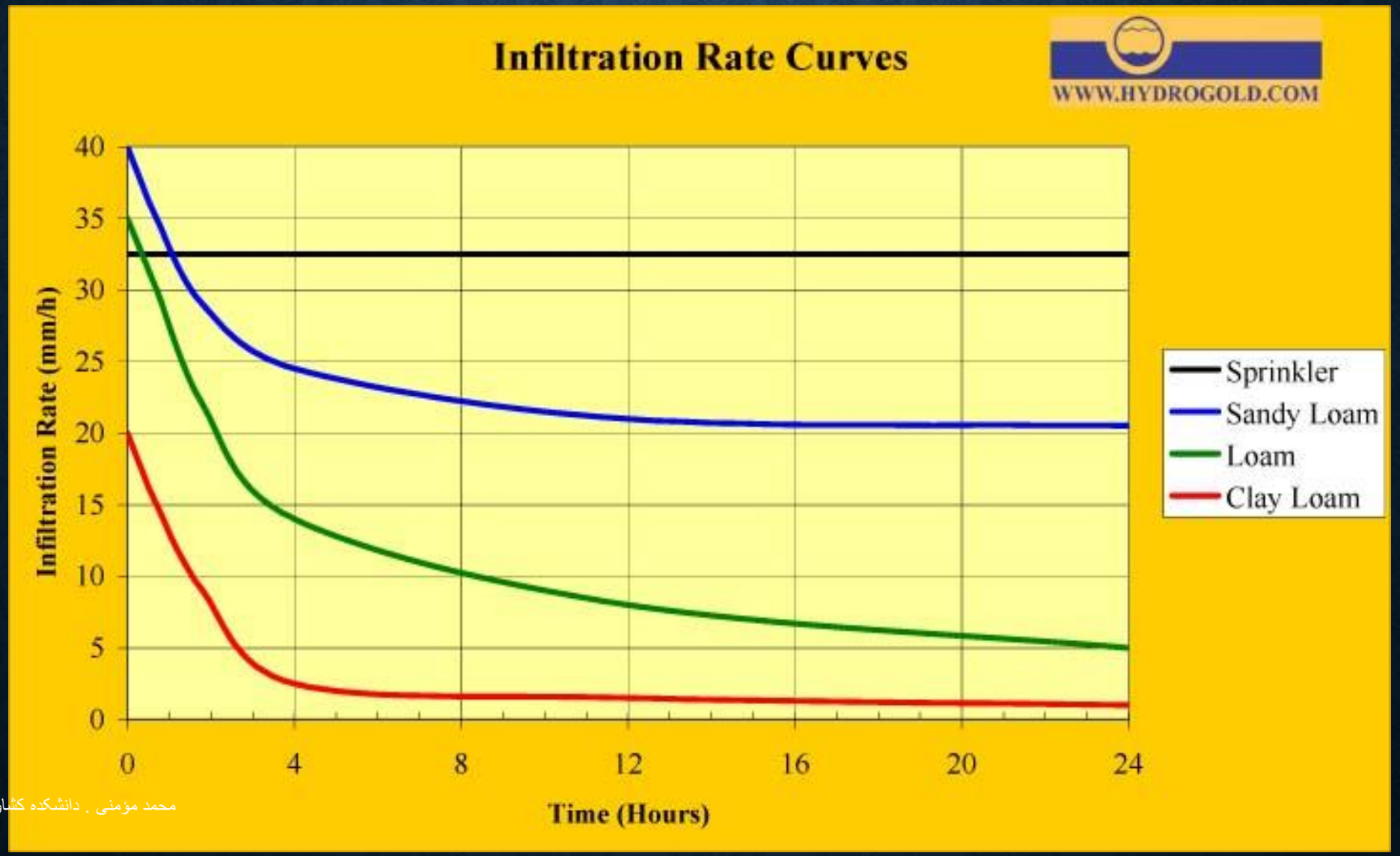
I. بسیار کند : خاک‌های با کمتر از ۰.۲۵ سانتیمتر در هر ساعت مانند خاک‌های خیلی رسی

II. کند : سرعت نفوذ از ۰.۲۵ تا ۱.۲۵ سانتیمتر در ساعت مانند خاک‌های با رس بالا

III. متوسط : سرعت نفوذ از ۱.۲۵ تا ۲.۵ سانتیمتر در ساعت مانند خاک‌های شنی لومی و سیلتی لومی

IV. سریع : سرعت نفوذ بیش از ۲.۵ سانتیمتر در ساعت است مانند خاک‌های عمیق شنی، سیلتی، لومی

نفوذ


Infiltration Rate Curves
WWW.HYDROGOLD.COM
Infiltration Rate (mm/h)
40
35
30
25
20
15
10
5
0
0
4
8
12
16
20
24
Time (Hours)
Sprinkler
Sandy Loam
Loam
Clay Loam

نفوذ

عوامل موثر بر نرخ نفوذ :

I. **فشردگی یا تراکم سطح خاک :** یک سطح خاک فشرده اجازه نفوذ کمتری به نفوذ آب می‌دهد ولی در خاک با سطح سست، نفوذ بیشتری از سطح خاک رخ می‌دهد.

II. **شدت بارندگی :** دلالت بر نیرو یا سرعت ریزش قطرات باران بر روی زمین دارد. اندازه معمولی قطرات از ۰.۵ تا ٤ میلیمتر متفاوت است. سرعت قطرات باران ۳۰ فوت در ثانیه است و نیرویی ١٤ برابر وزن خود را خواهد داشت. هنگامی که شدت بارندگی بیشتر است، باعث آب‌بندی و بسته شدن منافذ (لوله‌های موئین خاک) ده و در نتیجه نفوذ کاهش می‌یابد.

نفوذ

III. پوشش خاک : سطح خاک دارای پوشش گیاهی، سرعت نفوذ آن بیشتر از خاک لخت است؛ به این دلیل که مسدودیت لوله‌های موئین خاک مشاهده نمی‌شود.

IV. رطوبت خاک : خاک مرطوب، نفوذ کمتری نسبت به خاک خشک دارد.

V. دمای خاک : خاک گرم، آب بیشتری از خاک سرد جذب می کند.

VI. بافت خاک : در خاک‌های با بافت درشت، سرعت نفوذ نسبت به خاک‌های سنگین بیشتر است زیرا تعداد منافذ بزرگتر می‌باشد. در خاک‌های رسی، ترک خوردگی ناشی از خشک شدن باعث نفوذ بیشتر در مراحل اولیه می‌شود؛ تا زمانی که خاک دوباره متورم گردیده و نفوذ کاهش می‌یابد.

VII. عمق خاک : نفوذ آب در خاک کم عمق کمتر از خاک عمیق است.

نفوذپذیری

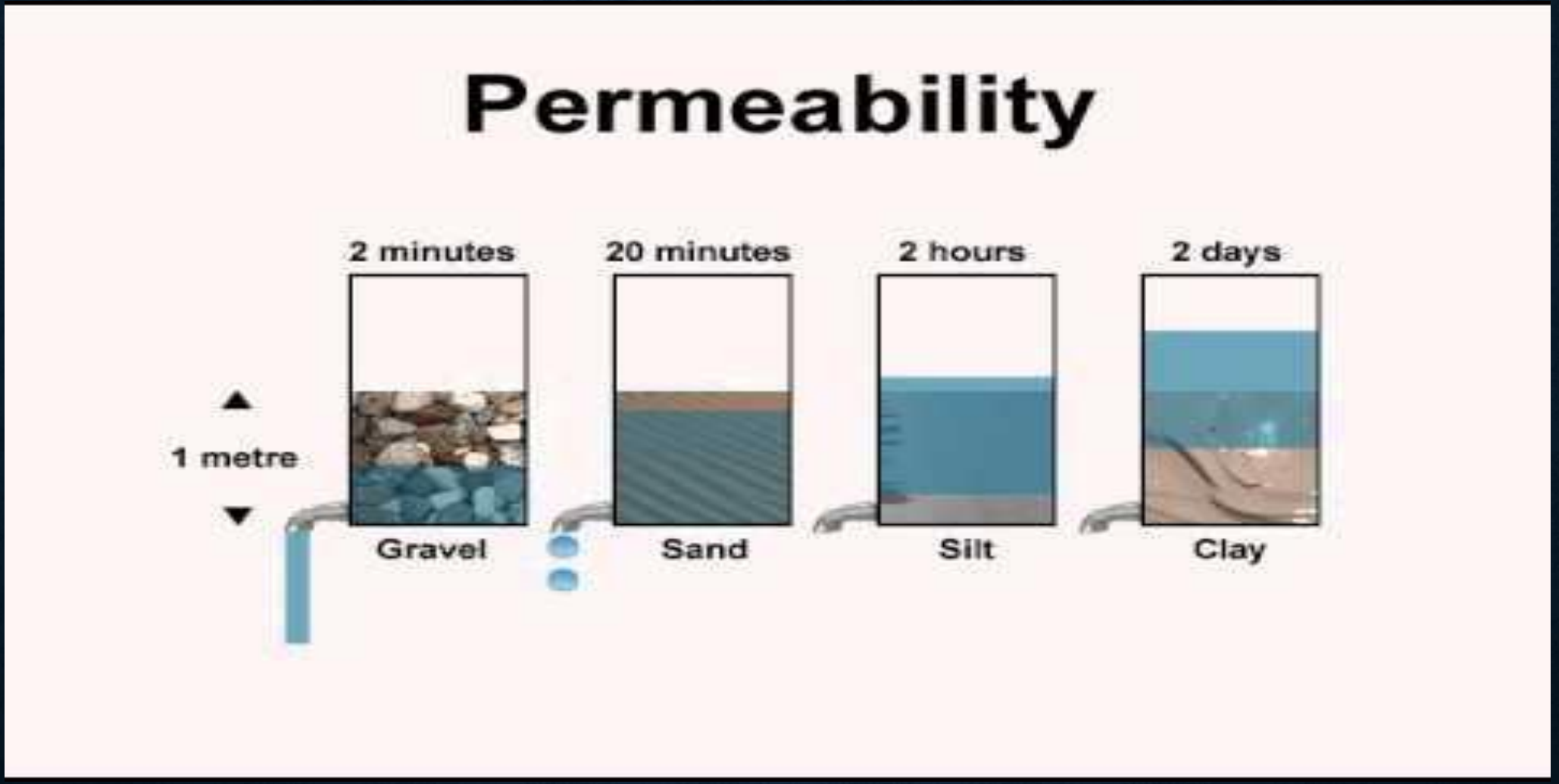
نفوذپذیری ویژگی است که تعیین می کند هوا و آب با چه سرعتی از طریق خاک حرکت می کند.

هنگامی که آب به لایه بالای خاک وارد می‌شود، متعاقباً حرکت آهسته یا سریع آب در خاک، نفوذپذیری سریع یا آهسته آن را نشان می‌دهد.

نفوذپذیری اساسا بر توزیع اندازه منافذ در خاک بستگی دارد. هرچه تعداد منافذ ماکرو (منافذ غیر مویینه)، بیشتر باشد نفوذپذیری بیشتر است.

حرکت کند آب در لایه‌های زیرین خاک به دلیل فشردگی و کمبود مقدار ماده آلی است. نفوذپذیری با افزایش بافت مناسب خاک، بیشتر خواهد شد.

نفوذپذیری


Permeability
2 minutes
20 minutes
2 hours
2 days
1 metre
Gravel
Sand
Silt
Clay

نفوذپذیری

عوامل مؤثر بر نفوذپذیری :

I. **تعداد منافذ :** هر چه تعداد منافذ ماکرو بیشتر باشد، نفوذپذیری بالاتر است.

II. **خاکدانه‌ها :** بزرگتر بودن اندازه منافذ مویین باعث بیشتر شدن نفوذپذیری می‌شود.

III. **عمق خاک:** نفوذپذیری در عمق‌های بیشتر خاک به دلیل فشرده‌تر شدن لایه‌های زیرین و کاهش مواد آلی، کاهش می‌یابد.

IV. **نوع بافت خاک :** خاک‌های با بافت درشت، نفوذپذیری بیشتری دارند.

V. **غلظت نمک :** غلظت نمک اثر منفی بر نفوذپذیری دارد.

VI. **وضعیت رطوبت خاک :** نفوذپذیری در خاک خشک کاهش و در خاک مرطوب افزایش می‌یابد.

VII. **مقدار ماده آلی :** مواد آلی بیشتر خاک باعث افزایش نفوذپذیری می‌شود.

نفوذپذیری

اگر سرعت نفوذ کمتر از ۲.۵ سانتیمتر در ساعت باشد، نفوذپذیری آهسته است و حدود ۵ سانتیمتر در ساعت متوسط خواهد بود.

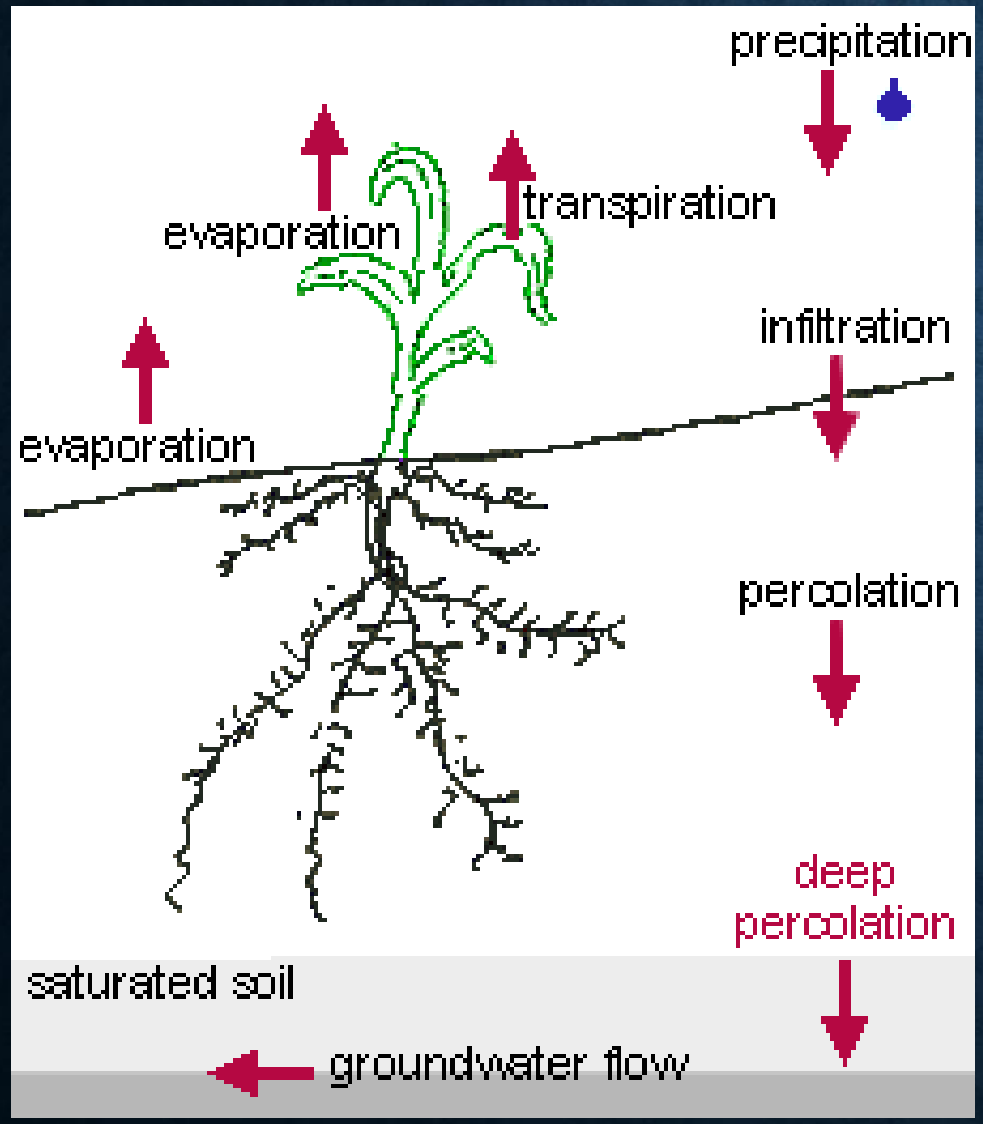
مانند نفوذ، نفوذپذیری را نیز می‌توان تا حدی توسط شیوه‌های مدیریت مناسب کنترل نمود :

I. کشت مداوم نفوذپذیری را کاهش می‌دهد

II. محصولات کشاورزی ریشه‌دار مانند حبوبات، علف‌ها و درختان باعث افزایش نفوذپذیری می‌گردند.

III. همانطور که ذکر شد نفوذپذیری خاک با وضعیت رطوبت آن متفاوت است و در خاک‌های خشک کند می‌شود، چون هوا وارد خاک شده و نفوذپذیری را کاهش می‌دهد، بنابراین مدیریت صحیح آبیاری باعث افزایش رطوبت خاک و در نتیجه افزایش نفوذپذیری می‌شود.

پرکولاسیون (فرونشت آب)



حرکت رو به پایین آب از طریق خاک اشباع یا نزدیک به اشباع با توجه به **نیروی جاذبه** به عنوان فرونشت یا **پرکولاسیون** شناخته شده است.

فرونشت زمانی که آب تحت فشار است و یا زمانی که مکش کمتر از حدود ۱/۳ اتمسفر است، رخ می‌دهد.

پرکولاسیون (فرونشت آب)

مطالعات فرونشت به دو دلیل مهم هستند :

1. فرونشت آب **تنها منبع شارژ آب‌های زیرزمینی** است، که می‌تواند دوباره از طریق چشمه‌ها و چاه‌ها برای آبیاری استفاده شود.
2. فرونشت آب، **مواد مغذی گیاهی** مثل کلسیم، منیزیم را می‌تواند به لایه‌های پایین‌تر خاک حمل نماید و در دسترس ریشه محصولات زراعی قرار دهد.

پرکولاسیون (فرونشت آب)

عوامل مؤثر بر فرونشت :

I. **آب و هوا :** در صورتی که بارش بیش از تبخیر باشد، پس از آن مقدار قابل ملاحظه‌ای فرونشت وجود خواهد داشت. در منطقه خشک، فرونشت تقریبا ناچیز است.

II. **شرایط خاک :** خاک شنی، اجازه فرونشت بیشتری می‌دهد زیرا دارای تعداد زیادی منافذ درشت می‌باشد و برعکس آن خاک‌های رسی به دلیل خلل و فرج ریز باعث کاهش فرونشت می‌گردند. منافذ درشت به عنوان کانال‌های اصلی جریان گرانشی یا ثقلی هستند.

حرکت کاپیلاری

هنگامی که جریان آب در خاک به دلیل نیروی گرانشی یا ثقل زمین متوقف شود، حرکت آب در قالب غشاء نازک و یا **کاپیلاری** (موییینگی) از یک منطقه مرطوب به منطقه خشک‌تر صورت می‌گیرد که به آن **حرکت کاپیلاری** یا موییینگی می‌گویند.

این نوع حرکت از طریق منافذ ریز و یا **میکروپورها** اتفاق می‌افتد و تا زمانی که ضخامت غشاء رطوبت اطراف ذرات خاک در هر دو منطقه (مناطق مرطوب و خشک) برابر شود، ادامه می‌یابد.

Capillary Rise in Soils

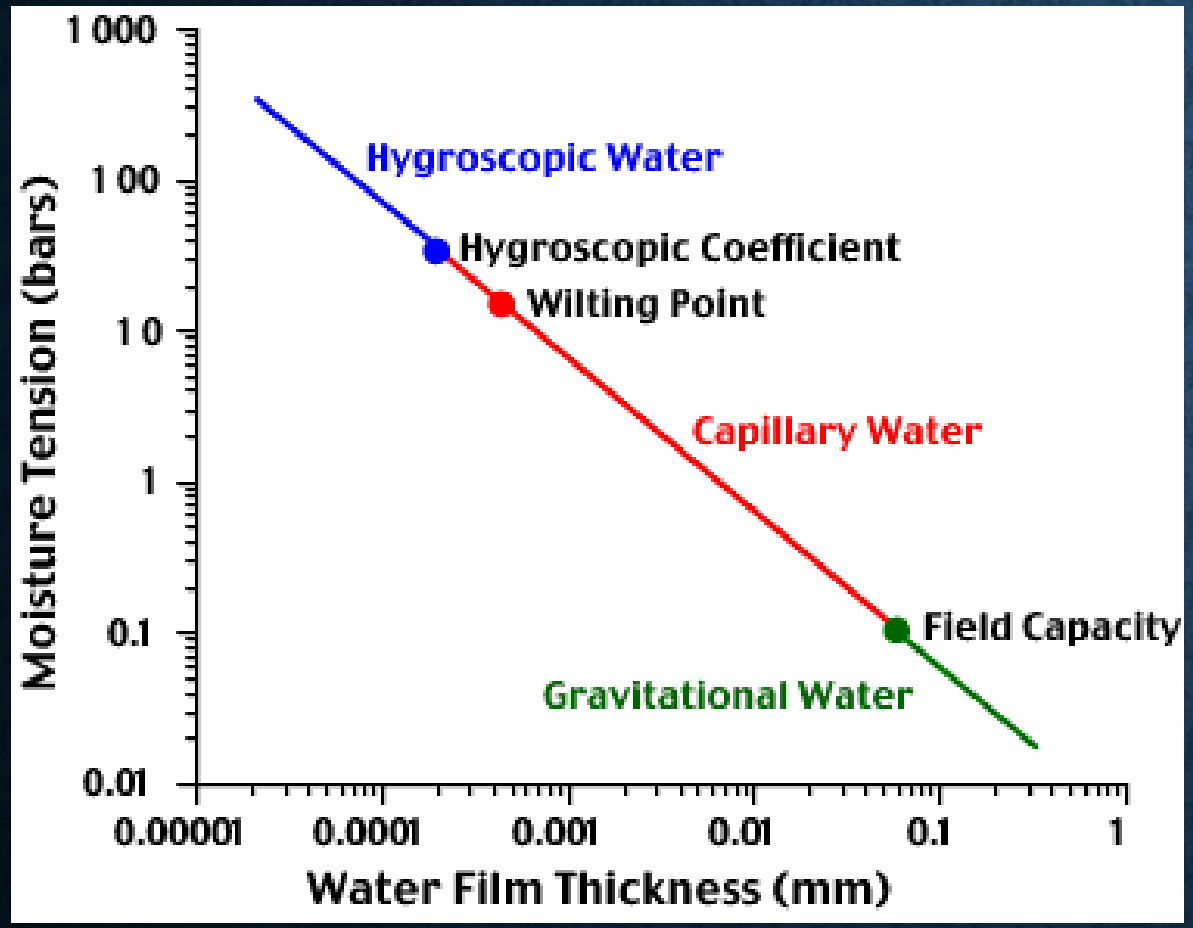
Table 2.4.1 Capillary Rise in Samples of Unconsolidated Materials (after Lohman[34])

Material	Grain size (mm)	Capillary rise (cm)
Fine gravel	5–2	2.5
Very coarse sand	2–1	6.5
Coarse sand	1–0.5	13.5
Medium sand	0.5–0.2	24.6
Fine sand	0.2–0.1	42.8
Silt	0.1–0.05	105.5
Silt	0.05–0.02	200[a]

Note: Capillary rise measured after 72 days; all samples have virtually the same porosity of 41 percent.

[a]Still rising after 72 days.

حرکت کاپیلاری

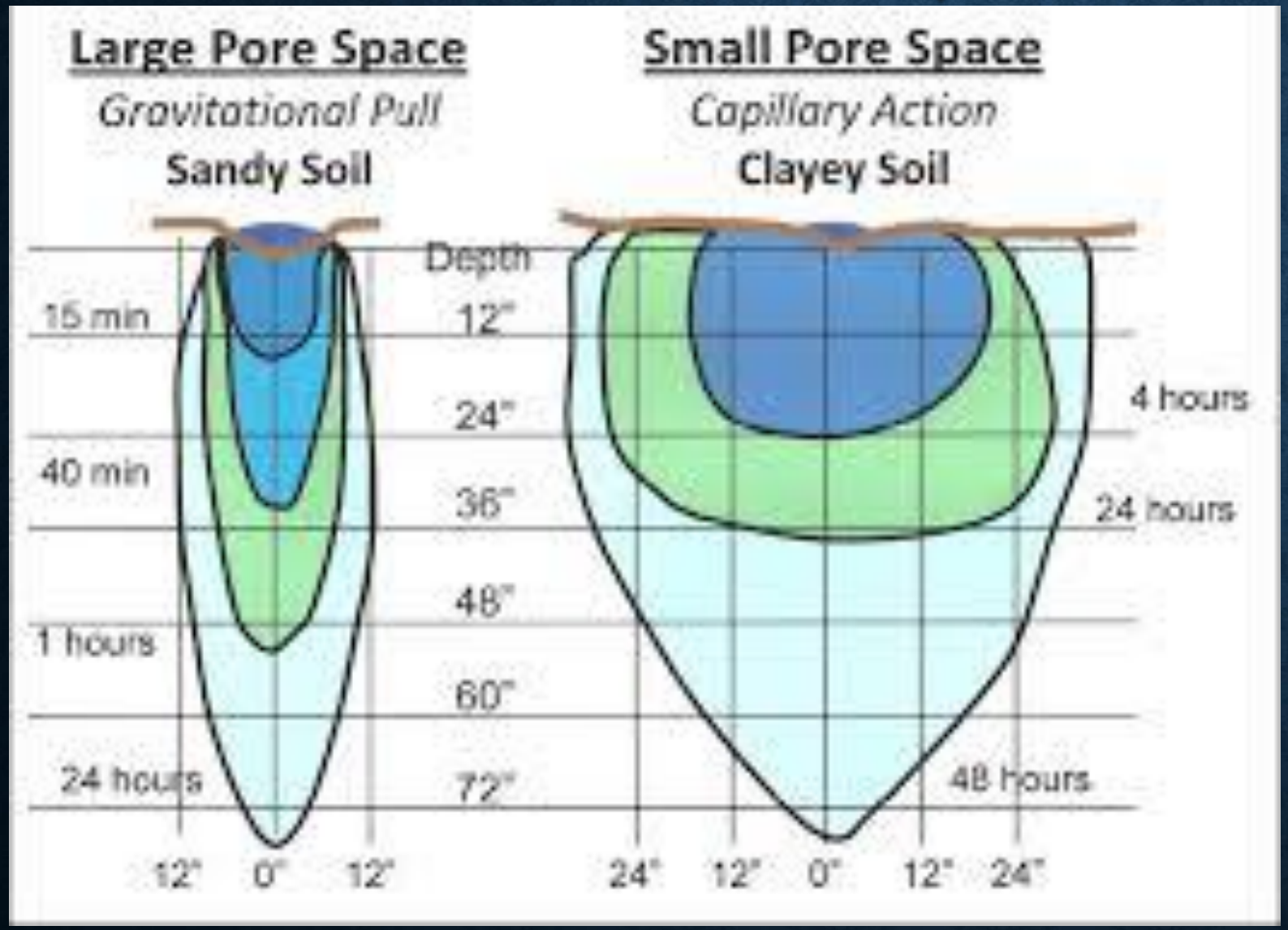


مویینگی در تمام جهات می‌تواند وجود داشته باشد :

رو به پایین، جانبی، به سمت بالا، از منطقه با مکش کم به منطقه پر مکش، از غشاء ضخیم‌تر با مکش پایین و ...

آب از غشاء ضخیم‌تر در اطراف ذرات خاک به غشاء نازک‌تر جریان می‌یابد و تفاوت بیشتر بین ضخامت‌های غشاء باعث حرکت مویینگی سریع‌تر تا نقطه خاص با ضخامت باریک‌تر می‌شود و برعکس آن باعث می‌شود حرکت آب آهسته و حتی متوقف شود.

حرکت کاپیلاری



با توجه به این که در خاک‌های شنی به دلیل خلل و فرج درشت آن حرکت کاپیلاری نسبت به خاک‌های رسی کمتر است و در عوض نفوذپذیری آن بیشتر است، بنابراین در آبیاری مزارع با بافت شنی عرض فاروها (جوی‌ها) را نسبت به مزارع با بافت رسی کمتر در نظر می‌گیرند.

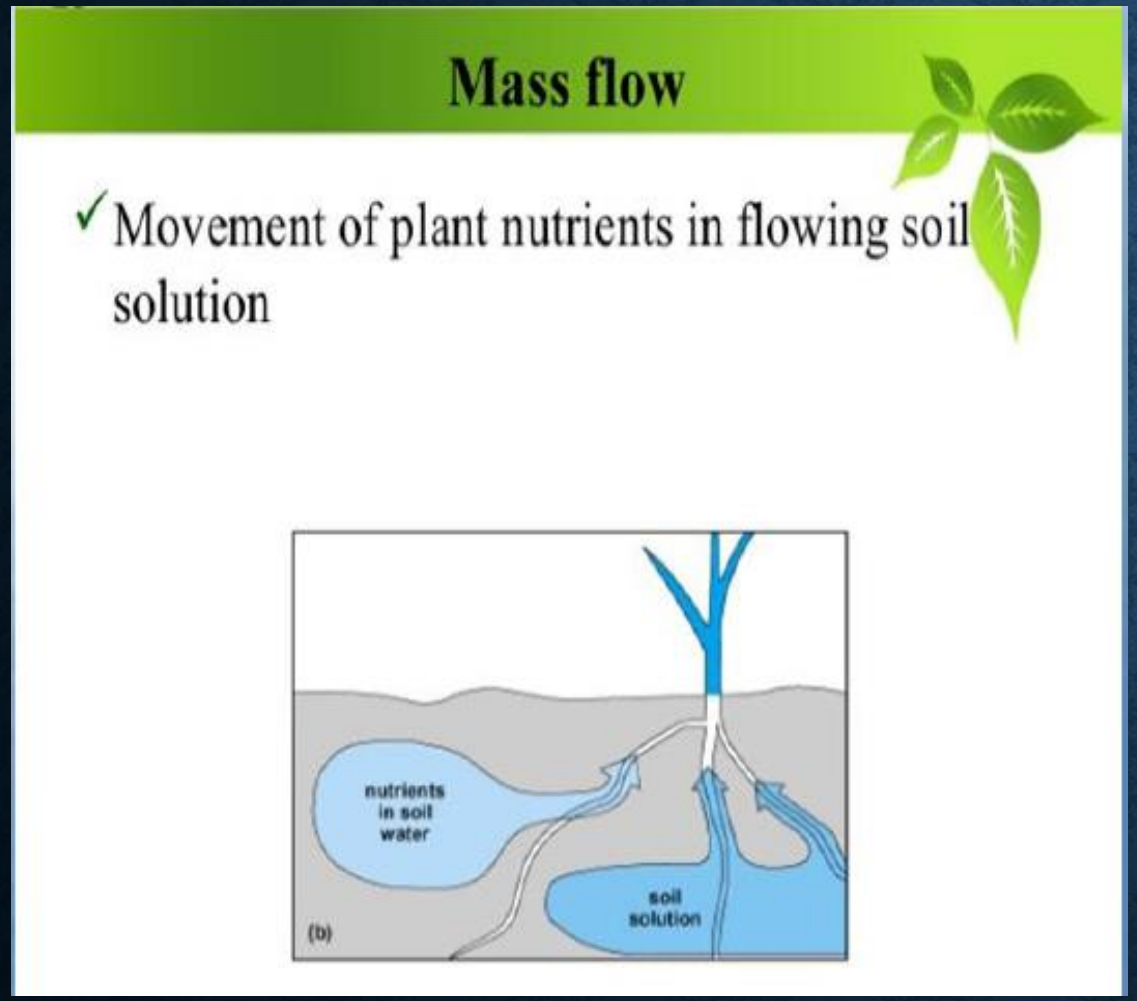
حرکت و انتقال یون‌ها در خاک

در بحث رابطه آب، خاک و گیاه هیچگاه با آب خالص مواجه نیستیم و همواره محلول خاک وجود دارد و از طرفی شاید هدف عمده در این ارتباط دسترسی گیاه به عناصر غذایی همراه آب به منظور تولید محصول و رشد در گیاهان باشد بنابراین حرکت و انتقال عناصر (یون‌ها) در درون خاک و جذب آنها توسط ریشه و انتقال در درون گیاه اهمیت دارد.

حرکت و انتقال عناصر در درون خاک و رسیدن به ریشه به سه طریق صورت می‌گیرد :

1. جریان توده‌ای
2. پخشیدگی عناصر
3. توسعه ریشه‌ای

حرکت و انتقال یون‌ها در خاک



۱– جریان توده‌ای :

عناصر غذایی در این حالت با جابجایی آب در دسترس ریشه قرار می‌گیرند که بستگی به عوامل ذیل دارد :

I. **مقدار آب :** هر چه خاک خشک‌تر باشد، سرعت انتقال عناصر کمتر است مثل کلسیم و سولفات.

II. **سرعت حرکت آب در خاک :** در خاک‌های شنی مقدار آب کم است ولی سرعت حرکت آب بالا می‌باشد و در خاک‌های رسی مقدار آب زیاد و سرعت حرکت آب کم است.

حرکت و انتقال یون‌ها در خاک

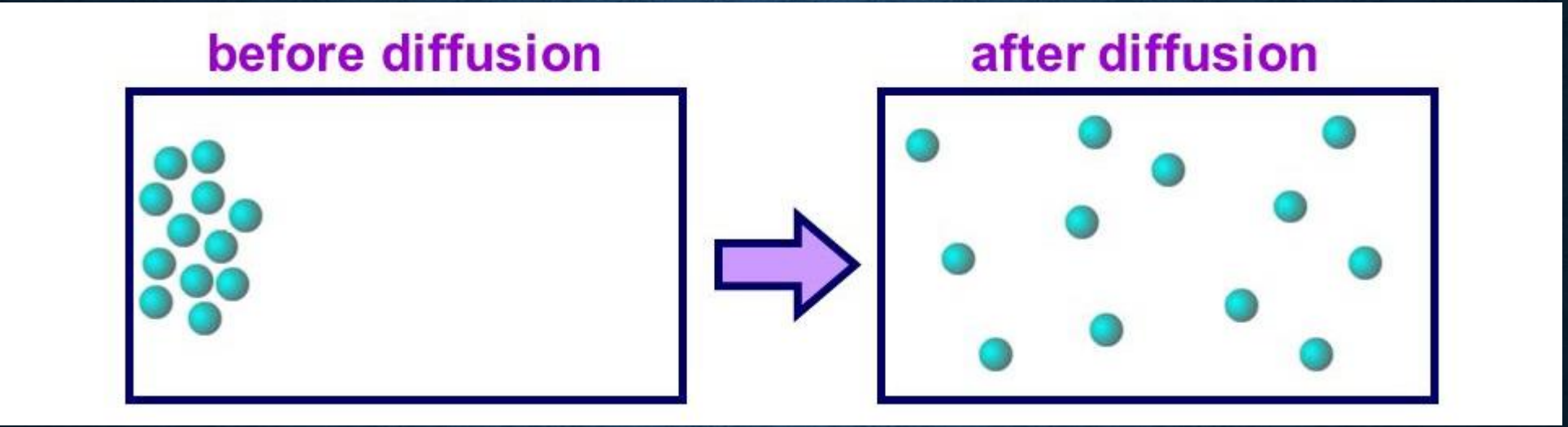
۲– پخشیدگی عناصر :

پخشیدگی عملی است که به وسیله آن ماده از یک قسمت یک محیط به قسمت دیگر تحت تأثیر حرکت حرارتی یون‌ها (T.M) جابجا می‌شود.

یون‌ها در اثر جنبش خود مقداری انرژی تولید می‌کنند که باعث حرکت یون می‌گردد و نیازی به آب در داخل خاک نمی باشد. عناصر در این حالت تحت تأثیر شیب غلظت از محیط غلیظ‌تر به محیط رقیق‌تر حرکت می‌کنند و پس از رسیدن به حالت تعادل دو محیط این حرکت متوقف می‌گردد.

معمولاً فسفر در خاک از این طریق منتقل می‌شود.

حرکت و انتقال یون‌ها در خاک

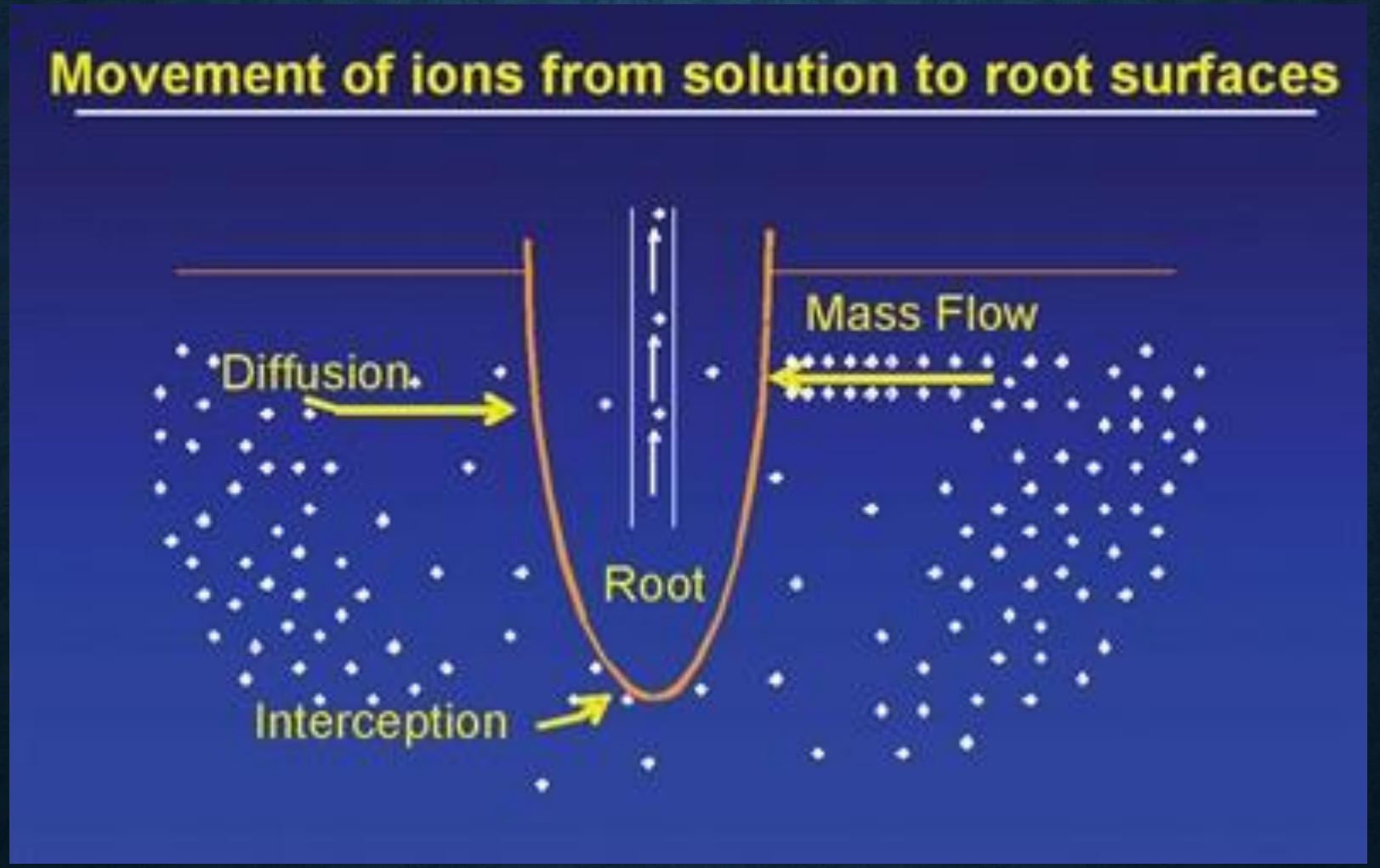


عناصری مثل پتاسیم، نیترات، منیزیم با هر دو روش پخشیدگی و جریان توده‌ای قابل جابجایی هستند.

۳– توسعه ریشه‌ای :

حرکت ریشه به سمت عناصر غذایی را توسعه ریشه‌ای گویند.

حرکت و انتقال یون‌ها در خاک



ریشه و جذب آب توسط آن

مقدمه

ریشه یکی از اندام‌های اصلی گیاه است و عموماً درون خاک قرار دارد. آب و نمک‌های معدنی از خاک جذب ریشه شده و به ساقه و از آنجا به برگ و دیگر اندام‌های گیاه که در بالای سطح خاک قرار دارند، هدایت می‌شوند. مواد آلی ساخته شده در برگ‌ها نیز از طریق ساقه به ریشه اصلی حمل می‌شود و سپس از ریشه اصلی به ریشه‌های فرعی و بالاخره به بافت‌های زاینده کوچکترین ریشه‌ها می‌رسد.

بیشترآب جذب شده توسط ریشه گیاهان (نزدیک به ۹۷ درصد آب جذب شده) به سراسرگیاه حمل شده و از سطح برگ‌ها به اتمسفرانتقال می‌یابد (**تعرق**). و تنها ۲ درصد برای رشد درگیاه باقی می‌ماند و حدود ۱ درصد در فرایندهای فتوسنتز و سایر فرایندهای متابولیک مصرف می‌شود.

وظایف ریشه‌ها

سیستم‌های ریشه‌ای در گیاهان ٤ وظیفهٔ مهم را بر عهده دارند که عبارتند از :

1. جذب آب و مواد غذایی
2. ثابت نگهداشتن گیاه و ایجاد لنگر برای آن
3. ذخیرهٔ مواد غذایی
4. ساختن ترکیبات آلی گوناگون

نسبت تبادل معمولی برای یک گیاه سالم و در شرایطی که آب خاک در حد مطلوب باشد، ۵۰۰ مولکول آب به ازای هر مولکول CO_2 جذب شده است.

انواع ریشه

از نظر منشا :

1. **ریشه‌های حقیقی (True Root)** : ریشه‌هایی که از رشد ریشه‌چه جنینی منشا گرفته‌اند.
2. **ریشه نابجا (Adventitious Root)** : اگر ریشه ظاهر شده در گیاه، حاصل از رشد ریشه‌چه گیاهک نبوده یا روی اندام‌های دیگر نظیر ساقه، برگ، لپه‌ها و حتی پوشش گل پیدا شود، آن را ریشه نابجا می‌گویند.

انواع سیستم‌های ریشه‌ای

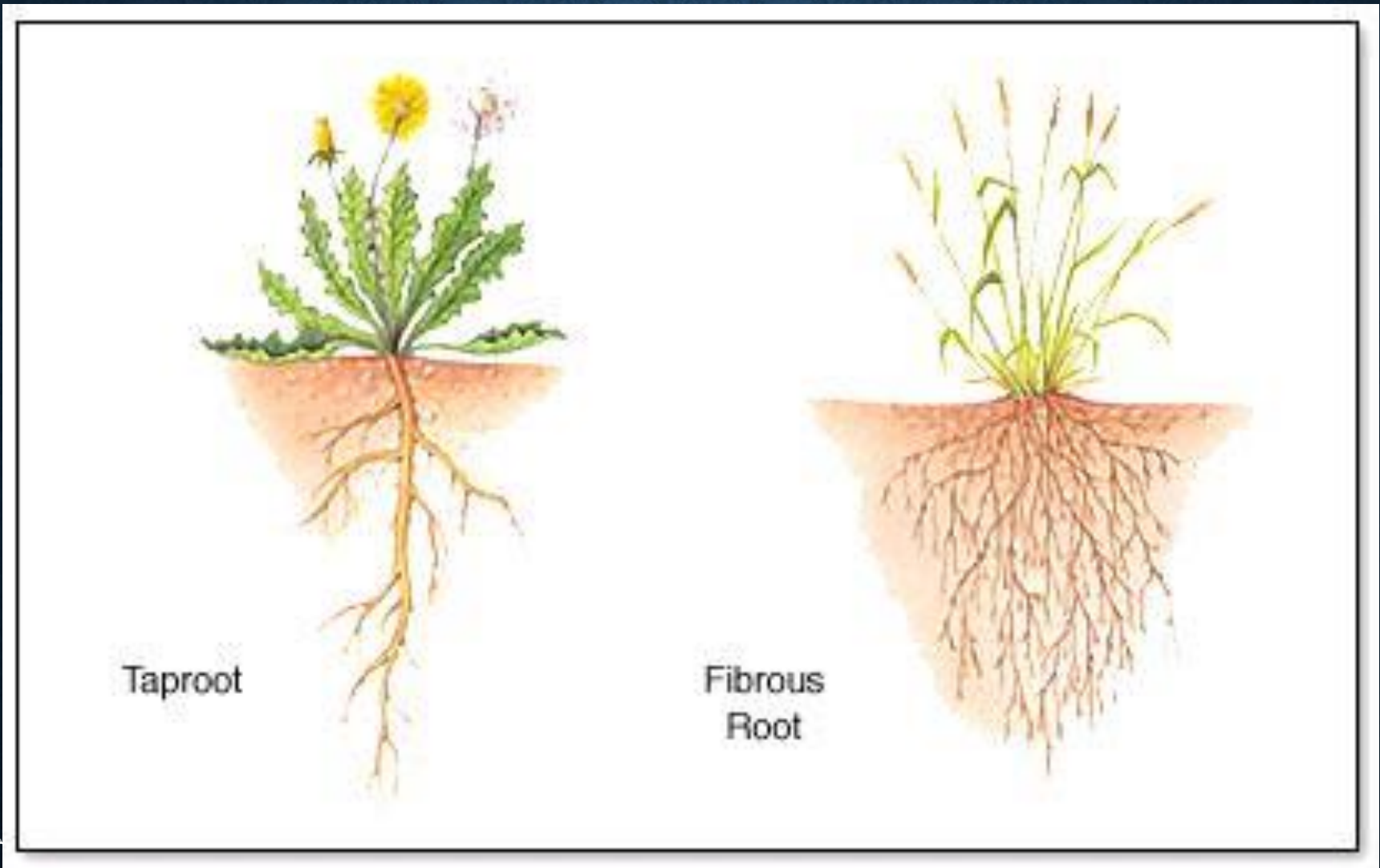
1. **سیستم ریشه راست (Tap Root System) :**

بیشتر در دولپه‌ایها دیده می‌شود در این سیستم گیاه دارای یک ریشه اصلی است که در روی آن چند ریشه فرعی تولید می‌شود.

2. **سیستم ریشه افشان (Fibrous Root System) :**

بیشتر در تک لپه‌ایها دیده می شود در این سیستم ریشه اولیه بزودی از رشد باز می ماند و چندین ریشه دیگر که منشا آنها غیر از ریشه چه جنینی است جایگزین آن می شوند لذا گیاه دارای چندین ریشه بوده که هر کدام دارای ریشه های فرعی فراوان می باشند

انواع سیستم‌های ریشه‌ای



تفاوت ریشه گیاهان تک‌لپه و دولپه

ریشه گیاهان دولپه‌ای :

۱- معمولا تعداد دسته ها ی آوندی کمتر است

۲- دسته های آوندی در کنار هم قرار گرفته‌اند و شکل ضربدر را می‌سازند

۳- اغلب بافت پارانشیم مغزی وجود ندارد

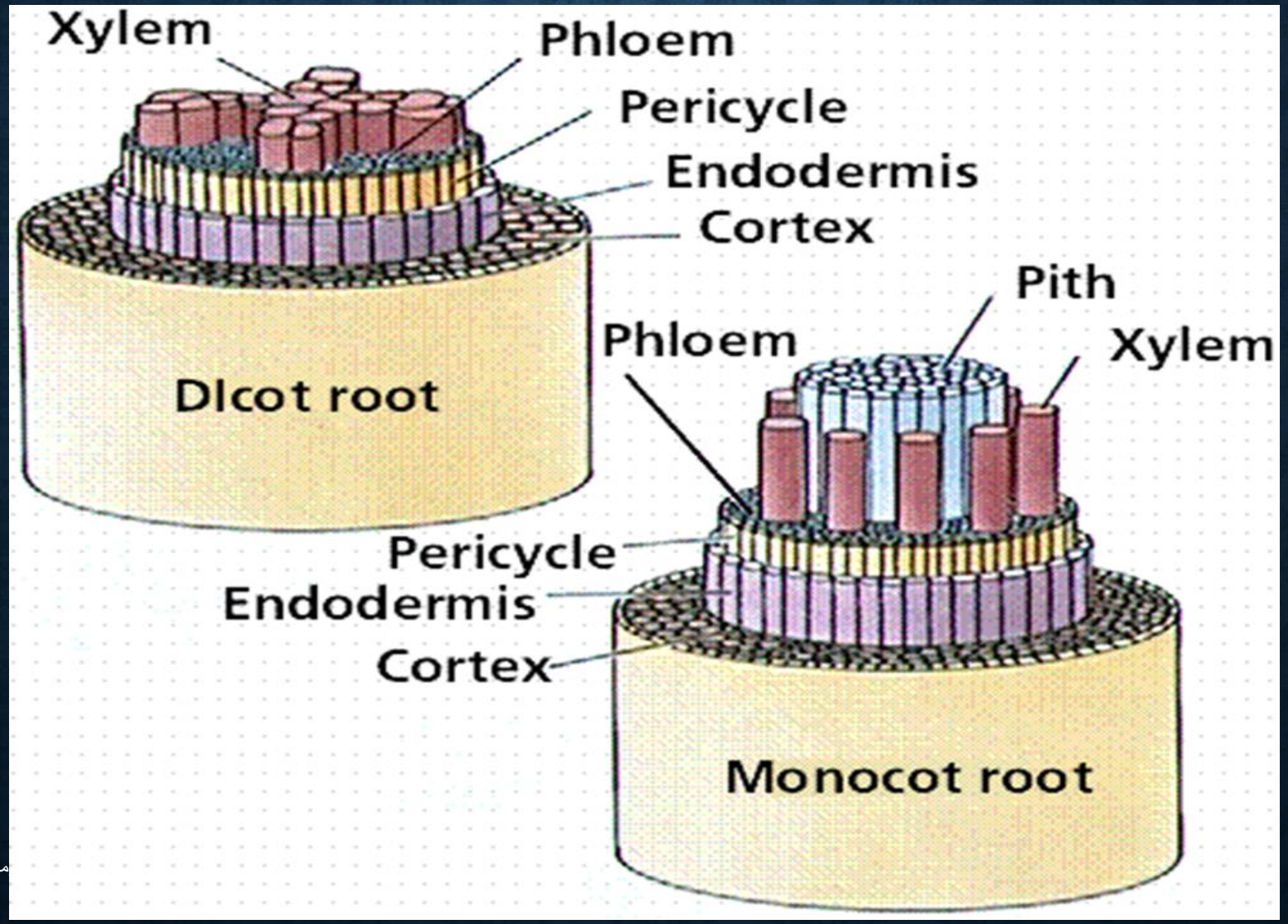
ریشه گیاهان تک لپه‌ای :

۱- آوندها به صورت یک در میان (یک دسته اوند چوبی یک دسته اوند آبکش) قرار دارند

۲- در بین آوندها بافت پارانشیم مغزی ادامه می‌یابد

بخش مرکزی ریشه در تک لپه‌ای‌ها معمولا از جنس پارانشیم مغزی است در حالی که مغز ریشه در دولپه‌ای‌ها از جنس سلول‌های آوندهای چوبی است.

تفاوت ریشه گیاهان تک‌لپه و دولپه



تفاوت ریشه گیاهان تک‌لپه و دولپه

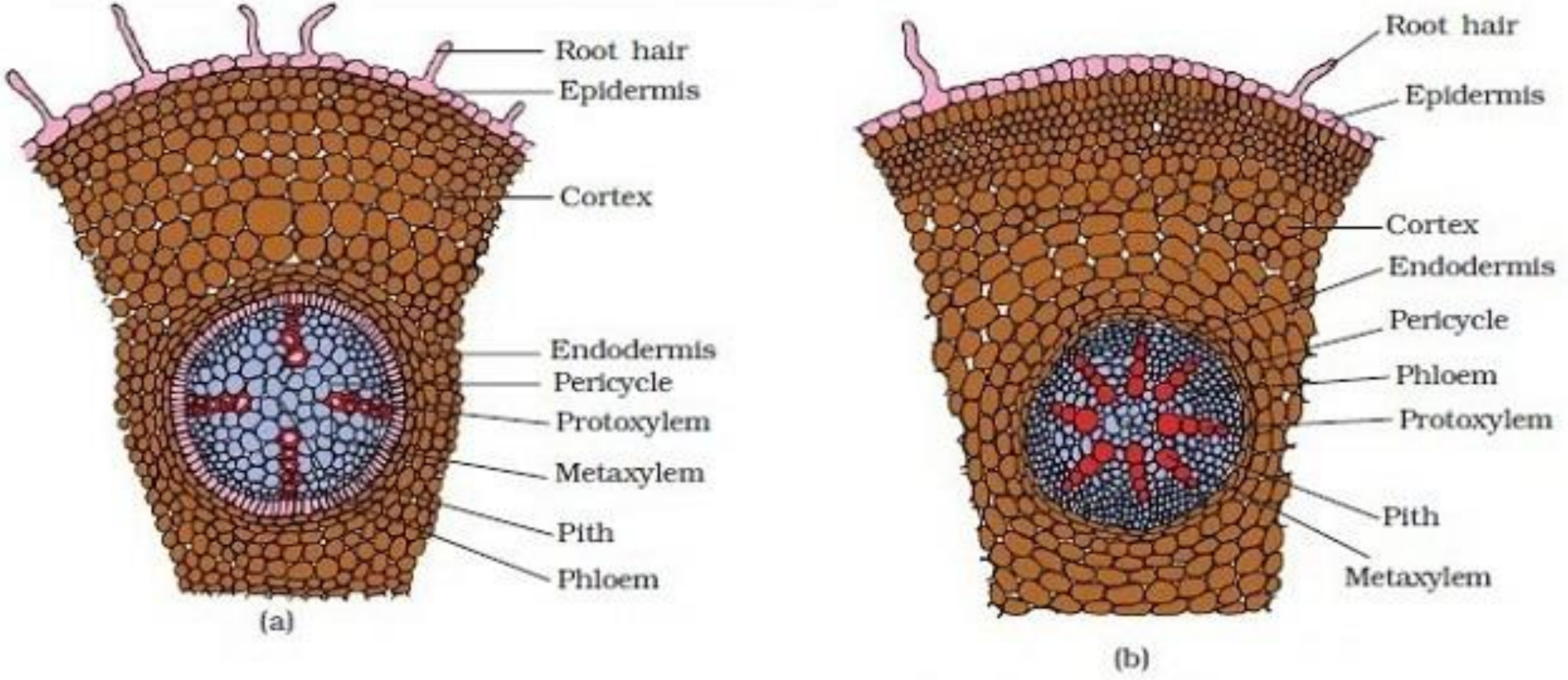
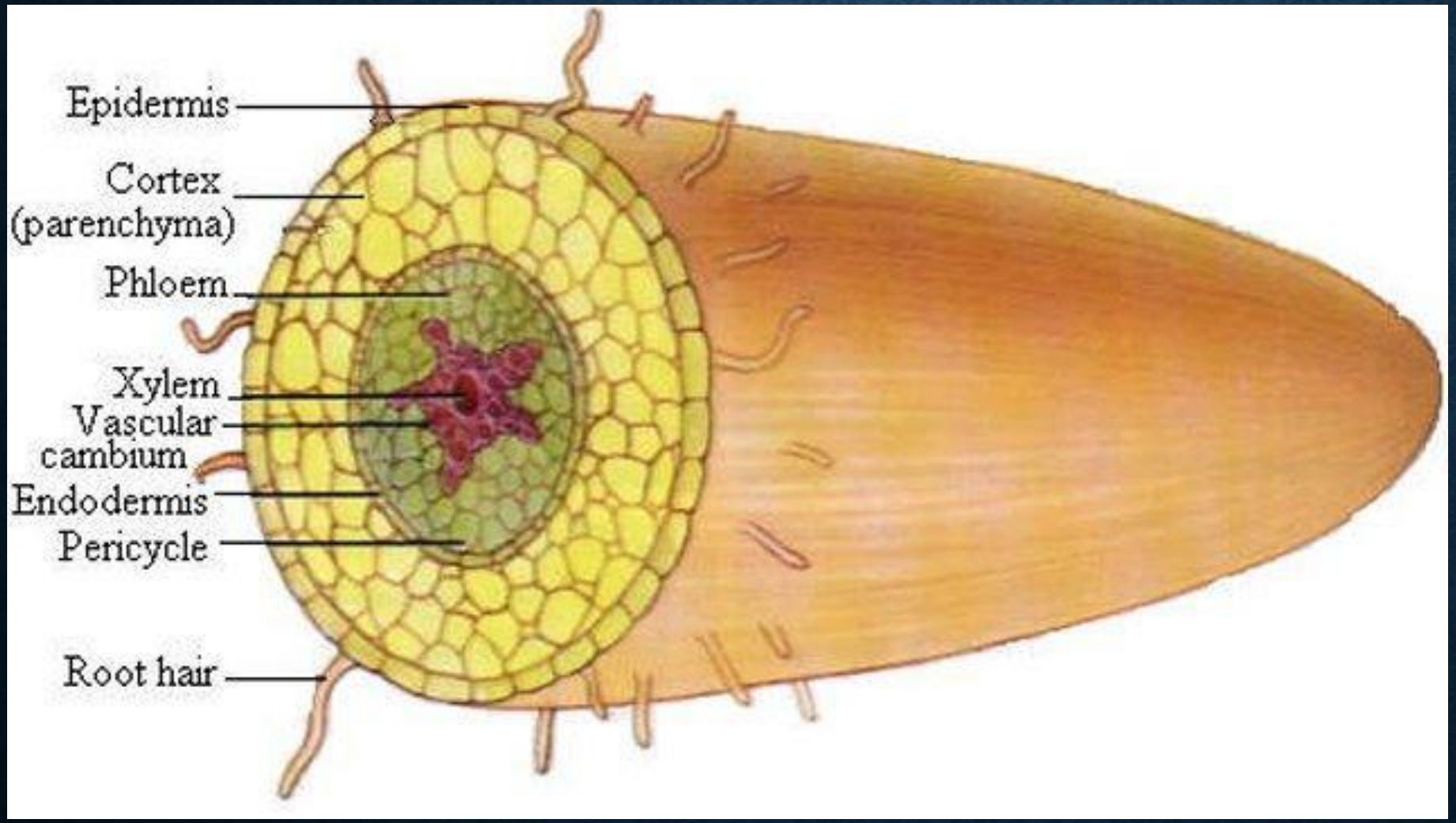


Figure 6. T.S (a) Dicot root (Primary) : (b) Monocot root

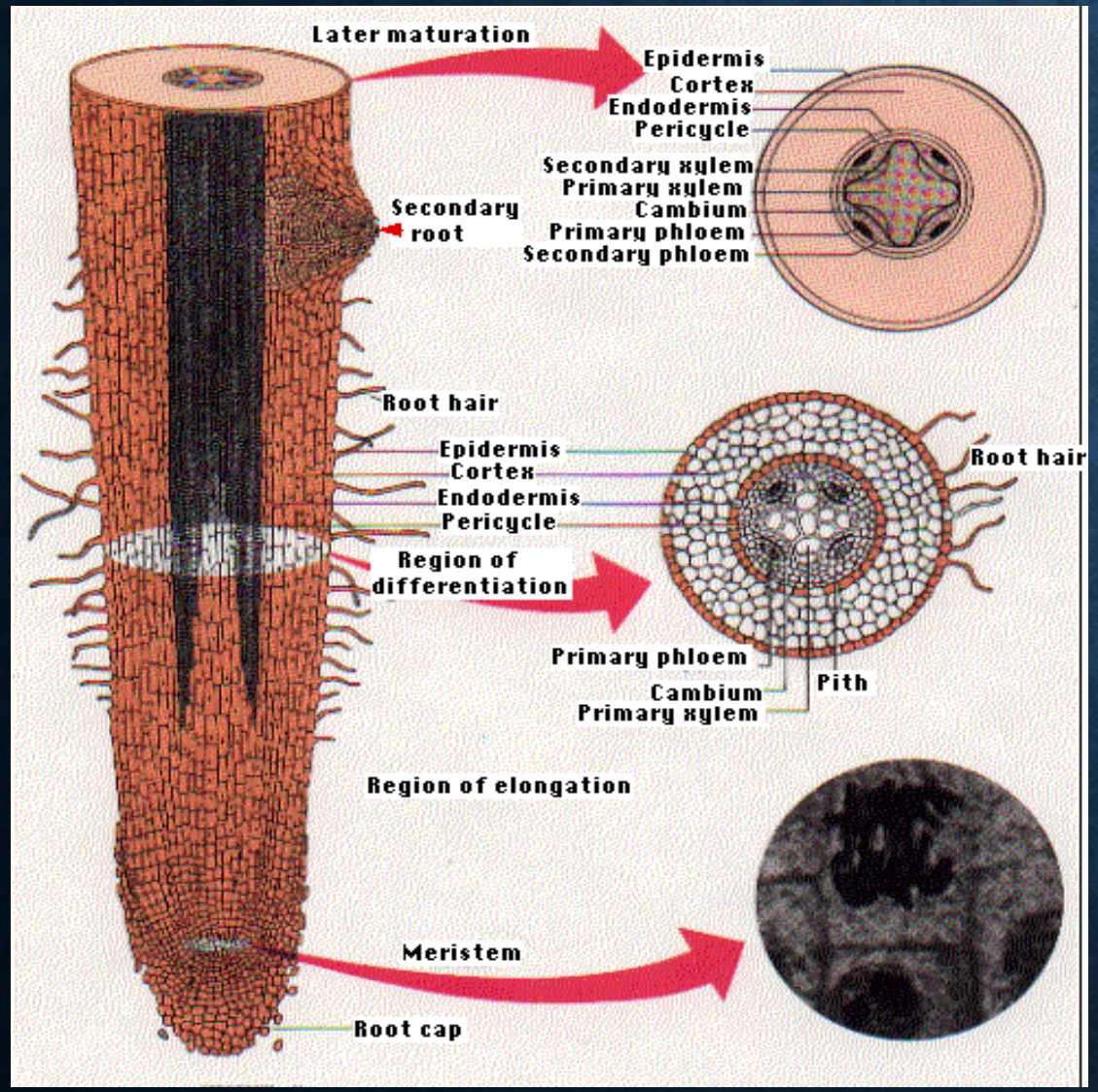
آناتومی ریشه



برش عرضی ریشه شامل :

- بشره یا روپوست (اپیدرم)
- پوست اولیه
- آوند آبکش
- آوند چوبی
- لایه زاینده (کامبیوم)
- درون پوست
- دایره محیطیه
- ریشه های موئین

آناتومی ریشه



ریشه‌های در حال رشد معمولاً دارای ۴ ناحیه می‌باشند :

I. کلاهک ریشه

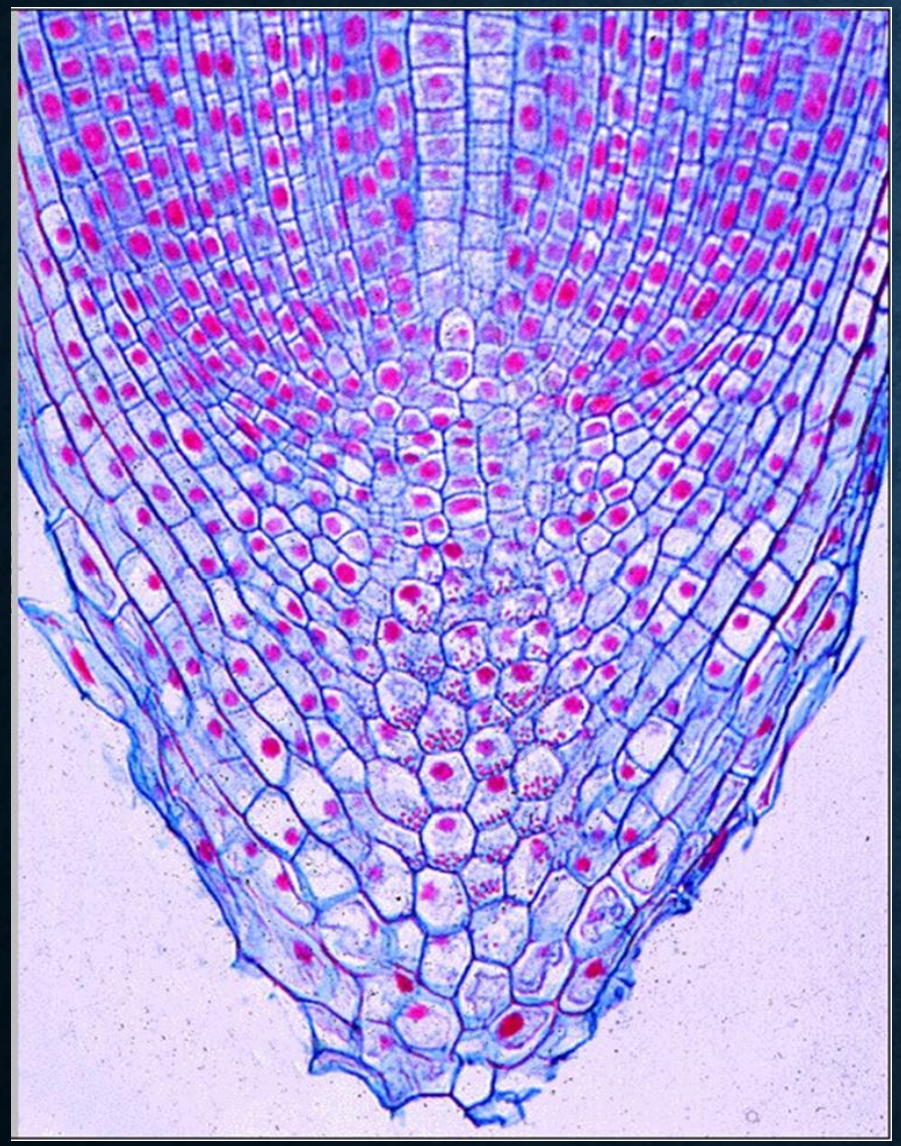
II. منطقهٔ مریستمی

III. منطقهٔ تقسیم سلولی (طویل شدن)

IV. منطقهٔ تمایز و اشتقاق سلولی

این مناطق ممکن است همیشه به وضوح قابل تشخیص نباشند.

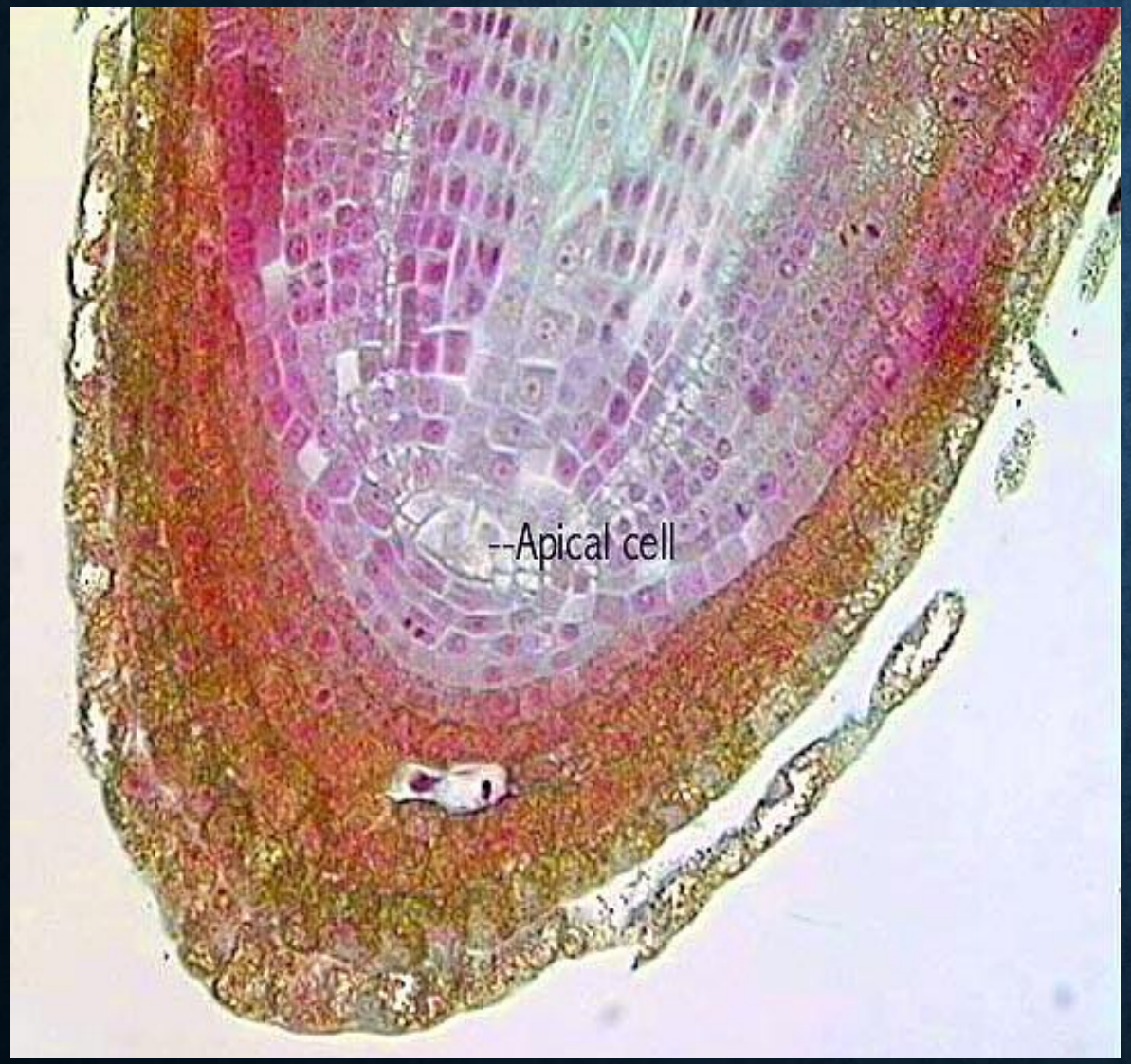
آناتومی ریشه



۱– کلاهک ریشه (Root Cap) :

کلاهک ریشه از تعدادی سلول نامنظم و غیرمتراکم تشکیل شده که معمولاً به خوبی مشخص است. به دلیل اینکه کلاهک مستقیماً به سیستم آوندی متصل نمی‌باشد، احتمالاً نقشی در جذب آب و مواد غذایی ندارد و گفته می‌شود محتوی موادی است که خاصیت ژئوتروپیسم مثبت را در گیاه ایجاد می کند.

آناتومی ریشه



۲– منطقهٔ مریستمی (Meristematic region) :

منطقهٔ مریستمی که در بالای کلاهک واقع گردیده، از تعداد زیادی سلول‌های کوچک و متراکم با دیوارهٔ نازک که محتوی مواد سیتوپلاسمی می‌باشند، تشکیل شده است. به دلیل مقاومت زیاد سیتوپلاسم در برابر ورود آب و املاح و عدم وجود یک سیستم هدایت کننده، مقدار نسبتاً کمی آب یا املاح از طریق این منطقه جذب می‌شوند.

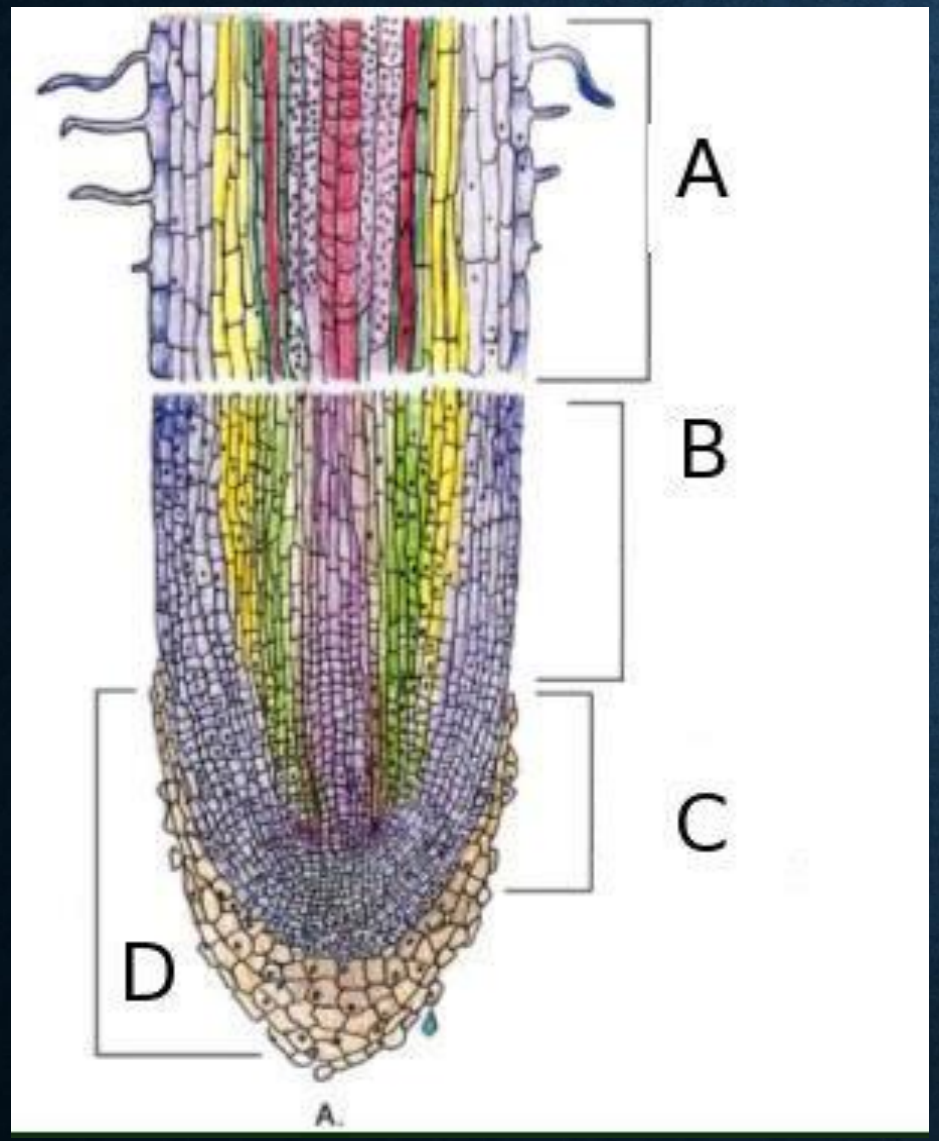
آناتومی ریشه

۳– منطقه نمو یا طویل شدن (Region of elongation) :

منطقهٔ تقسیم سلولی و طویل شدن سلول‌ها، بالاتر از منطقهٔ مریستمی و حدود چند دهم میلی متر بالاتر از کلاهک ریشه قرار دارد.

در این منطقه، یاخته‌های حاصل از تقسیم سلولی مریستم ریشه طویل می‌شوند و اندازهٔ واکوئول‌ها در آن گاهی به چند دهم میلیمتر می‌رسد.

آناتومی ریشه



۴– منطقه تمایز یا تارهای کشنده :

(Region of differentiation)

بیشتر مواد غذایی از این منطقه جذب گیاه اولیه می‌شود. ضمناً یاخته‌های داخلی همین منطقه تغییر شکل و ساختمان داده و موجب تشکیل بافتهای مختلف در ریشه می‌گردد. لذا این منطقه را ناحیه **تمایز** نیز می‌نامند.

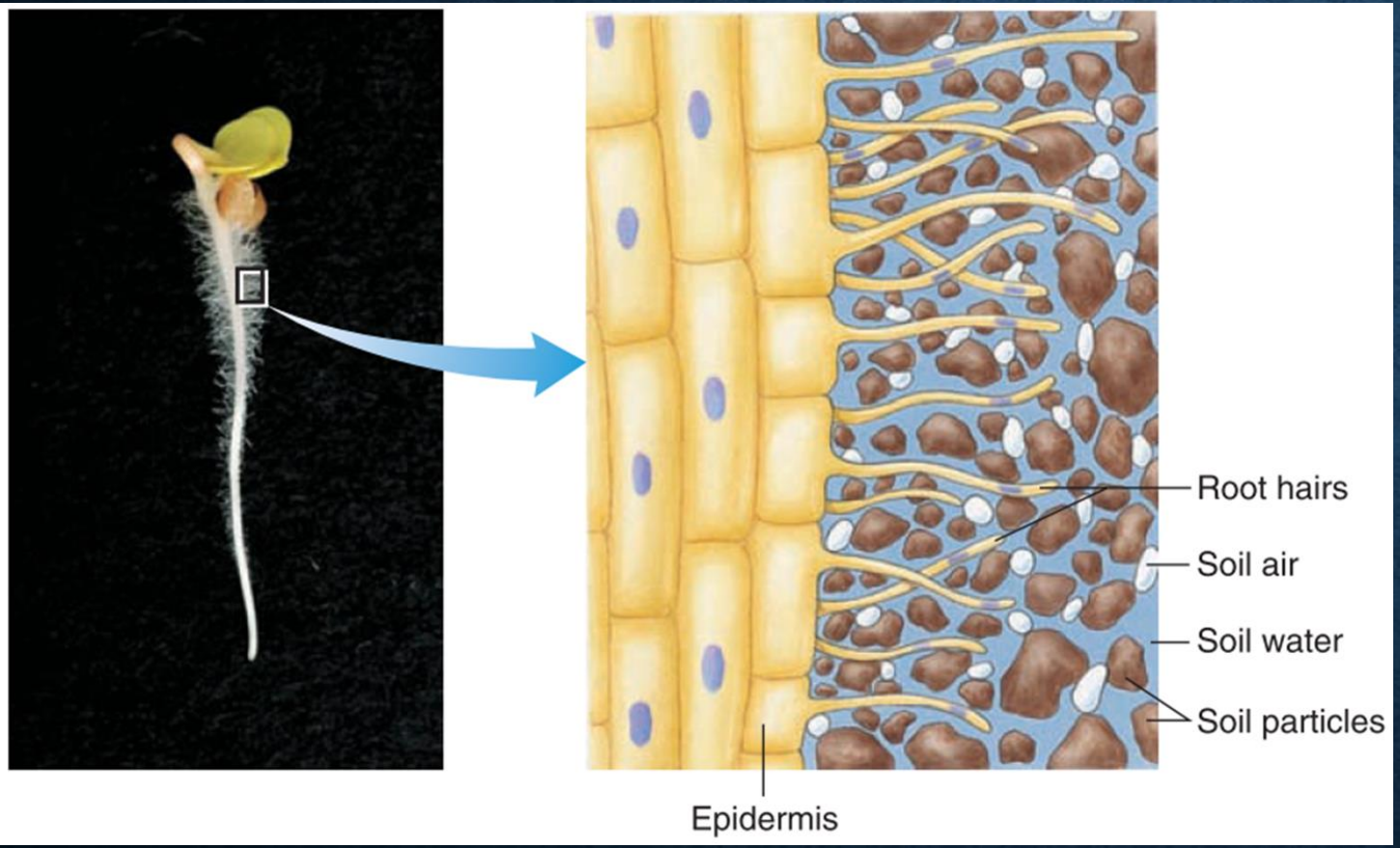
آناتومی ریشه

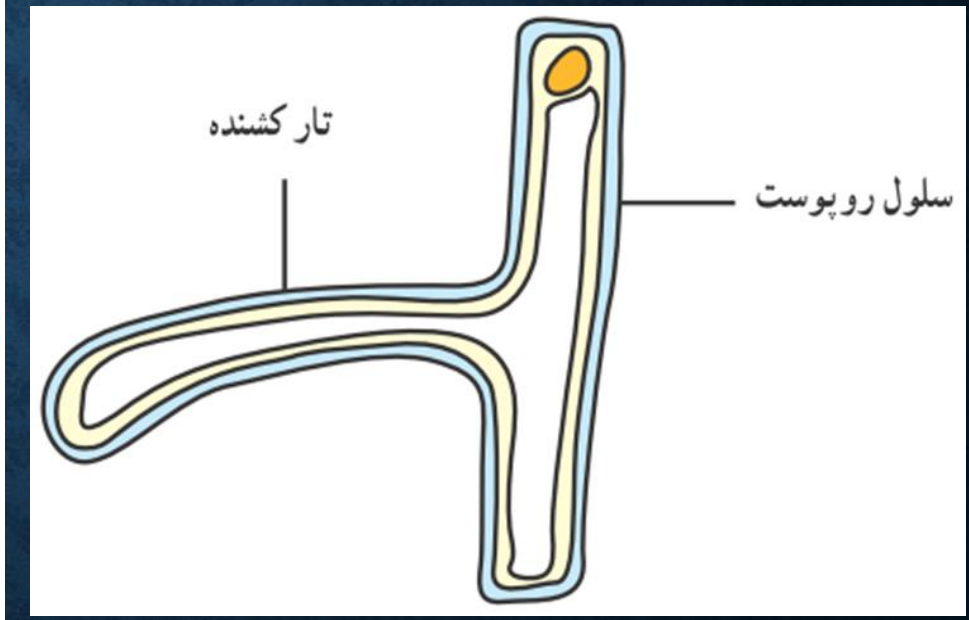
ریشه‌های موئی (Root hairs) :

ریشه‌های موئی زمانی ظاهر می‌شوند که اپیدرم تمایز یابد. اپیدرم، سلول‌های خاصی دارد که سلول‌های ریشه‌های موئی می‌باشند. توجه زیادی به ریشه‌های موئی می‌شود زیرا به عنوان سطوح جذب آب و املاح، اهمیت زیادی دارند.

اپیدرم معمولا از سلول‌های با دیوارهٔ نسبتاً نازک طویل تشکیل می‌شود که با ایجاد لایهٔ متراکمی، قسمت بیرونی ریشه‌های جوان را می‌پوشاند.

آناتومی ریشه





جذب آب توسط ریشه

مکانیسم ورود آب به درون ریشه :

در سطح تارهای کشنده، فشار اسمزی شیره واکوئلی تارکشنده بیش از فشار اسمزی محلول خاکی است، این افزونی فشار (پتانسیل منفی) موجب کشش و جذب آب از خاک به ریشه می‌شود. به محض ورود آب به سلول تار کشنده پتانسیل آب سلول تار کشنده افزایش می‌یابد. حال آب از این سلول به سلول مجاور آن منتقل می‌شود و این فرآیند در عرض ریشه تکرار می‌شود تا آب وارد آوند چوبی شود.

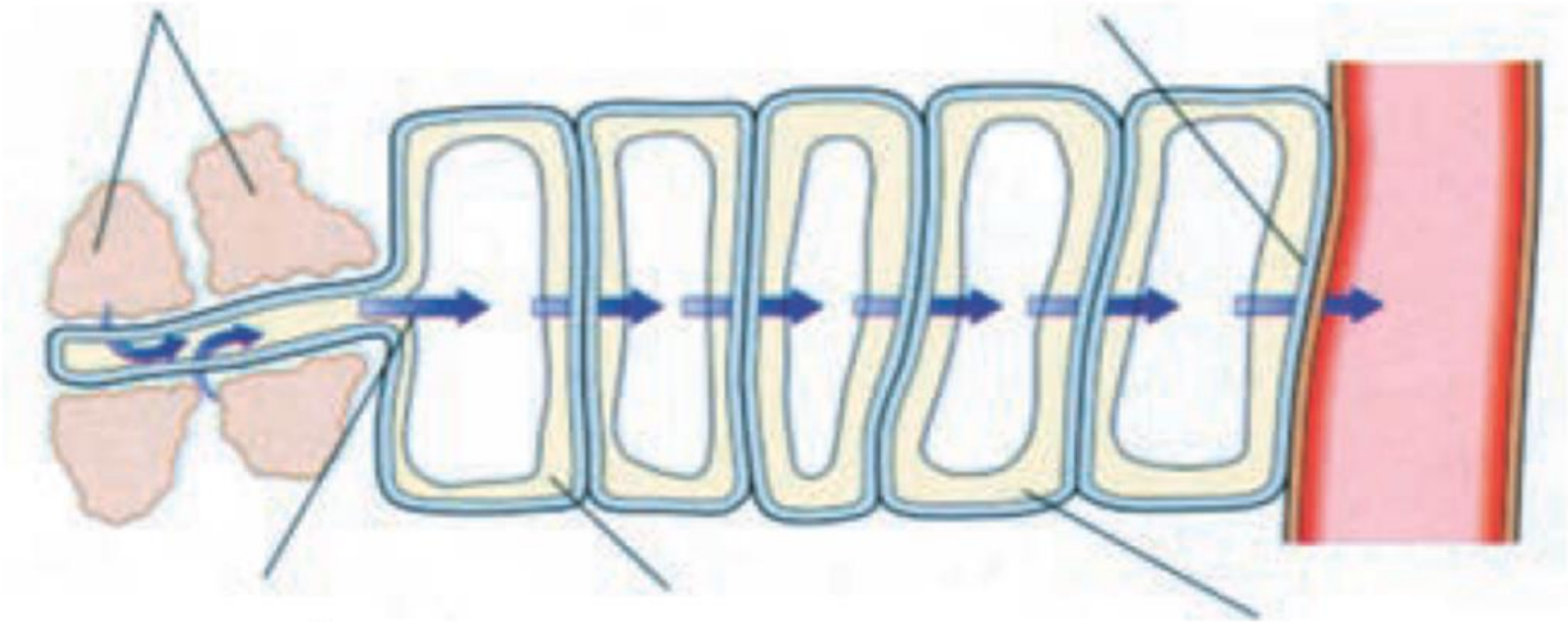
بافت‌های درونی نیز مکش ایجاد می‌کنند که مربوط به فشار اسمزی واکوئل‌های این بافت‌ها و نیروهای اندام‌های هوایی است که تعرق انجام می‌دهند.

تارهای کشنده ریشه نه تنها سطح جذب را افزایش می‌دهند بلکه تماس نزدیکی با خاک پیدا می‌کنند و باعث خرد کردن ذرات خاک و نفوذ به داخل شکاف‌ها می‌شوند.

جذب آب توسط ریشه

ذرات خاک را لایهٔ نازکی از آب احاطه می‌کند.

آب به داخل آوند چوبی حرکت می کند و به بالا برده می‌شود.



آب به روش اسمز از خاک وارد سلول تار کشندهٔ ریشه می‌شود.

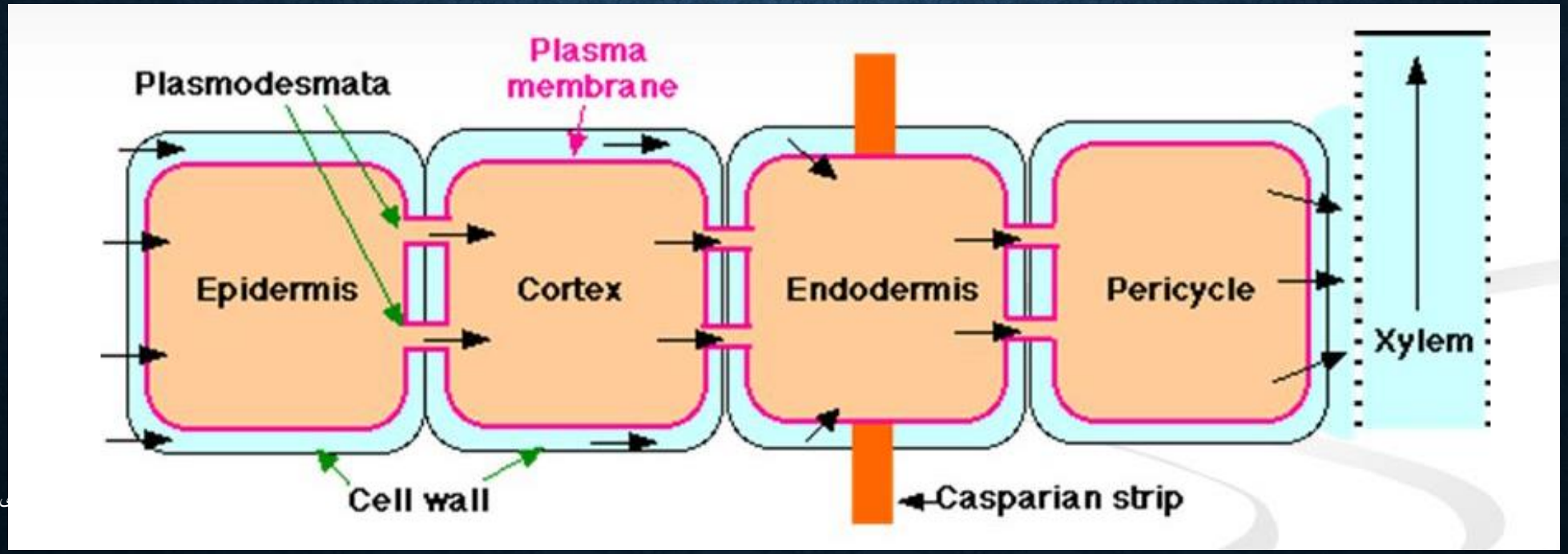
به‌محض ورود آب به سلول تار کشنده، پتانسیل آب سلول افزایش می یابد. بنابراین آب وارد سلول بعدی می‌شود.

و به همین ترتیب آب در عرض ریشه از یک سلول به سلول دیگر حرکت می‌کند.

جذب آب توسط ریشه

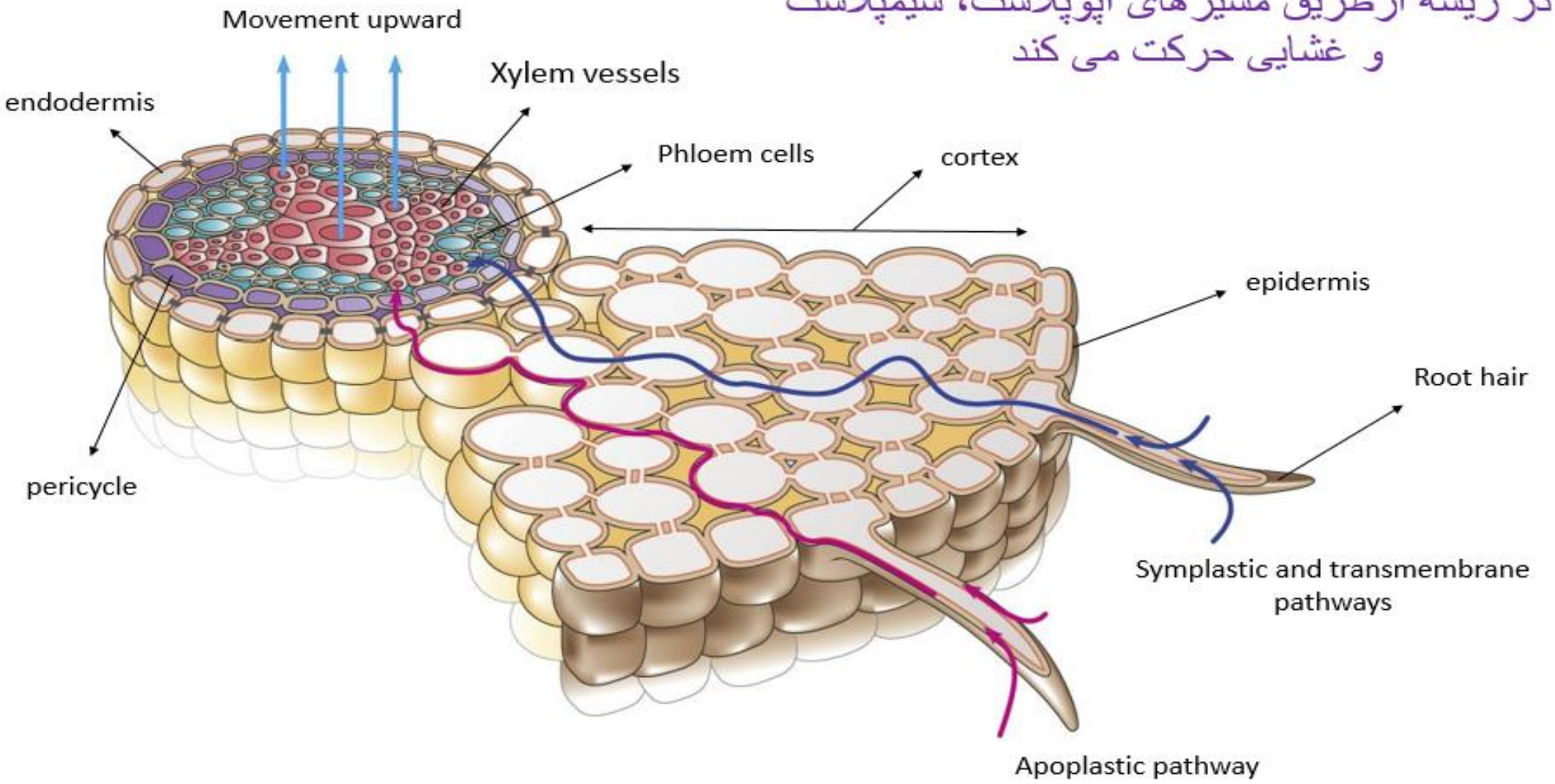
آب در عرض ریشه از دو مسیر عبور می‌کند :

1. مسیر غیرپروتوپلاستی یا آپوپلاستی (Apoplastic pathway)
2. مسیر پروتوپلاستی یا سیمپلاستی (Symplastic and Transmembrane pathways)

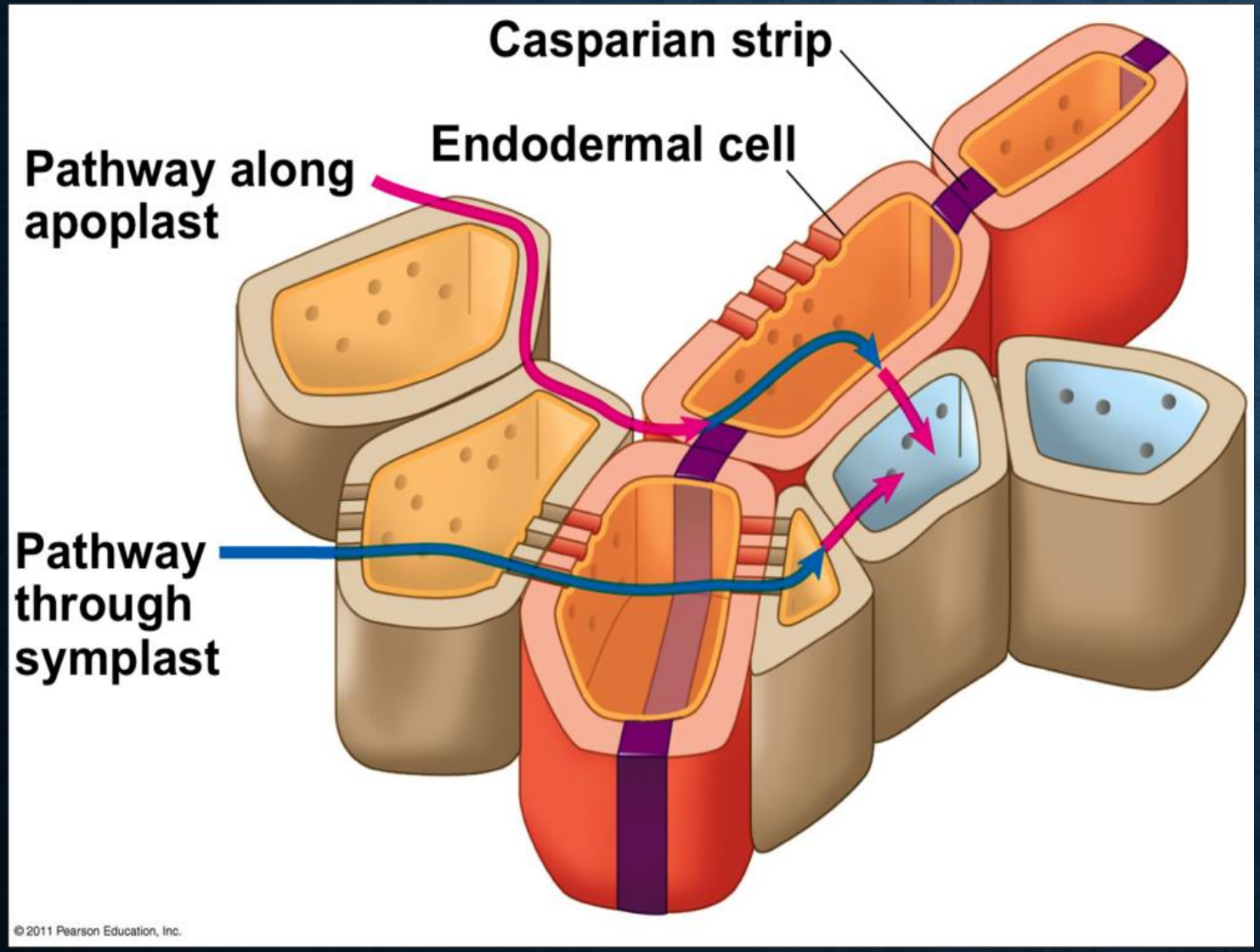


جذب آب توسط ریشه

آب در ریشه ازطریق مسیرهای آپوپلاست، سیمپلاست
و غشایی حرکت می کند



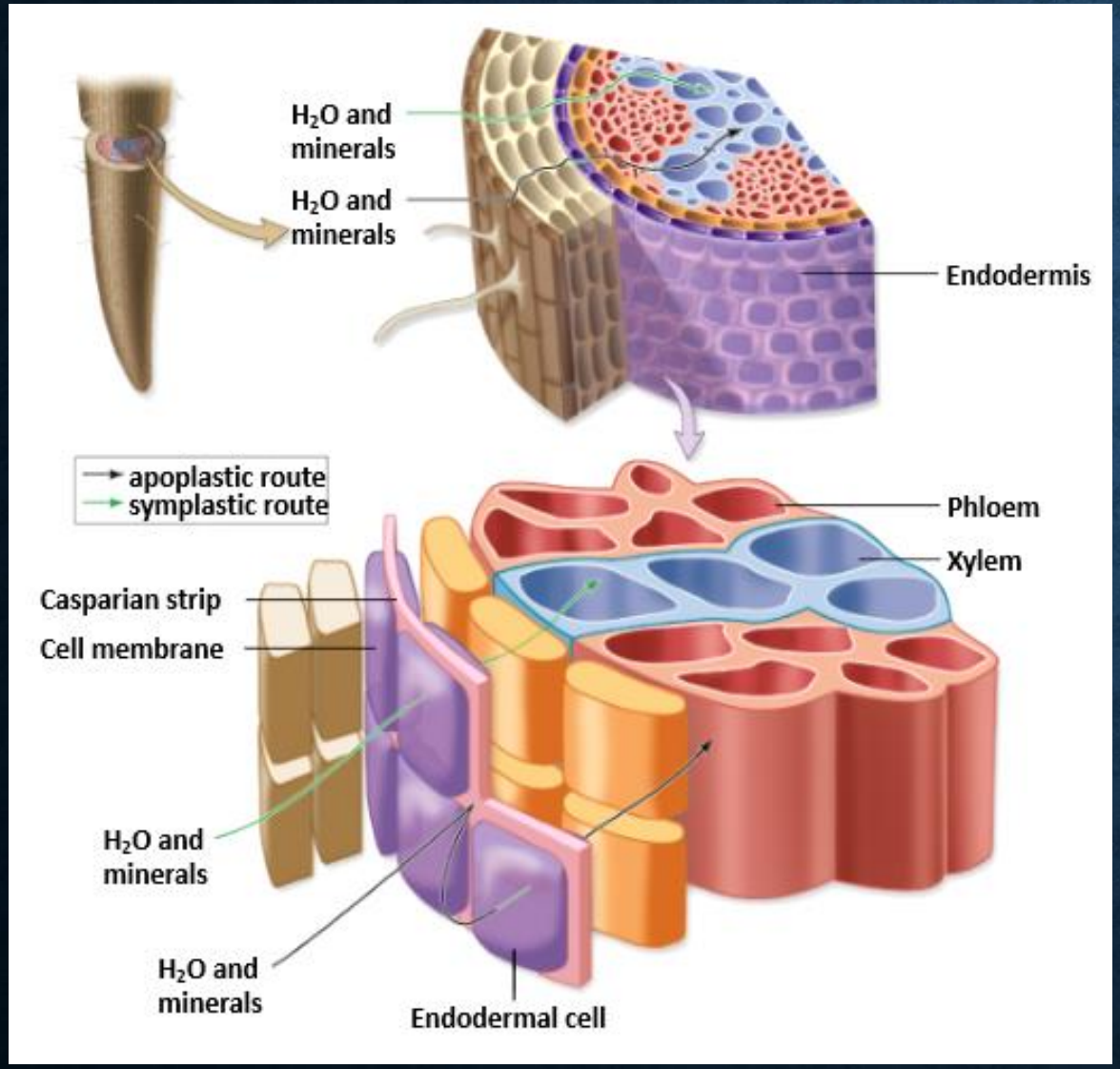
جذب آب توسط ریشه



۱– مسیر غیرپروتوپلاستی یا آپوپلاستی (Apoplastic pathway) :

آپوپلاست یک سیستم پیوسته از دیواره‌های سلولی و فضاهای بین سلولی در بافت گیاه است. در این مسیر آب منحصرا از طریق فضای بین دیواره‌های سلولی بدون عبور از غشاء سلولی و ورود به سلول حرکت می کند.

جذب آب توسط ریشه

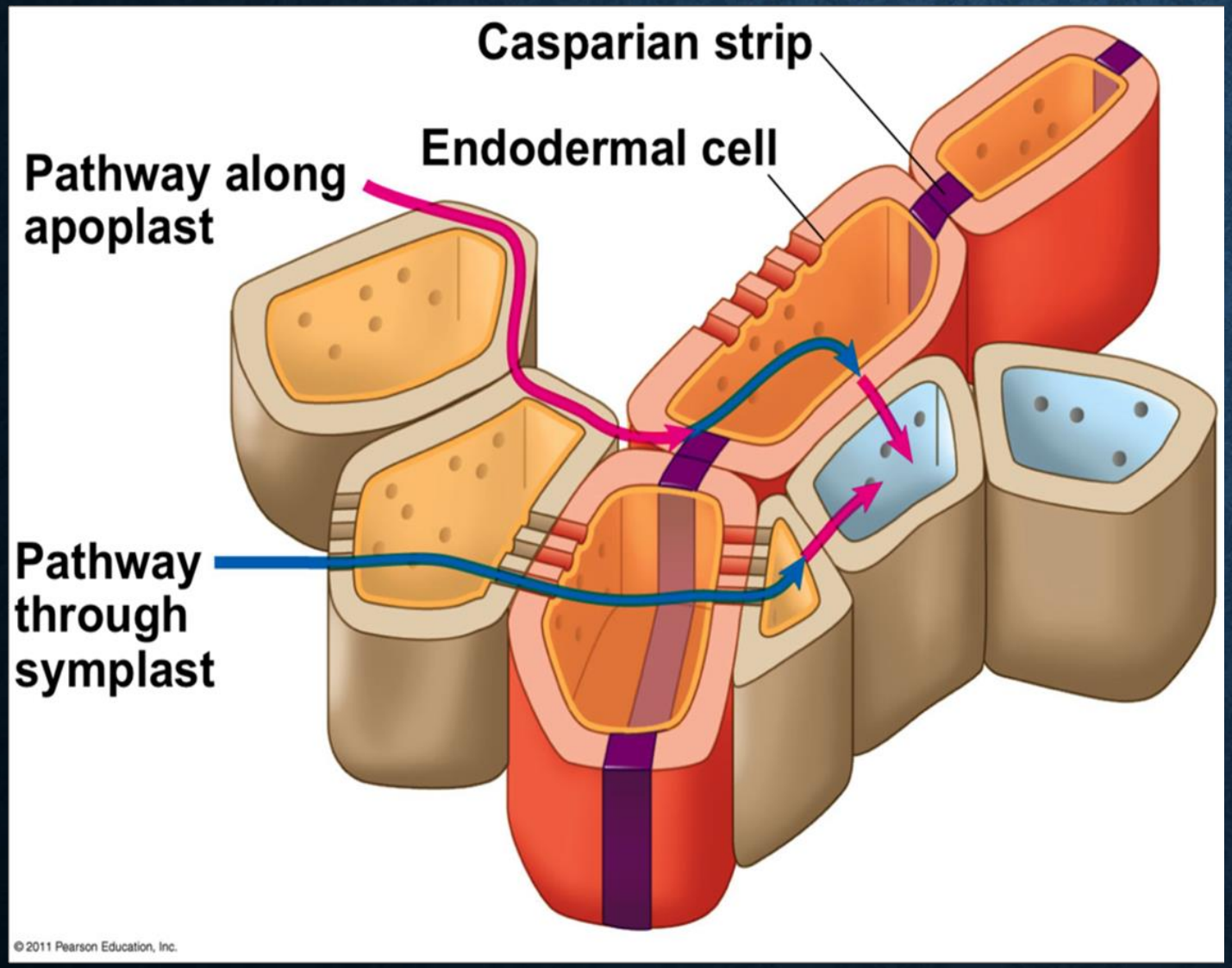


توقف حرکت آپوپلاستیک درآندودرم :

در آندودرم، نوار کاسپاری موجب توقف حرکت آب از طریق مسیر آپوپلاست می‌شود و آب و مواد محلول را وادار می‌سازد تا از طریق عبور از غشای پلاسمایی از آندودرم گذر کنند.

نوار کاسپاری کمربندی از دیواره‌های سلول‌های شعاعی در محل آندودرم است که با ماده آب‌گریز سوبرین آمیخته شده است.

جذب آب توسط ریشه

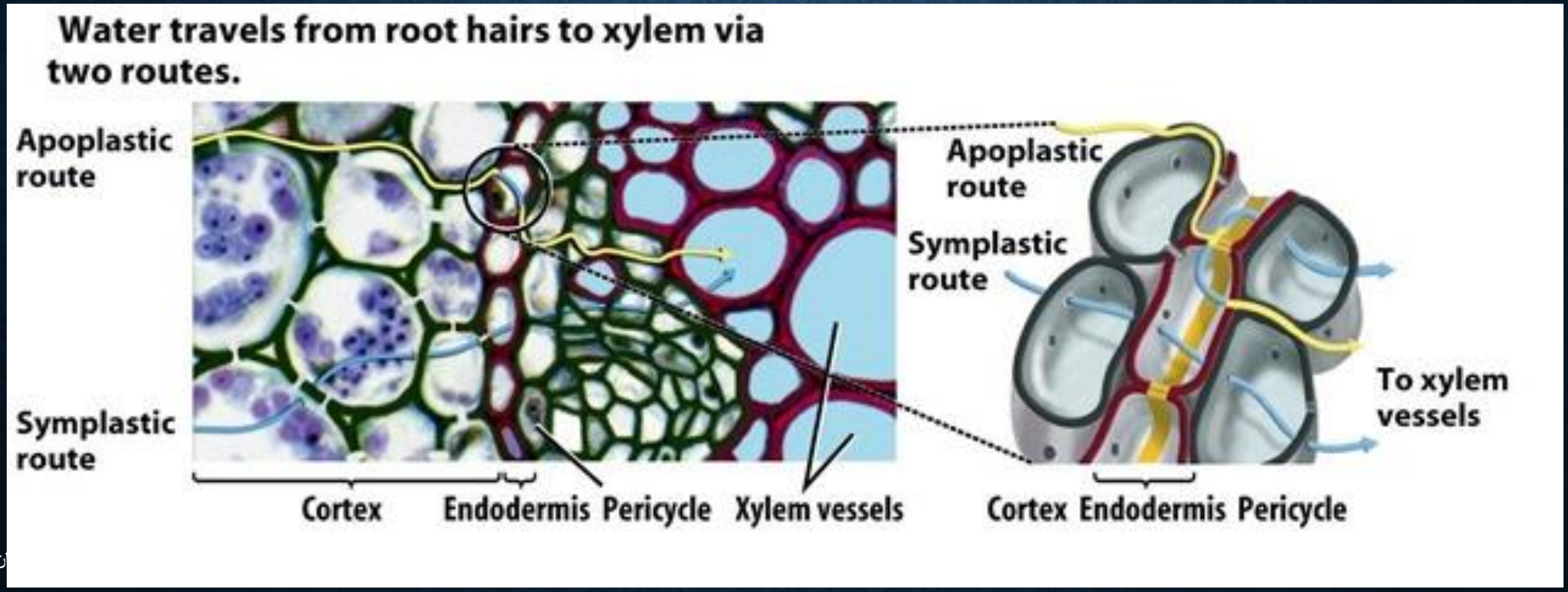


۲– مسیر پروتوپلاستی یا سیمپلاستی (Symplastic pathways) :

آب از طریق پلاسمودسماها از یک سلول به سلول دیگر حرکت می کند. آب و مواد محلول در آن که از خاک وارد سیتوپلاسم سلول‌های تارهای کشنده شده است، از طریق پلاسمودسمها از سیتوپلاسم یک سلول به سیتوپلاسم سلول مجاور وارد می‌شود.

جذب آب توسط ریشه

با توجه به این که نوار کاسپاری باعث ممانعت حرکت آب از مسیر آپوپلاستی می‌شود بنابراین در قسمت بافت داخلی‌تر ریشه یعنی پس از اندودرم حرکت آب کلاً از مسیر سیم‌پلاستی صورت می گیرد.



جذب آب توسط ریشه

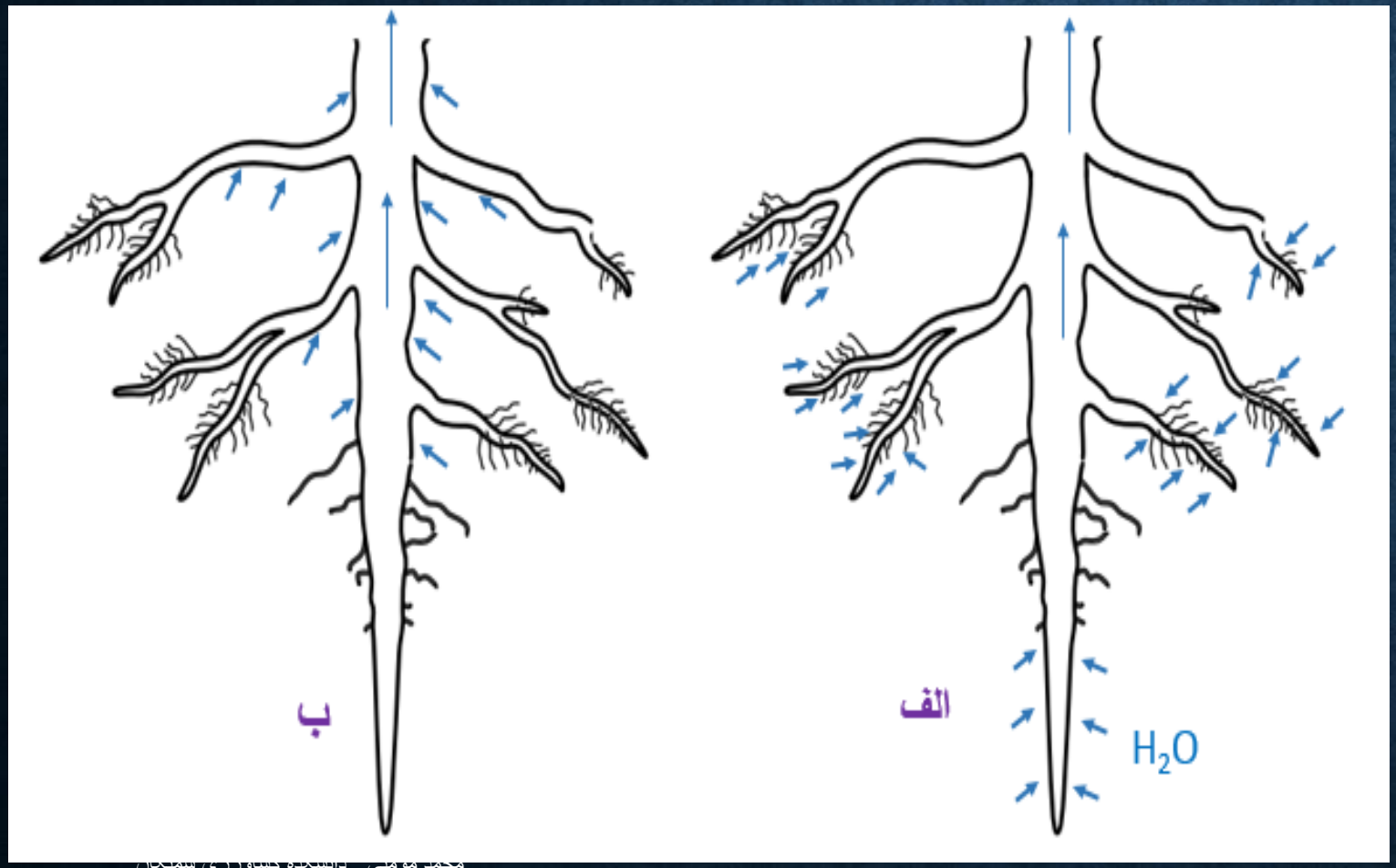
جذب آب از مناطق مختلف ریشه :

ورود آب به ریشه در نزدیک نوک ریشه به سادگی صورت می‌گیرد ولی بخش‌های بالغ‌تر ریشه اغلب دارای لایه خارجی از بافت حفاظتی هستند که اگزودرم یا هیپودرم نامیده می‌شود.

این لایه حاوی مواد آب گریز است و برای آب نفوذناپذیراست. جذب آب باید در بخش‌هایی از ریشه که به شدت درحال کاوش مناطق جدید خاک هستند، تداوم یابد بخش‌های مسن‌تر ریشه بایستی کاملاً غیر قابل نفوذ باشند.

الف) در ریشه‌هایی که نفوذپذیری مناطق مسن کمتراست، باعث می‌شود مکش آوند چوبی به قسمت‌های پایین سیستم ریشه (نوک ریشه) توسعه یابد.

جذب آب توسط ریشه



ب) هنگامی که سطوح ریشه نفوذپذیری یکنواختی دارند، اکثرآب از مناطق بالایی ریشه جذب می‌شود، در این حالت مناطق پایینی ریشه به دلیل کاهش مکش آوند چوبی (ناشی ازجریان آب) از نظر هیدرولیکی ایزوله می‌شوند.

جذب عناصر توسط ریشه

برای این که عناصر از عرض غشاء سلولی ریشه عبور کنند دو روش متفاوت وجود دارد :

1. **انتقال غیرفعال (Passive transport) :**

I. تئوری جریان توده‌ای

II. تئوری تبادل یا موازنه دونن

III. تبادل یونی

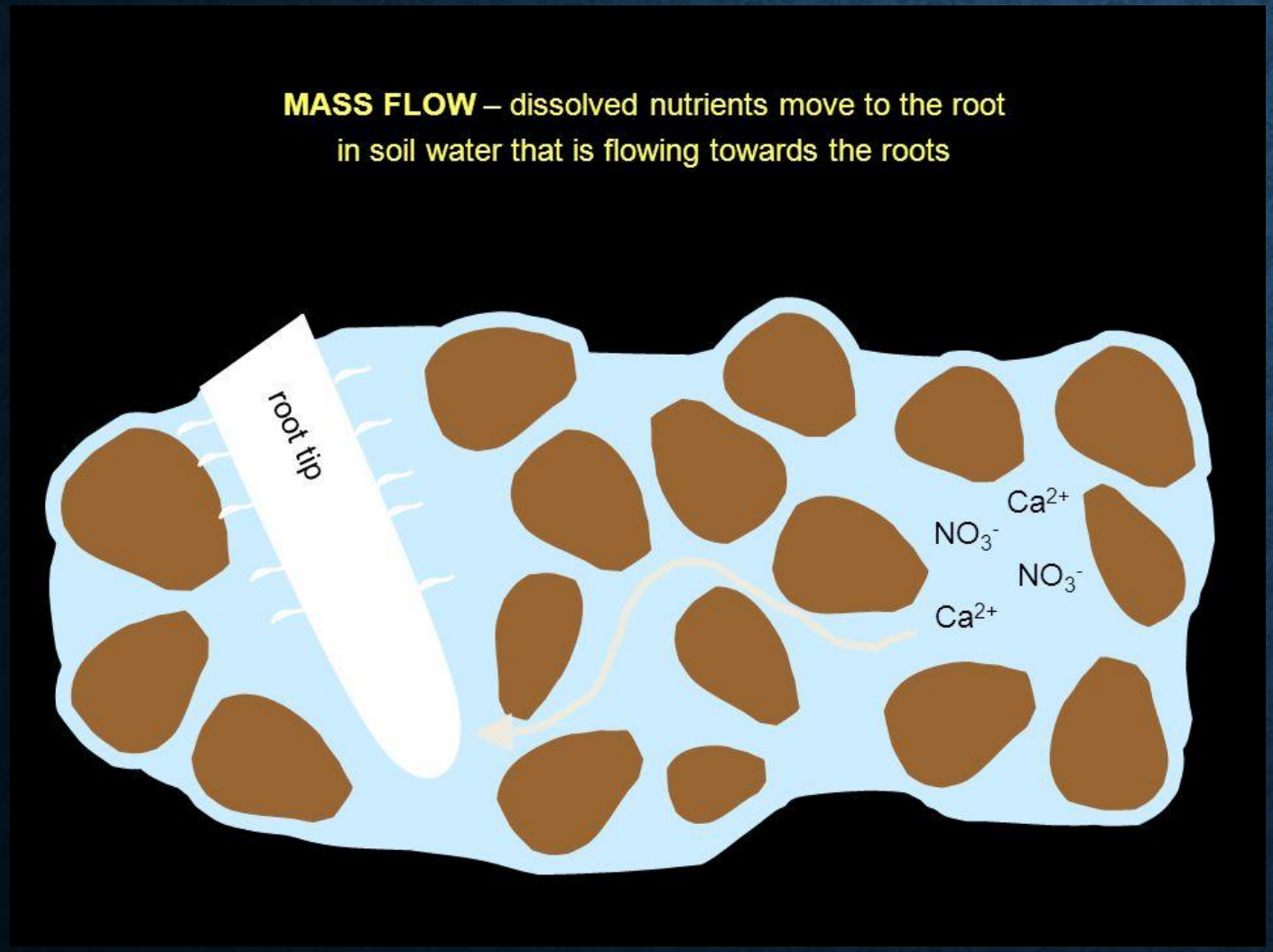
IV. انتشار

2. **انتقال فعال (Active transport) :**

I. انتقال فعال اولیه

II. انتقال فعال ثانویه

انتقال غیرفعال جذب عناصر توسط ریشه



۱– تئوری جریان توده‌ای :

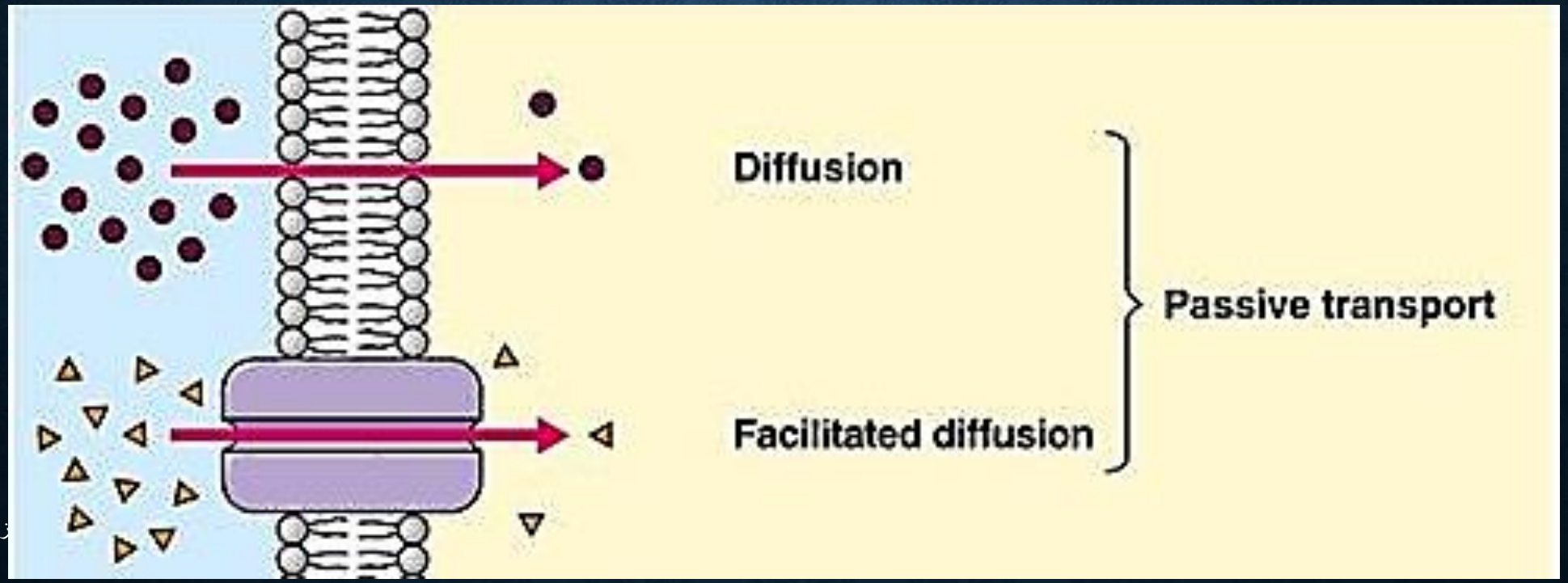
با عبور آب از عرض غشاء سلول‌های ریشه به همراه آب، عناصر غذایی نیز جذب ریشه می‌شوند و به درون گیاه منتقل می‌شوند. هر چه میزان جذب آب توسط گیاه بیشتر باشد، میزان جذب عناصر نیز بیشتر خواهد بود.

در این حالت نیاز به شیب غلظت نمی‌باشد.

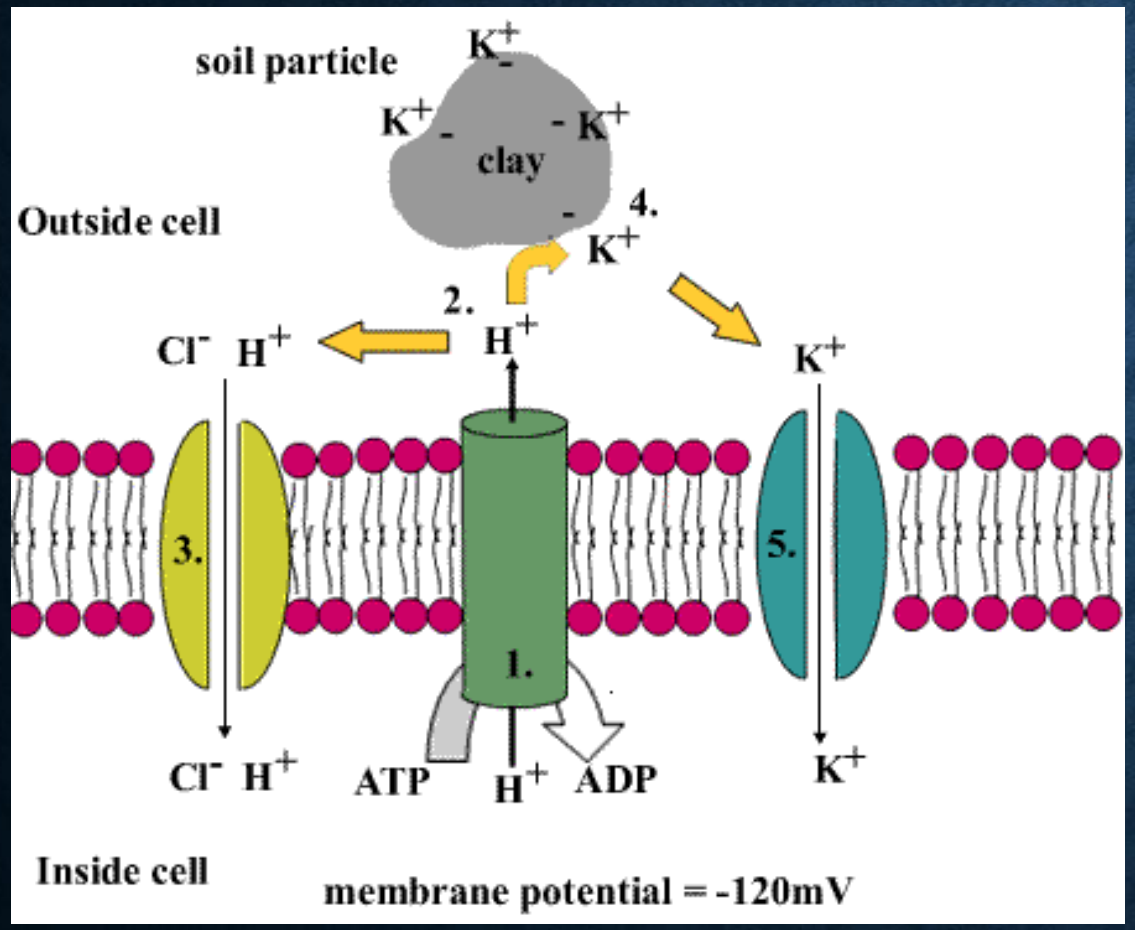
انتقال غیرفعال جذب عناصر توسط ریشه

۲– انتشار :

زمانی که شیب غلظت (شیمیایی) در دو طرف غشاء سلول وجود داشته باشد از این طریق عنصر منتقل می‌گردد. به طور کلی همه عناصر از این طریق قابلیت انتقال دارند.



انتقال غیرفعال جذب عناصر توسط ریشه



پمپ‌ها و کانال‌های پروتونی درون غشای پلاسمایی یون‌های H^+ را به بیرون خاک پمپ می‌کنند؛ این یون‌های H^+ با آنیون‌هایی مانند کلر ترکیب شده و اجازه جذب مجدد یون براساس شیب الکتروشیمیایی را می‌دهند.

همچنین H^+ با یون‌های K^+ موجود در ذرات رس خاک جابجا می‌شوند، که اجازه می‌دهد به آنها تا از طریق شیب الکتروشیمیایی از طریق انتشار تسهیل شده از طریق این پمپ‌ها مجدداً وارد سلول‌های ریشه شوند.

انتقال غیرفعال جذب عناصر توسط ریشه

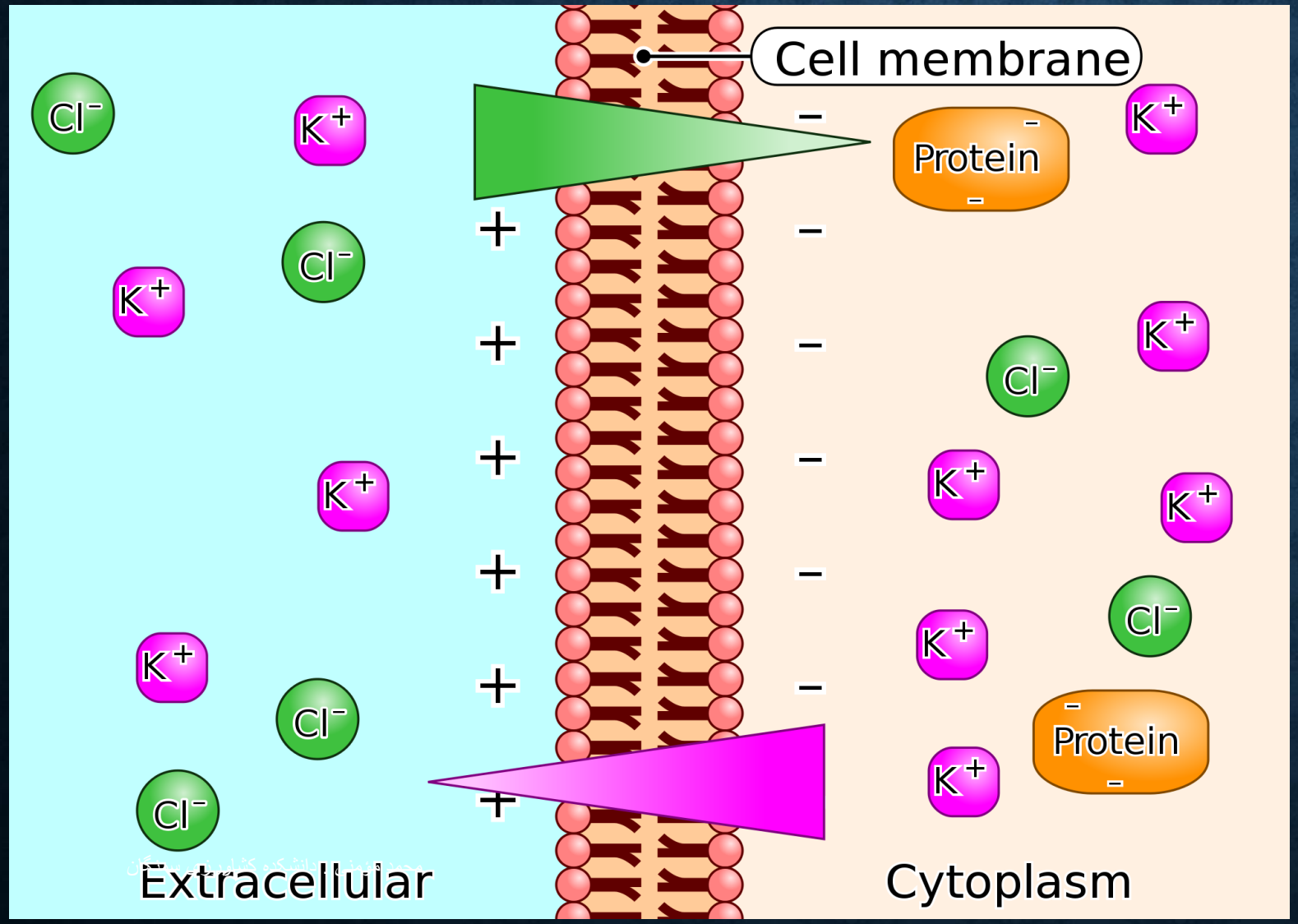
۳– تئوری تبادل یا موازنه دونن :

براساس این تئوری، در سطح درونی و بیرونی غشاء سلولی ریشه یک **تبادل الکتریکی** برای جذب عناصر صورت می گیرد.

نیروی اسمزی در این تئوری مستتر است. در این روش عنصر یک ظرفیتی از عنصر دو ظرفیتی سریع‌تر جذب می‌شود.

فضای دونن (محل تعادل الکتریکی) ناحیه‌ای است در درون سیتوپلاسم که در آن یون‌های غیر قابل تحرک یا تثبیت شده مانند پروتئین‌ها، **DNA**، **RNA**، گروه‌های فسفات و کربوکسید وجود دارد. این یون‌ها غالباً دارای بار الکتریکی منفی هستند در نتیجه **کاتیون‌ها** بیشتر جذب می‌شوند.

انتقال غیرفعال جذب عناصر توسط ریشه



در این حالت تعداد کاتیون‌ها و آنیون‌ها در داخل و بیرون غشاء سلولی بایستی متعادل باشند.

یعنی تعداد آنیون‌ها و کاتیون‌ها در هر طرف غشاء با هم برابرند ولی لازم نیست حتماً در دو طرف با هم برابر باشند.

انتقال غیرفعال جذب عناصر توسط ریشه

۴– تبادل یونی :

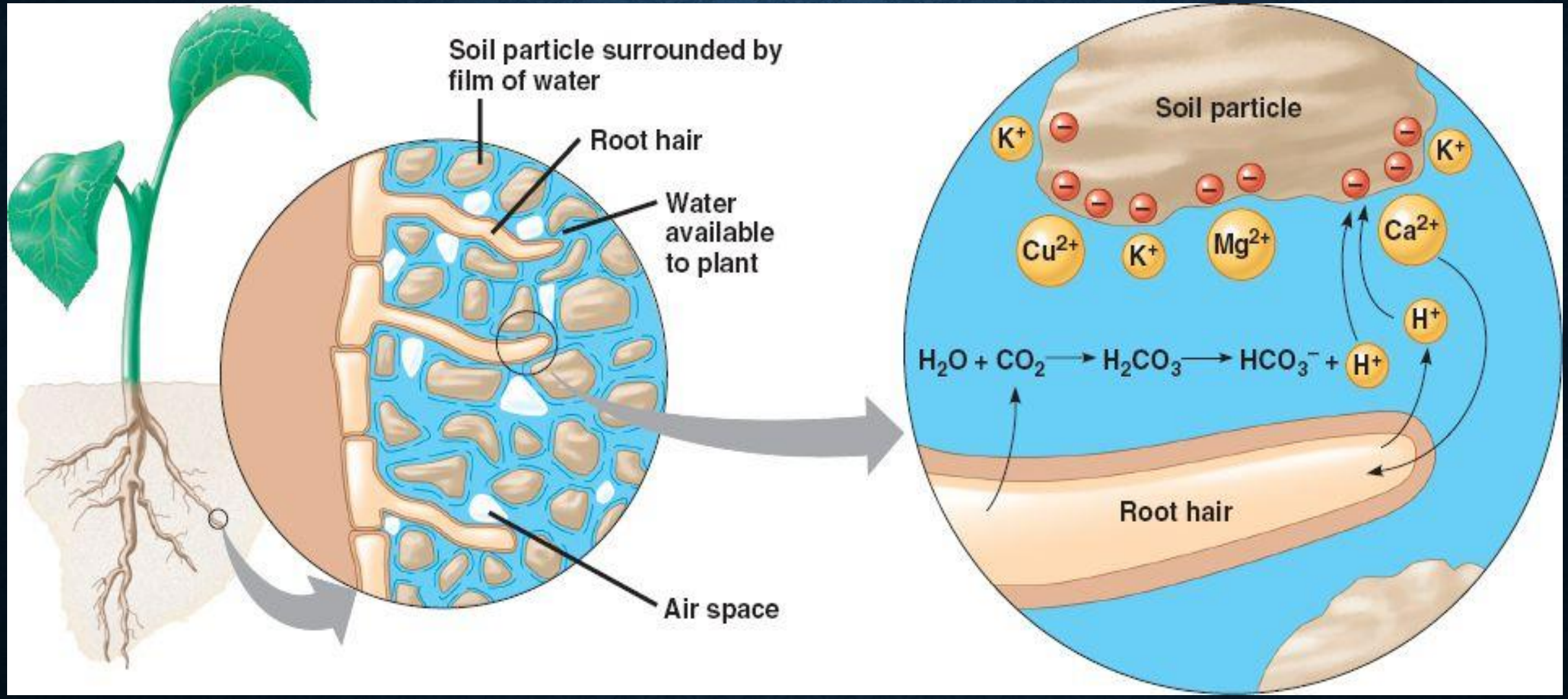
عناصر موجود در محلول خاک (سطح ریشه) با عناصر موجود در سلول‌های ریشه قادرند از طریق تبادل عمل جابجایی و تعویض را انجام دهند (البته عناصر جذب سطحی شده نه عناصر تثبیت شده).

این تبادل به دو طریق انجام می‌شود :

I. تبادل تماسی (فیزیکی)

II. تبادل اسید کربنیک (انحلال CO_2)

انتقال غیرفعال جذب عناصر توسط ریشه



انتقال غیرفعال جذب عناصر توسط ریشه

به عنوان مثال جابجایی دو عنصر پتاسیم و هیدروژن به دو روش فوق به شرح ذیل است :

I. **تبادل تماسی :** پتاسیم جذب سطحی ذره خاک بوده و ریشه نیز در تماس با ذره خاک می‌باشد که پتاسیم و هیدروژن به وسیله جریان تحرک‌پذیری عناصر حرکت نموده و جابجایی صورت می گیرد.

II. **انحلال اسیدکربنیک :** ریشه گیاه با تنفس خود CO_2 تولید می کند که با آب ترکیب شده و اسید کربنیک تشکیل می‌شود. اسیدکربنیک یونیزه شده در نتیجه هیدروژن به ذره خاک منتقل و پتاسیم با ترکیب با یون بی کربنات به درون ریشه منتقل می‌شود.

$$CO_2 + H_2O \rightarrow H_2CO_3 \rightarrow H^+ + HCO_3^- + K^+ \rightarrow KHCO_3$$

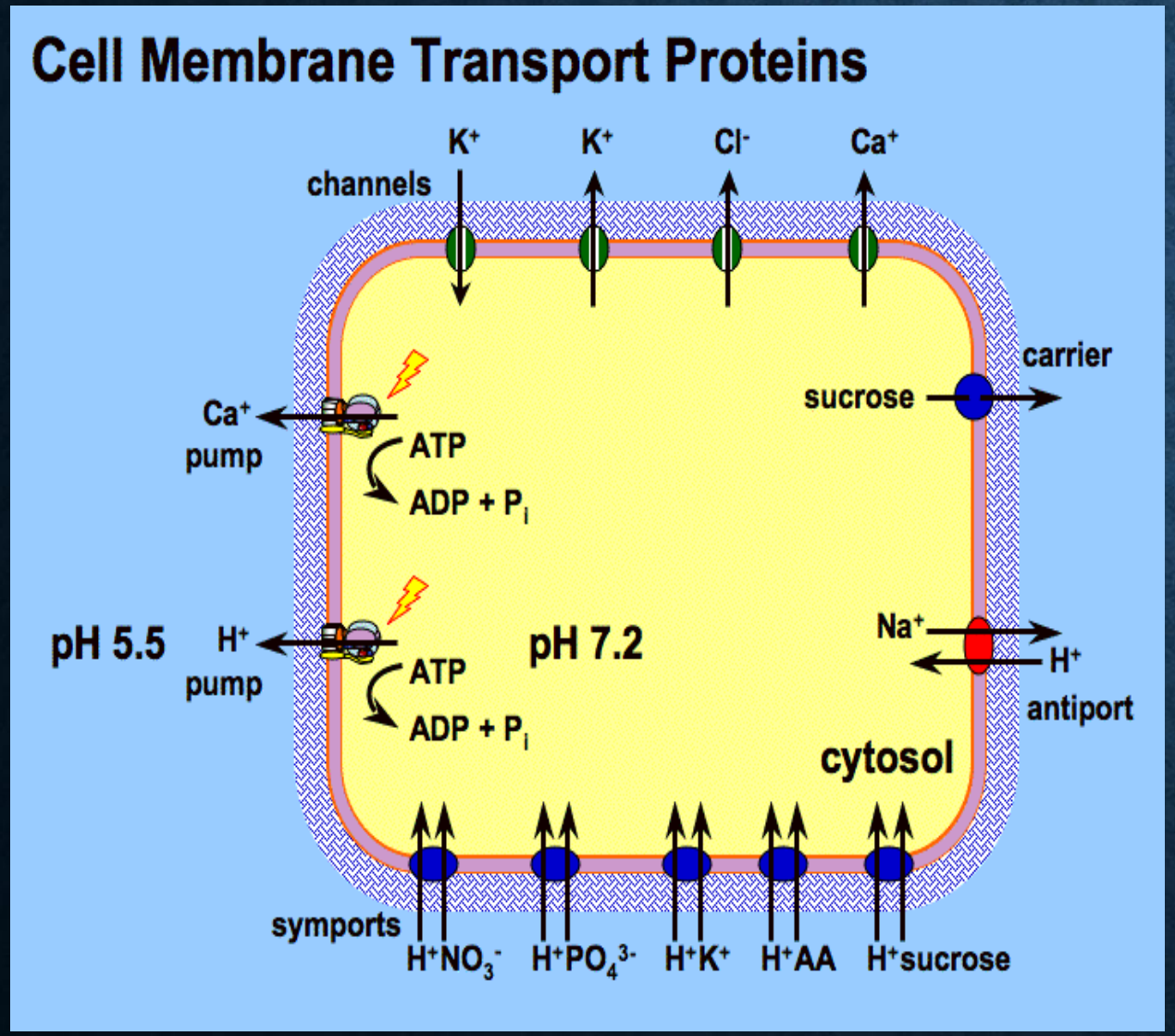
معمولاً یون‌های یک ظرفیتی سریع‌تر جابجا می‌شوند.

انتقال فعال جذب عناصر توسط ریشه

هنگامی که AFS با مواد معدنی از طریق انتقال غیرفعال پر شد، ورود یون‌ها در سراسر غشای پلاسمایی به درون سیتوپلاسم سلول بسیار قاعده‌مند می‌شود، به این معنا که جذب عناصر، انتخابی و با صرف انرژی خواهد شد.

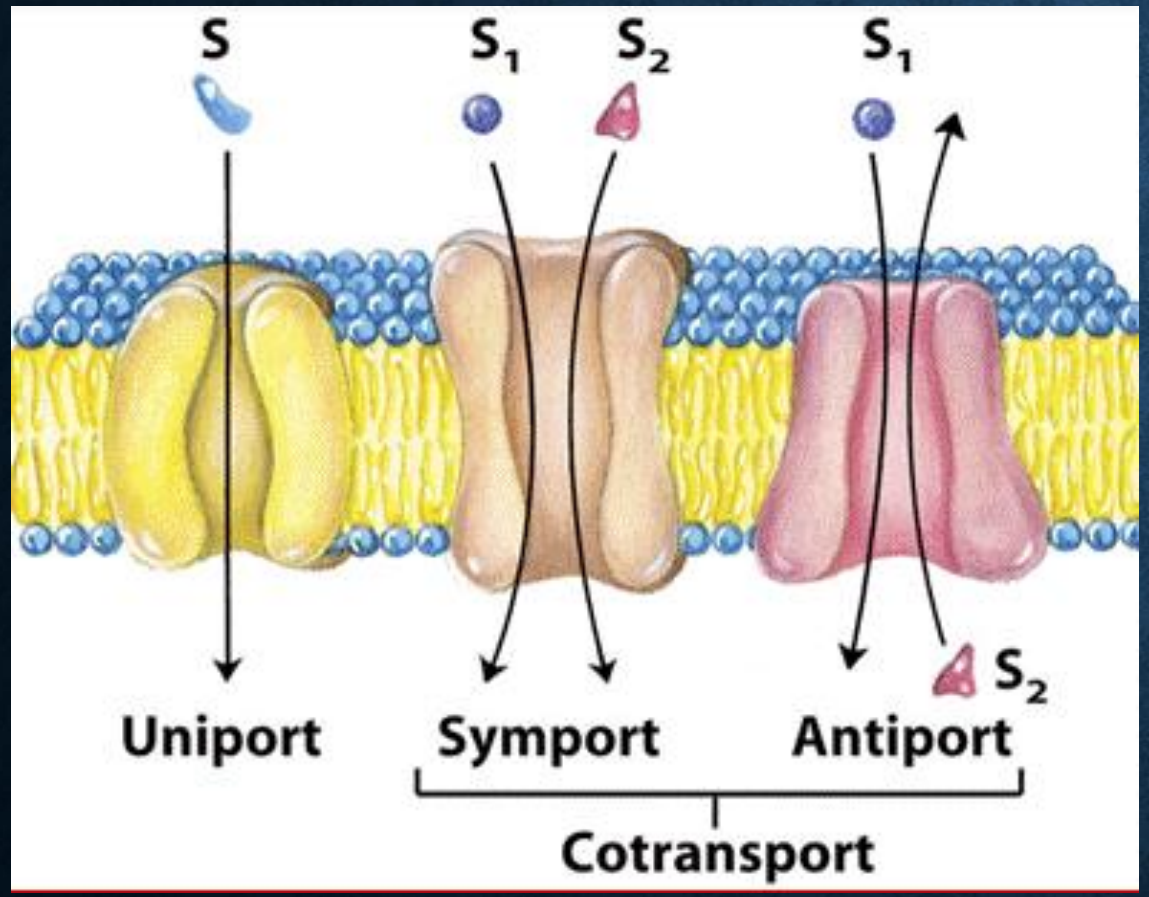
هر چند برخی یون‌ها، به دلیل بی‌ثباتی محلی پتانسیل غشا و یا نشت غشایی در سراسر غشاء در امتداد شیب غلظت منتشر می‌شوند، اما ورود اکثر یون‌ها انتخابی و وابسته به انرژی است. احتمالا ممکن است دلیل این موضوع این باشد که بسیاری از یون‌های جذب شده توسط سیستم ریشه در سلول‌های مریستمی یافت می‌شوند که این سلول‌ها متابولیسم فعالی دارند و ایجادشان نسبت به سلول‌های دیگر بیشتر وابسته به ATP است.

انتقال فعال جذب عناصر توسط ریشه



انتقال فعال از طریق **پروتئین‌های انتقال دهنده غشاء سلولی** صورت می‌گیرد که برخی از آنها در غشاء سلولی در یک سایت جمع شده‌اند و برخی دیگر به صورت تصادفی توزیع شده‌اند. از نمونه‌های رایج این پروتئین‌ها می‌توان به پمپ‌های **K,Na-ATPase** ، پمپ‌های پروتئین هیدروژن، پروتئین‌های ناقل کلسیم به نام کالمودولین (**Calmodulin**)، پروتئین‌های حامل فسفات و غیره اشاره نمود.

انتقال فعال جذب عناصر توسط ریشه

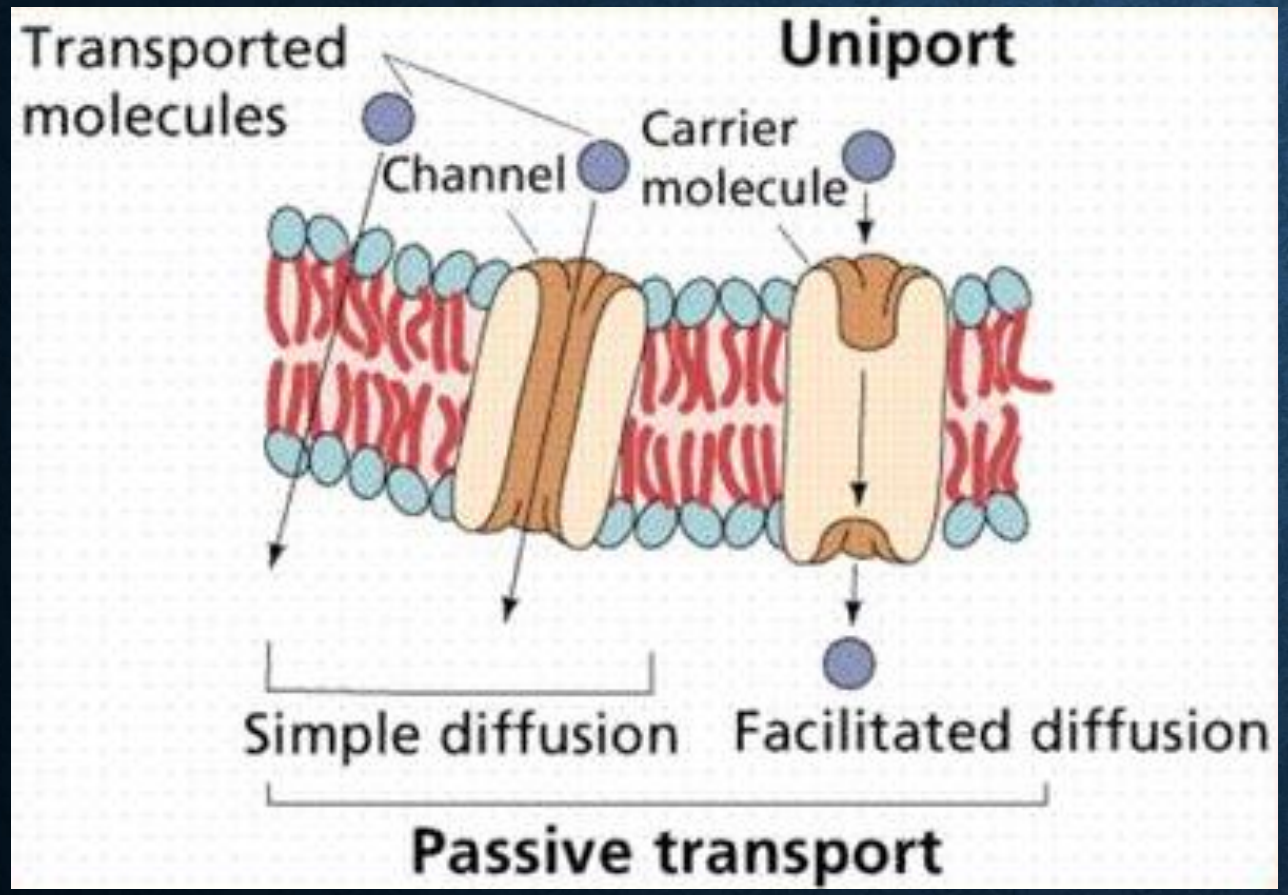


بطور کلی پروتئین‌های انتقال دهنده غشاء سلولی به سه دسته تقسیم می‌شوند :

1. **یونی‌پورترها :** یک ماده در جهت شیب نزولی
2. **آنتی‌پورترها :** دو ماده را در دو جهت شیب یا خلاف جهت شیب شیمیایی
3. **سیم‌پورترها :** دو ماده را در یک جهت شیب یا خلاف جهت شیب شیمیایی

کاتالیز نموده و حرکت می‌دهند.

انتقال فعال جذب عناصر توسط ریشه



۱– مکانیسم یونی‌پورترها :

یونی‌پورترها، پروتئین‌های حامل فعالی هستند که یک عنصر خاص در یک سطح را انتخاب و جابجا نموده و در سطح دیگر غشاء سلولی تخلیه می کنند و سپس در اثر تغییر کنفورماسیونی به موقعیت خود باز می گردند. در گیاهان این مکانیسم برای انتقال بسیاری از مونوساکاریدها، اسیدهای آمینه و ... مشاهده شده است. یک مثال خوب برای این سیستم پروتئین متصل شونده به کلسیم است.

انتقال فعال جذب عناصر توسط ریشه

۲– مکانیسم آنتی‌پورتر :

در این فرآیند یک ترنسپورت (انتقال دهنده) با یک یون خاص جفت شده و آن را به داخل غشاء انتقال می‌دهد و یون دیگر را به خارج منتقل می کند. مکانیسم آنتی‌پورتر به خوبی در پمپ Na/K-ATPase در سلول‌های گیاهی و در سلول‌های حیوانی مانند گلبول‌های قرمز یافت شده است.

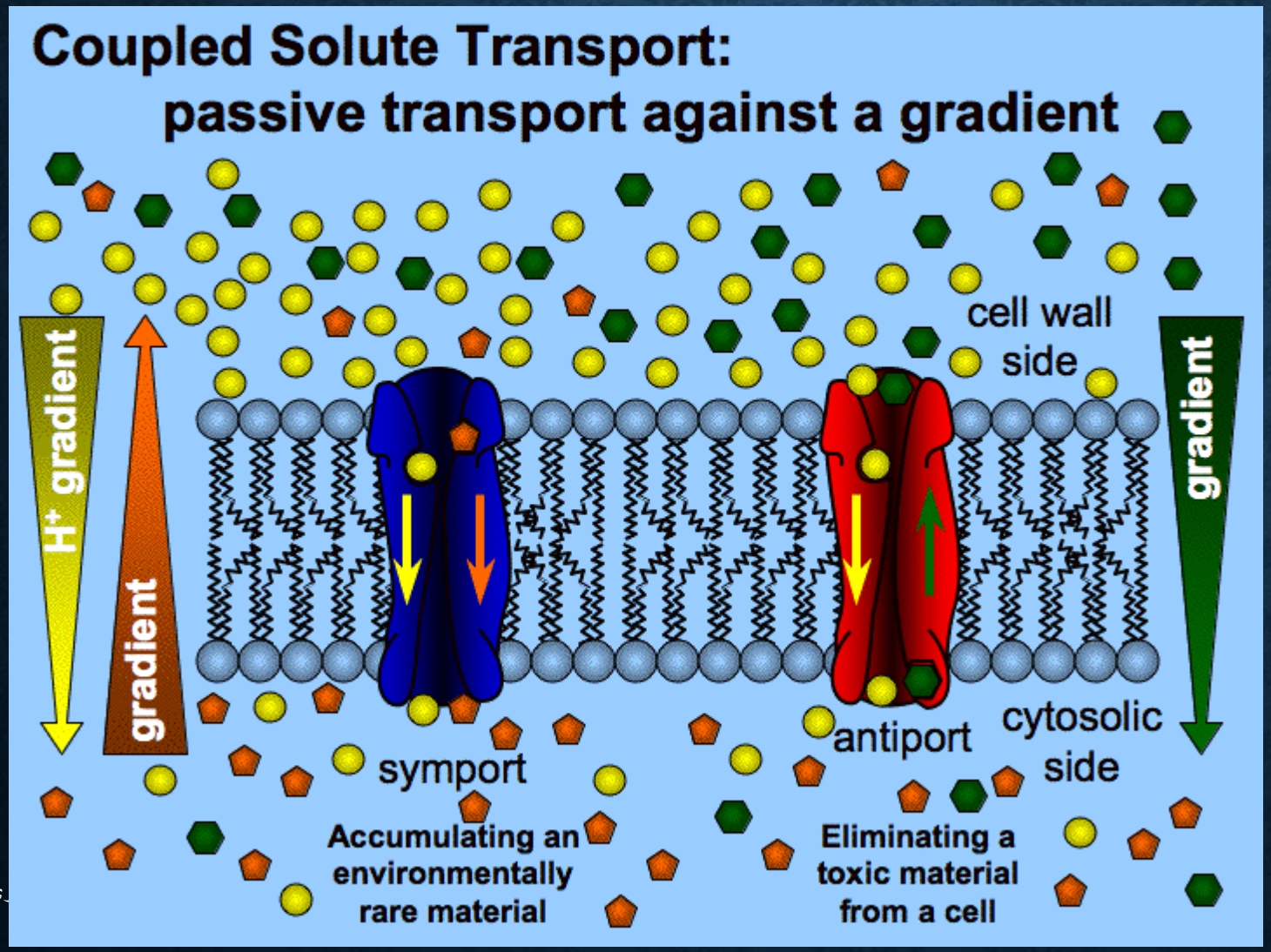
در گیاهان مشاهده شده است که غلظت داخلی K^+ بسیار بالاتر از غلظت آن در مایع خارج سلولی است، که برای فعالیت‌های متابولیسمی مختلف و حفظ تورژسانس سلول لازم است؛ در مقابل، غلظت یون‌های Na^+ همیشه در مایع خارج سلولی بالاتر است که برای سلول‌ها سمیت ایجاد می کند. حفظ این حالت با استفاده از مکانیسم آنتی‌پورتر و توسط پمپ‌های Na/K-ATPase صورت می گیرد.

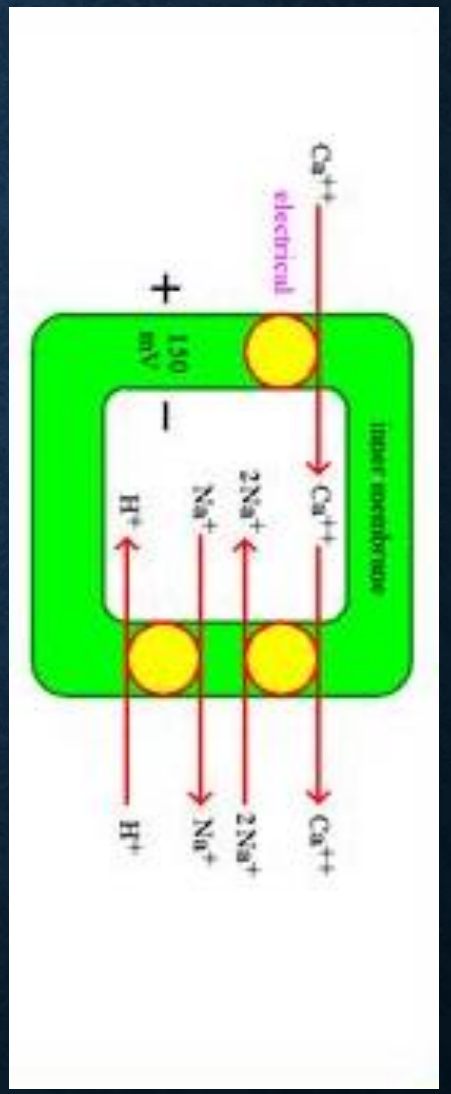
انتقال فعال جذب عناصر توسط ریشه

۳– مکانیسم سیم‌پورتر :

در این سیستم، پروتئین‌های انتقال دهنده در دو جایگاه یا سایت فعال خود با دو مولکول یا یون مختلف به اتصال برقرار می‌کنند. به موجب این با دو یون، کمپلکس حامل به وسیله تغییرات کنفورماسیونی تغییر حالت داده و باعث انتشار یون‌ها به طور همزمان در طرف دیگر غشاء می‌شود. بهترین مثال برای مکانیسم سیم‌پورتر، انتقال Na^+ و گلوکز در سلول‌های حیوانی و باکتریایی است.

انتقال فعال جذب عناصر توسط ریشه





انتقال آب و مواد در گیاه

مقدمه

انتقال آب، املاح و شیره پرورده در درون گیاهان توسط بافت‌های هادی یا آوندی که از بافت چوبی و آبکش تشکیل یافته‌اند، صورت می‌گیرد. به مجموع بافت چوب و آبکش، **سیستم هادی** گیاه می‌گویند.

نقش بافت چوب یا **آوندهای چوبی**، هدایت و انتقال آب و مواد معدنی (عناصر) محلول در آن از ریشه به سوی اندام‌های فتوسنتزکننده که بیشتر برگ‌ها می‌باشند، است.

بافت آبکش یا **آوندهای آبکش** نقش انتقال مواد ساخته شده در گیاه توسط فرآیند فتوسنتز که به آن شیره پرورده می‌گویند از بخش‌های سبز گیاه (بیشتر برگ‌ها) را به سمت اندام‌های ذخیره‌ای جهت ذخیره مواد و کل اندام‌های گیاهی جهت استفاده برای رشد و نمو را دارد.

ساختار آوندهای چوبی

آوندهای چوبی شامل چهار نوع سلول هستند :

I. تراکئید (Tracheids)

II. عناصر وسل (Vessel)

III. فیبر (Fibers)

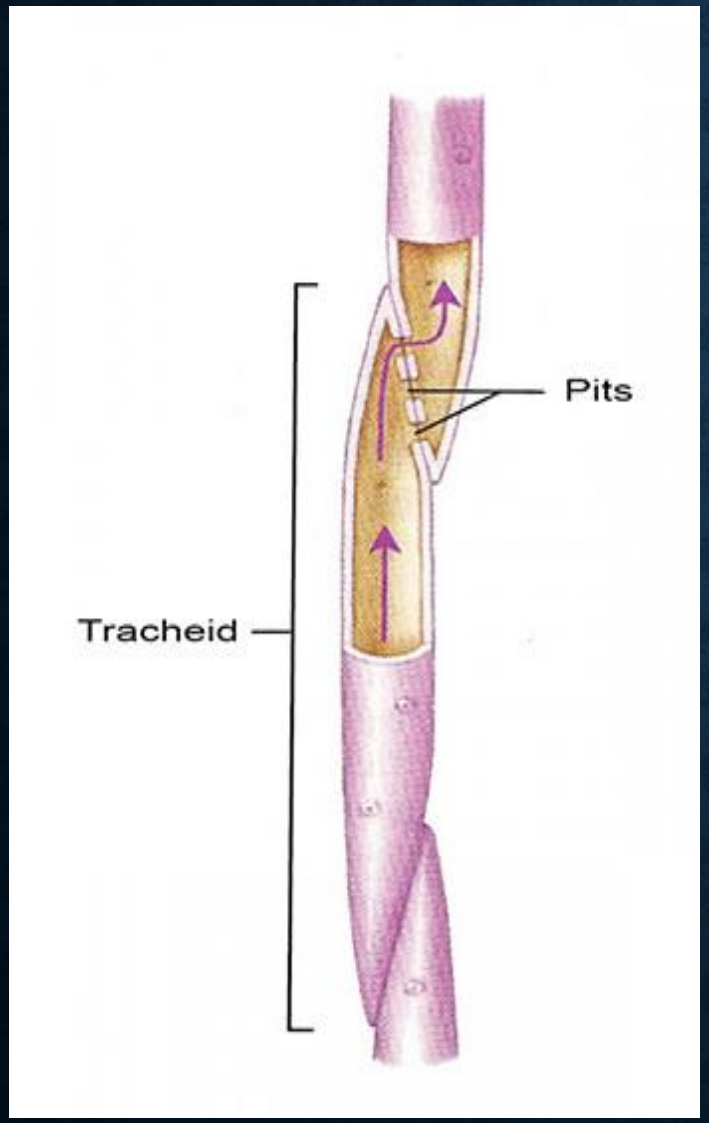
IV. پارانشیم آوند چوب

از بین این سلول‌ها تراکئیدها و وسل‌ها دارای آرایش عمودی بوده و در کار انتقال آب دخالت دارند. در آوند چوب، مخصوصا در درختان، فقط سلول‌های پارانشیمی زنده هستند. البته سلول‌های فیبر و پارانشیم در آوند آبکش نیز دیده می‌شوند.

ساختار آوندهای چوبی

سیستم آوند چوب دارای انشعاب و شاخه‌های متعددی است که انتقال ایمن آب به شاخ و برگ گیاه را تضمین می‌کند. بدین ترتیب که اگر بخشی از آوندها صدمه ببیند بقیه آنها کار انتقال آب را انجام می‌دهند.

ساختار آوندهای چوبی



۱– تراکئیدها :

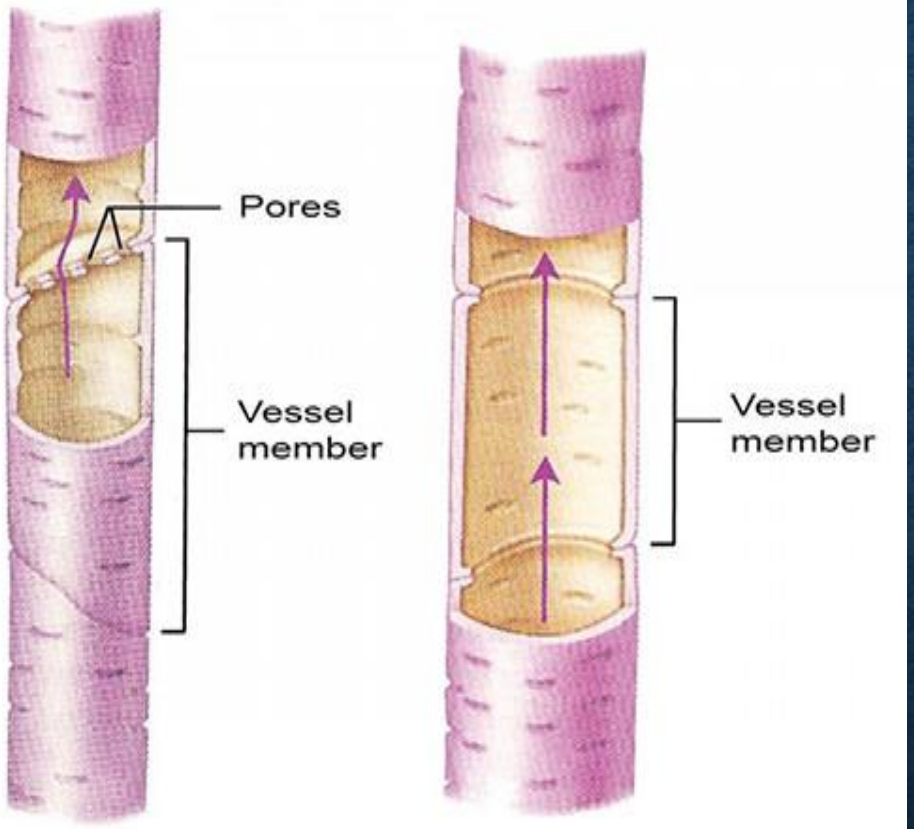
سلول‌هایی **کشیده با دو انتهای باریک** هستند که در ساختمان اندام‌های مختلف گیاهی به صورت پشت سر هم قرار می‌گیرند، طوری که انتهای باریک آنها به صورت همپوشان واقع می‌شود. در جریان تمایزیابی سلول‌های تراکئیدها به تدریج محتویاتشان را از دست می‌دهند و در پایان تمایزیابی که با **لیگنینی** شدن دیواره همراه است، می‌میرند و به شکل محفظه‌هایی توخالی در می‌آیند.

ماده لیگنین پیش از مرگ سلول‌ها به صورت ناپیوسته و به اشکال مختلف روی دیواره اولیه نهاده می‌شود که بر اساس نحوه رسوب لیگنین انواع مختلف تراکئید مثل **حلقوی** و **مارپیچی** را در نهانزادان آوندی و **هاله‌ای** یا **قرصی** را در بازدانگان بوجود می‌آورد.

ساختار آوندهای چوبی

سلول‌های تراکئیدی به علت نحوه قرارگیری در اندام‌های گیاهی و داشتن لیگنین نه تنها در نقش انتقال دهنده در پیکر گیاه می‌باشد بلکه نقش استحکام بخش را نیز بر عهده دارد. انتقال آب و املاح معدنی در تراکئیدها از طریق لانها یا پیت صورت می‌گیرد.

ساختار آوندهای چوبی



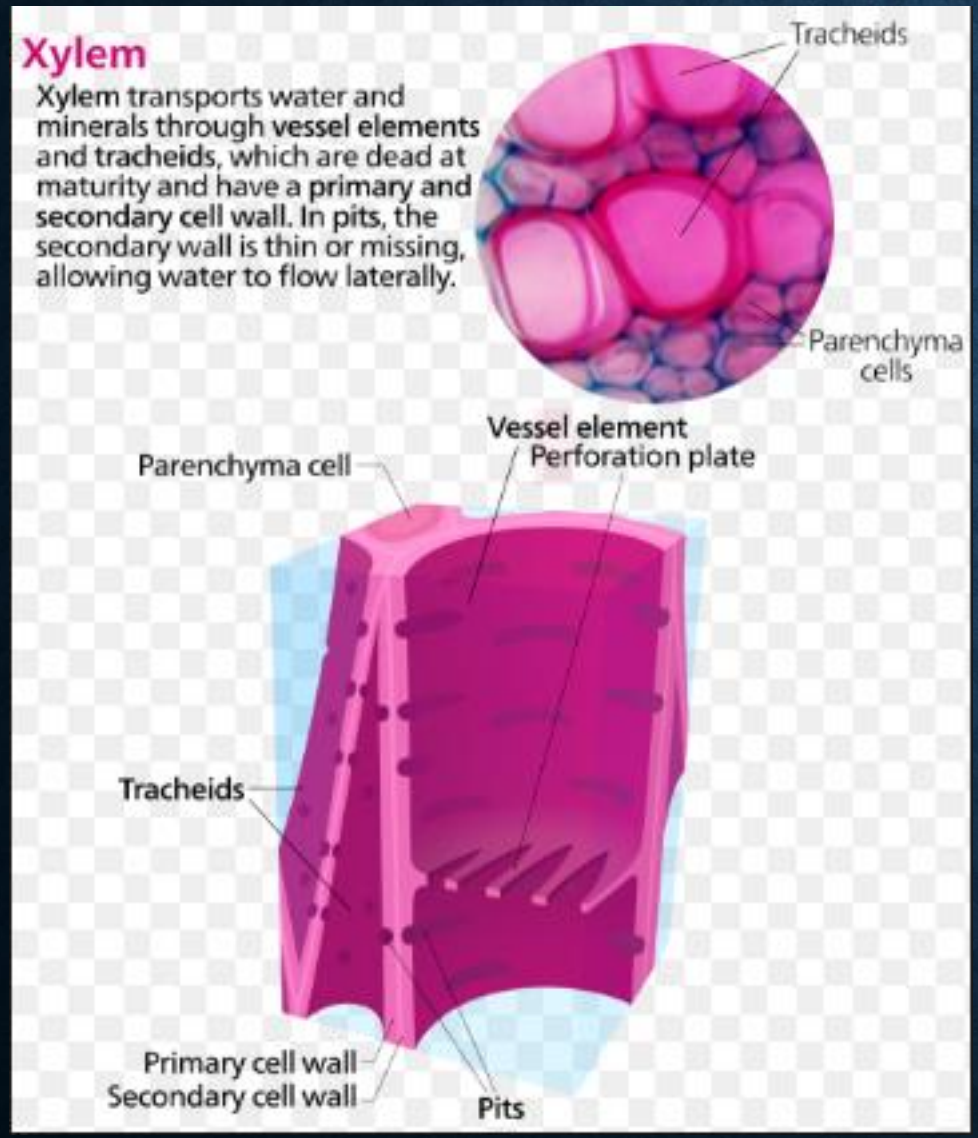
۲– وسل‌ها :

فقط در نهاندانگان دیده می‌شود و به تعداد متغیر در ساختمان یک آوند شرکت می‌کنند. آوندهایی که دارای وسل می‌باشند، **آوند کامل** نامیده می‌شوند.

تمایزیابی در هر کدام از سلولهای وسل به گونه‌ای است که نهایتا منجر به مرگ سلول‌ها می‌شود و در مراحل پایانی تمایز دیواره عرضی یاخته‌ها هم از بین می‌روند. در محل دیواره‌هایی که در طی تمایز متلاشی می‌شوند در بسیاری از موارد یک **حفره بزرگ** و گاهی **چند سوراخ بزرگ** ایجاد می‌شود.

ساختار آوندهای چوبی

ساختار آوندهای چوبی



۳– سلول‌های پارانشیمی :

سلول‌های پارانشیمی بافت چوب همانند بافت آبکش از نوع ذخیره‌ای‌اند. این سلول‌ها دارای بافت سلولزی یا لیگنینی می‌باشند که در آوندهای چوب اولیه در امتداد عناصر هدایت کننده قرار می‌گیرند، ولی در آوند چوب ثانویه علاوه بر پارانشیم‌های عمودی، پارانشیم‌های شعاعی نیز مشاهده می‌شود.

ساختار آوندهای چوبی

سلول‌های پارانشیمی چه پارانشیم شعاعی و چه پارانشیم عمودی معمولا تا زمانی که عناصر هدایت کننده بافت گزیلم دارای فعالیت انتقالی می‌باشند، **زنده** هستند. گاها دیده می‌شود که سلولهای پارانشیمی مانند غلاف دور تا دور آوند را فرا می گیرند، در چنین شرایطی به آنها **پارانشیم آوندی همراه** گویند.

انواع تغییرات دیواره سلول‌های پارانشیمی :

I. سمتی از سلول‌های پارانشیمی که به طرف آوند چوب قرار دارد دیواره‌های سلولزی این سلول‌ها به طرف داخل سلول برجستگی‌هایی را ایجاد می کنند که به شدت توسعه می‌یابد و نتیجه آن افزایش سطح غشاست. این غشا نقش مهمی می‌توانند در انتقال مواد داشته باشند. و آنها را **یاخته‌های ناقل** (**Transfer cells**) می‌نامند. این نوع گیاهان را بطور خاص در **گیاهان علفی در محل گره‌ها و برگها** و در برخی از ساختارهای ترشحی مشاهده می کنیم.

ساختار آوندهای چوبی

II. زمانی که سلول‌های هدایت کننده آوند چوب به خاطر افزایش سن گیاه یا جراحت آوندها غیرفعال شود، سلول‌های پارانشیمی مجاور، **زوائد پروتوپلاسمی** متعدد ایجاد می‌کنند که به داخل آوند نفوذ نموده و در داخل آوند بزرگ شده و نهایتا آوند را مسدود می‌کنند. این زوائد سیتوپلاسمی **تیلوز** خوانده می‌شود. با بسته شدن آوند، پاتوژن‌ها و انگل‌ها نمی‌توانند به درون آوند نفوذ کنند و باعث آلودگی سایر قسمت‌های دیگر آوند شوند.

ساختار آوندهای چوبی

۴– سلول‌های فیبری :

فیبرها در آوندهای چوب اولیه و ثانویه دیده می‌شوند و دارای دیواره‌های لیگنینی هستند ولی ضخامت لیگنین در دیواره سلول‌ها متفاوت است. انواع فیبر در بافت گزیلم عبارت است از :

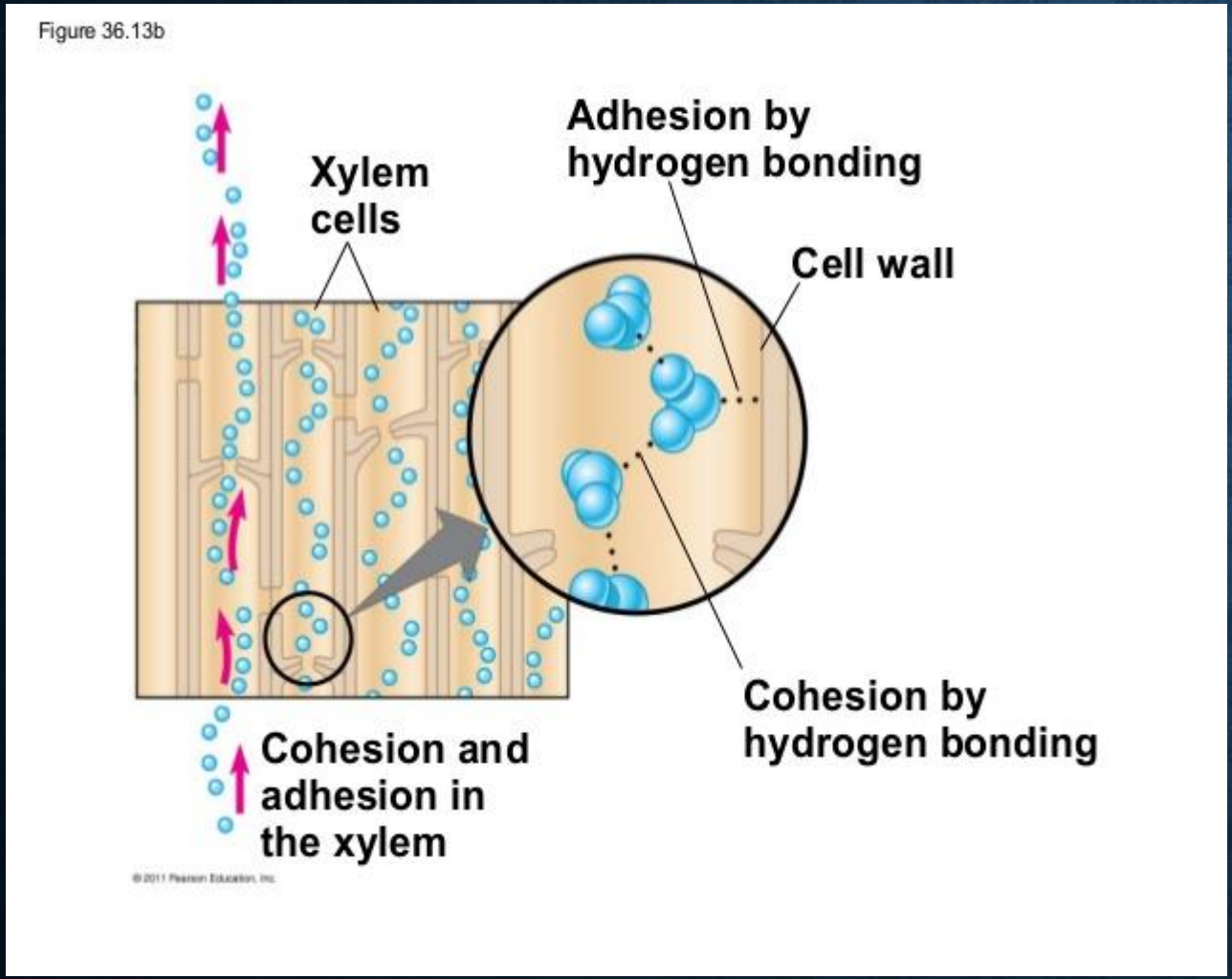
I. فیبر تراکئیدی : ضخامت ماده لیگنین بسیار اندک است.

II. فیبر لیبری فرم : این فیبرها دیواره ضخیم لیگنین دارند.

III. فیبر خانه خانه : دارای دیواره عرضی متعدد می‌باشند.

IV. فیبر ژلاتینی : این نوع فیبرها یا ماده لیگنینی ندارند یا لیگنین آنها کم است. ترکیبات پکتیکی در این نوع فیبرها فراوان است.

حرکت آب و مواد معدنی در آوندهای چوبی



حرکت آب و مواد معدنی در آوندهای چوبی به صورت **یک طرفه** از سمت ریشه به سمت اندام‌های هوایی است. **نیروی کششی ذاتی بین مولکول‌های آب** باعث حرکت آب به همراه مواد معدنی در درون آوندهای چوب می‌گردد.

بین نیروی کششی ذاتی مولکول‌های آب و قطر آوند رابطه معکوس وجود دارد، یعنی هر چه قطر آوند کمتر باشد میزان این نیرو بیشتر خواهد بود. همچنین مولکول‌های آب به منظور ثبات بیشتر در طول ستون آوندی به دیواره تراکئید و یا عروق آوندی می‌چسبند.

حرکت آب و مواد معدنی در آوندهای چوبی

حفره سانی یا رگ بستگی :

وجود هر گونه **حباب هوا** در ستون آب درون آوند باعث از بین رفتن نیروی کششی مولکول‌های آب و چسبندگی در آوند چوب شده و در نتیجه انتقال آب و مواد معدنی صورت نخواهد گرفت.

یک **سازگاری آناتومیکی** احتمال حضور حباب‌های هوا را کاهش می‌دهد. این سازگاری بدین شکل است که تراکئیدها و وسل‌های آوند چوب که به وسیله یک یا چند چاله یا حفره به هم متصل هستند، حباب‌های هوا عموماً بزرگتر از این دهانه‌ها بوده و بنابراین قادر به عبور از آنها نیستند. علاوه بر این، انسجام نیروی آب آن قدر زیاد است که حباب قادر به ورود به این حوزه‌های سفت و سخت که هیچ انعطاف‌پذیری ندارد، نمی‌تواند وارد شده و فشاری را به این حفره‌ها وارد کند.

حرکت آب و مواد معدنی در آوندهای چوبی

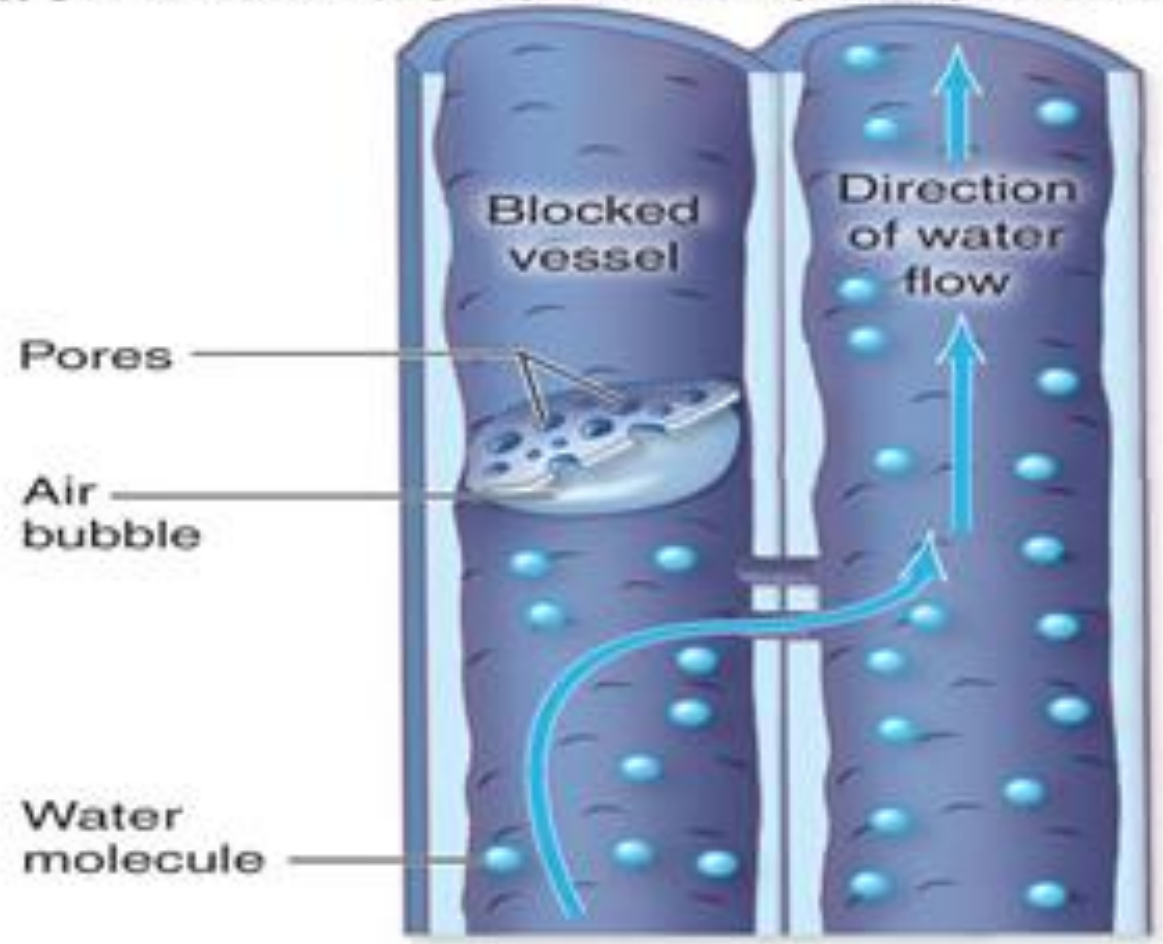
در **نهاندانگان** وجود عناصر آوندی (وسل‌ها) که قطر بیشتری نسبت به تراکئیدها دارند باعث مقاومت کمتر در برابر جریان آب شده، بنابراین حرکت آب در آوندهای چوب با سهولت و سرعت بیشتری نسبت به **بازدانگان** (وسل ندارند) صورت می گیرد.

قطر بیشتر وسل‌ها همیشه به عنوان یک مزیت نبوده و سبب می‌شود تا این عناصر راحت‌تر از تراکئیدها دچار پدیده حفره‌سانی یا رگ بستگی آوندها شوند. در این حالت سلول از بخار یا حباب‌های هوا پر شده و قادر به انتقال آب نیستند.

حفره‌سانی می‌تواند در اثر اختلاف در تامین آب بر اثر **خشکی** یا **یخ زدن زمین** و در نتیجه آسیب مکانیکی به سیستم انتقال آب صورت گیرد.

حرکت آب و مواد معدنی در آوندهای چوبی

Copyright © The McGraw-Hill Companies, Inc. Permission required for reproduction or display.



29

نیروهای مؤثر بر حرکت آب و مواد معدنی در آوندهای چوبی

آب به همراه یون‌ها و عناصر غذایی پس از عبور از ریشه‌ها و سلول‌های آن و ورود به درون گیاه لازم است که منتقل و به سمت بالا برده شوند. نیرو و مکانیسم‌های مختلفی برای این انتقال عناصر درون گیاه از طریق آوندهای چوب بیان شده است که دو مکانیسم مهم به شرح ذیل می‌باشند :

1. تعرق (Transpiration)
2. فشار ریشه‌ای (Root pressure)

تعرق

خروج آب از قسمت‌های هوایی گیاه به صورت بخار آب، **تعرق** نامیده می‌شود.

تعرق گیاه باعث جذب آب و مواد معدنی و عناصر محلول در آب می‌شود، بطوری که هر چه سرعت تعرق بیشتر باشد در نتیجه سرعت جذب آب و عناصر غذایی نیز بیشتر خواهد بود. عمل تعرق در انتقال عناصری مانند **کلسیم** و **بر** که در داخل گیاه قدرت جابجایی و حرکت را ندارند مهم است.

برگ اندام اصلی و عمده تعرق است و قسمت اعظم تعرق از میان روزنه‌های برگ (stomata) انجام می‌شود که به این نوع تعرق، **تعرق روزنه‌ای** می‌گویند.

البته مقدار کمی بخار آب از برگ‌ها و ساقه‌ها به وسیله تبخیر مستقیم از طریق یاخته‌های اپیدرمی و از میان کوتیکول خیلی نازک آنها خارج می‌شود که این پدیده را **تعرق کوتیکولی** گویند. همچنین خروج بخار آب می‌تواند از طریق عدسک‌های ساقه یا میوه انجام شود که **تعرق عدسکی** نامیده می‌شود.

تعرق

گیاه معمولاً به منظور عوامل زیر تعرق انجام می‌دهند :

I. جذب آب و دسترسی به عناصر معدنی

II. خنک کردن خود

III. ورود دی اکسید کربن به گیاه

تعرق

نقش تعرق در جذب آب و عناصر معدنی :

تعرق باعث می‌شود که پتانسیل آب برگ به پتانسیل آب ریشه کاهش یابد. زمانی که تعرق صورت می گیرد، پتانسیل آب ریشه منفی‌تر از خاک و پتانسیل برگ منفی‌تر از ریشه و پتانسیل جو منفی‌تر از برگ شده که باعث ایجاد یک جریان آب از خاک به اتمسفر می گردد.

اگر منحنی تعرق و منحنی جذب آب در ساعات مختلف شبانه روز را با هم مقایسه کنیم خواهیم دید که تغییرات هماهنگی را نشان می‌دهد. یعنی هر چقدر تعرق بالاتر باشد به همان اندازه هم شدت جذب آب نیز بالاتر است.

تعرق

عوامل مؤثر بر تعرق :

I. **رطوبت نسبی :** هر چه رطوبت نسبی جو بیشتر باشد، میزان تعرق کمتر خواهد بود. زیرا پتانسیل آب جو در این حالت افزایش می‌یابد. اگر رطوبت نسبی جو به حالت اشباع برسد، تعرق متوقف می‌شود. رطوبت نسبی جو به شدت از دمای محیط متاثر است.

II. **دما :** دما علاوه بر اثری که روی رطوبت نسبی دارد در شرایط طبیعی افزایش دما تا ۳۰-۲۵ درجه سانتیگراد باعث افزایش شدت تعرق شده و از این درجه به بعد باعث کاهش تعرق می شود. علت این پدیده آن است که افزایش دما تا ۳۰ درجه سانتیگراد در بعضی از گونه‌ها مانند پنبه، توتون و قهوه باعث باز شدن روزنه‌ها و پس از آن باعث بسته شدن روزنه‌ها می‌شود. در شمعدانی حتی در ۳۵ درجه سانتیگراد نیز روزنه باز باقی مانده، در نتیجه تعرق ادامه می‌یابد.

تعرق

III.باد و جریان هوا : باد باعث تجدید هوا در مجاورت بافت‌ها شده و شدت تعرق را افزایش می‌دهد. ولی شدید بودن آن باعث بسته شدن روزنه‌ها و کاهش تعرق می‌گردد. از طرف دیگر باد با به حرکت در آوردن برگ‌ها، خروج بخار آب از برگ‌ها را آسان می‌کند.

IV. روشنایی : در بسیاری از گیاهان شدت تعرق در تاریکی تقریبا صفر است و روشنایی باعث افزایش شدت تعرق می‌شود. علت آن باز شدن روزنه‌ها در روشنایی است. در بعضی از گیاهان مانند گیاهان گوشتی (تیره کاکتوس) روزنه‌ها در روز بسته و در شب باز می‌شوند، به همین دلیل میزان تعرق این گیاهان در شب بیشتر از روز است.

تعرق

V. **سطح اندام هوایی :** سطح اندام، بویژه برگ‌ها در تعرق اهمیت فوق‌العاده دارد. ریزش برگ‌ها هنگام پاییز و زمستان در درختان خزان شونده مناطق معتدل و به هنگام تابستان در گیاهان مناطق نیمه خشک، بطور قابل ملاحظه‌ای از شدت تعرق می کاهد. همچنین وجود خار یا برگ‌های بسیار کاهش یافته در گیاهان مناطق خشک موجب کاهش شدت تعرق می‌شود.

VI. **آرایش بافت‌های برگ :** آرایش بافت‌های برگ در تعرق موثرند. بافت نرده‌ای برگ در گیاهان مناطق خشک همیشه فشرده‌تر از بافت نرده‌ای گیاهان مناطق مرطوب است و کوتیکول آنها ضخیم می‌باشد. حتی گاهی بافت‌های بیرونی آنها چوب پنبه‌ای و یا چوبی می‌شود که این امر به مقدار زیاد از میزان تعرق می کاهد.

تعرق

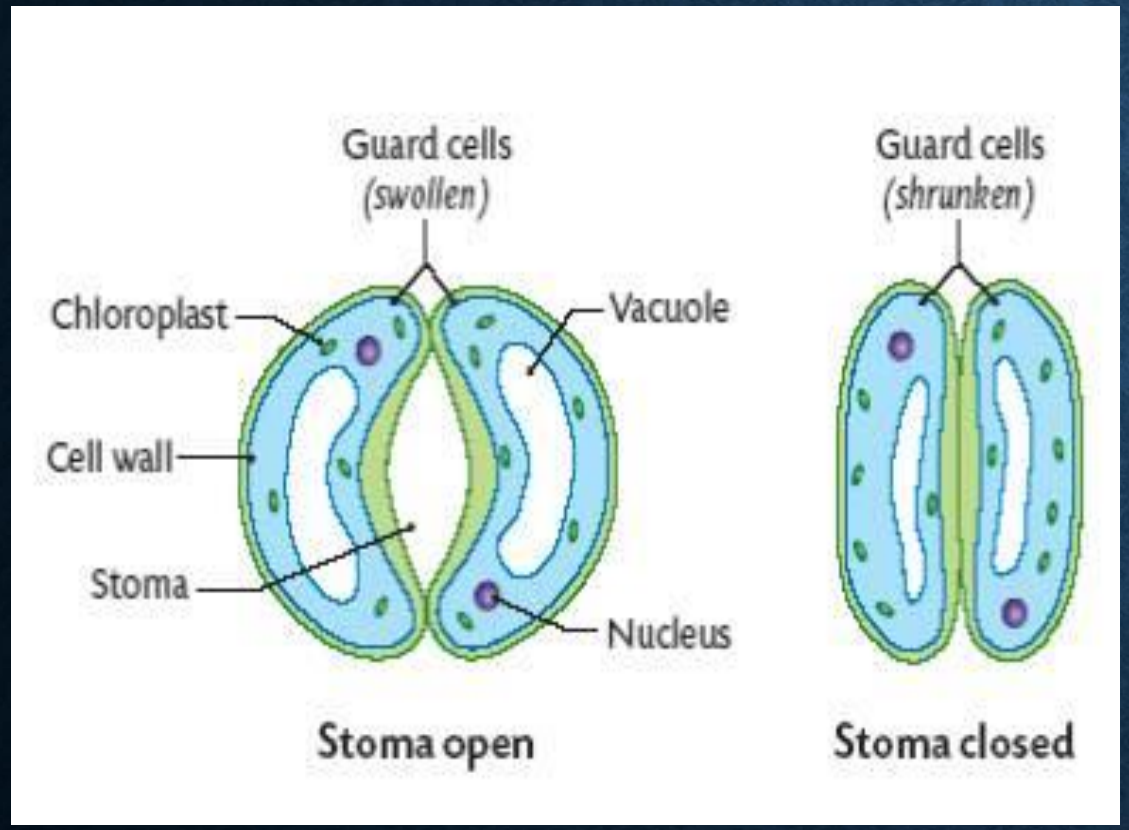
VII.تعداد و وضع روزنه‌ها : تعداد و وضع روزنه‌ها از عوامل اصلی تعرق به شمار می‌آید. همیشه نوعی رابطه مثبت بین تعداد روزنه‌ها و شدت تعرق وجود دارد. در بعضی گیاهان ساختار تشریحی خاص روزنه‌ها باعث کاهش شدت تعرق می‌شود. مانند کریپت روزنه‌ای در گیاه خرزهره که فرورفتگی‌های پر از کرک در سطح زیرین برگ هستند و روزنه‌ها در ته آنها قرار دارند.

تعرق

روزنه‌ها و مکانیسم عمل آنها :

یکی از عوامل مؤثر در تعرق، **هدایت روزنه‌ای** است. یعنی هر چه روزنه‌ها بیشتر باز باشند، میزان جذب عناصر بیشتر خواهد بود.

هر روزنه از دو سلول تخصصی، به نام **سلول‌های محافظ** (guard cells) تشکیل شده است. گیاهان دارای روزنه‌های زیادی (تا ٤٠٠ روزنه در هر میلیمتر مربع) در سطح برگ می‌باشند که معمولا در سطح پایینی برگ برای به حداقل رساندن از دست دادن آب، قرار دارند.



تعرق

سمنگان

تعرق

I. مکانیسم باز شدن روزنه‌ها :

باز شدن روزنه با حس یک نشانه زیست محیطی مانند نور، ریتم‌های سیرکادین، تخلیه CO_2 آغاز می‌شود. این نشانه‌ها واکنش‌هایی را که باعث ورود آب به سلول‌های محافظ می‌شود را موجب می‌گردد. باز شدن روزنه‌ها طی مراحل ذیل صورت می‌گیرد :

i. دریافت سیگنال : نور آبی در سپیده‌دم سیگنالی است که توسط یک پروتئین گیرنده در سلول‌های محافظ دریافت می‌شود.

ii. پروتئین گیرنده سیگنال H^+-ATPases در غشاء سلول‌های محافظ باعث شروع پمپ شدن H^+ به خارج از سلول‌های محافظ می‌شود. این از دست رفتن بار مثبت باعث ایجاد بار منفی در سلول می‌گردد.

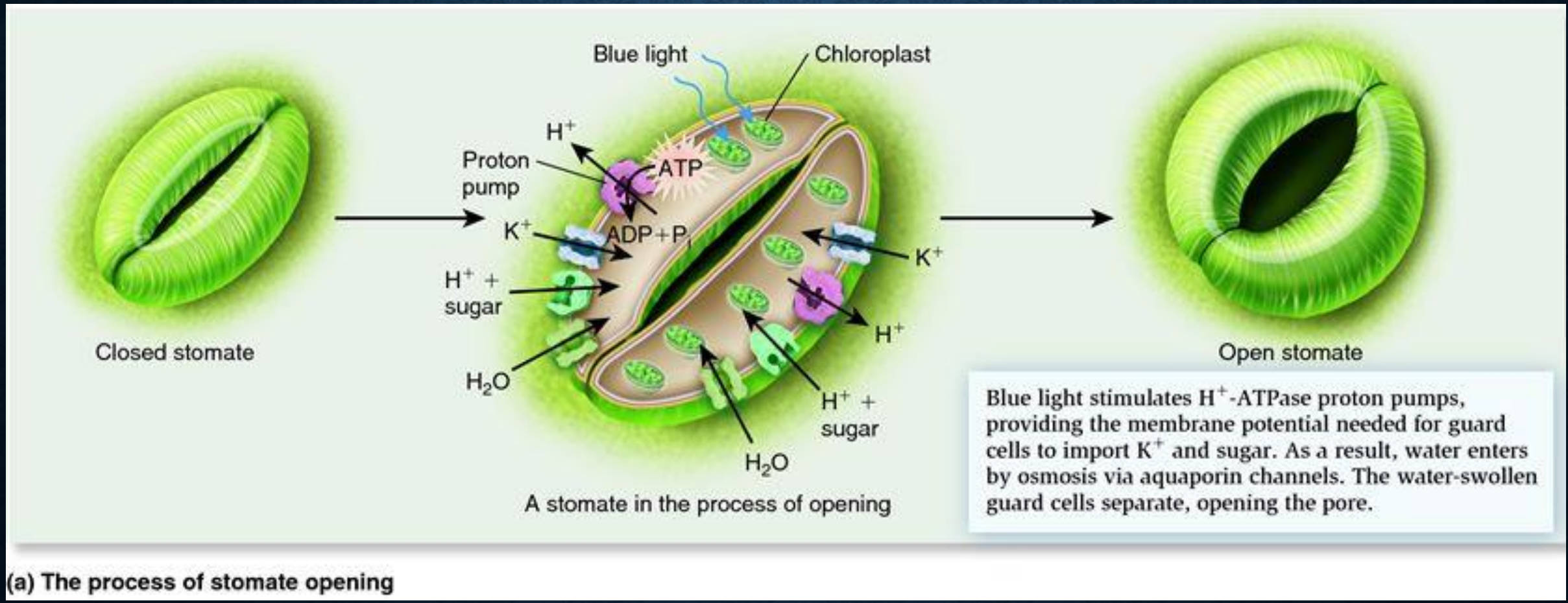
تعرق

iii. یون‌های پتاسیم (K^+) از طریق کانال‌های غشاء وارد سلول‌های محافظ می‌شوند تا بار داخلی منفی آنها را خنثی نماید، که با ورود یون‌های پتاسیم به سلول‌های محافظ، پتانسیل درون این سلول‌ها کاهش می‌یابد.

iv. کاهش پتانسیل سلول‌های محافظ باعث جذب و ورود آب به درون این سلول شده و موجب افزایش فشار هیدرواستاتیک این سلول‌ها می گردد.

v. فشار هیدرواستاتیک باعث تغییر شکل سلول‌های محافظ و در نتیجه باز شدن روزنه و تبادل گازی از طریق روزنه‌ها می گردد.

تعرق



(a) The process of stomate opening

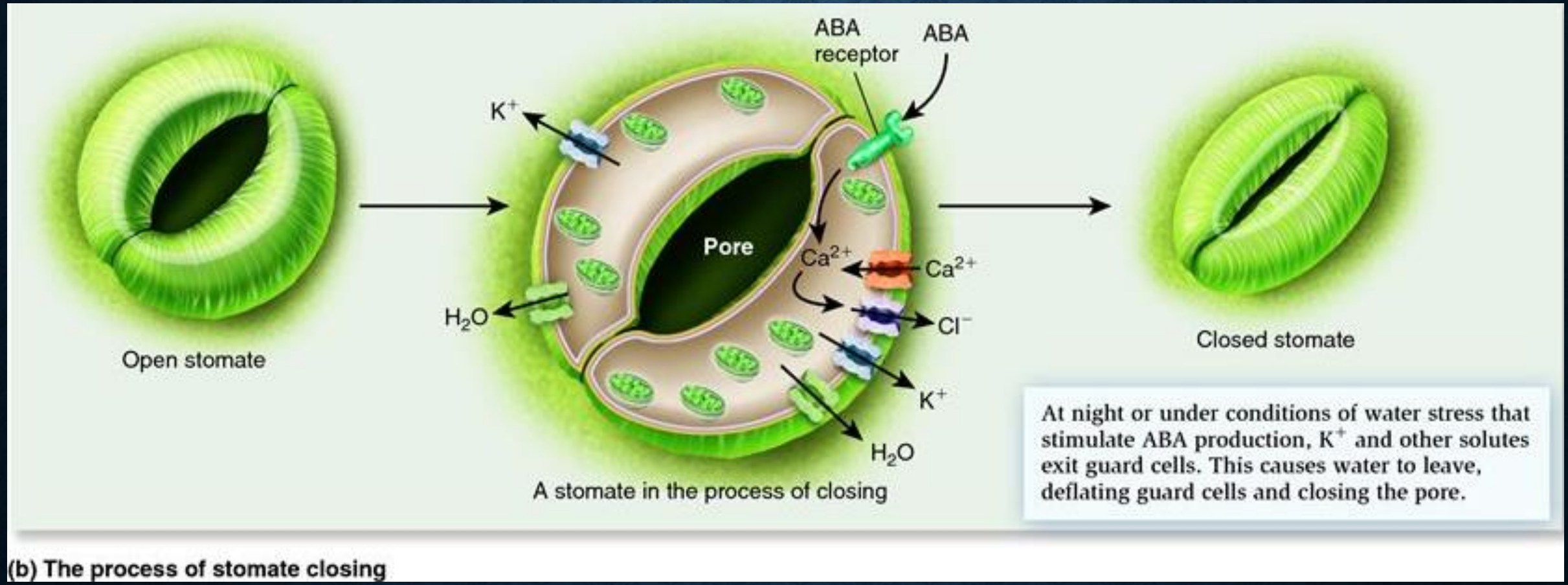
تعرق

II. مکانیسم بسته شدن روزنه‌ها :

بسته شدن روزنه‌ها در پاسخ به عواملی مانند تنش، اسید آبسزیک و ... است.

با دریافت سیگنال‌هایی مانند سیگنال اسید آبسزیک توسط گیرنده‌ها مانند گیرنده‌های اسید آبسزیک، باعث خروج آب، K^+، Cl^- و جایگزینی Ca^{2+} در سلول‌های محافظ و در نتیجه کاهش فشار درون آنها و شل شدن این سلول‌ها شده در نتیجه روزنه‌ها بسته می‌شوند.

تعرق



(b) The process of stomate closing

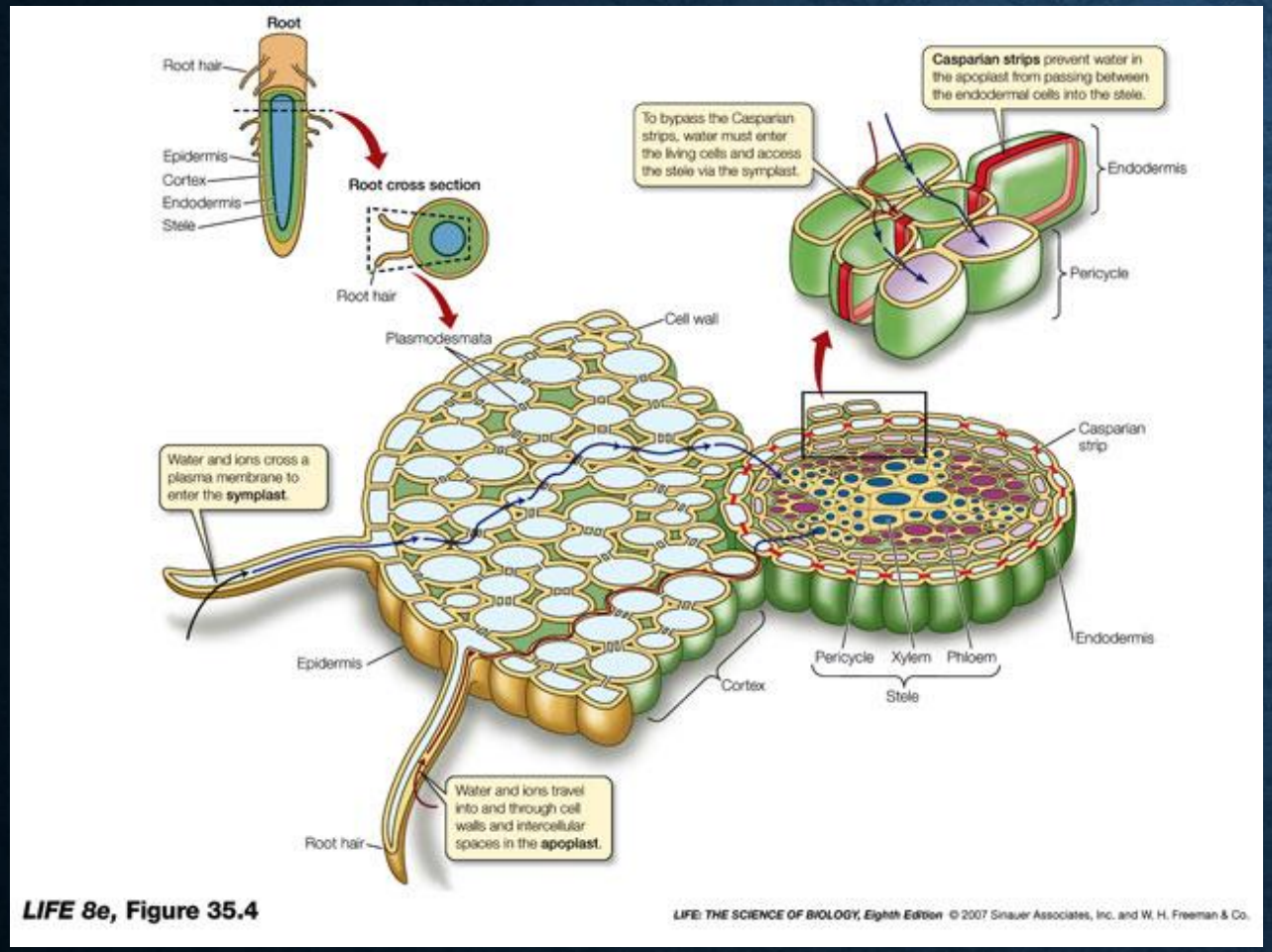
فشار ریشه‌ای

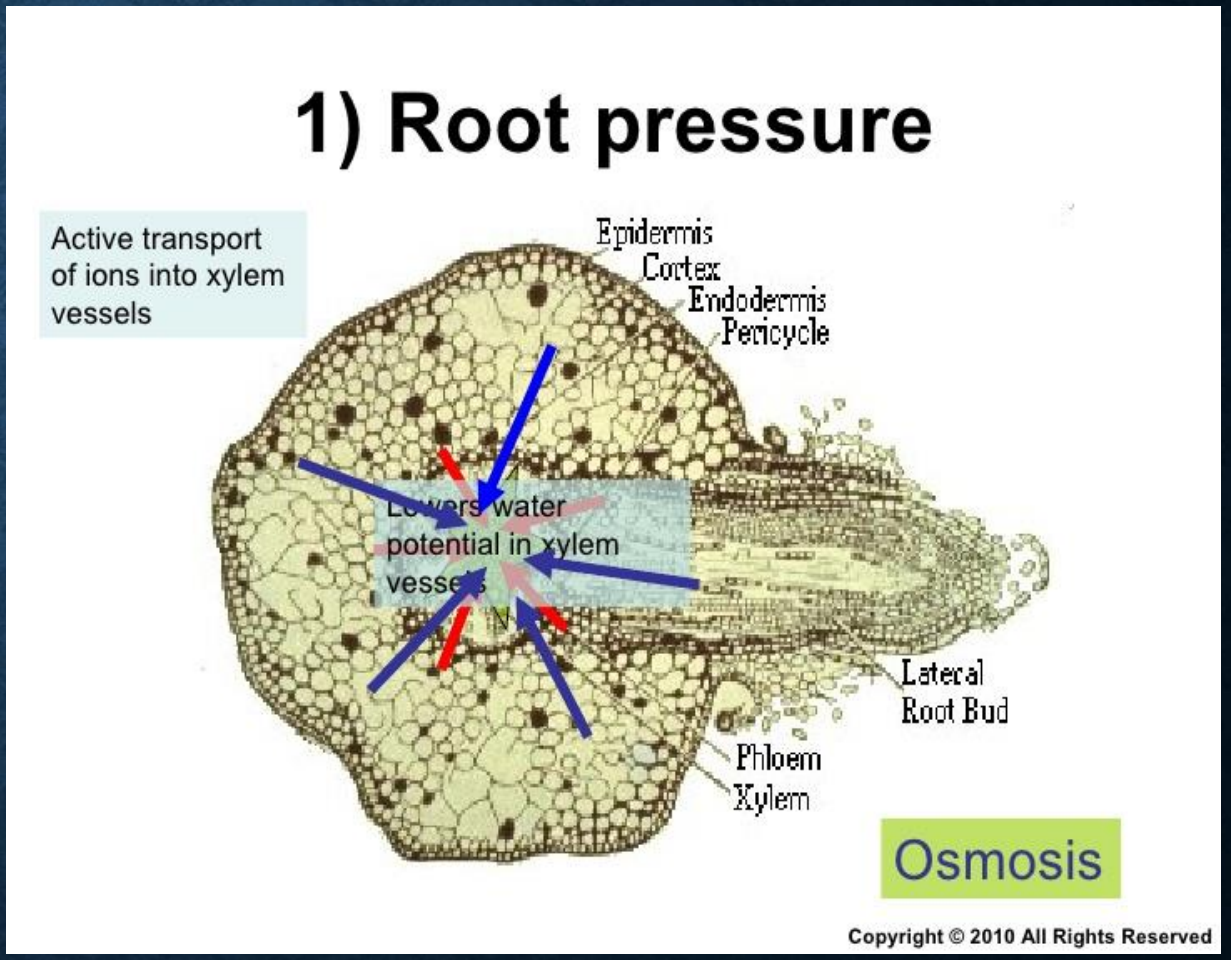
نیروی فشار ریشه‌ای عامل اصلی انتقال آب و مواد معدنی درون آوندهای چوب نیست (نسبت به تعرق) ولی می‌تواند به عنوان عامل مهمی در زمان کاهش تعرق و یا بالا بودن رطوبت خاک عمل نماید.

نحوه عمل مکانیسم فشار ریشه‌ای :

مواد معدنی موجود در سلول‌های ریشه که توسط انتقال فعال وارد شده‌اند، باعث افزایش غلظت املاح درون سلولی می‌شود. در نتیجه آب به واسطه اسمز با فشار از دو مسیر **آپوپلاست** (فضای بین سلولی) و **سیم‌پلاست** (فضای درون سلولی) وارد آوندهای چوب می‌شود و در نتیجه ریشه گیاه فشاری را برای صعود آب در گیاه وارد می‌کند بطوری که گاهی این فشار به **۸ اتمسفر** می‌رسد یعنی این فشار می‌تواند آب را در آوندها تا ۸۰ متر بالا بفرستد.

فشار ریشه‌ای


Root
Root hair
Epidermis
Cortex
Endodermis
Stele
Root cross section
Root hair
Casparian strips prevent water in the apoplast from passing between the endodermal cells into the stele.
To bypass the Casparian strips, water must enter the living cells and access the stele via the symplast.
Endodermis
Pericycle
Cell wall
Plasmodesmata
Casparian strip
Water and ions cross a plasma membrane to enter the symplast.
Epidermis
Cortex
Pericycle
Xylem
Phloem
Stele
Endodermis
Water and ions travel into and through cell walls and intercellular spaces in the apoplast.
Root hair
LIFE 8e, Figure 35.4
LIFE: THE SCIENCE OF BIOLOGY, Eighth Edition © 2007 Sinauer Associates, Inc. and W. H. Freeman & Co.


1) Root pressure
Active transport of ions into xylem vessels
Epidermis
Cortex
Endodermis
Pericycle
Lowers water potential in xylem vessels
Lateral Root Bud
Phloem
Xylem
Osmosis
Copyright © 2010 All Rights Reserved

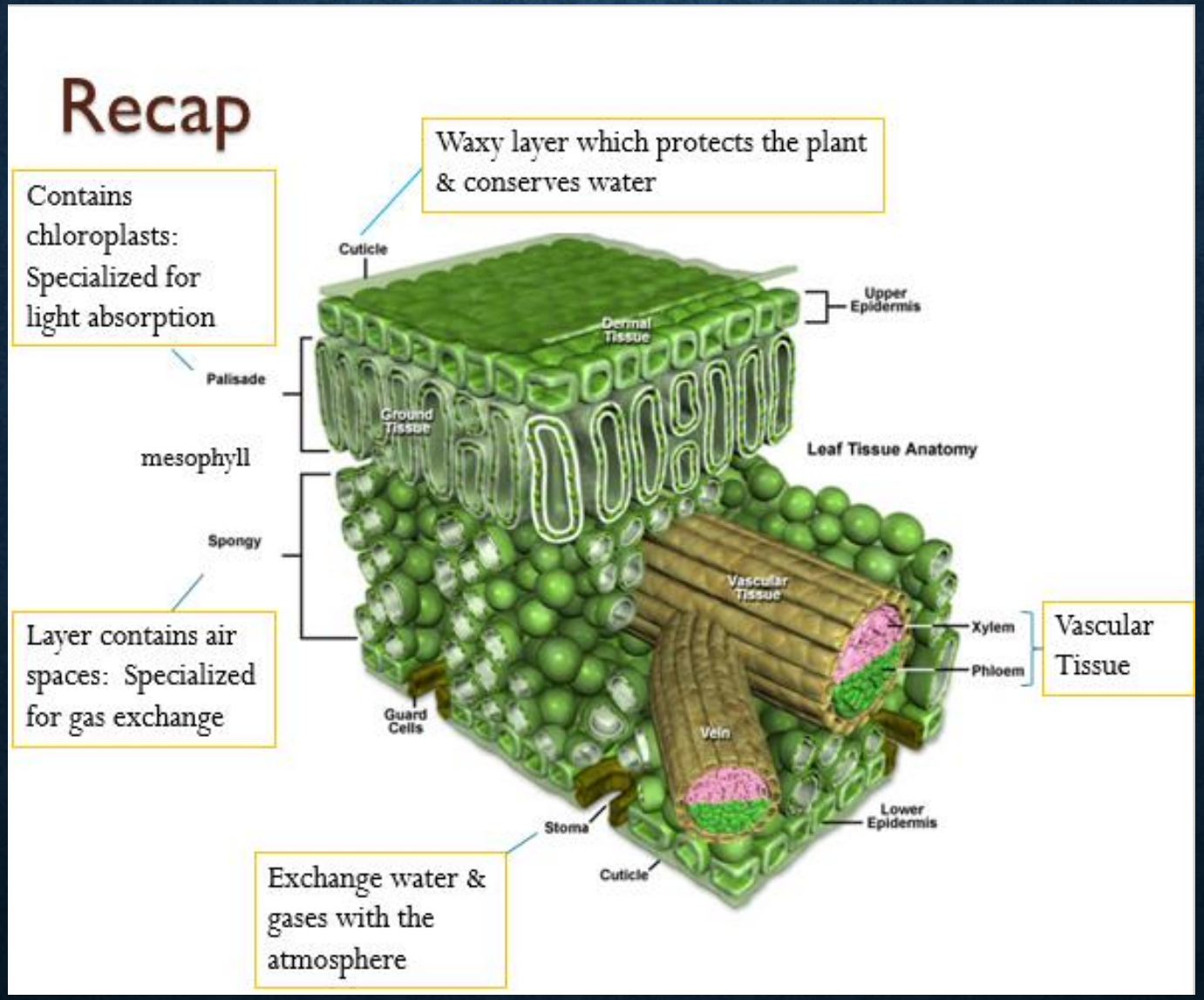
حرکت آب در برگ‌ها

گام نهایی در انتقال آب در گیاه، جریان آن به برگ‌ها و توزیع آن در برگ می‌باشد.

در هر گره برگ، انشعابی از سیستم آوندی از آوند چوب ساقه جدا و از طریق دمبرگ وارد برگ شده و در آنجا پراکنده می‌شود. در این ارتباط در **کاج‌ها** یک رگبرگ از مرکز برگ عبور می‌کند، در حالی که در **گراس‌ها و تک‌لپه‌ایها** رگبرگ‌های متعدد به موازات هم وجود داشته و در پهن برگ یک شبکه رگبرگی به وجود می‌آید. رگ‌های کوچکی که از داخل **بافت‌های مزوفیل** می‌گذرند سبب ارتباط بین این رگبرگ‌های اولیه می‌شوند.

تعداد زیاد رگبرگ‌های کوچک سبب می‌شود تا فاصله سلول‌های برگ از رگبرگ مجاور بسیار اندک باشد در نتیجه باعث انتشار آب از سلولی به سلول دیگر گردد. در نهایت انتقال آب به صورت مایع از طریق انتشار در سیم پلاست و آپوپلاست و به صورت بخار در فضاهای بین سلولی انجام می‌شود.

حرکت آب در برگ‌ها



مقاومت در برابر حرکت آب

حرکت آب در طی مسیر جریان **رابطه معکوسی** با میزان مقاومت موجود در مسیر دارد.

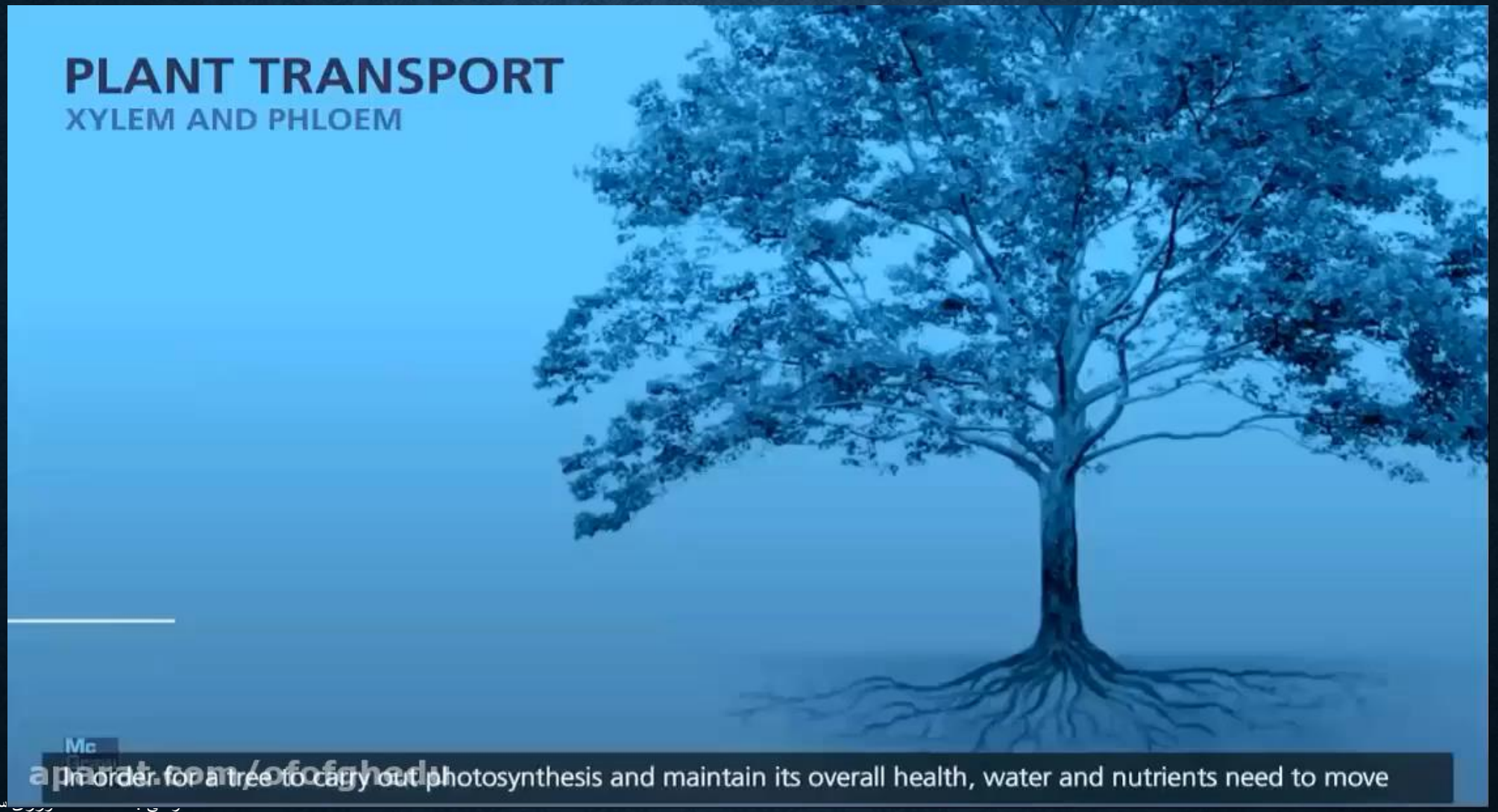
مقاومت می‌تواند در نقاط مختلف مسیر مانند ریشه، ساقه و برگ وجود داشته باشد. گرچه میزان آن در ریشه و برگ به مقدار قابل توجهی بیشتر از ساقه است.

عواملی که باعث افزایش مقاومت آوند چوب می‌شوند مانند افزایش ویسکوزیته، افزایش طول مسیر جریان هستند.

عواملی که باعث کاهش مقاومت آوند چوب می‌شوند مانند افزایش شعاع عنصر آوندی، افزایش تعداد لوله‌های انتقالی می‌باشند.

معمولا **مقاومت طولی** در انتقال آب در آوند چوب ناچیز است و به ندرت برای عرضه آب به اندام‌های هوایی محدود کننده می‌باشد.

انیمیشن انتقال مواد در گیاهان



آوندهای آبکش

بافت آبکشی (غربالی) هدایت فراورده‌های فتوسنتز را به عهده دارد و همانند بافت چوبی یک بافت مرکب است.

بافت آبکشی در **نهاندانگان** دارای چند نوع یاخته است که شامل عناصر غربالی، سلول همراه، فیبر، اسکلرید و پارانشیم می‌باشند و در **بازدانگان** فاقد سلول همراه و گاهی فیبر است.

تغییراتی در عناصر غربالی صورت می‌گیرد تا نهایتا به یک عنصر فعال در انتقال تبدیل شود. این تغییرات در دیواره‌ها، سیتوپلاسم و اندامک‌ها می‌باشد. **دیواره‌های جانبی** سلول‌ها زیاد تغییر نمی‌کنند و فقط کمی ضخیم می‌شوند. مهمترین تغییرات در دیواره انتهایی آنها صورت می‌گیرد که به شکل سوراخ‌های متعدد در این دیواره‌ها منجر می‌شوند که در نهایت حالت غربال به خود می‌گیرد که آنها را به نام **صفحه آبکش** می‌گویند.

آوندهای آبکش

پروتوفلوئم و متافلوئم :

بافت آبکش نخستین از پروکامبیوم منشأ می‌گیرد و شامل پروتوفلوئم و متافلوئم است.

پروتوفلوئم در بخش‌هایی از گیاه که در حال رشد طولی هستند تشکیل می‌گردد.

متافلوئم پس از پروتوفلوئم به وجود می‌آید و محل تشکیل آن بخش‌هایی از گیاه است که رشد طولی آنها متوقف نشده است. بافت آبکش در گیاهانی که فاقد رشد پسین و در مرحله بلوغ‌اند، از متافلوئم تشکیل می‌شود.

معمولاً اجزای لوله‌های آبکش پروتوفلوئم نسبت به اجزای لوله‌های آبکش متافلوئم درازتر و باریکترند.

آوندهای آبکش

در آوند آبکش جریان دو طرفه است یعنی براساس پدیده منبع- مخزن (source-sink) :

1. **کربوهیدرات‌ها :**

I. منبع : برگ‌ها، ساقه‌ها و بافت‌های ذخیره‌ای بذر.

II. مخزن : ریشه‌ها و شاخه‌های در حال رشد، گل‌ها و میوه‌ها.

2. **پروتئین‌ها :**

I. منبع : ریشه‌ها، غده‌ها، ریزوم‌ها.

II. مخزن : ریشه‌ها و شاخه‌های در حال رشد، برگ‌های در حال توسعه، گل‌ها و میوه‌ها.

مایع در آوند آبکش شامل ۱۰ تا ۲۵ درصد ماده خشک، تقریبا همه آن از ساکارز است.

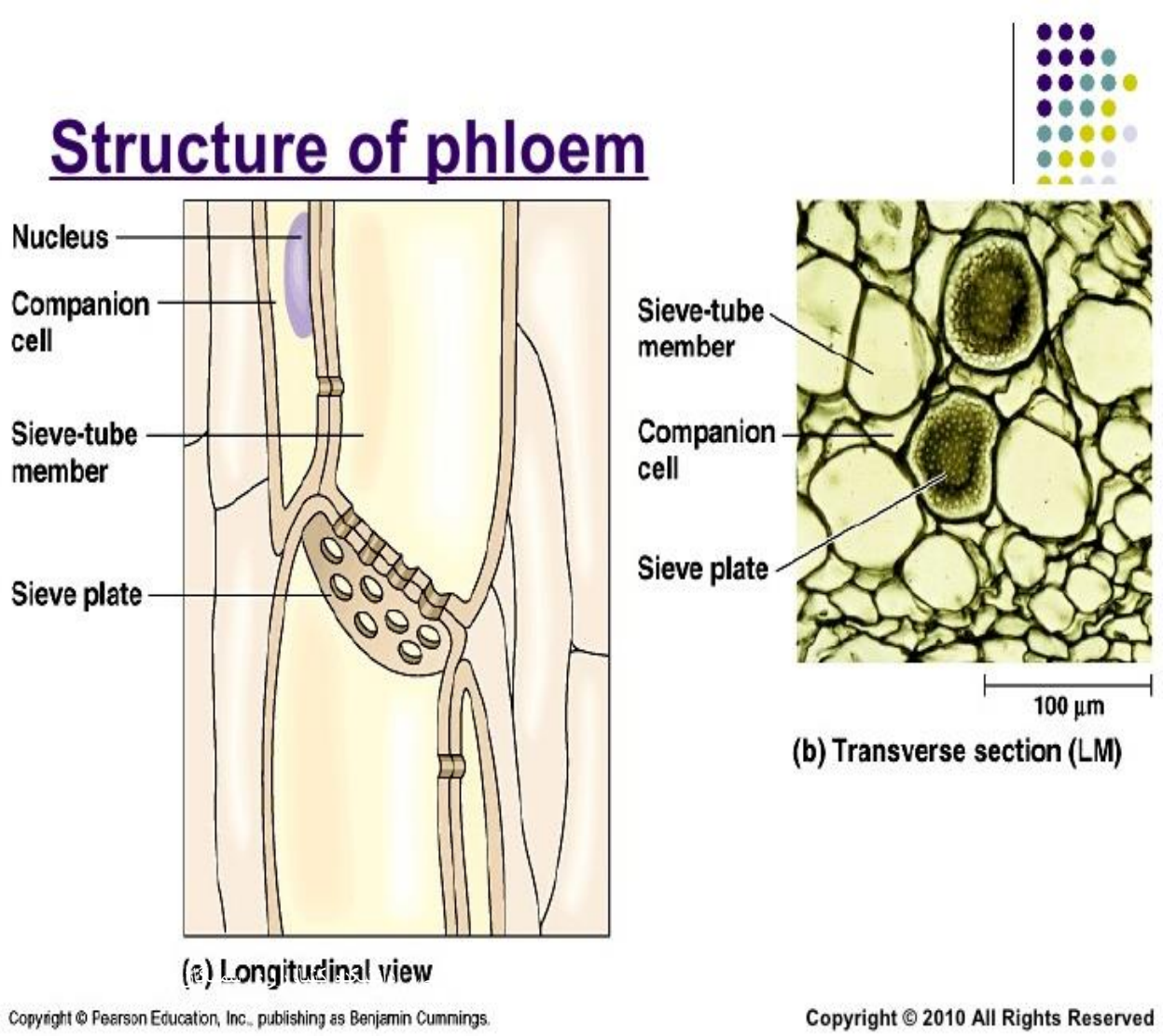
آوندهای آبکش

با استفاده از ردیاب‌های رادیواکتیو، مشخص شده است که حرکت مواد در آوند آبکش می‌تواند بطور قابل ملاحظه‌ای سریع باشد که اندازه آن ۵۰ تا ۱۰۰ سانتیمتر در ساعت سنجش شده است.

منابع کربوهیدرات شامل بافت فتوسنتزی، از جمله مزوفیل برگ، و بافت‌های ذخیره‌سازی غذایی مانند کورتکس ریشه می‌باشند. سینک ها در درجه اول رئوس در حال رشد بخش‌هایی مانند ریشه، ساقه و میوه‌های در حال توسعه هستند.

مدل انتقال در آوند آبکش با عنوان فرضیه جریان جرمی (mass-flowhypothesis) و یا فرضیه جریان فشار نامیده می‌شود. کربوهیدرات محلول از یک منبع جریان یافته و به یک سینک یا مخزن برای استفاده منتشر می‌شوند.

ساختار آوندهای آبکش



I. **عناصر غربالی :** پروتوپلاسم تحلیل رفته، بدون واکوئل و هسته، دارای سیتوپلاسم

II. **سلول‌های همراه :** باریک، دارای دیواره نازک با سیتوپلاسم فراوان و هسته، فعالند و لوله غربال را زنده نگه می‌دارند، مواد مغذی را به لوله‌های غربال ارائه می کنند، تامین انرژی برای انتقال شیره پرورده، تعداد میتوکندری فراوان دارند

III. **فیبر**

IV. **سلول‌های پارانشیمی**

بارگیری شیره پرورده در آوندهای آبکش

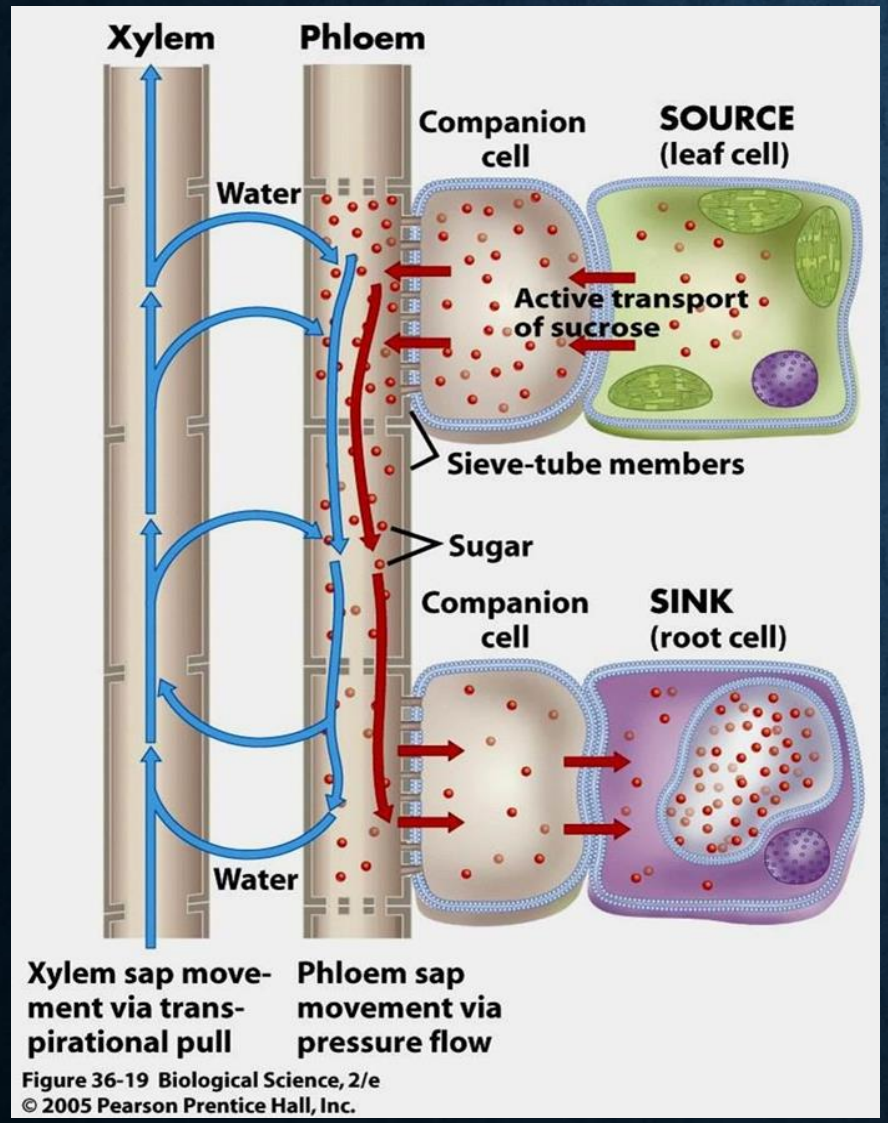
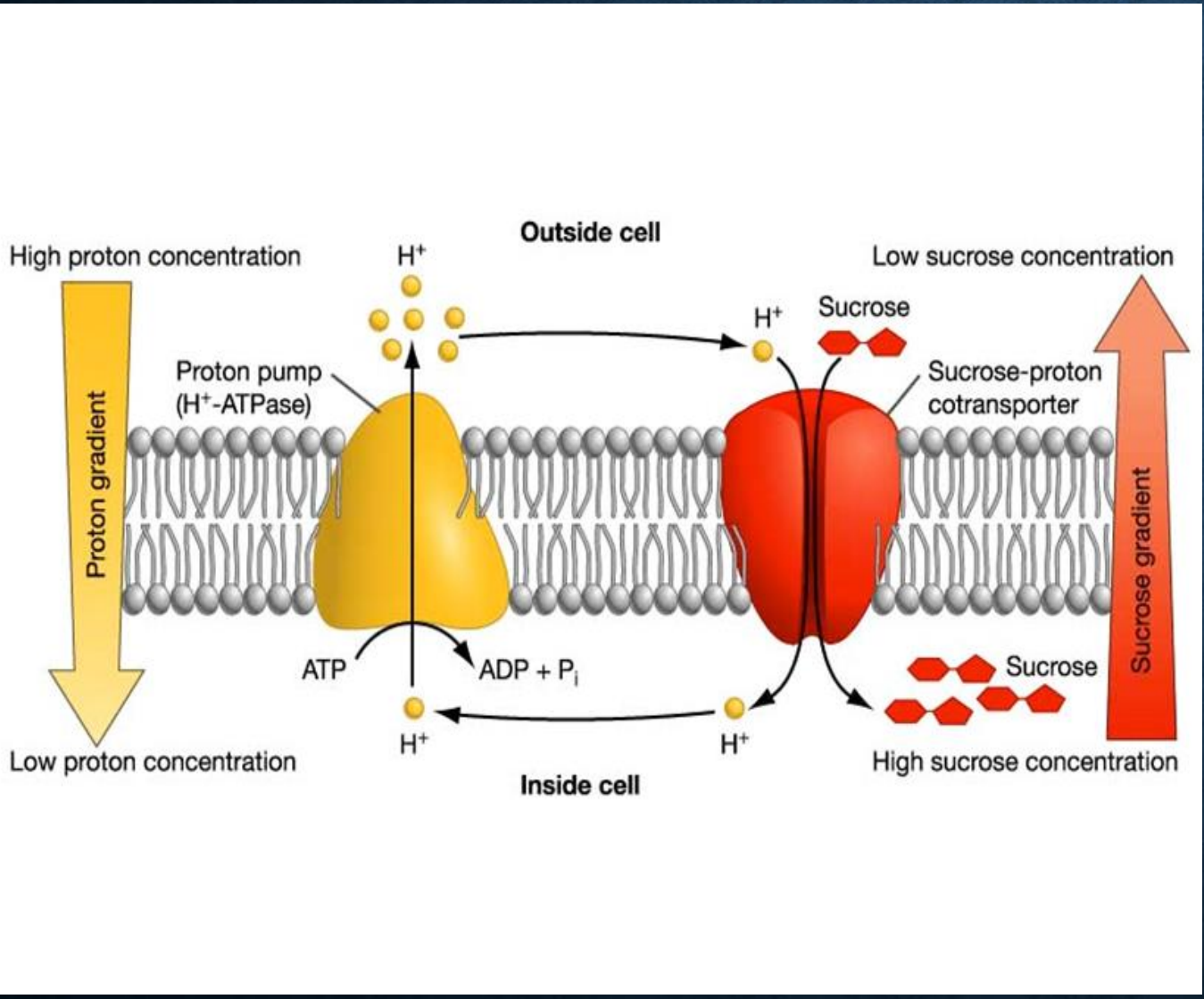


Figure 36-19 Biological Science, 2/e
© 2005 Pearson Prentice Hall, Inc.

بارگذاری کربوهیدرات‌ها (عمدتا ساکارز) در لوله‌های غربال آوند آبکش، کوچکترین رگچه‌ها در منبع، مرحله‌ای است که انرژی نیاز دارد.

سلول‌های همراه و پارانشیم مجاور لوله غربال، انرژی **ATP** لازم برای این مرحله انتقال را فراهم می کنند.

بارگیری شیره پرورده در آوندهای آبکش

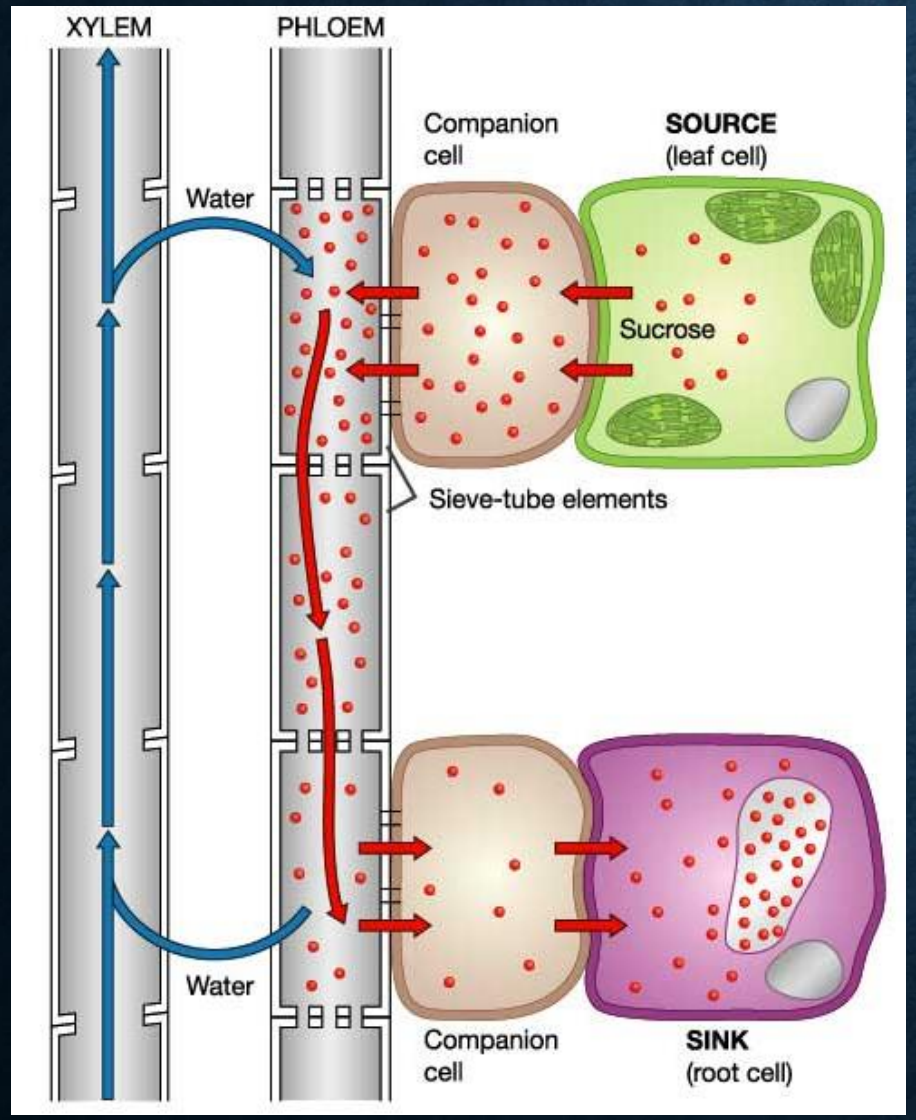


I. یون‌های H^+ به طور فعال با استفاده از ATP به خارج از سلول آبکش منتقل می‌شوند.

II. H^+ بالا، شیب غلظت یون‌ها را در خارج از سلول بیشتر می کند.

III. یون‌های H^+ جریان برگشتی به داخل سلول خواهند داشت و انرژی آزاد شده برای انتقال فعال ساکارز به داخل سلول آبکش استفاده می‌شود .

مکانیسم حرکت شیره پرورده در آوندهای آبکش



با بارگیری فعال شیره پرورده به درون آوند آبکش، به دلیل تفاوت بین پتانسیل آب در لوله‌های غربال و در سلول‌های آوند چوبی نزدیکتر، آب به داخل لوله‌های غربال به روش اسمز جریان می‌یابد و باعث افزایش فشار تورژسانس در لوله‌های غربال می‌شود. این افزایش فشار تورژسانس موجب حرکت سیال در سراسر سیستم گیاه در لوله‌های غربال می گردد.

در مخزن، کربوهیدرات‌ها به طور فعال حذف و حرکت آب در لوله‌های غربال به روش اسمز و فشار تورژسانسی که وجود دارد، باعث ایجاد یک جریان توده‌ای از فشار بالاتر در منبع به فشار پایین‌تر در مخزن می گردد.

مکانیسم حرکت شیره پرورده در آوندهای آبکش

موازنه آب خاک

خطای نمونه‌برداری

کارایی مصرف آب

خطای نمونه‌برداری

نیاز آبی گیاه و بهینه سازی مصرف آب

خطای نمونه‌برداری

تنش آبی

خطای نمونه‌برداری

آزمایش‌های رابطه آب، خاک و گیاه

خطای نمونه‌برداری