

PDFZilla – Unregistered

PDFZilla - Unregistered

PDFZilla - Unregistered

دانشکده فنی و کشاورزی مراغه

گروه کشاورزی

رابطه آب خاک و گیاه

مدرس

مهران اقابابا پروین

بهمن ۱۳۹۸

عنوان	صفحه
فصل اول- آب.....	۱۳
۱-۱- نقش آب در زندگی یا فیزیولوژی گیاهان.....	۱۳
۱-۱-۱- آب به عنوان محیطی برای انواع واکنشهای شیمیایی یا متابولیکی.....	۱۳
۱-۱-۲- نقش آب در فشار هیدروستاتیکی (فشار تورمی) در سلولهای گیاهی.....	۱۳
۱-۱-۳- نقش آب در حفظ و حراست ساختمان مولکولهای آلی درشت.....	۱۵
۱-۱-۴- نقش آب در انتقال مواد از خاک به گیاه و در داخل گیاه.....	۱۵
۱-۱-۵- اثر آب در تثبیت دمای گیاه.....	۱۵
۱-۱-۶- آب به عنوان محیطی برای مواد تشکیل دهنده سلول.....	۱۶
۱-۲- خواص آب.....	۱۶
۱-۲-۱- ساختمان آب.....	۱۶
۱-۲-۲- پیدایش نیروی کوهسیون (پیوستگی).....	۱۶
۱-۲-۳- پیدایش نیروی ادهسیون.....	۱۸
۱-۲-۴- گرمای انجماد.....	۱۸
۱-۲-۵- کشش سطحی آب.....	۱۹
۱-۲-۶- ویسکازیته یا گرانروی.....	۲۶
۱-۳- منابع.....	۲۷
فصل دوم- محلولهای آبی.....	۲۹
۲-۱- دمای انجماد.....	۲۹
۲-۲- فشاربخار آب (e,p).....	۲۹
۲-۲-۱- فشار بخار اشباع (e ₀ , p ₀).....	۳۰
۲-۳- فشار اسمزی.....	۳۳
۲-۴- دمای جوش.....	۳۶
۲-۵- پتانسیل شیمیایی.....	۳۶
۲-۵-۱- پتانسیل شیمیایی برای محلولهای ساده و رقیق (نمکهای آن کم و مشخص باشد)	۳۷

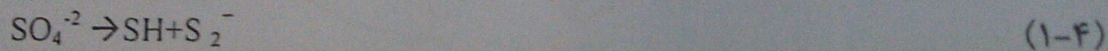
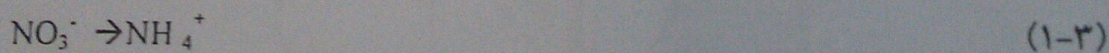
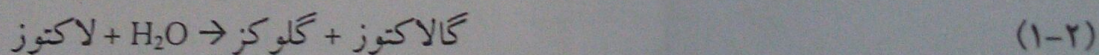
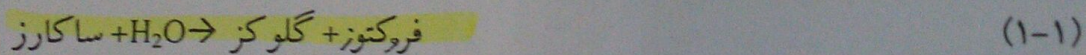
۷۷	۴-۴- روابط آبی سلول‌های گیاهی
۸۰	۴-۴-۱- مدول کشسانی، یا کشش پذیری (ε)
۸۱	۴-۵- منابع
۸۳	فصل پنجم- حرکت یا انتقال اجسام در خاک و گیاه
۸۳	۵-۱- جابجای فعال
۸۴	۵-۲- جابجایی غیر فعال
۸۴	۵-۲-۱- انتشار
۸۷	۵-۲-۲- جریان یا انتقال تجمعی برای آب
۹۱	۵-۳- منابع
۹۳	فصل ششم- جریان آب در خاک
۹۳	۶-۱- مقدمه
۹۳	۶-۱-۱- نیروهای ادهسیون و کوهسیون
۹۴	۶-۱-۲- نیروهای کاپیلاری یا موئینگی
۹۵	۶-۱-۳- مقدار آب خاک
۹۵	۶-۱-۴- منحنی مشخصات آب خاک
۹۷	۶-۱-۵- نقاط و محدوده های رطوبتی خاک
۱۰۰	۶-۱- حرکت آب در خاک
۱۰۲	۶-۲-۱- جریان ماندگار
۱۰۸	۶-۲-۲- جریان غیر ماندگار
۱۱۰	۶-۴- منابع
۱۱۱	فصل هفتم- سیستم جذب و انتقال آب در گیاه
۱۱۱	۷-۱- مقدمه
۱۱۱	۷-۲- جذب و انتقال آب
۱۱۹	۷-۳- پتانسیل آب و حرکت آب در مسیر
۱۲۴	۷-۴- فشار ریشه و تعریق (گاتیشن)
۱۲۵	۷-۵- رابطه رشد ریشه و رطوبت خاک
۱۲۷	۷-۶- مکانیزم باز و بسته شدن روزنه‌ها

فصل اول آب

در مسیر خاک، گیاه و اتمسفر آب به عنوان جسمی است که به مقدار قابل توجهی از خاک به گیاه و به اتمسفر می‌زود.

۱-۱- نقش آب در زندگی یا فیزیولوژی گیاهان

۱-۱-۱- آب به عنوان محیطی برای انواع واکنشهای شیمیایی یا متابولیکی اگر آب سلول کم باشد در اثر اختلال در واکنشهای ضروری رشد گیاه کم می‌شود.
مثالها:



اگر آب سلول کم شود انجام این واکنش توسط گیاه متوقف می‌شود و از تکمیل پروتئین‌ها جلوگیری به عمل می‌آید.

۱-۱-۲- نقش آب در فشار هیدروستاتیکی (فشار تورمی) در سلول‌های گیاهی

فشار تورمی خود مسئول سه کار است:

الف - حالت شادابی و بشاشیت سلول: فشار تورمی بالا باشد در نتیجه بشاشیت بالاست.

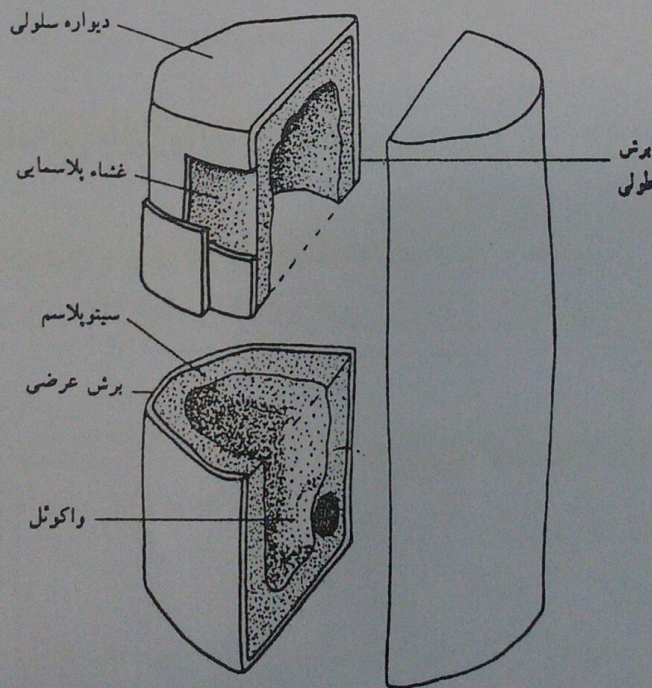
ب - رشد و نمو سلول‌های گیاهی: به شدت به فشار تورمی بستگی دارد.

ج - حرکت اندام‌های گیاه: همانند باز و بسته شدن روزنه‌ها، گسترش ریشه در خاک.

نکته ۱-۱: دو عامل باعث فشار تورمی در سلول‌های گیاهی می‌شود: اول - سخت و مقاوم

بودن دیواره سلولی دوم - حالت نیمه تراوایی تقریبی غشاء سلولی.

دیواره سلولی عمدتاً از سلولز تشکیل یافته که دارای مقاومت مکانیکی در زمان جمع شدن یا باز شدن دیواره است. درون دیواره سلولی غشاء سلولی وجود دارد که چسبیده به آن و خاصیت نیمه تراوایی تقریبی دارد (نیمه تراوایی تقریبی = نفوذ پذیری افتراقی). این غشاء قابل نفوذ به آب است ولی املاح نمی‌توانند نفوذ کنند مگر آنهایی که گیاه لازم دارد به همین دلیل نیمه تراوایی تقریبی گویند حتی سرعت آنرا نیز معین می‌کند که هر جسم با چه سرعتی جذب شود (شکل ۱-۱).



شکل ۱-۱. نمای شماتیک یک سلول گیاهی در برش میکروسکوپی، غشاء سلولی (غشاء

پلاسمایی) دیده می‌شود

(اگر سلول را در آب قرار دهیم سلول آب به خود جذب می کند (پدیده اسمز) و به دلیل وجود دیواره محکم (دیواره سلولی) سبب بالا رفتن فشاردرون سلول می شود که به آن فشار تورمی گویند.)

نکته ۱-۲: پدیده اسمز جریان آب از یک محیط رقیق به محیط غلیظ از طریق یک پرده نیمه تراو، که این پدیده در جریان آب از خاک به سلول های ریشه گیاه بسیار مهم است.

۳-۱-۱- نقش آب در حفظ و حراست ساختمان مولکول های آلی درشت

پروتئین ها، نوکلئیک اسیدها و... از نظر فیزیکی باید فرم خاصی داشته باشند تا بتوانند در یک واکنش شرکت کنند.

مثال: مولکول های آب به صورت هیدراته اطراف مولکول های احیا کننده ازت را می پوشانند که عامل مهمی در فعال کردن آنزیم هستند و اگر گیاه دچار کمبود شدید آب شود مولکول غیر فعال می شود چون از فرم خوب بودن خارج می شود.

۴-۱-۱- نقش آب در انتقال مواد از خاک به گیاه و در داخل گیاه

جابجایی مواد به دو صورت انتشار و توده ای می باشد. انتشار برای فواصل کوچک و توده ای برای فواصل طولانی (انتقال از ریشه به طرف اندام های بالایی)

در داخل گیاه

۵-۱-۱- اثر آب در تثبیت دمای گیاه

این امر به دو علت است: اول - گرمای تبخیر که حدود ۵۸۰ کالری برای هر گرم است و دوم گرمای ویژه که برابر $1 \text{ cal} \cdot \text{g}^{-1} \cdot ^\circ\text{C}^{-1}$ است

مثال: سالانه حدود ۱۲۰۰۰ متر مکعب در هکتار آب جذب گیاه یونجه می شود، حدود ۱٪ مورد استفاده واقعی گیاه قرار می گیرد. حدود ۹۹٪ آن به صورت بخار به جو متصاعد می شود. این سبب می شود مقداری از تشعشع خورشید که به گیاه می رسد بخش اعظم آن صرف تبخیر آب از گیاه شود که دمای گیاه از حد معینی تجاوز نکند.

مقدار آب گیاه در مقایسه با سایر مواد گیاه بسیار بالاست (۷۸٪) پس مثل این است که

بقیه اجزاء در آب غوطه‌ور باشند و نیز به دلیل بالا بودن گرمای ویژه آب نوسان‌های دما زیاد بالا نبوده و گیاه را از افزایش یا کاهش دمای شدید و کشنده حفظ می‌کند.

۱-۱-۶- آب به عنوان محیطی برای مواد تشکیل دهنده سلول حدود سه چهارم گیاه را آب تشکیل می‌دهد، تمام واکنش‌ها در محیط آب صورت می‌گیرد.

۱-۲- خواص آب

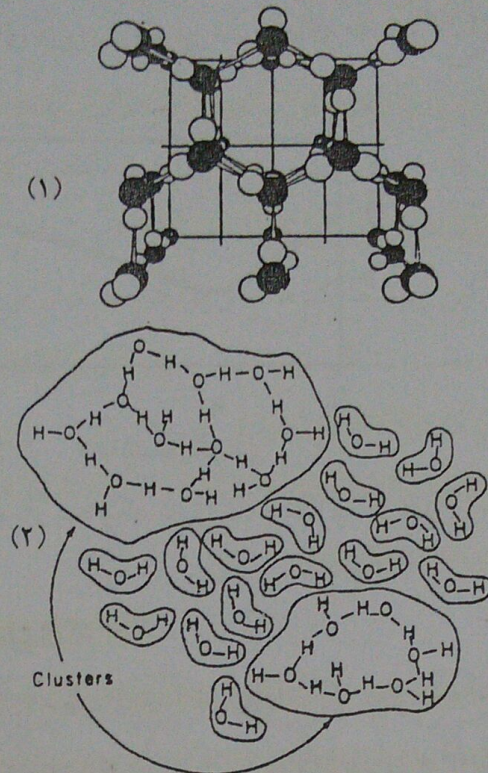
حال به دلیل اهمیت آب در گیاه نیاز است که مقداری در مورد آب بدانیم.

۱-۲-۱- ساختمان آب

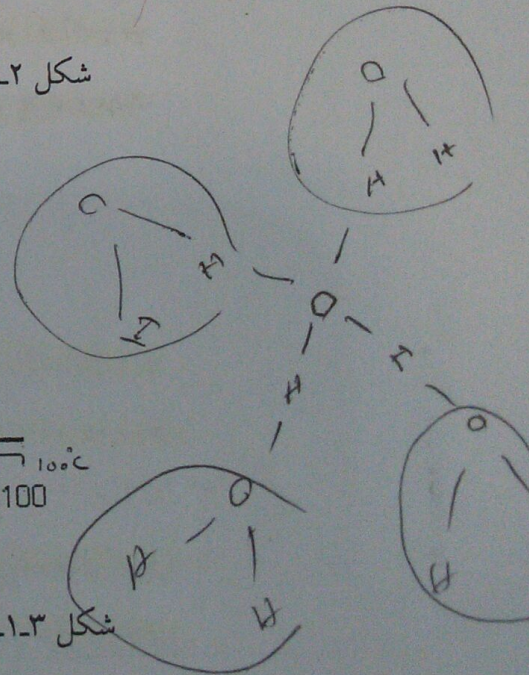
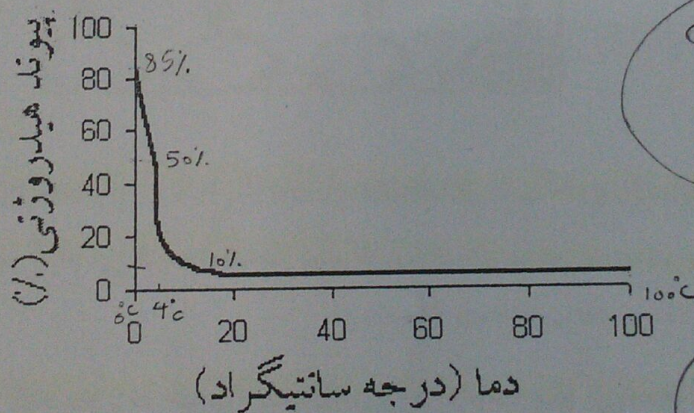
مولکول آب به صورت H_2O دارای یک اتم اکسیژن و دو اتم هیدروژن می‌باشد. ترکیب این دو با پیوند کووالانسی (اشتراکی) است. چون خاصیت الکترونگاتیوی اکسیژن بیشتر است از حالت تقارن خارج و به صورت مولکول دو قطبی درآمده و از طرف هیدروژن دارای بار مثبت کم و نیز قسمت اکسیژن دارای کمی بار منفی است و این شرایط منشاء خواص زیادی است.

۱-۲-۲- پیدایش نیروی کوهسیون (پیوستگی)

کوهسیون نیرویی که مولکول‌های هم نام را به هم پیوند می‌دهد. در مورد آب این نیرو پیوند هیدروژنی است و این نیرو باعث می‌شود که هر مولکول آب بتواند حد اکثر با ۴ مولکول آب دیگر ارتباط برقرار کند (شکل ۱-۲). اگر اتصالات چهار گانه منظم شود یخ به وجود می‌آید ساختمان یخ کریستالی است، اگر به صورت مایع باشد مولکول‌ها انرژی جنبشی دارند که موجب تخریب ساختمان کریستالی می‌شود. و دارای نظم خاصی نیست. با افزایش دما پیوند هیدروژنی کاهش می‌یابد مثلاً در آب صفر درجه 85% ، در آب 4 درجه 50% و در 100 درجه سانتیگراد 10% پیوندها هیدروژنی است (شکل ۱-۳).



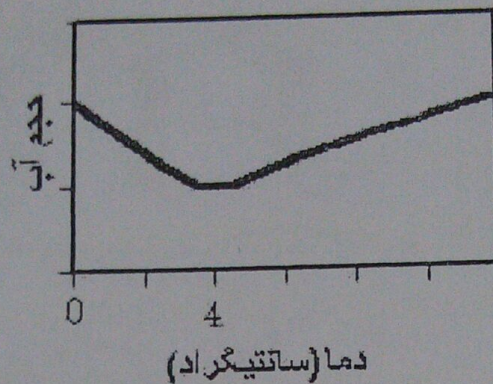
شکل ۱-۲- نحوه پیوند مولکول های آب به صورت یخ (۱) و مایع (۲)



شکل ۱-۳- نمودار شماتیک تغییرات پیوند هیدروژنی آب در مقابل دما

تغییرات حجم آب در مقابل دما حالت خاصی دارد طوری که در دمای ۴ درجه سانتیگراد کمترین حجم و با کاهش و افزایش دما حجم اضافه می شود. دلیل افزایش حجم در پایین و بالای دمای ۴ درجه متفاوت است. دمای بالای ۴ درجه به دلیل جنبش

مولکول‌ها و فاصله بین آنهاست ولی در دمای کمتر از ۴ درجه (با وجود چسبیدگی مولکول‌ها به هم) به دلیل حفره‌های درون مولکولی است (شکل ۱-۴ و ۱-۲).



شکل ۱-۴- نمودار شماتیک تغییرات حجم آب در مقابل دما

۱-۲-۳- پیدایش نیروی ادهسیون (چسبندگی)

این نیرو بر اثر پیدایش پیوند هیدروژنی بین آب و مولکول‌های دیگر است که این مولکول‌ها بسیار متفاوت هستند (همانند ذرات خاک، دیواره سلولی و...). این نیرو اهمیت فراوان دارد چون سبب نگهداری آب در خاک یا سبب صعود آب در آوند و نیروی کاپیلاری و غیره می‌باشد.

نیروی ادهسیون بین آب و دیواره

۱-۲-۴- گرمای انجماد

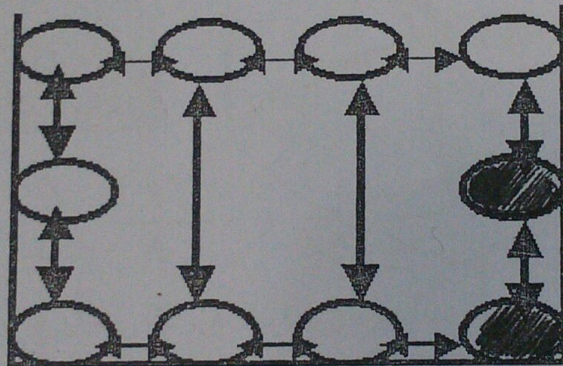
وقتی احتمال می‌رود دمای هوا پایین بیاید گیاه را آبیاری بارانی منی کنیم. قطرات آب روی برگ‌ها یخ زده و گرما آزاد می‌کند در نتیجه نمی‌گذارد دمای نبات به صفر یا زیر صفر برسد.

نکته ۱-۳: اگر آب داخل گیاه یخ بزند حجم آب بالا می‌رود موجب پارگی سلول‌های گیاه می‌شود و برای جلوگیری از این مشکل گیاه غلظت مواد داخل خود را بالا می‌برد تا یخ زدگی اتفاق نیفتد چون با افزایش املاح نقطه انجماد پایین می‌آید.

۱-۲-۵- کشش سطحی آب ۱

الف - مفهوم کشش سطحی

اگر یک ظرف آب مایع را در نظر بگیریم مولکول های سطح مایع به صورت یک پرده نازک می باشند و این به علت دو قطبی بودن مولکول هاست که با پیوند هیدروژنی توسط مولکول های زیرین به طرف پایین کشیده می شود (این عامل مانع فرار مولکول ها می شود ولی با افزایش دما این پیوندها کم شده و مولکول ها فرار می کند) که به آن کشش سطحی گویند و تابعی از دماست (شکل ۱-۵)، همچنین اگر بخواهیم این مولکول ها را به طرف بالا بکشیم به راحتی کشیده نمی شوند (شکل ۱-۶). این کشش سطحی قابل ملاحظه را می توان در در شناوری یک سوزن بر روی آب و یا حرکت بعضی حشرات در روی سطح آب به وضوح مشاهده کرد.



شکل ۱-۵- نمادی از کشیده شدن مولکول های آب به طرف داخل

ب- فرمول کشش سطحی (مفهوم تئوری)

$$\sigma = \frac{F}{2\pi r} \quad (۱-۵)$$

به عبارت دیگر کشش سطحی برابر نیرو بر طول می باشد.

که F بر حسب dyne و طول $(2\pi r)$ بر حسب سانتی متر

این پارامتر با علائم γ و S نیز نشان می دهند و واحد آن برابر می باشد

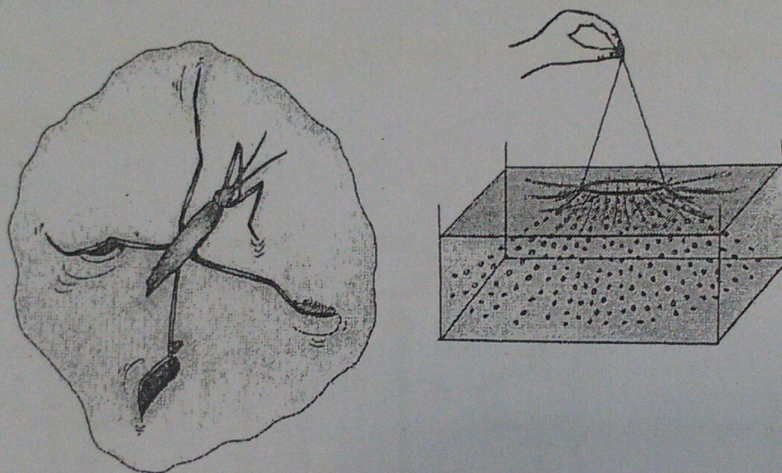
$$20 \frac{1}{MT^2} \quad \frac{ML^2}{(T \cdot L)^2}$$

(دیمانسیون σ برابر $ML^2T^{-2} \cdot L^{-2}$ یا MT^{-2} می باشد)

ج- فرمول دیگر

رابطه دیگر کشش سطحی را انرژی بر واحد سطح تعریف می کند که با واحد $erg \cdot cm^{-2}$ بیان می شود. اگر رابطه ۵-۱ را در L ضرب و تقسیم کنیم به این منظور خواهیم رسید

$$\sigma = \frac{FL}{2\pi rL} \quad (۱-۶)$$



شکل ۱-۶- نمادی از عدم راحتی بالا بردن مولکول های آب به خاطر نیروهای وارده (سمت راست) و حرکت حشرات روی آب

د - یکی از موارد استفاده کشش سطحی آب در خاک صعود و نگهداری آب در لوله های موئین (کاپیلاری) می باشد.

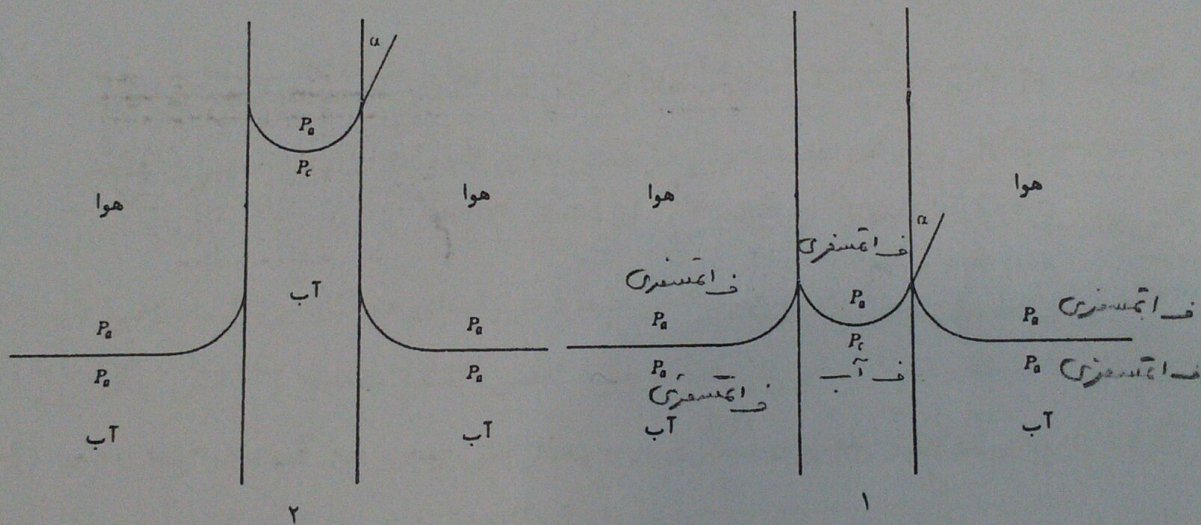
• مفهوم صعود آب در لوله های موئین:

اگر تشت آبی را در نظر بگیریم در داخل آن یک لوله باریک قرار دهیم آب در لوله بالا می رود، در خاک نیز از به هم پیوستن خلل و فرج لوله های موئین به وجود می آید که همین حالت را دارد. در این شرایط نیروهای مختلفی بر مولکول های آب وارد می شود که

عبارت است از:

I- نیروهای پایین کشنده مولکول های آب

- نیروی ارتفاع آب در بالای سطح آزاد آب (h) با بعد (L) و واحد cm آب
- چگالی مایع با بعد (ML^{-3}) با واحد گرم بر سانتی متر مکعب و با علائم ρ یا ρ
- نیروی ثقل (g) که همان شتاب جاذبه یا شتاب ثقل است که بعد یا دیمانسیون آن LT^{-2} و با واحدهای $cm.s^{-2}$ یا $erg.g^{-1}.cm^{-1}$ بیان می شود.
- سطح مقطع لوله موئین استوانه ای شکل πr^2 با بعد (L^2)



شکل ۷-۱- نمای لوله موئین در آب و نیروهای وارد بر آن، P_a فشار اتمسفری، P_c فشار آب، در فصل مشترک آب و هوا در زمان تعادل به شکل هلال مقعر و $P_c < P_a$ است

II- نیروهای بالا برنده

- کشش سطحی مایع با بعد MT^{-2} و واحد $dyn.cm^{-1}$ و با علامت (S) و σ
- خط تماس بین مایع و لوله $(2\pi r)$
- کسینوس زاویه تماس (یک نسبت که بعد ندارد) که تابع انحنای حلال است.
- این دو نیرو در حال تعادل برابرند.

$$h\rho g\pi r^2 = \sigma 2\pi r \cos\alpha$$

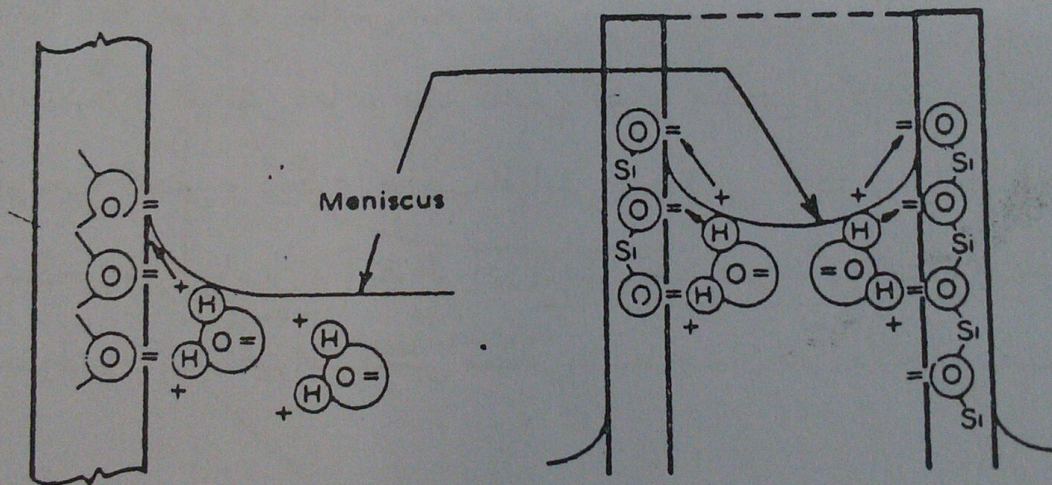
(۷-۱)

و- حقیقت صعود

خاصیت موئی یا فتیله ای از طرفی به هم چسبی مایع و از طرف دیگر به چسبندگی مایع به دیواره سطوح جامدات بستگی دارد (شکل ۹-۱). در حقیقت نیروی موئی سبب بالا کشیدن آب نمی شود بلکه اختلاف فشار موجب بالا آمدن آن می شود (همانند پرواز هواپیما). همیشه در فصل مشترک آب و هوا اختلاف فشار موجود است (شکل ۷-۱) بدین معنی که در هر مایع مقدار فشار در زیر انحناى مقعر کمتر از مقدار آن در زیر سطح مستوی با همان عمق است. همین امر موجب بالا رفتن آب در لوله های موئین می شود.

ح- تشکیل سطح مقعر و یا محدب در سطح آب

دیواره داخلی لوله موئین آب را به سوی خود کشیده و بدین ترتیب در اثر نیروی کشش سطحی یک هلال مقعر تشکیل می شود.



شکل ۹-۱- چگونگی ایجاد سطح مقعر در آب موجود در درون لوله های نازک

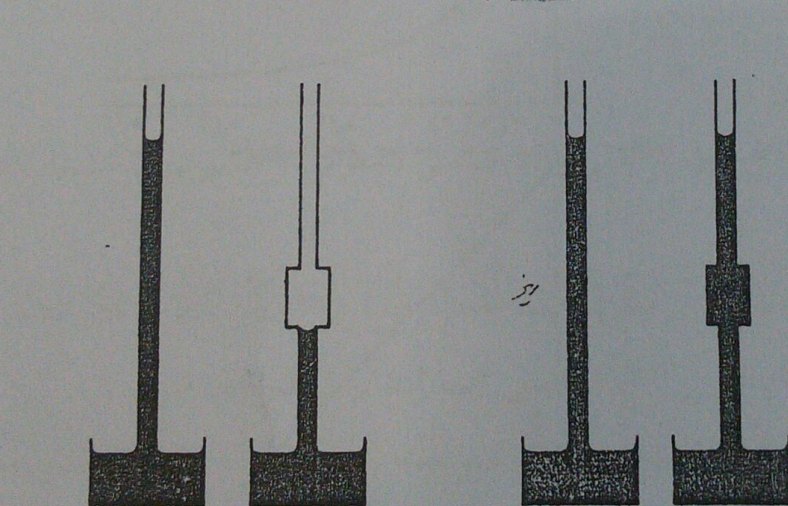
اینگونه نیروی جذب موئین فقط در محیطی حادث می شود که کشش بین مولکول های مایع و دیواره لوله موئین از کشش بین مولکول های آب با یکدیگر بیشتر باشد. این

مقعر به کشش مولکول های مایع و دیواره < کشش مولکول های مایع
ادویه < کوکیر

هر چه قطر لوله‌های موئین بزرگ‌تر باشد سرعت خیز آب بیشتر است ولی ارتفاع صعود کم است. در خاک‌های ریزبافت خیز آب کند است ولی ارتفاع بیشتری انتقال می‌یابد. در خاک ریز صعود آب به قدری کند است که گیاه به ندرت از آب زیر زمین به عمق بیش از ۸۰ سانتی‌متر استفاده می‌کند (شکل ۸-۱). این زمانی مهم می‌شود که خاک رطوبت کم دارد (سرعت حرکت در رطوبت کم کاهش می‌یابد). در حقیقت جریان آب مایع در نیروی مکش حدود یک اتمسفر متوقف می‌شود. در مکش ۱۵ اتمسفر گیاه پس از انتقال آب به شکل بخار آنرا دریافت خواهد کرد.

ی- اثر ناهمگونی قطر لوله موئین

در خاک لوله‌های با قطر یکسان وجود ندارد و خیز آب بستگی به بزرگ‌ترین خلل و فرج خاک دارد. سطح مقطع خلل و فرج خاک ناگهان از نقطه‌ای به نقطه دیگر تغییر می‌کند و بنابراین صعود موئی به بزرگ‌ترین قطر محدود می‌شود (شکل ۱۰-۱). از طرفی نگهداری آب نیز به قطر خلل و فرجی ریزبستگی دارد که در آن آب با هوا در تماس بوده و کشش سطحی نیروی خود را اعمال می‌کند.



صعود موئی بزرگ‌ترین قطر

نگهداری موئی بزرگ‌ترین قطر

شکل ۱۰-۱- صعود و نگهداری موئین

نگهداری آب - ریز
صعود موئی یا خیز آب - درخت

۶-۲-۱- ویسکازیته یا گرانروی

عبارت است از تمایل حرکت یک لایه آب روی لایه دیگر و تابعی از نیروی کوهسیون است واحد آن پویز می باشد بنا به تعریف دیگر: نیروی مقاومتی است که مایع در مقابل جریان یافتن از خود نشان می دهد. در حالت عمومی می توان گفت مایعات که جریان دارند از لایه های متعدد موازی که بر روی هم می غلطند تشکیل شده اند مقاومتی که در مایعات در مقابل جریان یافتن دیده می شود و نتیجه اصطکاک ما بین لایه های موازی است گرانیروی نامند.

$$\xi = \frac{s.f}{A.v} \quad (1-13)$$

ξ : (اتا) ویسکازیت با واحد پویز^۱

S: فاصله دو لایه مورد نظر مایع بر حسب cm

V: اختلاف سرعت مابین دو لایه مایع cm.s⁻¹

A: سطح تماس دو لایه cm²

f: نیروی مورد نیاز برای اینکه دو لایه مایع بتواند با اختلاف سرعت ثابت حرکت کند با واحد (dyn).

۳-۱- منابع

- الیاس آذر، خسرو. ۱۳۶۹. خاک شناسی (عمومی و خصوصی). انتشارات جهاد دانشگاهی ارومیه.
- کهننگ، هلموت. مترجم (محمد جعفر رفیع) ۱۳۷۰. فیزیک خاک. انتشارات دانشگاه تهران.
- دانشور، نظام الدین. ۱۳۷۱. شیمی آب. انتشارات عمیدی. تبریز.
- مجد، احمد و سید محمد علی شریعت زاده. ۱۳۷۵. زیست شناسی سلولی و مولکولی. انتشارات دانشگاه اراک.
- مک کین، دی جی (مترجم محمد علی شمیم). ۱۳۶۸. زیست شناسی مقدماتی. دفتر امور کمک آموزشی و کتابخانه وزارت آموزش و پرورش.
- plaster, E.G. 1997. Soil science & management. Delmar Publishers

فصل دوم

محلول‌های آبی ۱

در خاک هیچ گاه آب خالص نداریم بلکه آب به همراه انواع نمک‌ها داریم لذا خواص محلول‌های آبی را بررسی می‌کنیم (محلول آبی = نمک + آب). چهار خاصیت دمای انجماد، فشار بخار، فشار اسمزی و دمای جوش این محلول‌ها از نظر خواص رابطه آب با سلول‌های گیاهی مهم است که وابسته به غلظت املاح است به این چهار خاصیت خواص کلی گاتیو^۲ گویند.

۱-۲- دمای انجماد

یک محلول آبی یک مولال ساکارز در دمای $1/86^{\circ}\text{C}$ - منجمد می‌شود. گیاهان برای استفاده از این خاصیت غلظت املاح خود را زیاد می‌کنند مثلاً ریشه گندم تا دمای 20°C درجه سانتیگراد زیر صفر را تحمل می‌کند در این صورت برای این کار غلظت نمک تقریباً باید ۱۱ مولال باشد.

$$11 = -1.86 \times 20 = \text{غلظت}$$

۲-۲- فشار بخار ۳ آب (e,p)

-
- ^۱ - Solution aqueous
 - ^۲ - Colligative
 - ^۳ - Vapor pressure

فشار جزئی که توسط بخار آب اتمسفر بر سطوح وارد می شود فشار بخار آب گویند که اساس آن قانون دالتون می باشد. این فشار تابع فشار اتمسفر و دما می باشد (شکل ۲-۱ و جدول ۲-۱).

جدول ۲-۱- تغییرات برخی خصوصیات آب با تغییر دما

دما °C	فشار بخار آب، میلیمتر جیوه	جرم بخار آب در هوای اشباع، گرم بر متر مکعب	لرجهت آب، سانتی پور	کشش سطحی آب، دین بر سانتیمتر	چگالی آب، گرم بر سانتیمتر مکعب	گرما کجی آب، کالری بر گرم بر درجه سانتیگراد
-۲۰	۰/۷۷۶	۰/۸۹۲			۰/۹۹۸۱۵	
-۱۰	۱/۱۵۰	۲/۱۵۲			۰/۹۹۹۸۷	۱/۰۰۷۳۸
۰	۴/۵۷۹	۴/۸۳۵	۱/۷۹۲	۷۵/۶	۱/۰۰۰۰۰	۱/۰۰۰۴۳
۲	۶/۱۰۱	۶/۳۳۰	۱/۵۶۷	۷۵/۰	۰/۹۹۹۹۹	۱/۰۰۰۳۶۸
۵	۶/۵۴۳	۶/۷۶۱	۱/۵۱۹	۷۴/۹	۰/۹۹۹۷۳	۱/۰۰۰۱۲۹
۱۰	۹/۲۰۹	۹/۳۳۰	۱/۳۰۸	۷۴/۲	۰/۹۹۹۱۳	۰/۹۹۹۷۶
۱۵	۱۲/۷۸۸	۱۲/۷۱۲	۱/۱۴۰	۷۳/۵	۰/۹۹۸۲۳	۰/۹۹۸۸۳
۲۰	۱۷/۵۳۵	۱۷/۱۱۸	۱/۰۰۵	۷۲/۷	۰/۹۹۷۰۷	۰/۹۹۸۲۸
۲۵	۲۳/۷۵۶	۲۳/۷۹۶	۰/۸۹۴	۷۲/۰	۰/۹۹۵۶۷	۰/۹۹۸۰۲
۳۰	۳۱/۸۲۴	۳۰/۰۳۹	۰/۸۰۱	۷۱/۲	۰/۹۹۲۲۴	۰/۹۹۸۰۴
۴۰	۵۵/۳۲۴	۵۰/۵	۰/۶۵۶	۶۹/۶	۰/۹۸۸۰۷	۰/۹۹۸۵۴
۵۰	۹۲/۵۱		۰/۵۴۹	۶۷/۹	۰/۹۷۲۸۹	۱/۰۰۰۱۴۳
۷۵	۲۸۹/۱		۰/۳۸۰	۶۳/۵	۰/۹۵۸۳۸	۱/۰۰۰۶۹۷
۱۰۰	۷۶۰/۰		۰/۲۸۴	۵۸/۹		

۲-۲-۱- فشار بخار اشباع (e_0, p_0, p_v)

اگر محیط از بخار آب اشباع شود آنگاه فشار جزئی که توسط بخار آب بر سطوح وارد می شود فشار بخار اشباع گویند. برای فهم بهتر اگر ظرف سر بسته ای حاوی آب خالص در دمای معین در نظر بگیریم پس از مدتی حجم بالای آب پر از بخار شده و تعدادی مولکول های بخار که به مایع بر می گردد برابر مولکول های خروجی است پس یک جریان دو طرفه به وجود می آید و غلظت بخار آب ثابت شده و فشار بخار در اینجا به عنوان فشار بخار اشباع شناخته می شود (شکل ۲-۲) و این فشار فقط تابع دماست. فشار بخار اشباع با توان هشتم دما ارتباط دارد لذا با افزایش دما شدت فشار بخار بالا می رود.

فشار بخار اشباع

$$e_0 = k t^8$$

(۲-۱)

که t بر حسب درجه سانتیگراد و e_0 (e zero) بر حسب میلی بار است.

فرمول دیگر برای فشار بخار اشباع که ضریب K آن مشخص است یک رابطه

رگرسیونی است

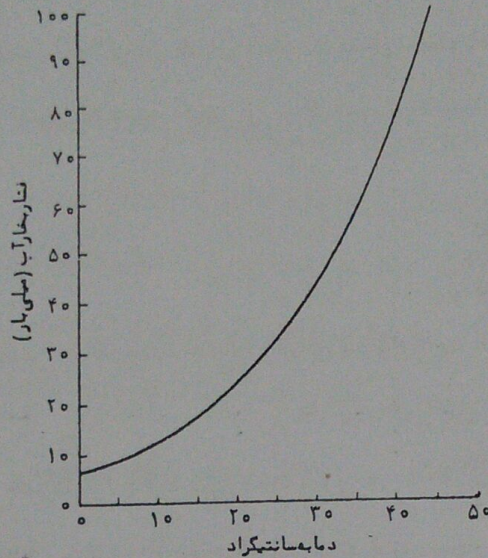
$$e^0 = 33.86 [(0.00738t + 0.8072)^8 - 0.000019(11.8t + 481) + 0.001316]$$

(۲-۲)

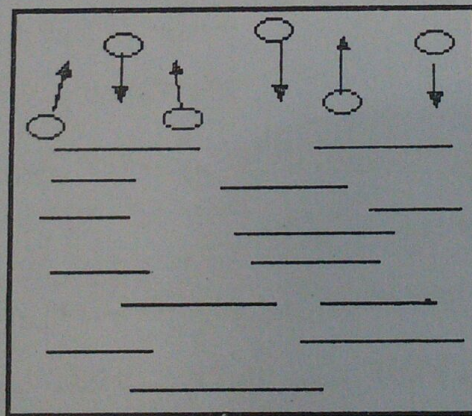
$$1 \text{ bar} = 10^3 \text{ mb} = 10^6 \text{ dyn.cm}^{-2} = 10^5 \text{ n.m}^{-2} = 0.98 \text{ atm} = 1000 \text{ cm H}_2\text{O} \rightarrow$$

$$= 76 \text{ cm Hg} = 14.5 \text{ ib.in}^{-2} \quad \text{پاسکال}$$

نکته ۱-۲:



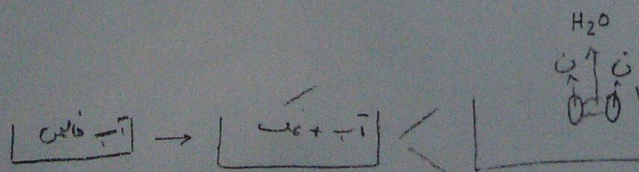
شکل ۱-۲- رابطه فشار بخار آب و دما



شکل ۲-۲- نمای ظرف سر بسته که در دمای معین به حالت تعادل رسیده است.

۲-۲-۲- اثر نمک بر روی فشار بخار آب

وقتی نمک به آب خالص اضافه می شود آب همانند پلی بین املاح قرار می گیرد و با



۳-۲- فشار اسمزی^۱

پدیده قانون وانت هوف را داریم.

(2-5)

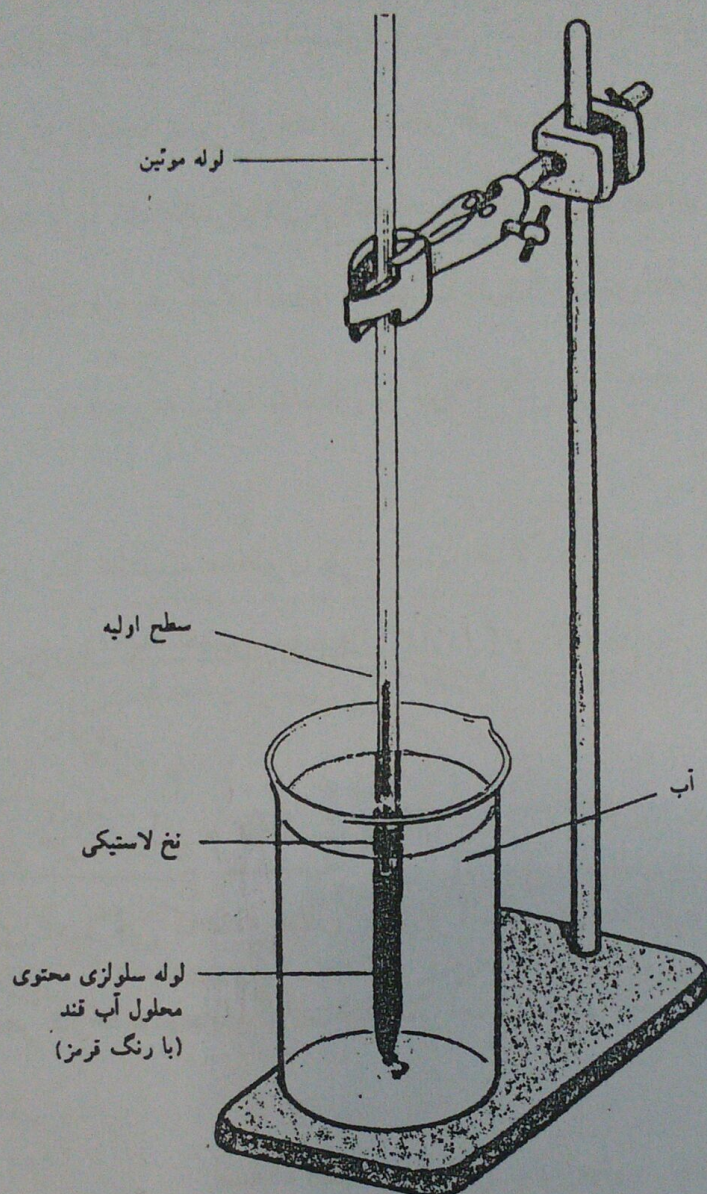
کلوین می باشد.

داریم۔

$$\pi_s = 1 \times 1 \times ./.831 \times 273 = 22/V \text{ bar}$$

آب لوله ۲۲/۷ بار می شود (شکل ۲-۳).

نکته ۴-۲: از طریق کاهش نقطه انجماد می‌توان به فشار اسمزی محلول یک مولال شبیه ساکارز (ایده آل) در دمای صفر درجه سانتیگراد پی برد بدین صورت که با داشتن نقطه



شکل ۳-۲- شمای دستگاه نشان دهنده فشار اسمزی

اگر غلظت املاح درون سلول گیاهی در دمای ۲۰ درجه سانتیگراد معادل یک مولال از ساکارز باشد پس از جذب آب (تقریباً دو ساعت) فشار اسمزی سلول افزایش می یابد تا به ۲۴/۳۵ بار برسد و دیگر سلول آب جذب نخواهد کرد در این حالت سلول در حال تورم

فصل سوم پتانسیل کل آب

پتانسیل کل آب پارامتر مهمی است که در مبحث حرکت آب در مسیر خاک - گیاه -
اتمسفر کاربرد فراوان دارد. این پارامتر با علامت Ψ (زای، سای) ^۱ نشان می دهند.

$$\Psi_w = \frac{(\mu_w - \mu_w^0)}{\bar{V}_w} \quad \left(\frac{\text{j.mol}^{-1}}{\text{m}^3.\text{mol}^{-1}} = \text{j.m}^{-3} \right) \quad (3-1)$$

که Ψ_w پتانسیل کل آب بر حسب ژول بر متر مکعب و V_w مقدار حجم مولی آب
بر حسب متر مکعب بر مول (مقدار آن ۱۸/۰۰۰۰۰ می باشد)

نکته ۱-۳: یک مول آب ۱۸ گرم جرم دارد و هر ۱۰۰۰ گرم آب یک لیتر است با توجه
به این معلوم می شود یک مول که ۱۸ گرم است چه حجمی از متر مکعب است که به آن
حجم مولی گویند.

اگر رابطه ۱۹-۲ و ۸-۲ را ترکیب کنیم داریم

$$\Psi_w = \left(\frac{RT}{\bar{V}_w} \right) \text{Ln} \left(\frac{e}{e^0} \right) \quad (3-2)$$

نکته ۲-۳: یک پاسکال برابر $\text{j.m}^{-2} = \text{N} \times \text{m} / \text{m}^3 = \text{N.m}^{-2}$ و یک بار هم برابر 10^5 پاسکال

می باشد

مثال: اگر در دمای ۲۰ درجه سانتیگراد $e^0 = 23/1 \text{ mb}$ و $e = 22/5 \text{ mb}$ باشد طبق فرمول

۳-۲ داریم

$$\Psi_w = (8.314 \times 293 / 18 \times 10^{-6}) \times \ln(22.5/23.1) = -5 \times 10^6 \text{ pascal} = -50 \text{ bar}$$

پس می بینیم که Ψ_w و μ هر دو به e/e^0 ، N_w و a_w بستگی دارد.

۳-۱- عوامل مؤثر در پتانسیل آب

- الف - املاح: املاح باعث می شود $e/e^0 < 1$ و در نتیجه پتانسیل آب کاهش می یابد
- ب - نیروی ماتریک که به مولکول های آب وارد می شود از انرژی آن می گاهد (مثال در لوله های موئینه) یا جذب سطحی (موقعی که ذرات کلوئیدی آب به خود می گیرند).
- ج - فشار اتمسفر و هیدروستاتیک، وقتی آب در محیطی با فشار بالاتر از اتمسفر قرار گرفت باعث افزایش e/e^0 گشته و باعث افزایش پتانسیل آب می شود.
- د - ارتفاع: وقتی آب از یک مبنا مفروض بالاتر رود انرژی آن زیاد و اگر پایین تر رود انرژی آن کاهش می یابد.

ه - دما با افزایش دما نسبت به دمای فرض شده پتانسیل آب افزایش می یابد و بر عکس

۳-۲- اجزاء پتانسیل کل آب

$$\Psi_w = \Psi_s + \Psi_m + \Psi_p + \Psi_z + \Psi_t \quad (3-3)$$

که، Ψ_s پتانسیل اسمزی^۱، Ψ_m پتانسیل ماتریک^۲، Ψ_p پتانسیل فشاری^۳، Ψ_z پتانسیل ثقلی^۴ و Ψ_t پتانسیل گرمایی^۵ آب می باشد

نکته ۳-۳: رابطه ۳-۳ به صورت دیگر:

تغییر پتانسیل کل آب نسبت به آب استاندارد مساوی تغییر پتانسیل به علت وجود املاح + تغییر پتانسیل ناشی از نیروهای ماتریک + تغییر پتانسیل به علت فشار + تغییر

^۱ Osmotic potential -

^۲ Matric Potential -

^۳ Pressure potential -

^۴ Gravitational potential -

پتانسیل به علت ارتفاع + تغییر پتانسیل آب ناشی از دما در عمل از بین پنج جزء فرمول Ψ_1 را نشان نمی دهد زیرا اندازه گیری Ψ_1 مشکل است لذا در تمام بخش ها $\Psi_1=0$ می گیریم و مفهوم عملی این فرض است این است که وقتی با جریان عملی آب سرو کار داریم در دمای یکسان کار می کنیم. پس با حذف این بخش داریم.

$$\Psi_w = \Psi_s + \Psi_m + \Psi_p + \Psi_z \quad (3-4)$$

حال تک تک پتانسیل ها را بررسی می کنیم

۱-۲-۳- پتانسیل ثقلی

پتانسیل ثقلی ناشی از بالا یا پایین بودن یک محیط یا نقطه نسبت به یک مبنای فرضی (مثلاً میز آزمایشگاه یا سطح خاک) می شود که در بالای سطح مبنا مقدار آن مثبت و پایین آن منفی است. سطح مبنای اصلی سطح دریای آزاد است ولی چون استفاده از آن در آزمایش ها مشکل است یک نقطه انتخابی را سطح مبنا فرض می کنند و چون مقایسه نسبی است مشکل بر طرف می شود.

خود ارتفاع برای آب شامل قسمت های زیر است.

$$\Psi_z = \rho g z \quad (3-5)$$

که ρ جرم مخصوص آب (1 g.cm^{-3})، g نیروی ثقل (980 cm.s^{-2}) و Z ارتفاع از نقطه مبنا (cm) است.

نکته ۳-۴: نقطه بالای سطح مبنا Z مثبت و زیر مبنا منفی می باشد.

برای محاسبه واحد پتانسیل داریم

$$\Psi_z = \text{g.cm}^{-3} \times \text{cm.s}^{-2} \times \text{cm} = \text{g.cm}^{-1} \cdot \text{s}^{-2} \times (\text{cm.cm}^{-1}) = \text{dyn.cm}^{-2} \quad \text{dyn} = \text{g.cm.s}^{-2}$$

$$1 \text{ bar} = 10^6 \text{ dyn.cm}^{-2}$$

مثال: Ψ_z برگ به ارتفاع ۱۰۰ سانتیمتر از سطح خاک به صورت زیر است (نقطه A

روی شکل ۳-۱)

$$\Psi_z = 1 \times 980 \times 100 = 98000 \text{ dyn.cm}^{-2} = 0.098 \text{ bar} = 100 \text{ cm H}_2\text{O}$$

برای یک نقطه از ریشه به عمق ۵۰ سانتیمتر داریم (نقطه B روی شکل ۳-۱)

$$\Psi_z = 1 \times 980 \times (-50) = -49000 \text{ dyn.cm}^{-2} = -0.049 \text{ bar} = -50 \text{ cm H}_2\text{O}$$

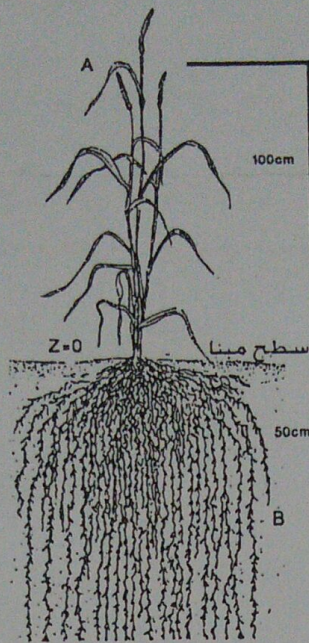
مقدار این پارامتر پارامتر قابل اندازه گیری است.

$$\frac{\text{cm}}{\text{s}^2} \times \text{cm} = \frac{\text{g}}{\text{cm.s}^2} = \text{dyn}$$

۱ bar

۱۰۰۰

۱۰۰۰۰



اشباع مثبت فشاری

غیر اشباع منفی ماتریک

فشاری مثبت

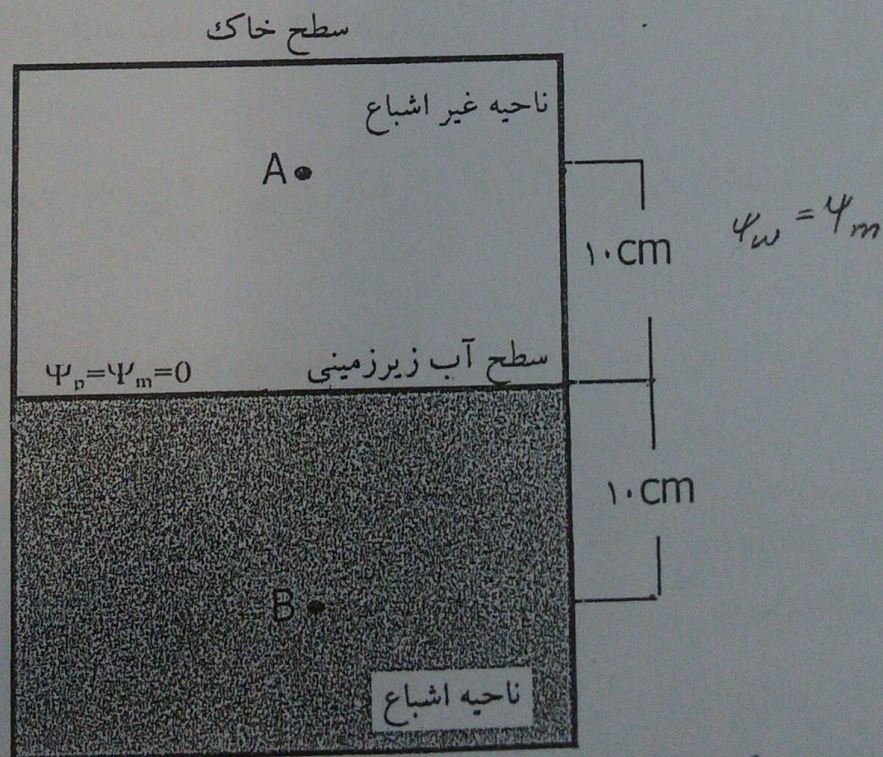
غیر اشباع
اشباع

شکل ۱-۳- تصویر یک گیاه ذرت در خاک

۳-۲-۲- پتانسیل فشاری (استغراقی)

این پارامتر به طور جداگانه در گیاه و خاک بررسی می کنیم. در گیاه این پارامتر تحت

عنوان فشار تورمی نام دارد.



شکل ۲-۳- شمای زمینی که سطح آب زیر زمینی آن بالا باشد

الف- در خاک: فشار هوا در منافذ خاک غیر اشباع معادل فشار اتمسفر است و چون فشار اتمسفر را بطور نسبی صفر می گیریم پس فشار در منافذ خاک صفر است.

اگر خاکی را در نظر بگیریم که سطح آب زیر زمینی بالا باشد (شکل ۲-۳) داریم: در هر نقطه زیر قسمت اشباع به اندازه ارتفاع مایع بالای نقطه تا سطح آب فشار بر آن وارد می شود و مقدار آن همیشه مثبت است و با متر و پیزومتر قابل اندازه گیری است. در شکل در نقطه B که زیر سطح آب است مقدار پتانسیل فشاری برابر ۱۰ سانتیمتر آب است.

$$\Psi_p = \rho gh \quad (۳-۶)$$

همانند اثبات موضوع برای پتانسیل ثقلی در حقیقت $\Psi_p = h$ بر حسب cmH₂O است

ب- در گیاه: در سلول های پاراننشیمی تحت فشار و Ψ_p بیشتر از صفر است. فشار تورمی بطور مستقیم قابل اندازه گیری نیست و به روش غیر مستقیم بدست می آید

$$\Psi_p = \Psi_w - \Psi_s \quad (۳-۷)$$

پتانسیل کل آب گیاه و پتانسیل اسمزی را پس از عصاره گیری به روش مخصوص از سلول با دستگاه سایکرومتر بدست می آورند

در آوندهای چوبی Ψ_p کمتر از صفر است چون آب تحت فشار منفی است.

۳-۲-۳- پتانسیل ماتریک، Ψ_m

نیروهای که از طرف ذرات خاک به آب وارد می شود به طور کلی مکش (τ) نام دارد

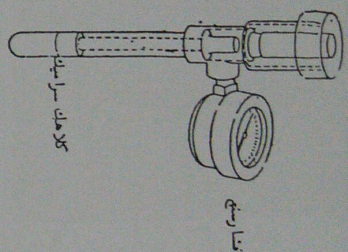
$$\Psi_m = -\tau \quad (۳-۸)$$

الف- در خاک: اگر خاکی را در نظر بگیریم که سطح آب زیر زمینی آن بالا باشد (شکل ۲-۳)، هر چه از سطح اشباع بالاتر رویم این پتانسیل زیاد می شود (از نظر عددی) در هر نقطه بالای قسمت اشباع مقدار مکش برابر اندازه فاصله نقطه تا سطح آب می باشد و مقدار آن همیشه منفی است. این پتانسیل در خاک در بخش غیر اشباع داریم. هر چه از سطح اشباع دورتر شویم خاک خشک تر می شود و آب با نیروی بیشتری به ذرات چسبیده و برای جدا کردن این آب توسط گیاه نیروی مکش زیادی لازم است. در این صورت مکش با خط کش قابل اندازه گیری است. در شکل ۲-۳ نقطه A که در منطقه غیر اشباع

نکته ۶-۳: راه‌های اندازه‌گیری مکش خاک در مزرعه و گلدان:

الف - تانسیومتر

وسيله‌ای است که پس از تست سالم بودن، در مزرعه یا گلدان به روش معین کار گذاشته می‌شود و پس از آبیاری خاک لحظه به لحظه مکش خاک را با توجه به آب موجود در خاک گزارش می‌کند این دستگاه می‌تواند تا مکش ۹۸٪ بار را برای خاک گزارش کند با کالیبره کردن این دستگاه می‌توان در آبیاری علمی مزرعه از آن استفاده نمود (شکل ۳-۳) این دستگاه دارای سه قسمت کلاهک سرامیکی، بدنه، نشانگر و درپوش می‌باشد. ساختمان کاپ تانسیومتر طوری طراحی شده که شیشه ساختمان خاک است و زمانی که در خاک قرار می‌گیرد همانند بخش کوچکی از خاک عمل می‌کند.



شکل ۳-۳- تانسومتر خاک

ب- بلوک‌های گچی

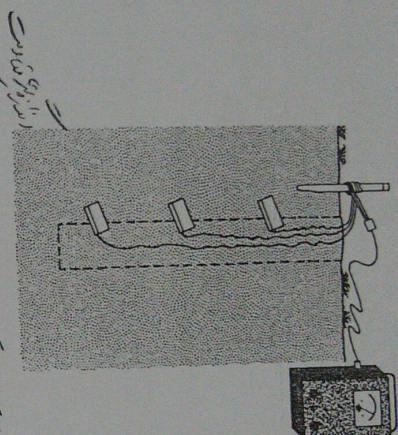
هم برای اندازه‌گیری رطوبت خاک و هم مکش خاک می‌باشد: دو الکتروود از جنسی که خاصیت خورندگی یا واکنش آن با محلول ناچیز باشد انتخاب کرده و به آنها سیم وصل می‌کنیم (اندازه و فاصله مشخص است) و آنها را در قالب ریخته و پر از سولفات کلسیم خالص می‌کنند و پس از خشک شدن حاضر می‌شود ابعاد بلوک در حد قوطی کبریت است - البته برخی به صورت استوانه‌ای می‌سازند (شکل ۴-۳).

• مکانیسم بلوک گچی

شدت جریانی که بین دو الکتروود برقرار می‌شود متناسب با رطوبت بلوک است. هر چه بلوک مرطوب‌تر باشد شدت جریان بیشتر است. متفاوتی که بین دو الکتروود قرار دارد و به مقاومت بلوک معروف است با رطوبت نسبت عکس دارد هر چه رطوبت بیشتر مقاومت کمتر می‌شود.

الکتروود
۱- بلوک
۲- سیم
۳- سیم به رطوبت بلوک

شدت جریان $\Rightarrow$ رطوبت



شکل ۳-۴- تصویر بلوک‌های گچی در اعماق مختلف و دستگاه‌های سنج

نحوه استفاده از وسیله:

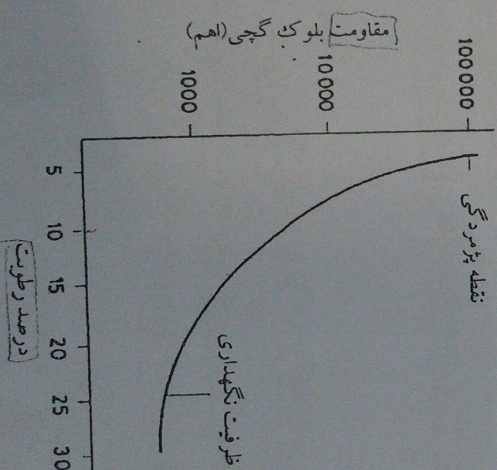
بلوک را در خاک قرار می‌دهیم و در یک دوره مشخص مقاومت را با مقاومت سنج

اندازه می‌گیریم هم زمان رطوبت را نیز قرائت می‌نماییم. سپس منحنی مقاومت در برابر

رطوبت رسم می‌گردد که منحنی مخصوص هر بلوک است و بستگی به ابعاد بلوک و نوع

الکترود دارد.

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_0} + \frac{1}{R_1}$$



شکل ۳-۵- نمونه منحنی مقاومت در برابر رطوبت

ما می‌توانیم بلوک‌ها را بجای رطوبت در مقابل مکش در دستگاه صفحه فشاری کالبره کنیم در هر مکش مقاومت را نیز بخوانیم. خطی بودن یا نبودن منحنی بر انواع خاک و بلوک ارتباط دارد. پس منحنی برای خاک و بلوک معین است.

۳-۲-۴- پتانسیل اسمزی

معمولاً از طریق محاسبه بدست می‌آید و مقدار آن همیشه منفی است

$$(۳-۱۰)$$

$$\Psi_s = -\pi_s$$

نکته ۷-۳: گاهی روابط پتانسیل‌های آب را به صورتهای زیر نیز می‌نویسند.

پتانسیل آب:

$$(۳-۱۱)$$

$$\Psi_a = \Psi_p + \Psi_s + \Psi_m$$

پتانسیل کل Ψ_a اگر پتانسیل آب را با پتانسیل ثقلی جمع نماییم به پتانسیل کل آب

می‌رستیم.

$$(۳-۱۲)$$

$$\Psi_a = \Psi_p + \Psi_s + \Psi_m \rightarrow \Psi_a = \Psi_w + \Psi_z$$

نکته ۸-۳: اگر جریان آب در خاک به صورت مایع باشد پتانسیل اسمزی صفر می‌شود.

پس فرمول پتانسیل کل آب با اصطلاح پتانسیل آبی (Ψ_a) به کار می‌رود.

$$(۳-۱۳)$$

$$\Psi_a = \Psi_m + \Psi_z + \Psi_p$$

۳-۳- راه‌های اندازه‌گیری پتانسیل کل آب

۳-۳-۱- راه اندازه‌گیری اجزاء

در این روش ابتدا تک تک پتانسیل‌های که در یک نمونه دخالت دارد اندازه‌گیری شده و با جمع زدن پتانسیل کل به‌دست می‌آید. این روش زمان‌بر و هر کدام خطاهای دارد که در مجموع زیاد می‌شود و در برخی موارد اندازه‌گیری اجزاء مشکل است در این روش بر اساس راه حل‌هایی که در بخش ۳-۲ گفته شد عمل می‌گردد.

$$\Psi_a = \Psi_p + \Psi_s$$

۱۵۳
3۵۵۳۳

Cell wall - 1
Cell membrane - 2
Cell vacuole - 3

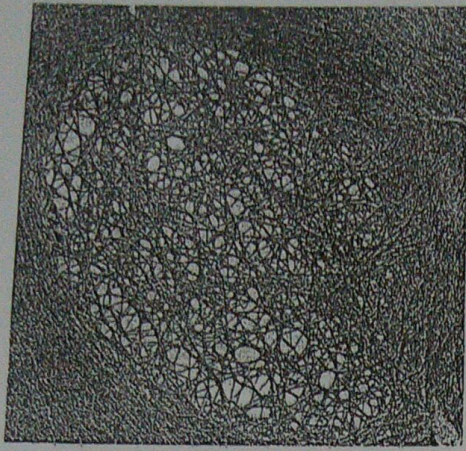
1-1-4 دیواره اولیه

می‌شود تشکیل می‌شود. دیواره اولیه و ثانویه تشکیل می‌شود. می‌دانیم محیط‌های متخلخل مخصوصاً اگر ریز باشند می‌توانند با مکش زیاد آب را جذب و گریخته‌اند لذا دیواره ای متخلخل است (شکل 1-4). ابعاد این شبکه‌ها بسیار ریز است و را تا حدی مانند تار و پود به هم پیوسته شده است و بقیه مواد به صورت رسوب دور آنها را در کتی از سلول‌ها همی سلول‌ها، لک‌تین، و پکتات کاسته ساخته شده است. سلول‌ها به صورت وزنی 40-45٪ آب را تشکیل می‌دهد. ضخامت آن 1-2 mm است از نظر مواد این دیواره جزء غشای سلول است. حدوداً 50٪ حجم آن آب است و از نظر

1-4-2 دیواره سلولی (در دیواره سلول‌ها، غشای سلولی و واکنش سلولی که مربوط به آب و املاح است را مورد بررسی قرار می‌دهیم).

در اینجا بحث‌های دیواره سلولی، غشای سلولی و واکنش سلولی که مربوط به آب و املاح است را مورد بررسی قرار می‌دهیم.

ساختار سلول گیاهی



شکل ۱-۴- سمت راست ساختمان دیواره سلولی اسپور جو سیاه (۱- دیواره سلولی ۲- غشاء

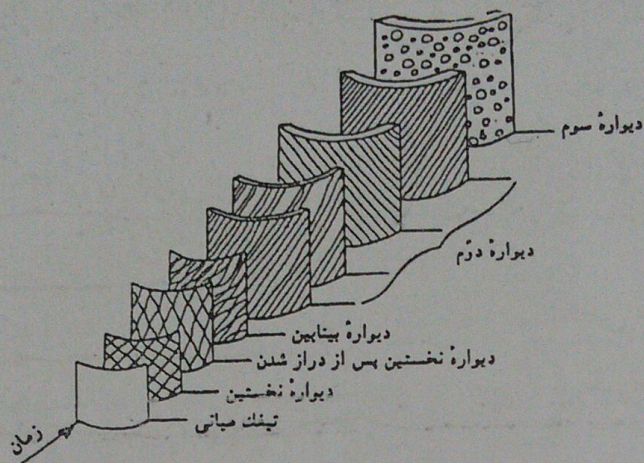
سلولی) و سمت چپ متخلخل بودن دیواره را نشان می‌دهد

این دیواره نسبتاً نازک است و دارای خاصیت کشش پذیری (در مقابل تغییرات فشار خاصیت کنترل دارد) و قابلیت نفوذ به آب و املاح است.

۲-۱-۴- دیواره ثانویه

معمولاً در سلول‌هایی تشکیل می‌شود که به حالت بلوغ رسیده‌اند و دارای ضخامت بیشتر نسبت به دیواره اولیه است و دارای خاصیت کشش پذیری جزئی بوده یا ندارد. نقش مهم آن ایجاد استحکام برای سلول در مقابل فشار مثبت درون سلول و فشار منفی که در آوندها ایجاد می‌شود می‌باشد و به شدت از خاصیت کشش پذیری می‌کاهد، و کاملاً قابل نفوذ به آب و املاح است. وقتی دیواره ثانویه تشکیل می‌شود همراه با رسوب یک سری مواد چربی و مواد دیگر روی دیواره از قدرت جذب می‌کاهد و به همین دلیل ریشه‌های پیر کمتر از ریشه‌های جوان آب و املاح جذب می‌کنند. این مواد بیشتر سوبرین^۱ (کل چربی‌های که رسوب می‌کند) کوتین^۲ (مومی می‌باشد که نفوذ پذیری نسبت به آب و املاح را کاهش می‌دهد و تبخیر را محدود و به روزنه‌ها می‌کند) هستند. دیواره سلولی در

محل اتصال دو دیواره بوسیله مجرای کوچکی قطع می‌شود و سلول‌هایی مجاور از طریق این مجاری باریک به هم ربط دارند که به آنها اتصالات سیتوپلاسمی^۱ گویند و مسیری بنام سیمپلاست^۲ به وجود می‌آید شکل (۲-۴).



لایه‌های مختلف دیواره اسکلتی (گرفته شده از: مولت هالر).

شکل ۲-۴- تصویر مراحل زمانی تشکیل دیواره ثانویه

(Jen) ^{2.} Ocho ~~1~~
 ↑ ↑ ↑ ↑

$$\Psi_{c.w} = \Psi_s + \Psi_p + \Psi_m + \Psi_z$$

نکته ۱-۴: اجزاء پتانسیل در دیواره سلولی

(F-1)

با مبنای قرار دادن محل مورد نظر Ψ_z صفر می‌شود. دیواره سلولی در تماس با اتمسفر است پس Ψ_p نیز صفر می‌شود. از طرف دیگر دیواره سلولی متخلخل است در نتیجه دارای جذب سطحی و نیروی کاپیلاری است پس دارای پتانسیل ماتریکی است که ناشی از این دو نیرو است. در نهایت رابطه پتانسیل در دیواره به صورت زیر است.

$$\Psi_{w(c,w)} = \Psi_s + \Psi_m$$

(F-Y)

اگر بخواهیم به اهمیت پتانسیل فائریک در سلول‌ها پی ببریم مثال می‌زنیم:

مثال ۱: اگر قطر منافذ دیواره سلولی $500 \text{ \AA}$ باشد، مکش دیواره سلولی چقدر است

$1\text{cm}=10^8\text{A}^0$ ؟ بر اساس فرمول نهایی $(1-10)$ مکش داریم:

$$\Psi_m = -\tau = 0.3/d = 0.3/(500 \times 10^{-8}) = 60000 \text{cmH}_2\text{O} = 60 \text{bar}$$

منافذ آب را با نیروی مکش ۶۰ بار در خود نگه می‌دارند

مثال ۲: اگر قطر دیواره سلولی ۵ نانومتر باشد پتانسیل ماتریک آب چقدر است؟

$$(1\text{cm}=10^7\text{nm})$$

$$\Psi_m = -\tau = 0.3/d = 0.3/(5 \times 10^{-7}) = 600000 \text{cmH}_2\text{O} = 600 \text{bar}$$

۴-۲-۴- غشاء سلولی

از نظر مقدار آب ۵۰٪-۳۰٪ وزن غشاء را تشکیل می‌دهد و دارای ضخامت 60A^0 است

(شکل ۳-۴) این لایه چندین نقش به عهده دارد

الف- ~~مرکز~~ کنترل کننده بین محیط و سلول (غشاء سلولی مشخص می‌کند که

سلول چه عنصری را و به چه اندازه از محیط جذب کند و از ورود دیگران جلوگیری

می‌کند).

ب- از رسوب مواد درون سلول جلوگیری می‌کند. این نقش به خاصیت نفوذ پذیری

انتخابی یا التزامی^۱ و خاصیت کشش پذیری بستگی دارد.

ج- مصرف انرژی ناشی از انرژی حاصل از سوخت و ساز درون سلول این انرژی

باعث می‌شود که غشاء سلولی جذب فعال انجام می‌دهد.

۴-۲-۱- عوامل مؤثر بر سوخت و ساز و جذب

الف- درجه حرارت: بهترین دما برای اکثر سلول‌های نباتی ۲۵-۳۰ درجه سانتیگراد

است و هر چه کم شود نفوذ پذیری و جذب کاهش می‌یابد و سوخت و ساز را تغییر

می‌دهد.

ب- اکسیژن: برای سوخت و ساز فعالیت‌های جذب مهم است

آزمایش: گیاهان در حالت تعرق را در محیط غرقاب گذاشتند و دیدند علی‌رغم

بیرون اکسیژن

وجود آب گیاه پژمرده شد.

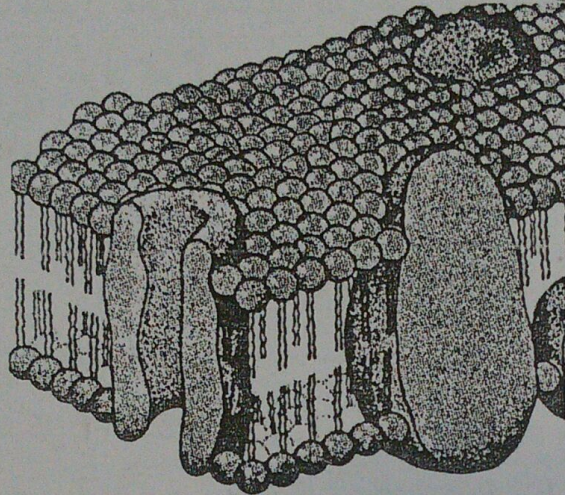
^۱ - Selective or different

ج- PH: مقدار مناسب ۵/۵-۷/۵ است.

د- CO₂: افزایش CO₂ موجب کاهش جذب می شود

ه- عناصر سمی در محیط: عناصر سمی باعث کاهش سوخت و ساز و کاهش جذب می شوند.

غشاء سلولی معمولاً از دو لایه چربی فسفولیپید (بیرونی و درونی) تشکیل شده که بین آنها لایه پروتئینی قرار دارد.



شکل ۳-۴- ساختمان غشاء سلولی مدل موزائیکی که دو طرف لایه فسفولیپید و در وسط پروتئین است

مزیت و معایب دیالیز غشایی

نکته ۲-۴: علت فعال بودن جذب، حامل های روی غشاء هستند که احتیاج به انرژی دارند.

۲-۲-۴- مبادله (جریان) آب و املاح از غشاء سلولی (Lp)

آنچه برای ما مهم است مبادله جریان آب و املاح از طریق سیستم نفوذ پذیری غشاء سلولی^۱ است و عبارت است از مقدار آبی که در واحد زمان از واحد سطح غشاء و به ازای یک بار شیب پتانسیل از یک طرف غشاء به طرف دیگر عبور می کند.

واحدهای مختلف Lp عبارت اند از:

$$Lp_{H_2O} = g_{H_2O} \cdot cm^{-2} \cdot s^{-1} \cdot bar^{-1} (cm^3_{H_2O} \cdot cm^{-2} \cdot s^{-1} \cdot bar^{-1} = cm \cdot s^{-1} \cdot bar^{-1})$$

Cell membrane permeability -^۱

$$Lp_{H_2O} = \frac{g_{H_2O}}{cm^2 \cdot s \cdot bar}$$

۴-۲- واکوئل سلولی گیاهی (حفره‌های سیتوپلاسمی)

در سلول‌هایی که به حالت نبوغ رسیده‌اند می‌توان گفت ۹۰٪ حجم سلول را واکوئل اشغال می‌کند و عملاً حجم سلول همان واکوئل سلول است. درون واکوئل انواع نمک‌ها آلی و معدلی، انواع قندها و انواع اسیدهای آلی همچنین در عصاره واکوئلی O_2 ، CO_2 ، مواد رنگی و آب وجود دارد.

نکته ۴-۵) آب به همراه انواع نمک‌ها، عصاره واکوئلی گفته می‌شود. و بعضی مواقع مترادف با عصاره سلولی گرفته می‌شود که درست است.^۱

واکوئل محل ذخیره موادی است که فعلاً مورد نیاز سلول نیست و نیز مواد حاصله از فعل انفعالات سیتوپلاسمی که تا آخر عمر سلول در آنجا ذخیره می‌شود و خطر مسمومیت برای سلول را از بین می‌برد. وجود این مواد باعث افزایش فشار اسمزی سلول می‌شود و هر چه فشار اسمزی بیشتر باشد گیاه در شرایط شوری و خشکی توانایی بیشتری برای جذب آب دارد (شکل ۴-۵).

نکته ۴-۶: آب دریاچه ارومیه بطور متوسط دارای هدایت الکتریکی بین ۱۷۰ تا ۲۰۰ دسی k_E زیمنس بر متر می‌باشد که فشار اسمزی آن برابر ۷۲ بار است. جلبک‌هایی که در آن زندگی می‌کنند باید آنقدر املاح در واکوئل خود داشته باشند تا بتوانند از این محلول دریاچه با فشار اسمزی بالا آب جذب کنند. پس یکی از راه‌های مقاومت غلیظ کردن

^۱ - vacuole sap = Cell sap

بنا بر فشار اسمزی
توانایی جذب و دفع غیر اسمزی

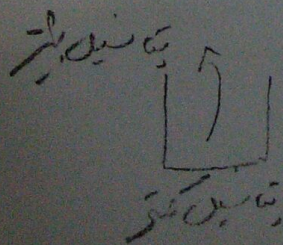
فصل پنجم

حرکت یا انتقال اجسام در خاک و گیاه

منظور از اجسام بیشتر آب و املاح است اگر به محیط خاک، ریشه، ساقه و برگ و اتمسفر توجه کنیم مشاهده می کنیم انواع مواد بین گیاه و محیط مبادله می شوند. پس گیاه یک سیستم باز است) اجسام و انرژی مبادله می کند (برای تبادل اجسام بین گیاه و اتمسفر می توان از بخار آب، دی اکسید کربن و اکسیژن نام برد و برای تبادل گیاه با خاک می توان املاح و آب ذکر کرد). نکته مهم این است که فاصله یا بعد انتقال متغیر است، گاهی در مقطع میکرو و گاهی ماکرو در این حرکات دو نوع جابجایی داریم.

۱-۵- جابجای فعال

در این فرم باید برای سیستم انرژی تهیه کرد (مثل کشیدن آب از چاه) در این جابجایی تصور می شود آب از پتانسیل کمتر (ته چاه) به پتانسیل بیشتر (سطح زمین) حرکت می کند ولی انرژی مصرفی پتانسیل آب (مکش منفی موتور یا فشار موتور) در مبدا اضافه می شود و در حقیقت آب از پتانسیل بیشتر به کمتر می رود. اصول جابجایی به فرم فعال پیچیده است از طرح گسترده آن در اینجا اجتناب می کنیم و فقط به مختصری بسنده می کنیم.



۲-۵- جابجایی غیر فعال ۱

در اینجا انرژی توسط خود سیستم بطور طبیعی تامین می شود (تصور می شود که انرژی نیاز نیست).

مثال: ریشه، مواد غذایی را به طور غیر فعال از خاک جذب می کند یا اینکه کود شیمیایی که به خاک داده ایم بدون صرف انرژی حداقل برای مدت کوتاه به ریشه می رود. در انتقال به صورت غیر فعال دو حالت انتشار^۲ و جریان تجمعی (توده ای)^۳ داریم در غیر فعال جهت جریان همیشه برای آب از پتانسیل بیشتر به پتانسیل کمتر و برای املاح از پتانسیل شیمیایی بیشتر به کمتر است.

۱-۲-۵- انتشار

غیر فعال

(به حالتی از جابجایی گوئیم که در آن جسم به صورت ذرات منفرد تشکیل دهنده آن جسم منتقل می شود. ذرات می تواند به صورت یون، مولکول و ذرات کلوئیدی باشند. علت انتشار انرژی جنبشی ذرات تشکیل دهنده جسم است (یعنی تمام اجسام بالای صفر مطلق دارای مقداری انرژی جنبشی هستند). مثلاً: در ناحیه ای با غلظت بیشتر، انرژی جنبشی بیشتر و مسیر حرکت به سمت غلظت کمتر است. در مورد گازها به وضوح مشاهده می شود مثلاً گاز O_2 در ۲۰ درجه سانتیگراد مولکول هایش دارای سرعت $450 m.s^{-1}$ یا $1620,000 m.hr^{-1}$

غلظت کمتر → انرژی جنبشی ↑ غلظت ↑

- 1 - Passive transport
- 2 - Diffusion
- 3 - Mass flow

جریان آب در خاک

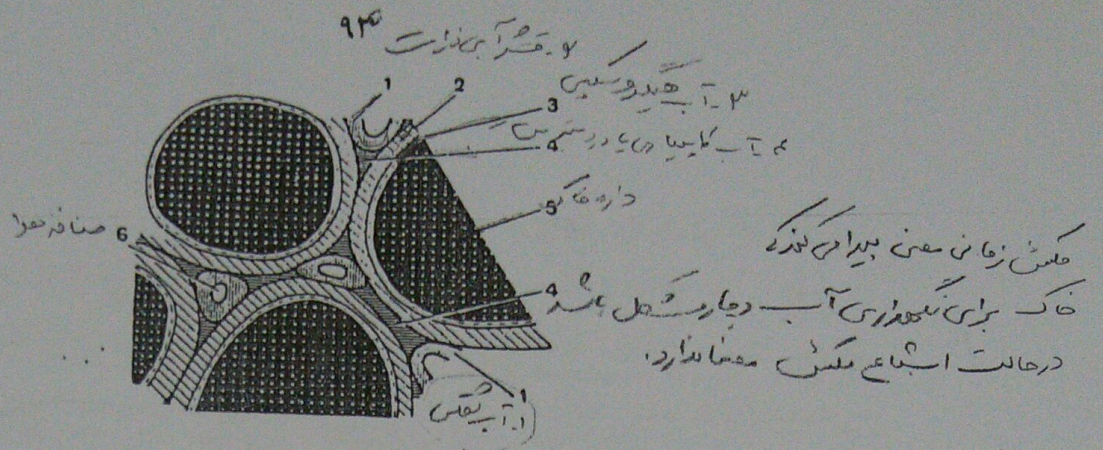
۱-۶- مقدمه

آب خاک عبارت است از آبی است که در منافذ خاک نگهداری می شود که از جنبه های مختلف حائز اهمیت است) آب در خاک عمدتاً به شکل مایع است و موقعی که رطوبت کم باشد اکثر آب خاک به صورت بخار است ولی منظور ما بیشتر آب مایع است. (نیروهای نگهدارنده آب در خاک^۱) این نیروها به هر فرمی که باشند از دو نیرو منشأ می گیرند

۱-۶-۱- نیروهای آدهسیون و کوهسیون
آب + خاک آب + آب
غیر هم نام هم نام

یونهای موجود روی ذرات خاک تمایل شدید به هیدراته شدن دارند لذا آب را با نیروی آدهسیون جذب می کنند وقتی اولین لایه آب جذب سطح ذرات خاک شدند نیروی کوهسیون سبب چسبیدن مولکول های دیگر آب به این لایه می شود. به این لایه های آب که در اثر کوهسیون و آدهسیون جذب سطح ذره شده اند، آب حاصل از نیروهای جذب سطحی^۲ گویند. در کل جذب آب در سطح ذرات ناشی از نیروهای الکتروستاتیک است و علت اینکه جمع به کار می برند این است که نیروها کاملاً مشخص نیستند (شکل ۱-۶).

Water retention forces - 1
Surface adsorption force - 2



شکل ۱-۶- نمای آب جذب سطحی شده و آب کاپیلاری ۱- آب ثقیلی ۲- قشر آبی ذرات ۳- آب هیگروسکپی ۴- آب کاپیلاری یا قابل دسترس ۵- ذرات خاک ۶- منافذ هوا

نکته ۱-۶: اگر یک ذره شنی، رسی، سیلتی و هوموسی را از نظر سطح جذب مقایسه کنیم داریم:

شن > سیلت > رس > هوموس
مثلاً در یک گرم رس بیش از ۵۰۰ متر مربع سطح جذب دارد ولی همان مقدار شن بین ۴۰-۱۰ متر مربع دارد.

نکته ۲-۶: ذرات شن دارای بار جزئی یا فاقد بارند ولی ذرات رس دارای بار زیادی می باشند.

۱-۶-۲- نیروهای کاپیلاری یا موئینگی

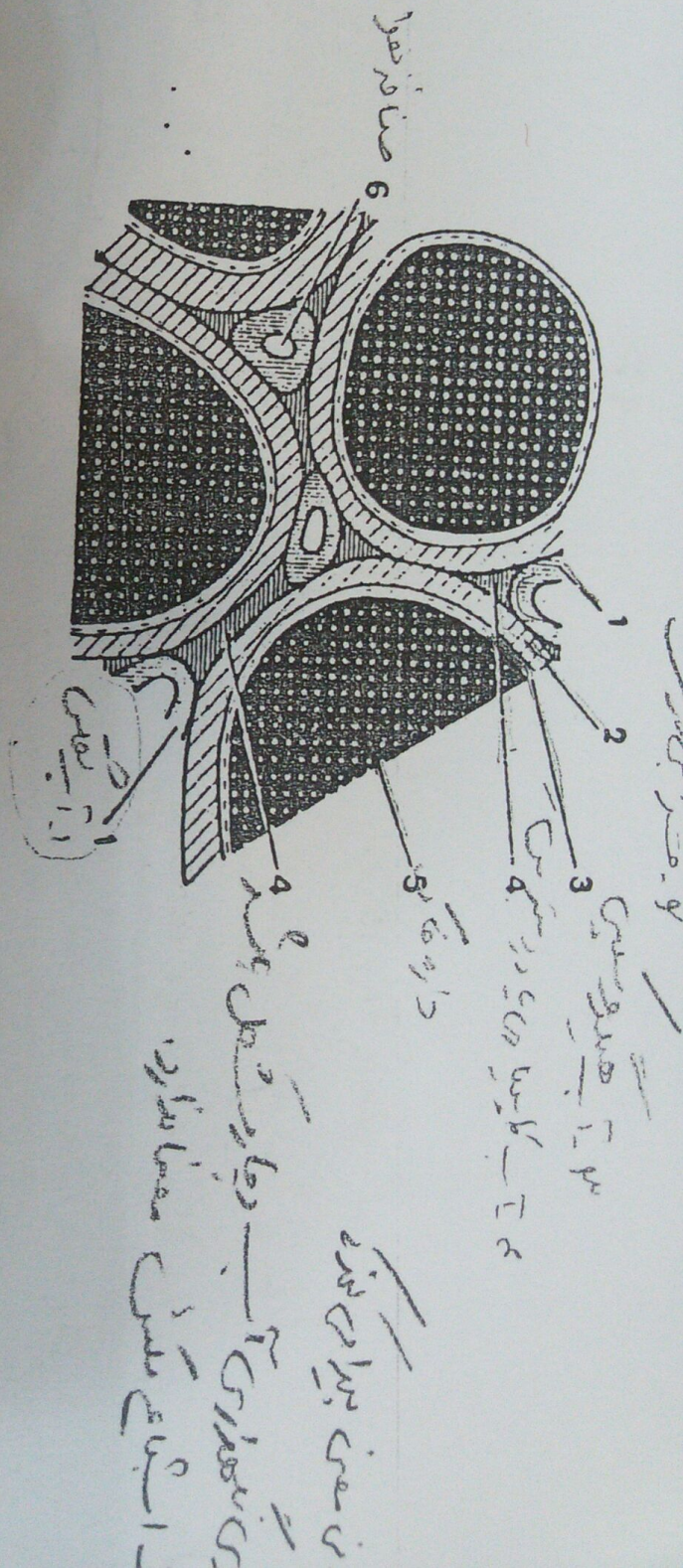
دو نیروی ادهسیون و کوهسیون در ایجاد این نیرو دخالت دارند. اگر دو ذره جدا را در نظر بگیریم هر ذره لایه آب اطراف خود را دارد ولی اگر ذرات کنار هم قرار گیرند آب بین لایه‌ای به وجود می آید که بر اثر پدیده کاپیلاری نگهداری می شود و مقدار آن بیشتر از آب در اثر نیروهای جذب سطحی است. (آب تجمع یافته بین سطوح را آب کاپیلاری گویند). صعود آب در لوله‌های موئین حالت خاص از پدیده کاپیلاری است. (نیروهای جذب کننده آب را به طور کلی با مکش خاک بیان می کنیم) که با واجد بار، مگاپاسکال و.... نشان داده می شوند (1Mpa=10bar).

$$1 \text{ مگاپاسکال} = 10 \text{ بار}$$

$$1 \text{ bar} = 10^5 \text{ pascal} = 10^6 \text{ dyn.cm}^{-2} = 10 \text{ cb}$$

$$0.98 \text{ atm} = 1000 \text{ cm Hg} = 76 \text{ cm Hg} = 760 \text{ mm Hg}$$

نیروی موئینگی



شکل ۱-۶- نمای آب جذب سطحی شده و آب کاپیلاری ۱- آب ثقلی ۲- قشر آبی ذرات ۳- آب هیگروسکپی ۴- آب کاپیلاری یا قابل دسترس ۵- ذرات خاک ۶- منافذ هوا

نکته ۱-۶: اگر یک ذره شنی، رسی، سیلتی و هوموسی را از نظر سطح جذب مقایسه کنیم

داریم:

شن > سیلت > رس > هوموس

سطح ویژه

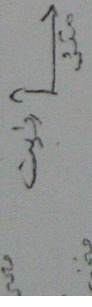
مثلاً در یک گرم رس بیش از ۵۰۰ متر مربع سطح جذب دارد ولی همان مقدار شن بین

۴۰ تا ۱۰۰

۴۰-۱۰۰ متر مربع دارد.

۳-۱-۶- مقدار آب خاک

مقدار آب خاک از نظر تجمعی به دو صورت رطوبت حجمی (θ_v) و رطوبت وزنی (θ_w) بیان می کنیم. هر اندازه که مکش خاک افزایش یابد به همان مقدار از انرژی آب کاسته می شود. ارتباط مکش خاک با رطوبت خاک را منحنی خصوصیات آب خاک^۱ (منحنی آبدهی خاک)^۲ می نامیم. برخی منابع هم منحنی رطوبتی خاک^۳ گفته اند.



۴-۱-۶- منحنی مشخصات آب خاک

اگر یک ذره رس در حالت اشباع را در مجاورت هوای خشک قرار دهیم لایه اول با نیروی ادهسیون قوی چسبیده و هر چه به لایه های بعدی آب برویم این نیرو کاهش می یابد و جایی می رسد که نیروی ثقل بر نیروی کوهسیون غلبه می کند و آب از خاک خارج می شود پس هر چه آب کمتر باشد با نیروی قوی تری به ذرات چسبیده و بر عکس (شکلهای ۲-۶). بدون توجه به نوع خاک با کاهش مکش خاک رطوبت بالا می رود. در مکش برابر خاکهای ریز بافت رطوبت بیشتری دارد و علت آن به توزیع اندازه خخل و خروج بستگی دارد. خاک لوم: ۷۰٪ منافذ ۰/۰۱-۰/۰۱ میلی متر و ۳۰٪ کمتر از ۰/۰۰۱ میلی متر است. خاک رس: ۷۰٪ منافذ کمتر از ۰/۰۰۱ میلی متر است. پس هر عاملی که در توزیع اندازه ذرات اثر کند در شکل منحنی مشخصات آب خاک مؤثر است هر خاک منحنی خاص خود را دارد (حتی دو خاک با بافت های مشابه هم به علت تفاوت در توزیع منافذ، منحنی های متفاوتی دارند. با تهیه منحنی می توان با اندازه گیری مکش رطوبت خاک را بدست آوریم یا بر عکس. همچنین می توان محاسبه کرد که به ازای یک واحد افزایش یا کاهش مکش چقدر آب می توان از خاک گرفت یا اضافه کرد و بدین دلیل به آن منحنی آبدهی هم می گویند.

در رطوبت کم رسد و آب با قدرت

یک مقدار منحنی مشخصات

- ۱ - Soil water characteristic curve
- ۲ - Soil water release curve
- ۳ - Soil moisture curve
- ۴ - Soil particle size distribution

توزیع اندازه ذرات

۵-۱-۶- نقاط و محدوده های رطوبتی خاک

الف - رطوبت در حالت اشباع: زمانی که خاک کاملاً از آب اشباع است در سطح خاک مکش و فشار صفر است و درون خاک فشار موجود است. در لحظه اشباع هیچ نیرویی از طرف ذرات خاک به آب اعمال نمی شود. اگر گلدانی شیردار بگیریم و اشباع کنیم به محض اشباع شدن آب قطره قطره خارج می شود. پس نیرویی از طرف ذرات در این حالت به آب وارد نمی شود. با گذشت زمان خروج آب از خاک کم شده و نیروی وارده از طرف ذرات نیز به تدریج افزایش می یابد.

ب- رطوبت معادل FC: رطوبتی که در آن مکش خاک ۰/۵ - ۰/۱ بار (۱ بار برای درشت خاکهای بافت ۰/۵ برای خاکهای ریز بافت) باشد. FC خاک نه تنها به عمق آب بلکه به چگونگی پروفیل خاک نیز بستگی دارد (یکنواخت باشد یا لایه به لایه) عدد ۰/۱ تا ۰/۳ به صورت تجربی بدست آمده اند.

ج- رطوبت نقطه پژمردگی دائم: رطوبتی از خاک که در آن گیاه به حالت پژمردگی دائم در می آید این پارامتر به نوع خاک و نوع گیاه بستگی دارد (جدول ۱-۶).

جیب - توتریکه

رفیسی

↑ c

↓

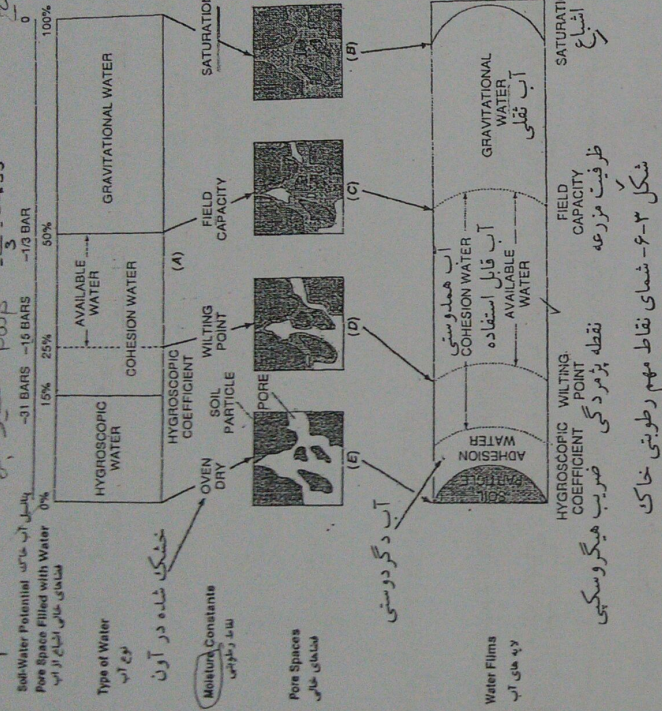
مقاومت

مکش

لومی

$\theta_s - 1$
 $\theta_{FC} - 2$
 $\theta_{pwp} - 3$

100%
میں سے



شکل ۳-۶- شمای نقاط مهم رطوبتی خاک

رسی	لوم	لوم سیلیتی	شمن ریز	شمن	محصول
۱۵/۵	۹/۹	۶/۵	۳/۱	۱/۰۷	ذرت
۱۴/۱	۱۰	۵/۹	۳/۶	۰/۹۴	ذرت خوشه ای
۱۴/۵	۱۰/۳	۶/۳	۳/۳	۰/۸۶	گندم
۱۶/۳	۱۲/۴	۶/۹	۳/۳	۱/۰۲	نخود
۱۵/۳	۱۱/۷	۶/۹	۳/۳	۱/۱۱	گوجه فرنگی

مقدار $A.A$ برهمنه ۰۹ و برهمنه ۰۵ است. درباره یونجه بیشتر از $A.A$ است

۵- آب در دسترس: شامل رطوبت خاک بین نقطه FC و PWP است، به عبارت دیگر $A.A - C.A =$

Available water (AW) = 1

Available water (AW) -
 به این معنی دارد
 عافت خاک رسانی دارد

رطوبت خاک بین مکشهای ۰.۳۳ تا ۱۵ بار می باشد (رابطه ۵-۶).

(۶-۵)

$$AW = \theta_{FC} - \theta_{PWP}$$

به شرح

تکته ۲-۳: یک نظریه وجود دارد که آب خاک بین نقطه اشباع و FC قابل استفاده نیست این مطلب زیاد صحت ندارد چون تا زمانی که خاک به FC می رسد گیاه از آب استفاده می کند که در آب قابل استفاده نیامده است.

تکته ۴-۶: برای محاسبه آب خارج شده از خاک توسط گیاه و آبی که لازم است به خاک بدهیم باید عمق آب را حساب کنیم.

(۶-۶)

$$d = D \times \theta_v / 100$$

که θ_v رطوبت حجمی بر حسب درصد، d عمق آب خاک در رطوبت θ_v بر حسب سانتیمتر و D عمق خاک بر حسب سانتیمتر است.

مثال: اگر عمق خاک ۵۰ سانتی متر (ناحیه ریشه) باشد و رطوبت حجمی خاک در حالت ظرفیت مزرعه ۱۷٪ و در حالت پژمردگی دائم ۸/۵٪ باشد عمق آب در هر حالت و عمق آب قابل استفاده را بیابید.

$$d_{FC} = D \times \theta_{vFC} / 100 = 50 \times 17 / 100 = 8.5 \text{ cm}$$

یعنی اگر آب خاک را جدا کنیم و روی سطح خاک پخش کنیم ارتفاع آب ۸/۵ سانتی متر می شود. بر همین روال برای نقطه پژمردگی دائم داریم.

$$d_{PWP} = 4.25 \text{ cm}$$

محاسبه عمق آب قابل استفاده

$$d_{AW} = D (\theta_{vFC} - \theta_{vPWP}) / T \theta$$

$$d_{AW} = 8.5 - 4.25 = 4.25 \text{ cm}$$

آب در دسترس پس از مدتی به صورت تبخیر و تعرق از خاک خارج می شود.

تکته ۵-۶: دوره (پریود) آبیاری

(۶-۷)

$$t = d_{AW} / ET$$

که t دوره آبیاری بر حسب (روز)، T تبخیر آب از پوشش گیاهی (تعرق) و E تبخیر آب از سطح خاک بر حسب میلی متر در روز و d_{AW} عمق آب قابل استفاده بر حسب میلی متر است

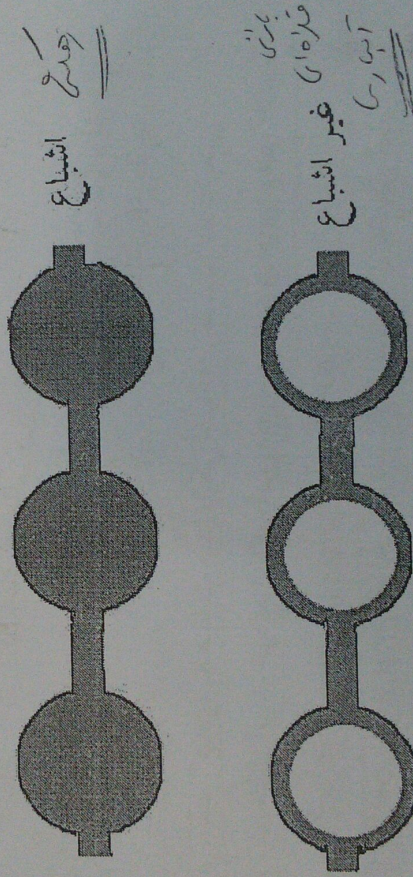
Period - ۱

$$T = \frac{50 \times 17}{100} = \frac{850}{100} = 8.5 \text{ mm}$$

$$t = \frac{4.25}{8.5} = 0.5 \text{ days}$$

آب در خاک در اکثر موارد در حال تغییر و حرکت از نقطه‌ای به نقطه دیگر است. در واقع وقتی که در اثر بارندگی و یا آبیاری آب وارد خاک می‌شود پتانسیل آن در بالای زمین زیادتر از پایین بوده و به سمت پایین حرکت می‌کند و وقتی باران قطع می‌شود به مرور روند بر عکس می‌شود و در اثر تبخیر و تعرق پتانسیل آب در بالای خاک کمتر از پایین بوده و آب بر می‌گردد. حرکت آب در خاک به صورت اشباع و غیر اشباع می‌باشد. در حرکت اشباع آب از تمام منافذ حرکت می‌کند (شکل ۴-۶). این حرکت بیشتر در امور زهکشی کاربرد دارد (در مسائل آبیاری کمتر مورد توجه است در آبیاری غرقابی لحظاتی بصورت اشباع می‌باشد که زمان آن نسبت به دور آبیاری ناچیز است) (در آبیاری بارانی و قطره‌ای حرکت به صورت غیر اشباع است) حرکت غیر اشباع بیشتر در آبیاری مطرح است که اندازه گیری آن نیز پیچیده و با روش‌های تئوری است.

در جریان غیر اشباع آب نقل و انتقال می‌یابد در حالی که بخشی از منافذ خاک خالی از آب است (شکل ۴-۶).



شکل ۴-۶- نمای منافذ ریز (کاپیلاری) خاک در حالت اشباع و غیر اشباع (ضخامت لایه آب در منافذ بستگی به رطوبت دارد).

برای اندازه گیری حرکت غیر اشباع و اشباع از شرایط ماندگار و غیر ماندگار می‌توان

سیستم جذب و انتقال آب در گیاه

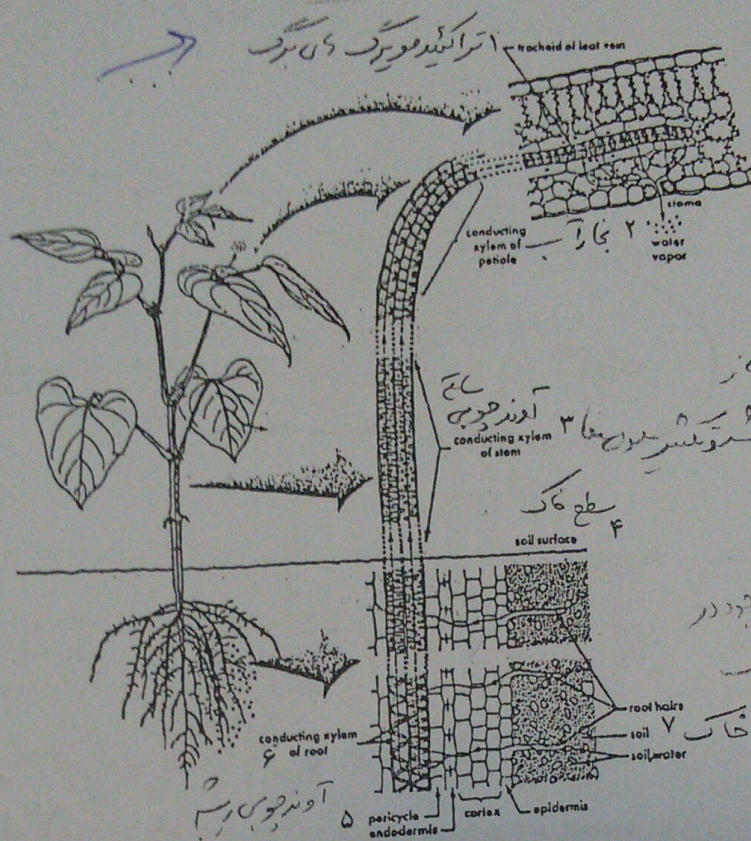
۱-۷-مقدمه

گیاهان به عنوان موجود زنده با گرفتن مواد و عناصر مورد لزوم از محیط و سنتز آنها به مواد آلی لازم قادر به حیات، رشد و تولید محصول هستند. بنابراین وجود یک سیستم^① برای جذب مواد و عناصر و سنتز آنها به مواد جدید و نیز انتقال آن مواد در گیاه ضروری می باشد. سنتز مواد و عناصر اولیه به مواد آلی توسط عمل فتوسنتز و واکنشهای متابولیکی مربوطه صورت می گیرد. در این قسمت چگونگی جذب مواد و عمدتاً آب از محیط و انتقال آن در گیاه مورد بررسی قرار می گیرد.

۲-۷- جذب و انتقال آب

گیاهان سبز برای ادامه زندگی فقط به چند جسم از قبیل آب، گاز کربنیک، اکسیژن و O_2 ، CO_2 ، H_2O برخی عناصر غذایی احتیاج دارند. از این میان مقدار آب جذب شده و انتقال یافته خیلی بیشتر از بقیه اجسام و عناصر می باشد. مقداری از آب جذب شده، در واکنشهای شیمیایی از قبیل فتوسنتز یا سوخت و ساز مصرف می شود و قسمتی نیز به صورت جزئی از سیتوپلاسم سلولی در طی رشد و تکثیر تدریجی سلولها استفاده می شود. اما قسمت اعظم آب جذب شده (حدود ۹۸٪) به صورت بخار از سطح شاخه، برگ و میوه از دسترس گیاه خارج شده

و وارد اتمسفر می گردد. تلفات آب به صورت بخار از گیاه را تعرق می نامند. گیاهان عمدتاً آب مصرفی خود را از آب خاک و از آبی که در منافذ و خلل و فرج واقع بین ذرات و دانه های خاک ذخیره شده است تأمین می کنند.

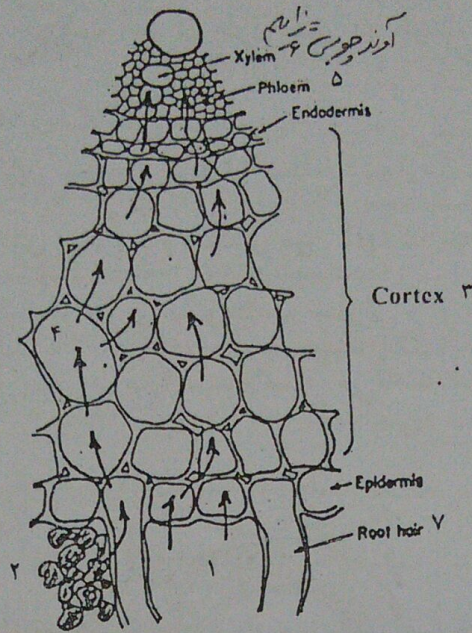


شکل ۱-۷- حرکت آب در طول مسیر خاک - ریشه - ساقه - برگ - اتمسفر - در گیاه لوبیا همراه با جزئیات ساختمان مسیر انتقال آب (۱- تراکنید مویرگ های برگ ۲- بخار آب ۳- آوند چوبی ساقه ۴- سطح خاک ۵- آوند چوبی ریشه ۶- خاک ۷- ریشه)

شکل ۱-۷- مسیر کامل حرکت آب از خاک به اتمسفر را نشان می دهد. آب نخست از طریق سلول های اپیدرم ریشه وارد گیاه می گردد و سپس از طریق لایه کورتکس،

1- Transpiration
2- Epiderm
3- Cortex

اندودرم^۱ و پری سایکل^۲ وارد رشته آوندهای چوبی می گردد. شکل ۷-۲ مسیر حرکت شعاعی آب از سطح ریشه تا آوندهای ریشه را نشان می دهد.



شکل ۷-۲- ساختمان مقطع عرضی یک ریشه جوان و مسیر حرکت آب از سطح ریشه به طرف مرکز ریشه (آوندها). ۱- خاک ۲- ذرات خاک ۳- کورتکس ۴- مسیر حرکت آب ۵- آوند چوبی ۷- ریشه مویی.

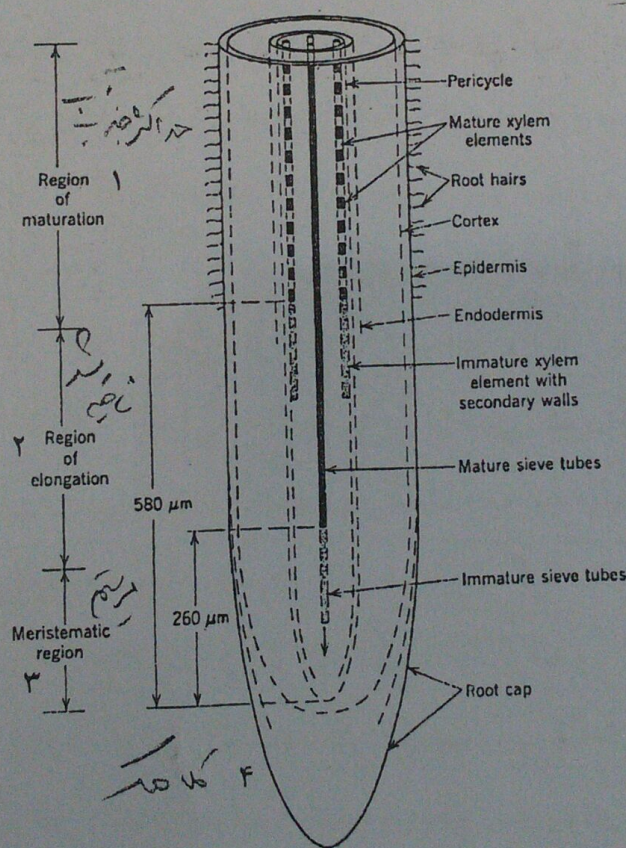
مایع یا محلول آوند چوبی را شیرۀ آوند چوبی^۳ می نامند که عمدتاً شامل آب و عناصر غذایی جذب شده از خاک می باشد. آب وارد شده به آوندهای چوبی به هر نقطه از گیاه که مورد نیاز باشد (بر اثر تابش خورشید به سطح گیاه و تفرق آب از برگها و ایجاد شیب پتانسیل آب بین برگ و ریشه) منتقل می شود. نیاز به آب ناشی از مصرف آب است که به صورت مختلف انجام می گیرد. مصرف آب در گیاه به صورتهای مختلف است که ممکن است به صورت جمع شدن در سلولها در اثر افزایش حجم یا تکثیر سلولی (رشد) باشد، به صورت شرکت آب در واکنشهای متعدد باشد و یا به صورت تفرق از سلولهای برگ و یا از قسمتهای دیگر گیاه باشد (تجمع در سلولها، تفرق از سطح گیاه، شرکت در واکنشها).

Endoderm - 1
Pericycle - 2
Xylem sap - 3

انتقال و حرکت آب در کورتکس ریشه مویی اکثراً از دو مسیر به صورت همزمان صورت می گیرد. در مسیر اپوپلاست آب نخست از خاک وارد دیواره سلول های ریشه های موئین می شود (دیواره سلولی از رشته های بسیار باریک (میکروسکوپی سلولز) تشکیل یافته و به صورت شبکه محیط خلل و فرج داری را به وجود آورده است.) به طوری که آب می تواند در آن حرکت کند. سلول های اپیدرم ریشه که در تماس با سلول های لایه کورتکس هستند به نوبت آب را به دیواره این سلولها منتقل و آب به ترتیب از دیواره سلولی به سلول دیگر به طرف مرکز ریشه که آوندهای چوبی قرار دارند حرکت می کند. علاوه از دیواره سلولی آب می تواند از فضاهای بین سلولی لایه کورتکس که پر از آب اند (مثل خلل و فرج خاک در حالت اشباع) به طرف آوندها حرکت کند که به آن مسیر سیمپلاست گویند. در مسیر سیمپلاست (مسیر دوم) مولکول های آب با عبور از غشاهای سلولی وارد سیتوپلاسم سلول های اپیدرم که در تماس با خاک اند شده و سپس از طریق اتصال ها یا مجراهای سیتوپلاسمی به نام پلاسمودزما^۱ که سیتوپلاسم سلول های مجاور را به هم وصل می کند به سلول های بشره و از آنجا نیز از سلولی به سلول دیگر به طرف مرکز ریشه (آوندها) حرکت می کند. ^① غشاهای سلولی قابل نفوذ به آب اند و مقاومت چندانی بر سر راه جریان آب ایجاد نمی کنند. لایه سلولی اندودرم (لایه داخلی کورتکس) حرکت آب را در مسیر اپوپلاست مسدود می نماید در نتیجه حرکت آب به مسیر سیمپلاست محدود می شود. سلول های این لایه به صورت فشرده کنار هم قرار گرفته اند و یک لایه مومی که غیر قابل نفوذ به آب و املاح است دور تا دور سلولها را گرفته و با نفوذ در دیواره سلولی مسیر حرکت از طریق دیواره سلولی را مسدود کرده است. آب و املاح با برخورد به لایه مومی در لایه اندودرم حرکتشان متوقف شده و مجبورند برای وارد شدن در آوندها از غشاء سلولی سلول های لایه اندودرم بگذرند. لایه یا رشته مومی که دور سلول های اندودرم قرار دارد به نام رشته کاسپارین^۲ است و مانع آن می شود که آب و املاح موجود در آن بتوانند از طریق مسیر اپوپلاست بدون کنترل وارد آوندهای ریشه

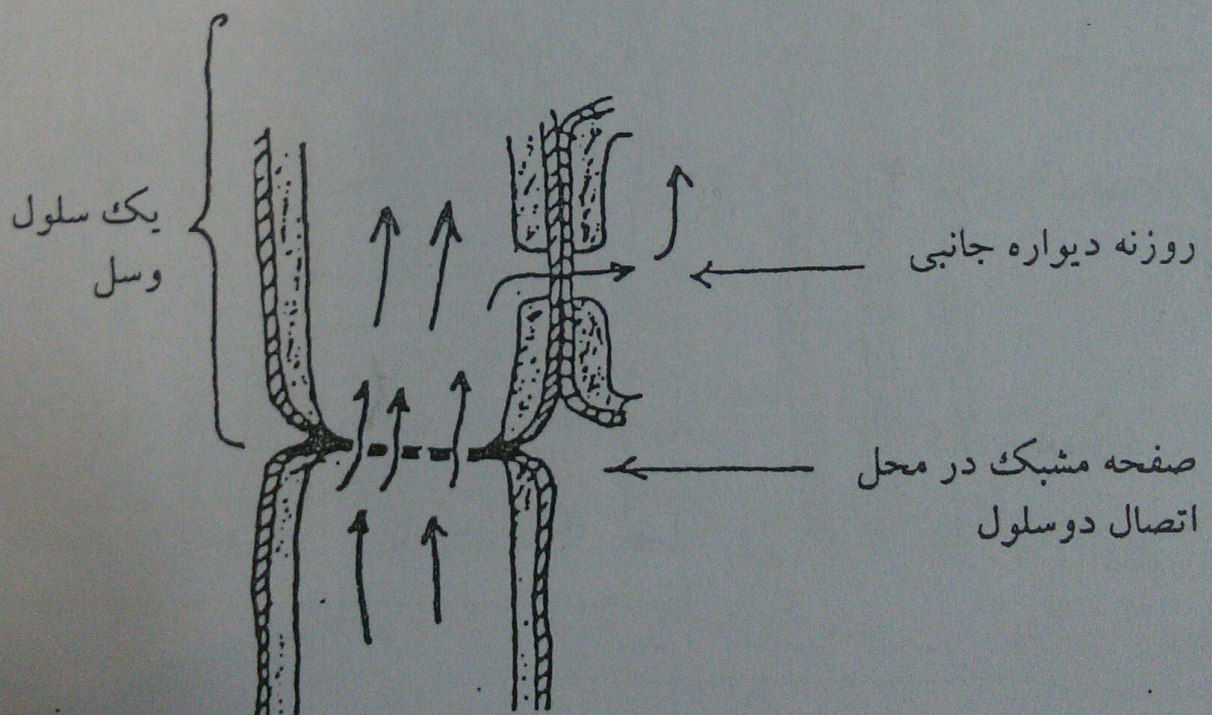
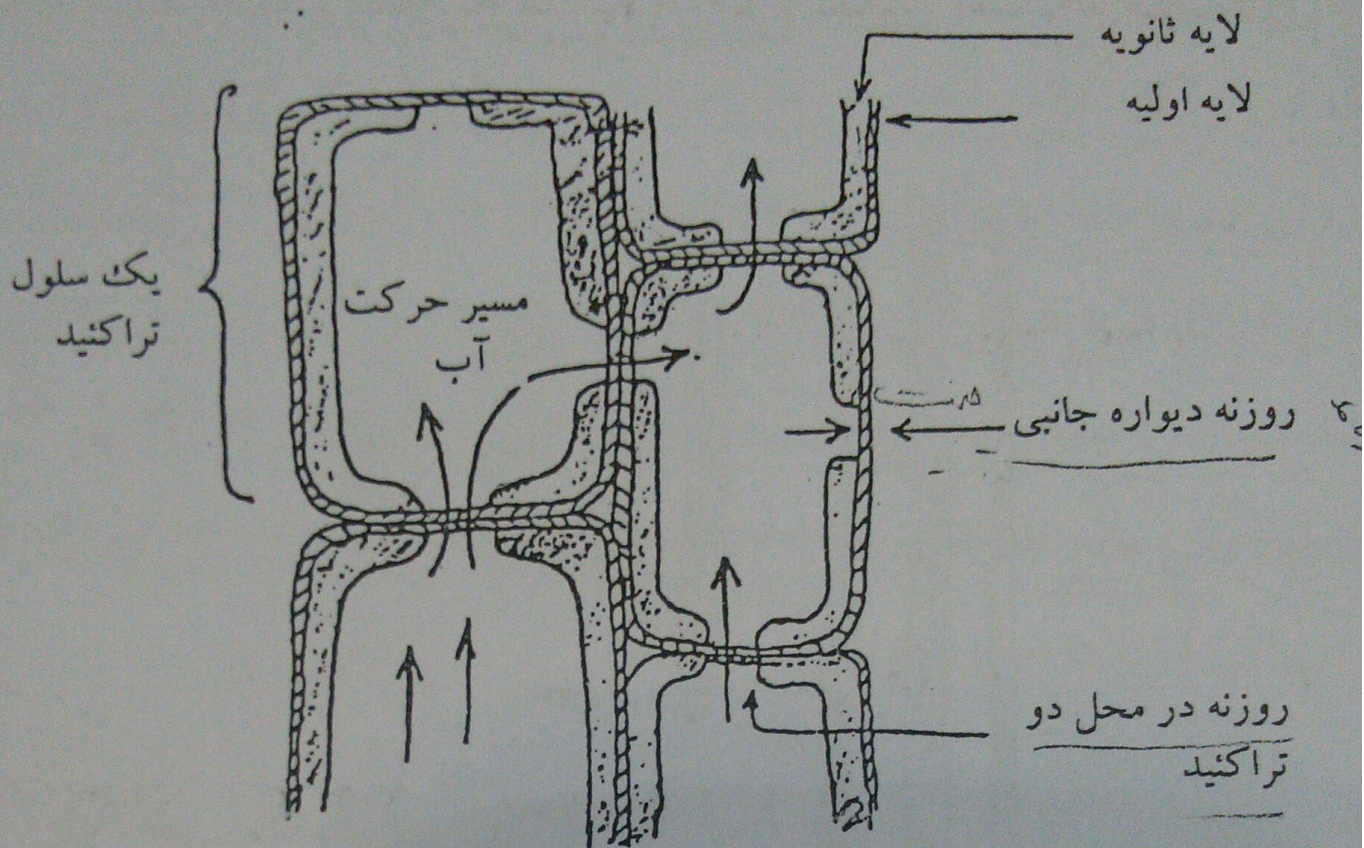
شوند. بنابراین لایه سلولی آندودرم نقش بسزایی در فعالیت ریشه دارد و به ریشه امکان می‌دهد که ورود یا خروج نوع و مقدار املاح به سیستم آوندها را کنترل نماید. کنترل به این علت است که غشاء سلولی قسمت زنده سلول است و با داشتن نفوذپذیری انتخابی ورود و خروج املاح را از بیرون به داخل یا برعکس کنترل می‌کند در صورتی که دیواره سلولی قسمت مرده گیاه است و چنین عملی را نمی‌تواند انجام دهد. پس وجود لایه داخلی آندودرم باعث می‌شود که گیاه به عنوان موجودی زنده بتواند در مورد جذب نوع و مقدار املاح لازم برای رشد خود کنترل اعمال کرده و نیز از ورود مواد سمی از خاک به داخل اندام گیاه جلوگیری به عمل آورد.

آب چه از طریق اپوپلاست و چه از طریق سیمپلاست (و یا هر دو) به مرکز ریشه و آوندهای چوبی می‌رسد (شکل ۷-۴).



آوندهای چوبی
آوندهای آب

شکل ۷-۴- ساختمان طولی ریشه تنباکو در حال رشد است و ترتیب تمایز و تکمیل بافت‌های مختلف را نشان می‌دهد (فاصله سلول‌های تمایز پیدا کرده و کامل از ریشه بستگی به نوع ریشه و میزان رشد آن دارد) ۱- ناحیه حداکثر جذب آب و به طول حداکثر ۱۰ سانتیمتر ۲- ناحیه رشد ۳- مریستم ۴- کلاهک



۶-۷- جزئیات ساختمان روزنه‌های پیت در آوندها و نقش آنها در حرکت آب و حفظ تداوم پیوستگی ستون آب در آوندها است

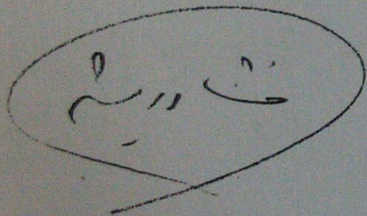
۳-۷- پتانسیل آب و حرکت آب در مسیر

در مبحث قبلی مسیر حرکت آب در داخل گیاه مورد بررسی قرار گرفت. حالا سؤال این است که چه نیرویی باعث به جلو راندن آب در مسیر از خاک به ریشه تا برگ می‌گردد. جواب روشن است، پیدایش یا ایجاد اختلاف پتانسیل آب در مسیر عامل یا محرکه جریان است. اگر ستون آب پیوسته‌ای را در داخل یک رشته آوند که مثل یک لوله باریک می‌ماند در نظر بگیریم کاهش Ψ آب در یک انتها باعث می‌گردد که آب به خودی خود به طرف آن انتها در رشته آوند حرکت کند. به عبارت دیگر اصل کلی که آب از طرف انرژی بیشتر به طرف انرژی کمتر حرکت می‌کند اینجا نیز صادق است. اما بینیم علت کاهش پتانسیل آب در یک محل مثلاً در ابتدای مسیر (سلول‌های برگ) که منجر به جریان آب به آن محل می‌گردد چیست؟ می‌دانیم که پتانسیل آب در گیاه از دو جزء عمده Ψ_p و Ψ_s تشکیل یافته $(\Psi_w = \Psi_p + \Psi_s)$ و کاهش در یکی یا هر دو جزء باعث کاهش پتانسیل کل می‌گردد. بطور مثال موقعی که نور آفتاب در اول صبح به سلول‌های محافظ برگ (سلول‌های تشکیل دهنده روزنه‌ها) در اثر فتوسنتز در آنها می‌گردد افزایش غلظت املاح و در نتیجه کاهش Ψ_s در سلول‌های محافظ شده پتانسیل کل نیز کاهش

$$\Rightarrow \downarrow \Psi_s \Rightarrow \Psi_w \downarrow$$

۴-۷- فشار ریشه و تعریق (گاتیشن^۲) در ریزش باس خاک و تعریق^۱

خیلی وقتها مشاهده شده موقعی که گیاهی از ساقه‌اش قطع می‌گردد شیره گیاهی از سطح مقطع بریدگی و از قسمتی از ساقه که به ریشه وصل است به طرف بیرون جریان می‌یابد. این پدیده نشان دهنده وجود فشاری است که تحت آن شیره گیاهی از ریشه به طرف بالا جریان یافته و از سطح محل بریدگی بیرون می‌زند. فشاری را که باعث جریان آب در آوند به طرف بالا است فشار ریشه می‌نامند. پیدایش فشار ریشه یک پدیده اسمزی است بدین معنی که غلظت املاح در شیره آوندهای چوبی بیشتر از محلول خاک است که به علت جذب فعال املاح توسط ریشه می‌باشد بالا بودن غلظت املاح در شیره آوند نسبت به محلول خاک باعث کاهش Ψ_s و در نتیجه پتانسیل کل آب در آوندها شده و در اثر اختلاف Ψ کل بین آوندها و خاک آب از خاک به طرف آوندها جریان و در آنها جمع



^۱ - Cavitation
^۲ - Root pressure and Guttation

$$\downarrow \Psi_s \Rightarrow \downarrow \Psi_{\text{کل}} \Rightarrow \text{شیره آوند چوبی}$$

$$\uparrow \Psi_s \Rightarrow \uparrow \Psi_{\text{کل}} \Rightarrow \text{شیره آوند چوبی}$$

محلول خاک، املاح کمتر از شیره آوند چوبی $\Psi_s \Rightarrow \uparrow \Psi_{\text{کل}}$

می‌گردد. تجمع آب در آوندها باعث افزایش فشار آب یا پتانسیل فشاری در آوندها می‌گردد و در اثر فشار شیره آوند چوبی به طرف بالا حرکت می‌کند و در موقع بریدگی ساقه گیاه شیره آوند از آن بیرون می‌زند. فشار ریشه در شرایطی که تعرق بالا است و یا رطوبت خاک پایین است اهمیت به عنوان عامل محرکه برای جریان آب در مسیر ریشه تا برگ ندارد و فقط در گیاهان کوتاه و در شرایط مطلوب (با رطوبت بالای خاک و تعرق کم) می‌تواند نیروی محرکه برای جریان آب در مسیر گردد. گاهی قطره‌های ریز آب در سطح نوک برگ‌ها مشاهده می‌شود که شبیه شبنم است ولی در واقع آبی است که در اثر فشار ریشه از داخل برگ به بیرون راه پیدا می‌کند. خروج آب بدین نحو از برگ را گایشن^۱ می‌نامند.

→

۵-۷- رابطه رشد ریشه و رطوبت خاک

حرکت آب در خاک بستگی شدید به ضریب آب‌گذری خاک K دارد و مقدار K با کاهش رطوبت خاک در اطراف ریشه‌ها در اثر جذب آب سریعاً کاهش پیدا می‌کند. بنابراین برای جذب مداوم آب، ریشه باید بطور مداوم به طرف نواحی جدیدی از خاک که هنوز رطوبتش جذب نشده و دست نخورده باقی مانده رشد و حرکت کند.

ژئوتروپیسم^۱ رشد ریشه به طرف پایین در اثر نیروی ثقل به عنوان عاملی در رشد ریشه به طرف اعماق پایین باعث می‌شود که ریشه بتواند با لایه‌های مرطوب خاک تماس حاصل نموده و به آب دسترسی پیدا کند. فشاری که در اثر رشد و پیشروی ریشه در خاک از طرف ذرات خاک بر ریشه وارد می‌گردد باعث می‌شود که رشد و پیشروی به صورت جانبی نیز باشد. این امر همراه با تولید ریشه‌های فرعی و موئی موجب می‌گردد که ریشه‌ها به راحتی آب را از هر ناحیه جدیدی که بدانجا می‌رسند جذب نمایند.

مطلبی که تذکر آن شاید ضروری باشد این است که رشد و حرکت ریشه در شرایط مطلوب خاک برای جستجوی آب و یا عناصر غذایی نیست بلکه این رشد برای زمان‌های کمبود آب و مواد غذایی در آینده است. برای رشد و پیشروی ریشه در هر ناحیه‌ای از

آب در شکل مایع به صورت ممتد و پیوسته از ریشه گرفته تا ساقه و برگ در گیاه موجود است. گیاهان مقدار زیادی آب در طول فصل رشد از خاک جذب می کنند. برای مثال یک گیاه زراعی مثل یونجه ممکن است بین ۷۰۰۰ تا ۱۲۰۰۰ متر مکعب (بسته به شرایط آب و هوا) از هر هکتار زمین در مدت یک فصل رشد از خاک جذب نماید. قسمت اعظم آب جذب شده (حدود ۹۹٪) بعد از گذشتن از ریشه، ساقه رسیدن به برگ به صورت بخار از سطح برگ خارج می شود. حدود ۱٪ آب باقی مانده با اینکه جزء بسیار کوچکی از کل آب جذب شده را تشکیل می دهد در سالم بودن و رشد گیاه فوق العاده مهم است. بنابراین مسئله مهم برای گیاه به عنوان موجود زنده این است که بتواند در حالی که مقدار زیادی آب به صورت تعرق دفع می کند، مقدار کوچکی از آن را که برایش اهمیت حیاتی دارد برای خود نگه دارد. به عبارت دیگر گیاه بایستی همیشه بین جذب (توسط ریشه) و دفع (توسط برگ) آب یک تعادل و توازن برقرار سازد تا بتواند قادر به چنین عملی باشد.

جو یا اتمسفر زمینی دارای مقداری بخار آب است که مقدارش (۰ تا ۳٪ حجمی) با نزولات کاهش و با تبخیر آب از سطح زمین و یا سطح آبها افزایش پیدا می کند. انتقال آب داخل گیاهان به جو را به صورت بخار که حالت بخصوصی از تبخیر است تعرق نامند. قبل از اینکه به جزئیات تعرق پردازیم اول تبخیر را بطور کلی مورد بحث قرار می دهیم خواه

تبخیر از سطح آب دریاچه باشد، خواه از سطح خاک و خواه از سطح پوشش گیاهی،
یعنی اصولی را که تبدیل آب مایع به بخار و انتقال آنرا به جو کنترل می کند بررسی
می کنیم.

تبادل = بیان

۸-۲- تعادل یا بیان انرژی و تبخیر

میزان انرژی که برای تبدیل یک گرم آب مایع به بخار لازم است گرمای تبخیر آب
می نامند. گرمای تبخیر آب به طور قابل ملاحظه ای (۵۸۰ کالری برای هر گرم آب در ۲۵
درجه سانتیگراد) بالاست. بنابراین تبخیر آب از سطح به طور مؤثری بستگی به مقدار انرژی
رسیده به سطح دارد. منبع نهایی انرژی خورشید است که انرژی به صورت تشعشع پس از
گذشتن از جو یا اتمسفر زمین به سطح زمین می رسد (تشعشع خورشیدی با شدت تقریباً
 $2 \text{ cal} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{cm}^{-2}$ به طور عمودی به سطح خارجی جو می رسد. این تشعشع طول موجی بین
۰/۲۸ تا ۳ میکرون (میکرون برابر با 10^{-4} سانتیمتر است) دارد و نزدیک به نصف این
تشعشع را نور مرئی (قابل رؤیت) با طول موج ۰/۳۸ تا ۰/۷ میکرون تشکیل می دهند.

$$1 \text{ g} = 580 \text{ cal}$$

ضریب ۲ کالری انرژی
در سطح می رسد
 $2 \mu = 10^{-4} \text{ cm}$

تشعشع خورشید با تقریب منطبق است بر طیف تشعشعی که از جسم سیاه در حرارت
۶۰۰۰ درجه کلوین ساطع می شود (جسم سیاه جسمی است که همه تشعشعات رسیده به
خود را بدون انعکاس جذب و با راندمان ماکزیمم انرژی ساطع می کند). بر طبق قانون
استیفن بولتزمن^۱ (رابطه ۸-۱) مقدار تشعشع از سطح یک جسم (R) در تمام طول موجها
متناسب با توان چهارم درجه حرارت مطلق (T) سطح می باشد.

مقدار تشعشع از سطح یک جسم

$$R = \epsilon \sigma T^4$$

(۸-۱)

ϵ ضریب تشعشع یا ضریب ساطع که برای جسم سیاه کامل برابر یک می باشد. مقدار ϵ
برای سطح پوشش گیاهی بین ۰/۹۵ تا ۰/۹۹ و برای سطح خاک حدود ۰/۹۷ می باشد. σ
عدد ثابتی است به نام ضریب استیفن-بولتزمن و مقدارش برابر با
 $5.67 \times 10^{-8} \text{ cal} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{k}^{-4} \cdot \text{min}^{-1}$ می باشد. شدت و ترکیب تشعشع خورشیدی با عبور از
جو زمین تغییر می یابد بطور متوسط یک سوم آن به فضا منعکس می شود (انعکاس وقتی

^۱ - Stephan-Boltzman

کارایی مصرف آب در گیاهان (WUE)

۱-۹- مقدمه

کارایی مصرف آب^۱ عموماً به مقدار ماده‌ی خشک تولید شده گیاهی به ازای واحد مصرف آب اطلاق می‌گردد. کارایی مصرف آب بوسیله پژوهشگران پیشرو به مفهوم آب مورد نیاز گیاه بوده است. بریگز، شانت و همکاران^۲ آب مورد نیاز صد و پنج نوع گیاه را در ناحیه آکرون^۳ آمریکا که منطقه‌ای خشک است اندازه‌گیری نمودند آب مصرفی برای هر گرم ماده‌ی خشک تولید شده بسیار متغیر بود و از ۲۱۶ گرم آب برای ارزن تا ۱۱۳۱ گرم برای یک علف محلی تغییر پیدا نمود. هدف اصلی آزمایش بررسی این فرضیه در آن زمان بود که نیاز کم برای مصرف آب توسط گیاه همراه با مقاومت بالای گیاه در مقابل خشکی خواهد بود که امروزه درست نبودن آن فرضیه به اثبات رسیده است. آب مصرفی بین سالهای مختلف در طول هفت سال بسته به شرایط جوئی نیز کاملاً متفاوت بود. ارقام از ۲۵۰ الی ۴۰۰ گرم آب در مورد ذرت و از ۶۶۰ تا ۱۶۰۰ گرم آب در مورد یونجه برای هر گرم ماده خشک تولید شده نوسان داشت. نکته جالبی که این مطالعه نشان داد این است که برای تولید هر واحد ماده‌ی خشک گیاهی نمی‌توان مقدار مشخصی آب مصرفی در نظر گرفت و لذا اصطلاح نیاز آبی گیاه فاقد معنی صحیح و روشن است. اصطلاح نسبت

تعرقی بعداً جانشین نیاز آبی و اصطلاح (کارایی مصرف آب) نیز جانشین نسبت تعرقی گردیده است.

فیزیولوژیست‌های گیاهی WUE را بر اساس فتوسنتز و تعرق که پایه تولید مصرف هستند به صورت زیر تعریف می‌کنند.

$$WUE = A_n / T \quad (9-1)$$

که در این فرمول A_n آسمیلاسیون خالص^۲ به عبارت دقیق‌تر (میزان CO_2 تثبیت شده در فتوسنتز در فاصله زمانی معینی به ازای واحد سطح برگ یا واحد بوته گیاه) و T مقدار تعرق در همان فاصله زمانی به ازای واحد سطح یا گیاه است.

متخصصین زراعی WUE را بر اساس تولید ماده‌ی خشک گیاهی در واحد سطح و

تبخیر و تعرق به صورت زیر تعریف می‌کنند.

$$WUE = Y / ET \rightarrow \text{تعرق} \quad (9-2)$$

که Y محصول قابل برداشت در واحد سطح زمین، T تبخیر آب از پوشش گیاهی (تعرق) و E تبخیر آب از سطح خاک است.

بالا بودن نسبت A_n/T یا Y/ET بیانگر این است که گیاه به ازای واحد آب مصرفی توانسته فتوسنتز یا محصول بالایی داشته باشد.

۹-۲- کارایی مصرف آب پایه (WUE_b)

با توجه به اینکه فتوسنتز، پایه و اساس تولید توسط گیاه است بنابراین نسبت A_n/T در واقع پایه و اساس برای Y/ET خواهد بود. روی این اصل A_n/T را کارایی مصرف آب پایه WUE_b می‌توان اطلاق کرد و جا دارد که عوامل مؤثر در آن بررسی گردد. فرمولهای تعرق و فتوسنتز را می‌توان به صورتهای زیر نوشت.

$$T = (C_{wv}^a - C_{wv}^s) / (r_s + r_a)$$

$$T = \frac{C_{wv}^a - C_{wv}^s}{r_s + r_a} \quad (9-3)$$

$$A_n = (C_{CO_2}^a - C_{CO_2}^{chl}) / (r_a' + r_s' + r_m')$$

$$C_4 = 0.10$$

$$C_3 = 0.10$$

$$(9-4)$$

$$WUE_b = \frac{A_n}{T} = \frac{C_{CO_2}^a - C_{CO_2}^{chl}}{r_a' + r_s' + r_m' - \frac{1}{17}(r_s + r_a)} = 0.62 \Delta C_{CO_2}$$

Transpiration ratio -^۲
Net assimilation -^۲

$$r_s + r_a$$

نسبت تبخیر به آسیمیلاسیون

جواب = wUE

درخت میوه $wUE = \frac{ET}{Y}$

درخت میوه wUE را می توان به روش های مختلفی تعریف کرد.
 - $wUE = \frac{Y}{ET}$ (بسیار رایج است)
 - $wUE = \frac{Y}{ET - ET_0}$ (برای حذف تبخیر پایه)
 - $wUE = \frac{Y}{ET - ET_{min}}$ (برای حذف تبخیر پایه و تبخیر خنک شدن)

درخت میوه wUE می تواند به روش های مختلفی تعریف شود.

Canopy structure -

نمودار شماتیک

درخت میوه wUE را می توان به روش های مختلفی تعریف کرد.
 - $wUE = \frac{Y}{ET}$ (بسیار رایج است)
 - $wUE = \frac{Y}{ET - ET_0}$ (برای حذف تبخیر پایه)
 - $wUE = \frac{Y}{ET - ET_{min}}$ (برای حذف تبخیر پایه و تبخیر خنک شدن)
 درخت میوه wUE می تواند به روش های مختلفی تعریف شود.
 - $wUE = \frac{Y}{ET}$ (بسیار رایج است)
 - $wUE = \frac{Y}{ET - ET_0}$ (برای حذف تبخیر پایه)
 - $wUE = \frac{Y}{ET - ET_{min}}$ (برای حذف تبخیر پایه و تبخیر خنک شدن)

درخت میوه wUE را می توان به روش های مختلفی تعریف کرد.
 - $wUE = \frac{Y}{ET}$ (بسیار رایج است)
 - $wUE = \frac{Y}{ET - ET_0}$ (برای حذف تبخیر پایه)
 - $wUE = \frac{Y}{ET - ET_{min}}$ (برای حذف تبخیر پایه و تبخیر خنک شدن)

درخت میوه wUE را می توان به روش های مختلفی تعریف کرد.
 - $wUE = \frac{Y}{ET}$ (بسیار رایج است)
 - $wUE = \frac{Y}{ET - ET_0}$ (برای حذف تبخیر پایه)
 - $wUE = \frac{Y}{ET - ET_{min}}$ (برای حذف تبخیر پایه و تبخیر خنک شدن)

زیرین فتوستت در واحد سطح پوشش گیاهی بالا رفته و WUE_n را بالا می برد.

(E) تبخیر آب از سطح خاک) تقریباً هیچ نقشی در تولید ندارد. بنابراین هر چه کاهش

یابد منجر به صرفه جویی در آب مصرف شده و موجب افزایش WUE_n می گردد. با اعمال بای

روشهای زراعی صحیح از قبیل ایجاد پوشش گیاهی بیشتر، نظارت بر نحوه آبیاری، دفعات

آبیاری و علفهای هرز می توان تبخیر از سطح خاک و یا تعرق غیر ضروری را بطور مؤثر

کاهش داد. کمبود عناصر غذایی و به خصوص ازت می تواند صدمه بیشتری برای فتوستت

تا تعرق داشته بنابراین WUE_n را پایین آورده و افزون بر این ممکن است کل تولید یا

محصول نیز کاهش یابد.

(اصلاح گیاه) برای WUE بالا راه حل دیگری است که به صورت عملی است:

الف- راه نخست

✓ - امتحان تعداد کثیری از ارقام گیاه مورد نظر یا گیاهان منطقه

✓ - انتخاب واریته یا گیاهی که در شرایط یا محیط معینی بالاترین WUE را دارد

- بررسی ویژگیهایی که باعث بالا بودن WUE می شوند

✓ - انتقال آن ویژگیها از طریق به نژادی به گیاهان یا ارقام دیگر

ب- راه دوم

بررسی فعالیتهای فیزیولوژیکی و متابولیکی و درک شناخت دقیق مکانیزم رشد و

تولید محصول و مصرف آب است که امکان می دهد گیاهان را برای آن ویژگیهایی که

منجر به مصرف کم آب می گردد اصلاح نمود و راندمان بالا بدست آورد.

فیزیولوژی گیاهان در شرایط تنش^۱

۱-۱- مقدمه

دانشمندان زیست شناسی از دیرزمان در جستجوی یافتن شرایط مناسب زندگی در روی کره زمین بوده‌اند تا بدین وسیله مکانیزمهای کنترل کننده داخلی موجودات را در مقابل عوامل نامساعد طبیعی مشخص نمایند. بطور مسلم آب یکی از عوامل محیطی است که در برقراری و ادامه زندگی گیاهان اهمیت بسزائی داشته و در پراکندگی طبیعی آنها و همچنین در گسترش کشاورزی در نقاط مختلف جهان نقش اساسی را بازی کرده است. بر اساس شدت نیاز گیاهان به آب می‌توان آنها را به گروههای زیر طبقه‌بندی نمود.

الف - Hydrophytes: گیاهانی که فقط در مکانهای بسیار پر آب رشد می‌کنند.

ب - Mesophytes: گیاهانی هستند که در مناطق متوسط از نظر مقدار آب رشد می‌کنند.

ج - Xerophytes: گیاهانی هستند که در مناطق خشک می‌رویند.

بطور کلی وجود نمک در آب پتانسیل آب را کاهش داده و می‌توان گیاهان را بر اساس حساسیت و مقاومت به مقدار نمک در محلول خاک و یا آب بشرح زیر طبقه‌بندی نمود.

^۱ - Stress

الف - Gilycopyhtes: گیاهانی که به مقدار زیاد نمک در محلول خاک یا آب حساس هستند.

ب - Halophytes: گیاهانی که به مقدار زیاد نمک در محلول خاک یا آب مقاوم هستند.

۱-۲- مقاومت به خشکی

گیاهان ممکن است به چند طریق نسبت به کم آبی در محیط زندگی خود مقاومت نشان دهند.

تکته ۱-۱: در مطالعه گیاهان و رابطه آنها با خشکی بایستی دو واژه مقاومت^۱ و سختی^۲ را از یکدیگر تمیز داد.

مقاومت معنی می‌دهد به پایداری گیاه در برابر کم آبی

۱-۲-۱- مقاومتهای کاذب

الف- قوراز: برای نمونه گیاهان یکساله بیابانی بوسیله تولید بذرهایی که در دوره خشکی سال در حالت خواب بسر می‌برند از دوره خشکی سال فرار می‌کنند. بعد از اینکه مقدار کافی باران خاک را به قدر کفایت و عمق کافی مرطوب کرد این بذرها جوانه می‌زنند (این عمل ممکن است بواسطه شسته شدن مقدار کافی مواد باز دازنده رشد از پوسته بذرها صورت گیرد)، اغلب این گیاهان می‌توانند در همین دوره کوتاه مرطوب سال رشد کرده و قبل از فرار سیدن دوره خشکی اقلاً یک بذر تولید نمایند. این گیاهان با وجود اینکه بطور ماهرانه‌ای به شرایط خشکی محیط سازش کرده‌اند، ولی پروتوپلاسم آنها هرگز تحت تأثیر خشکی زیاد (پتانسیل آب بسیار منفی) قرار نمی‌گیرد. بدین سبب می‌توان گفت که این گیاهان بوسیله فرار از خشکی با آن مبارزه می‌کنند.

تکته ۱-۲: گیاهان زراعی زود رس از این ساز و کار پیروی می‌کنند.

Resistance^۱
Hardness^۲

خشکی
مقاومت
سختی

آب و هوا
محیط

محیط

محیط

محیط

ب- ذخیره آب: در مناطق خشکی گیاهانی مانند اکاتوسها نیز از جمله گیاهانی هستند که با ذخیره کردن مقدار نسبتاً زیادی آب در بافتهای خود با خشکی محیط مبارزه می کنند. مکانیزم ذخیره کردن آب بوسیله این گیاهان بدین طریق است که در این گیاهان بر خلاف سایر گیاهان روزه‌ها در شب باز بوده و گیاه با جذب CO_2 هوا در شب مقداری اسید آلی می سازند سپس اسیدهای آلی پادشده در طول روز (که روزه‌ها بسته هستند) به کمک عمل فتوسنتز تبدیل به کربوهیدرات می گردند. در این گیاهان به علت بسته بودن روزه‌ها در روز عمل تبخیر آب به کمترین میزان خود رسیده و گیاه می تواند با آب موجود در بافتهای خود برای مدت مدیدی بدون استفاده از رطوبت خارج زنده بماند. بنابراین این گونه از گیاهان که گوشتی^۱ نیز نامیده می شوند با محافظت آب موجود در خود با خشکی مبارزه می کنند و بدین ترتیب پروتوپلاسم این گیاهان هیچگاه تحت تأثیر خشکی زیادتر قرار نگرفته و بنابراین نمی توان مقاومت به خشکی این گیاهان را به علت مقاومت پروتوپلاسم به پتانسیل بسیار منفی آب دانست.

ج- ریشه عمیق: بعضی از گیاهان بوسیله تغییرات آناتومی که در آنها به وجود آمده است از بروز و پیدایش خشکی جلوگیری می کنند. یک از مؤثرترین این تغییرات داشتن ریشه‌های بسیار عمیق است که با رسیدن به سطح آب زیر زمینی آب لازم را در اختیار گیاه قرار می دهند. در چنین مواردی (مانند یونجه) با وجود اینکه گیاه در منطقه کم باران قرار گرفته است ولی مقدار آب کافی برای رشد و نمو خویش را بدست آورده و بافتهای آنها بندرت تحت پتانسیل آب بسیار منفی قرار می گیرند.

د- داشتن سیستم وسیع ریشه‌های سطحی: برای جذب سریع بارانهای کوتاه و سیلابها (مانند اکاتوسها)

ه- کاهش در اندازه برگها: که از دیدگاه از یاد تبادل حرارتی بطریق همرفت^۲ اهمیت

^۱ - Succulente
^۲ - Convection

بیشتری تا کاهش مقدار تبخیر دارد.

و- روزنه‌های فرو رفته و عمود

ز- وجود مقدار زیاد کوبهای نازک در سطح پوست

با وجود اینکه تغییرات بالا می‌توانند تا حدی از سرعت^(۱) از دست دادن آب بوسیله گیاه بکاهند ولی هیچ گاه نمی‌توانند از تبخیر آب بکلی جلوگیری کنند و بنابراین از دیدگاه محافظت گیاه از خشکی نمی‌توانند نقش مؤثری را بازی کنند.

۲-۱- مقاوت‌های حقیقی

الف- تحمل^۱: بعضی دیگر از گیاهان خشکی محیط را تحمل می‌کنند بدین معنی که این گیاهان در شرایط خشکی با نداشتن سیستم مبارزه مؤثری مقدار زیادی آب را از دست داده و در نتیجه پرتو پلاسما آنها تحت تأثیر پتانسیل آب بسیار منفی قرار می‌گیرد ولی با این حال گیاه همچنان زنده می‌ماند. اینگونه گیاهان را گیاهان مقاوم به خشکی حقیقی^۲ می‌نامند. چنین گیاهانی با مقاومت^(۲) نسبتی^(۱) که دارند می‌توانند خشکی را تحمل کنند.

از دیدگاه اکولوژیک و فیزیولوژیک گیاهانی که با خشکی مقابله می‌کنند بسیار جالب توجه می‌باشد. مثلاً مشاهده شده است که در گیاه *Larrea divaricata* رطوبت برگها ممکن است قبل از مرگ برگها تا ۳۰ درصد وزن خشک تنزل کند ولی در اغلب گیاهان هرگاه رطوبت برگها به ۷۰-۵۰ درصد وزن خشک برسد خواهند مرد.

نکته ۳-۱۰: در مطالعه مکائیزم تحمل به خشکی باید همیشه^(۳) مورد توجه باشد. در گیاهان که توانایی تحمل خشکی دارند مقدار رطوبتشان ممکن است در اثر خشکی هوا بسیار کاهش پیدا کرده باشد ولی دمای گیاه در اثر تابش انرژی خورشید ممکن است به مراتب بیشتر از دمای هوا گردد. دانشمندان ثابت کرده‌اند که در اغلب موارد دلیل نهایی

^۱ - Tolerance
^۲ - True xerophytes

مرگ گیاهان به علت کاهش مقدار رطوبت نبوده بلکه بر اثر بالا رفتن دما می باشد.

نکته ۴-۱۰: دانشمندان فیز یولوژی گیاهی از دیر باز به مطالعه اثرات خشکی در گیاهان دارای تحمل به خشکی مشغول بوده اند و مشاهدات حاصله از این مطالعات عبارت اند از:

- در اثر خشکی گرانروی پروتوپلاسم افزایش یافته و ممکن است بعدی برسد که پروتوپلاسم حالت شکنندگی بخود بگیرد.

- پروتوپلاسم قادر است تا مقدار کمتری پتانسیل اسمزی را قبل از اینکه به حالت شکنندگی برسد تحمل کند.

- در اثر خشکی واکنشهای هیدرولیز کردن مواد مانند تجزیه و هیدرولیز شدن نشاسته و پروتئینها شدت می یابد. به نظر می رسد که پدیده مربوط به واکنشهای هیدرولیزی در اثر بروز خشکی در تمام گیاهان عمومیت داشته باشد. یکی از نتایج این واکنشها تخریب ساختمان اجزاء پروتوپلاسمی سلولها می باشد.

- در اثر بروز خشکی سرعت انتقال مواد در گیاه کند می شود

نکته ۵-۱۰: تئوری مانچ^۱ (مربوط به مکانیزم انتقال پیشنهاد می کند نقل و انتقال مواد فرایندی است که در اثر اختلاف پتانسیل فشار در نقاط مختلف یک سیستم به وجود می آید) می گوید هر گاه مقدار آب بافتها کاهش یابد، سرعت انتقال نیز کاهش خواهد یافت.

نکته ۶-۱۰: متخصصین کشاورزی تغییرات حساسیت گیاهان به خشکی را در اثر عوامل محیطی از دیر زمان مشاهده کرده بوده اند. برای نمونه هر گاه گیاه را در تحت تأثیر آب کم و شدت نور زیاد و مقدار فراوان فسفر و مقدار کم کود ازته قرار دهند گیاه تا حدی حالت تحمل بخشکی را بخود می گیرد و حال آنکه همان گیاه هر گاه تحت تأثیر تیمار بالا قرار نگرفته باشد نسبت به خشکی مقاومت کمتری را نشان می دهد.

نکته ۷-۱۰: دانشمندان شوروی سابق گزارش داده اند که هر گاه بذر گیاه را ابتدا به مدت دو روز در آب خیس کرده و بعد از خشکی کردن بذر در هوا آنرا بکارند گیاه

حاصله از اینگونه بذرها تحمل بیشتری نسبت به خشکی نشان خواهند داد.

۳-۱- مقاومت به شوری

خسارات حاصله از مقدار زیاد نمک در محیط رشد گیاه ممکن است از دو راه به

وجود آید. کاهش پتانسیل آب و اسیدی

الف - کاهش پتانسیل آب در خاک باعث می شود تا جذب آب بر سبزه گیاه با اشکال

مواجه شود. سدیم زیاد رفته

ب - وجود یونهای ویژه در نمک ممکن است باعث بهم خوردن تبادل یونی و بهم خوردن متابولیسم عادی گیاه گردد.

بطور کلی گیاهان را از دیدگاه مقاومت به شوری به چند طبقه تقسیم می کند:

۱-۳- گیاهان مقاوم به شوری (نمک زست های اجباری)

این گروه گونه هایی از گیاهان مقاوم به شوری را تشکیل می دهند که فقط در صورت وجود مقدار زیاد نمک در خاک (مانند صحرایها و یا نزدیک دریاچه های شور که مقدار نمک خاک تا ۲۷ درصد وزن خشک خاک می رسد) می توانند رشد کنند نمونه های بارز این گیاهان عبارتند از:

الف - برخی جنس های Allenrofea همانند Salicornia (با نام غیر علمی Pickleweed) و Limonium (با نام غیر علمی Sealavender)

ب - برخی جنس های Atriplex (با نام غیر علمی Shadscale)

ج - برخی جنس های Sarcobatus (با نام غیر علمی Black greasewood)

در گیاهان مقاوم به شوری پتانسیل اسمزی سلول ها بسیار پایین بوده و ممکن است به ۵۰۰- بار نیز بالغ گردد و حال آنکه در گیاهان معمولی مقدار پتانسیل اسمزی از ۲۰- الی ۳۰- بار پایین تر نمی باشد.

Salicornia (Pickleweed)
Allenrofea (Sealavender)
Obligate halophytes

نکته جالب توجه در اغلب گیاهان مقاوم به شوری با وجود زندگی در خاک‌های شور

آب موجود در آوندهای چوبی آنها به طور معمول محتوی مقدار زیاد نمک نبوده و تقریباً مشابه آب خالص می‌باشد. چنین به نظر می‌رسد که (پیشه) این گیاهان با نیروی تمایز فوق‌العاده خود از ورود سریع یون‌های نمک موجود در خاک جلوگیری کرده و تقریباً آب خالص را به درون خود راه می‌دهند.

به عنوان مثال، شوری اجباری در گیاهان مقاوم به شوری
درماندگی ریشه در شوری
چوبی آب خالص

۱-۲-۱۰- گیاهان جمع کننده

اینگونه گیاهان بتدریج که رشد می‌کنند مقدار نسبتاً زیادی از نمک‌های مختلف را

برسپله ریشه خود جذب کرده و سپس در گیاه (و به خصوص در برگ‌های) انباشته می‌سازند.

این عمل موجب می‌گردد پتانسیل اسمزی آنها مرتباً کاهش یابد.

باید توجه داشت که ریشه گیاهان جمع کننده محلول خاک را مستقیماً و بدون هیچ

دخالتی در ترکیب شیمیایی یون‌های آن جذب می‌کند. ریشه به همان چینه ریشه گیاهان جمع کننده

می‌دانیم که گیاه در طول عمر خود آب زیادی را جذب و تعرق می‌نماید حال اگر

این گیاهان محلول خاک را بدون کنترل هیچ‌گونه مقداری نمک موجود در آنها می‌بایست

۱۰۰ الی ۱۰۰۰ برابر مقدار طبیعی آنها شود، ولی اینطور نیست.

ورود مولکول‌های آب به درون ریشه با هیچ مانعی برخورد نمی‌کند ولی حرکت

یون‌های معدنی با قوه تمایز غشاهای سلول‌های ریشه و به خصوص غشای سلول‌های

آندودرم مواجه شده و بدین ترتیب از سرعت حرکت انواع مختلف یون‌های معدنی به

درجات مختلفی کاسته می‌شود.

۲-۲-۱۰- گیاهان تنظیم کننده

یک دسته دیگر از گیاهان مقاوم به شوری وجود دارند که با وجود اینکه در خاک‌های

شور رشد می‌نمایند ولی غلظت نمک در بافت‌های آنها در طول رشد افزایش نمی‌یابد. این

گیاهان با وجود اینکه یونهای نمک را جذب می‌نمایند ولی برگ آنها با جذب و نگهداری مقدار زیاد آب متورم شده و غلظت نمک در بافت‌ها چندان افزایش نمی‌یابد. این پدیده را گورشی شدن^۱ نامیده می‌شود. این عمل باعث افزایش حجم این گیاهان نسبت به سطح آنها می‌گردد.

در بعضی از موارد مشاهده شده است که گیاه نمک موجود در برگ‌های خود را به سطح برگ‌ها فرستاده و مانع از افزایش غلظت نمک در بافت‌های برگ می‌شود. این عمل در برخی گیاهان آترپلکس^۲ با دارا بودن کرک‌های بادکنکی شکل که در سطح برگ آنها قرار دارند، انجام می‌گیرد. طرز عمل بدین ترتیب است که سلول‌های اپیدرمی برگ‌ها به شکل کرک‌های کروی در برگ ظاهر شده و مقدار زیادی نمک را در خود جمع می‌نمایند. این کرک‌های بادکنکی شکل بتدریج پاره شده دو محتویات خود را در سطح برگ می‌ریزند. پس از مدتی می‌توان لایه ضخیمی از این موهای سطحی را که در سطح برگ پاره شده‌اند همراه با مقدار زیاد نمکی که در سطح برگ قرار داده شده‌اند مشاهده نمود. نمک‌های سطح برگ در اثر باران شسته شده و دو مرتبه به خاک برگشت داده می‌شود. این عمل از دیدگاه اکولوژیک چرخه مواد غذایی زمین اهمیت بسیار دارد.

نکته ۸-۱۰: بعضی از گیاهان زراعی (مانند چغندر و گوجه فرنگی) مقاومت نسبتاً زیادی دارند و حال آنکه گیاهان دیگر (مانند پیاز و نخود) به شوری بسیار حساس می‌باشند.

۴-۱۰- واکنش فیزیولوژیکی گیاه نسبت به کمبود آب و شوری

به نظر اغلب دانشمندان قرار گرفتن گیاه در شرایط نامساعد یک سلسله واکنشهای پیچیده‌ای را در گیاه به وجود می‌آورد که نتیجه آنها با مقاوتمتی نسبی در گیاه آشکار می‌گردد. البته گاهی ممکن است گیاه ضعیف شده و در نهایت بمیرد. گیاه در طول عمر خویش ممکن است تحت انواع شرایط محیطی نامساعد مانند دمای بسیار زیاد یا کم، یخبندان، پرتو فرا بنفش، سموم گوناگون، خسارت مکانیکی به وسیله جانوران و یا ماشین

^۱ - Succulence

^۲ - Atriplex

تنش شوری

تحمل گیاهان نسبت به شوری نه تنها در بین گونه‌های مختلف کاملاً متغیر است بلکه در هر گیاه و تحت شرایط محیطی نیز تغییر می‌کند. بسیاری از عوامل مربوط به گیاه، خاک، آب و اتمسفر با یکدیگر تلفیق شده و بر مقاومت یک گیاه نسبت به شوری اثر می‌گذارند. بنابراین واکنش یک گیاه را نسبت به غلظت معینی از نمک نمی‌توان بطور مطلق پیش‌بینی نمود. با این وجود می‌توان گیاهان را بطور نسبی با همدیگر مقایسه کرد.

تحمل یک گیاه نسبت به شوری با یکی از معیارهای زیر بررسی می‌شود.

(۱) توانایی گیاه در زنده ماندن در خاک شور

(۲) رشد و یا عملکرد مطلق گیاه

(۳) رشد یا عملکرد نسبی گیاه در یک خاک شور در مقایسه با رشد همان گیاه در یک خاک غیرشور

زنده ماندن گیاه ممکن است از نظر متخممان گیاه‌شناسی یا اکولوژی اهمیت داشته باشد ولی برای زارعین این که گیاه بتواند در شرایط خاک شور زنده مانده و محصولی تولید نکند اهمیت ندارد. عملکرد مطلق گرچه تخمین مستقیمی از بازده اقتصادی را در شرایط مشخصی از شوری میسر می‌سازد اما تصمیم زارع در انتخاب نوع گیاهی که قرار است در یک خاک کشت نماید بر اساس مقایسه عملکرد آنها نسبت به شوری است. لذا عملکرد مطلق را نیز نمی‌توان برای مقایسه گیاهان استفاده نمود بنابراین معیار سوم یعنی عملکرد نسبی گیاه در خاک شور نسبت به عملکرد همان گیاه در خاک غیر شور به عنوان راهنما عملی در انتخاب نوع گیاه جهت کشت و پیش‌بینی اثرات تنش شوری مورد استفاده قرار می‌گیرد.

تنش شوری در تمامی مراحل رشد بر گیاه موثر است ولی ممکن است حساسیت گیاه در یک مرحله از رشد نسبت به مرحله دیگر متفاوت باشد. در مرحله جوانه‌زنی تحمل گیاه فقط از روی زنده ماندن جوانه‌ها و یا به اصطلاح درصد سبز شدن بذرها سنجیده می‌شود زیرا معیار دیگری برای آن نمی‌توان متصور شد ولی در مراحل بعدی کاهش عملکرد معیار قابل مقایسه‌ای برای تحمل گیاهان نسبت به شوری است.

غالباً چنین تصویری شود که گیاه در مرحله جوانه‌زنی نسبت به شوری حساس‌تر از گیاه بالغ است. این مطلب گرچه در برخی موارد ممکن است صحیح باشد اما باید به این نکته توجه داشت که اولاً در مورد جوانه‌ها مسئله زنده ماندن گیاه مطرح است و معیار مقایسه فقط درصد سبز شدن بذرهاست. ثانیاً بذرها غالباً در لایه سطحی خاک قرار دارند که شوری آن به مراتب بیشتر از لایه‌های عمیق‌تر خاک می‌باشد.

عوامل موثر بر مقاومت گیاه نسبت به شوری

همانطور که قبلاً گفته شد عوامل مختلف مربوط به آب، خاک و محیط با مسئله شوری ترکیب شده و بر مقاومت گیاه نسبت به شوری اثر می‌گذارند. در برخی موارد تحمل گیاه را افزایش داده و در پاره‌ای موارد نیز از مقاومت گیاه نسبت به شوری می‌کاهند. دما، رطوبت و آلودگی هوا از جمله این عوامل می‌باشند. مثلاً حساسیت اکثر گیاهان نسبت به شوری در شرایط گرم و خشک بیشتر از نواحی سرد و مرطوب است.

به نظر می‌رسد گیاهانی که در خاکهای غیر حاصلخیز رشد و نمو می‌کنند نسبت به شوری مقاوم‌ترند و اگر عملکرد آنها در این شرایط کم است مسئله ممکن است مربوط به حاصلخیزی خاک باشد. اما صرف نظر از این که خاک شور باشد یا غیر شور کاربرد کود مناسب باعث افزایش عملکرد می‌شود ولی این افزایش در خاک شور چشمگیرتر است. عامل دیگر حجم آب است. به تدریج که گیاه آب را از خاک استخراج می‌کند آب باقی مانده در خاک غلیظ‌تر شده و در نتیجه با کاهش رطوبت خاک، گیاه با افزایش تنش شوری و هم چنین تنش آبی مواجه می‌گردد. رشد گیاه در ارتباط نزدیک با شوری آب خاک در مناطقی از ریشه است که حداکثر جذب آب در آن ناحیه اتفاق می‌افتد. بنابراین مقدار عملکرد را باید با روند افزایش نمک نسبت به زمان در منطقه توسعه ریشه‌ها که حداکثر آب از آن جذب ریشه می‌شود مرتبط دانست.

تحمل گیاهان علفی نسبت به شوری

گیاهان علفی از نظر مقاومت به شوری به چهار گروه تقسیم می‌شوند که عبارتند از:

(۱) حساس (Sensitive, S)

(۲) نسبتاً حساس (Moderately Sensitive, MS)

(۳) نسبتاً مقاوم (Moderately Tolerant, MT)
(۴) مقاوم (Tolerant, T)

علل شور شدن خاک‌ها

(۱) بارندگی (۲) هوازدگی کانی منبع تمام نمک‌های خاک در اصل سنگ‌ها و کانی‌های موجود در پوسته زمین هستند که با گذشت زمان از طریق فرآیندهای هوازدگی شیمیایی و فیزیکی به محیط خاک وارد شده‌اند. در مناطق مرطوب این نمک‌ها به وسیله‌ی آب باران به اعماق پایین‌تر نفوذ می‌کنند و در مناطق خستک به دلیل محصور بودن آبشویی و تبخیر و تعرق زیاد نمک تجمع می‌یابد. (۳) فعالیت‌های انسان: انسان در برخی فعالیت‌های صنعتی تولید آب شور نموده که این آب‌ها وارد رودخانه گردیده و یا در سطح خاک پخش می‌گردند. همچنین افزایش ازت و گوگرد در جو باعث تولید باران‌های اسیدی شده لذا هوازدگی افزایش می‌یابد. آبیاری یکی دیگر از فعالیت‌های بشر است که باعث افزایش املاح خاک می‌گردد. تمام آب‌های مورد استفاده برای آبیاری حاوی املاح هستند و در صورت در نظر نگرفتن نیاز آبشویی مناسب باعث شوری اراضی می‌گردند. (۴) آب‌های زیرزمینی: از طریق بالا آمدن سطح آب زیرزمینی و انتقال آب‌های املاح به لایه‌های سطحی خاک می‌باشد که از این طریق سالیانه مقدار قابل ملاحظه‌ای املاح به سطح زمین انتقال پیدا می‌کند و یکی از علل مهم شور شدن خاک محسوب می‌گردد.