

## فهرست مطالب درس اصول و روش های آبیاری

موضوع	شماره صفحه
مقدمه	2
اهداف آبیاری	3
شبکه های آبیاری	7
فرمول مقاطع کانال	11
معادله مانینگ	13
روشهای توزیع آب	14
روابط آب و خاک	20
طبقه بندی آب در خاک	26
توزیع ریشه در خاک	30
رابطه دارسی	31
نفوذپذیری خاک	32
تبخیر و تعرق	39

## مقدمه :

میزان آب دریافتی سرانه (يك نفر) در سال , مطابق گزارش سازمان ملل در سال 1995 , در ایران 1700 متر مکعب و میزان آب مصرفی يك نفر در سال 1200 متر مکعب بوده است . ( مصرف آب در بخشهای کشاورزی ( بیشترین مصرف و حدود 70%) - در بخش صنعت و در بخش خانگی (کمترین مصرف و حدود 10%) میباشد . (اصلي ترین منبع تامین آب ایران , نزولات آسمانی میباشد) .

یکنواخت نبودن توزیع ( از نظر زمانی و مکانی ) باعث کمبود آب در ایران است و همچنین نداشتن سدهای کافی دلیل دیگر آن میباشد .

در ادامه گزارش ذکر شده آمده است که در سال 2025 مقدار مصرف سرانه در ایران 1200 و مقدار آب دریافتی نیز 1200 متر مکعب میباشد . ( به دلیل بالاً رفتن فرهنگ مردم و همچنین افزایش جمعیت ) . در همین گزارش پیش بینی شده است که در سال 2050 میلادی مقدار آب دریافتی 700 و مقدار مصرف سرانه 1200 متر مکعب میباشد . از آن سال به بعد قطعاً هر سال مشکل کم آبی خواهیم داشت . در حال حاضر تلاش میشود تا گیاهانی تولید گردد که بتوانند با آب شور تامین گردند, در چنین صورتی مشکل کمبود آب حل خواهد شد .

## آبیاری :

در قدیم آبیاری را چنین تعریف میکردند : رساندن آب کافی به خاک به منظور تامین رطوبت مورد نیاز گیاه , یعنی خاک واسطه ای بین آب و گیاه است .

نقش خاک : همانند يك ظرف برای رساندن آب به گیاه عمل میکند و عدم وجود خاک یعنی رساندن دائم آب به گیاه . خاک نیاز دائمی گیاه به آب را به نیاز دوره ای تبدیل میکند .

## اهداف آبیاری :

1 - تامین رطوبت مورد نیاز برای رشد گیاه .

2 - تامین ذخیره رطوبتی خاک در دوره های خشک .

دربارې از مناطق آبياري ديمې صورت ميگيرد، اينگونه آبياري نياز به آبياري كمكي دارد .  
درجايي كه بارندگي كفاف تامين رطوبت گياه را ميكند ، اگر به علتې ميزان بارندگي كم گردد، بايد باريك سيستم موقتي آبياري زمين تامين گردد .

### 3 - خنك كردن خاك و محيط اطراف گياه و ايجاد شرايطي مناسب براي رشد بهتر گياه .

مرکز تحقیقات کشاورزي صفي آباد واقع در شمال خوزستان دريك شرايط مساوي كشت سه نوع آبياري را مورد آزمايش و نتايج آن را مورد بررسي قرار داد . 1 ) آبياري قطره اي : اين آبياري توسط درپير يا به اصطلاح قطره چكان صورت ميگيرد . با اين روش كمترين آبياري صورت ميگيرد، 2 ) آبياري باراني ( مصرف آب در اين روش از روش آبياري قطره اي بيشتر است ) و 3 ) آبياري سطحي كه بيشترين مصرف آب را براي تامين نياز آبي گياه دارد . نتايج نشان داده است كه آبياري با آب باراني باعث رشد ، ارتفاع و چتر اندازي بهتر براي گياه شده است و عملکرد محصول بهتري نيز بدست آمد . دما در قطعه اي كه با روش آبياري باراني آبياري گرديده بود بين 5 تا 12 درجه كاهش داشته و ميزان رطوبت هوا نيز افزايش داشته است . نتيجه : آبياري با روش باراني باعث خنك كردن خاك و محيط اطراف گياه ميشود . ( توجه : اين آزمايش نيمتواند نماينده بهترين آبياري باشد زيرا در يك منطقه مشخص وبا آب و هوايي مشخص امتحان گرديده است ) .

### 4 - كاهش خطر يخبندان .

در مناطق سرد سيراگهي در فصل بهار ( تشكيل شدن شكوفه و ابتدائي مرحله زايشي ) يك جبهه هوايي سرد وارد منطقه شده و دما را تا زير صفر كاهش ميدهد و خسارت زيادي به باغ ميوه وارد ميكند . از قديم با راههاي دما را افزايش ميدادند و آبياري يكي از راههايي است كه باعث كاهش خطريخبندان ميشود . در باغ ميوه اين روش با آبياري باراني صورت ميگيرد . اين آبياري به اندازه اي صورت ميگيرد كه آب از برگها و گلها ريزش كند در نتيجه اين گونه آبياري يك لايه نازك از يخ روي اندامهاي مختلف گياه را مي پوشاند و رابطه بين گياه با دماي محيط قطع ميشود ( هرگز به كمتر از صفر درجه نخواهد رسيد ) در نتيجه خسارت پيش بيني شده كاهش خواهد يافت . اين خصوصيت فقط مخصوص خواص آب ميباشد . ( آب تنها ماده اي است كه وقتي يخ ميزند ، وزن مخصوص آن كم ميگردد ) در منطقه خوزستان خطر يخبندان نداريم ولي خطر سرمازدگي وجود دارد . نيشكر به سرما حساس است و اگر دما به صفر برسد گياه نيشكر از شكر درون خودش استفاده ميكند . در چنين شرايطي بايد مزارع نيشكر غرقاب گردد .

## 5 - به تاخیر انداختن تشکیل گل در بعضی از گیاهان .

اکثر گیاهان با افزایش دما به گل مینشینند . با آبیاری مرتب چنین گیاهانی , محیط اطراف گیاه خنک میگردد و گل دهی به تاخیر می افتد .

## 6 - نرم کردن کلوخه های خاک پس از شخم .

کلوخه ها موانعی هستند برای جوانه زدن بذر , لذا با آبیاری اینگونه کلوخه ها را نرم میکنند .

## 7 - رقیق کردن غلظت املاح در اطراف ریشه .

اختلاف غلظت مواد داخل با خارج از ریشه باعث حرکت مواد به درون ریشه میگردد ( اگر غلظت محلول در خاک کمتر از غلظت محلول در ریشه باشد, حرکت مواد از خاک به سمت ریشه خواهد بود ) برای جلوگیری از عکس این عمل , باید آبیاری را بطور مرتب انجام دهیم .

## 8 - کنترل آفات و دادن کود و سموم همراه با آب آبیاری .

بهترین روش سمپاشی برای گیاهانی که روی آنها را آفات گرفته است , ادغام سموم با آب و آبیاری به روش بارانی میباشد. کود را هم باید با روش آبیاری قطره ای یا سطحی به خاک اضافه نمود و در دسترس گیاه قرار داد .

## 9 - شستشوی خاک و خارج کردن نمکهای اضافی .

( واحد EC میلی موز یا دسی زیمنس است . moh هم واحد هدایت الکتریکی است از آنجا که واحد آن بزرگ است لذا آن را با میلی یا میکرو میخوانند . moh عکس ohm است . )  
آب مصرفی حدودا 3000 میکرو موز است . EC آب کارون در مبدا 0.6 , در اهواز 3 و در آبادان بین 7 تا 8 میلی موز است . در زمان بارندگی EC رودخانه ها کم و در خشکسالی زیاد میشود . برای بیان راحتتر مقدار شوری آب باید از رابطه TDS استفاده نمود . این اصطلاح برای دهقانان نیز قابل فهم میباشد .  
$$TDS = EC \cdot 0.64$$

سوال : یک هکتار زمین با گیاه نیشکر کشت شده است , EC آب کارون 3 میباشد . میزان آب مصرفی گیاه نیشکر 2000 میلی متر است ( 2 متر در واحد سطح ) . مقدار نمکی که به خاک در سال اضافه میشود =

$$TDS = 3 \cdot 0.64 = 1.92 \text{ g / lit} = 1.92 \text{ Kg / m}^3 \quad 10000 \cdot 2 = 20000 \text{ m}^3$$

$$1.92 * 20000 = 38400 \text{ kg / m}^3$$

رقم 20000 از ارتفاع آب مورد نیاز نیشکر در هکتار بدست آمده است . محاسبه نشان میدهد که هر سال

حدود 38.4 تن نمک به خاک اضافه میگردد .

نیشکر یک گیاه تقریباً 5 ساله است و نمکی که در طی این 5 سال به خاک اضافه میگردد بسیار زیادخواهد

بود .  $192000 = 5 * 38400$  متر مکعب .

### شبکه های آبیاری

یک شبکه آبیاری به مجموعه ای از بخشهای مختلف گفته میشود که این مجموعه آب را تا در اختیار قرار

گرفتن گیاه هدایت نماید . یک شبکه آبیاری ممکن است از 5 قسمت تشکیل شده باشد :

1 ( منبع آب : 2 ) تاسیسات انحراف آب : 3 ( مخازن ذخیره موقت آب : 4 ) تاسیسات انتقال آب :

5 ( روشهای توزیع آب در مزرعه :

#### 1 ( منبع آب :-

حیاتی ترین بخش یک شبکه آبیاری میباشد و الباقی قسمتهای شبکه تابع این قسمت است . رودخانه ,

چاه , چشمه , قنات , برکه , دریاچه آب شیرین و .... بعنوان منابع آب محسوب میشوند .

شرایط منبع آب : برای استفاده از منبع در اراضی کشاورزی باید الف) کیفیت آب ب) گنجایش منبع

( درخوزستان برای کشت های مختلف حدوداً 1/5 لیتر در ثانیه در هکتار , آب نیاز داریم ولی اگر فقط

کشت مورد نظر نیشکر باشد مقدار آب مورد نیاز یک هکتار در ثانیه , 3 لیتر میباشد. به این نیاز آبی گیاه

در هکتار هیدرومدول گویند ) . ج) تداوم جریان آب در منبع د) فاصله منبع آب تا اراضی کشاورزی .

#### 2 ( تاسیسات انحراف آب :

به سازه هايي گفته ميشود كه اين سازه ها آب را در جهت اراضي كشاورزي هدايت ميكنند . اين سازه ها شامل انواع سدها , ايستگاههاي پمپاژ و كانالهاي انحرافي ميباشند . در اينجا لازم است تا توضيحي مختصر در خصوص ايستگاههاي پمپاژ داده شود :

نقش ايستگاههاي پمپاژ در آبياري : يك ايستگاه پمپ از يك پمپ و ضمائم آن , قسمت مكش و ضمائم آن و قسمت دهش و ضمائم آن ميباشد . ( معمولاً قطر لوله مكش از دهش بيشتر است ) . اصطلاحاتي در خصوص پمپ بكار ميرود كه برخي از آنها بشرح ذيل است :

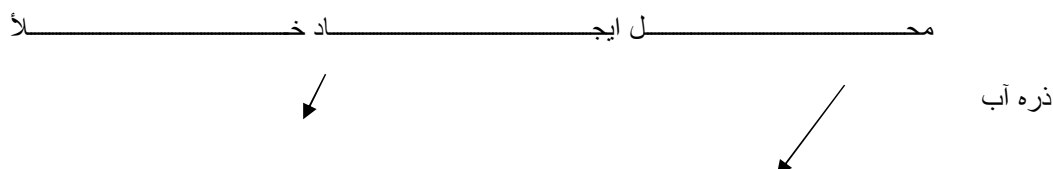
ارتفاع مكش : فاصله عمودي از محور پمپ تا سطح آب در منبع

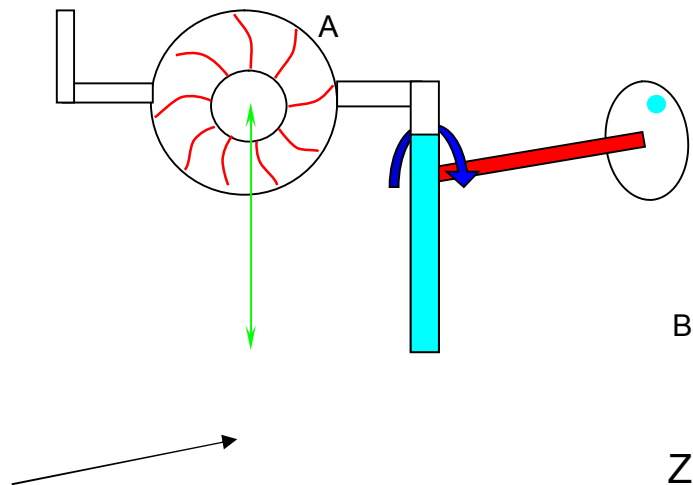
ارتفاع دهش ( رانش ) : فاصله عمودي از محور پمپ تا محل خروج آب از لوله

حد اكثر مكش : با توجه به فشار اتمسفر و در صورتي كه هيچگونه افت انرژي وجود نداشته باشد , حداكثر مكش 10 متر خواهد بود ( تلفات انرژي كه در اثر وجود اصطكاك بوجود مي آيد , باعث كمتر شدن مكش ميگردد ) .  
ارتفاع استاتيكي پمپاژ : جمع ارتفاع مكش و ارتفاع رانش را ارتفاع ثابت پمپاژ يا ارتفاع استاتيكي پمپاژ گويند .

ارتفاع ديناميكي : جمع جبري تلفات انرژي با ارتفاع ثابت پمپاژ را ارتفاع ديناميكي گويند .  
كاويتاسيون : پديده اي است كه در اثر بيشتر شدن ارتفاع مكش , موجب خراب شدن و شكسته شدن پروانه پمپ ميگردد . در صورت افزايش ارتفاع پمپ , در محدوده نزديك به پروانه پمپ , خلأ ايجاد كشته و با توجه به فشار اتمسفر , بالاترين ذرات آب نزديك به پروانه پمپ تبديل به بخار گشته و در همان محدوده , آن ذرات منفجر گشته و خسارات سنگيني به پمپ وارد ميكنند . اين پديده با صدائي همانند گردش خرده سنگ در پمپ همراه است .

چون آب بحد كامل به موتور نرسيده است لذا پمپ دور خود را بالا برده و موتور سيستم جابجايي هوا بيشتر ميگردد و در محدوده ايجاد شده ( در شكل A نمايان است ) روي سطح آب خلأ ايجاد ميكنند .  
بدليل وجود اين مسئله حبابي در محدوده خلأ ايجاد گشته كه بسيار فشار زيادي دارد و اين فشار باعث شكستن نوك تيز پروانه ها ميشود . در اصل محل پمپ ( Z ) بيش از حد , بالا انتخاب شده است .





در شکل بالا ( b ) يك ذره از مایع را در نظر میگیریم این ذره تحت تاثیر نیروی گریز از مرکز قرار دارد زمانی که ذره پرتاب میشود يك خلأ جاي آن را میگیرد اگر خلأ ایجاد شده کمتر از فشار تبخیر مایع باشد ایجاد اشکال ننموده و آب جاي آن را پر میکند و در غیر این صورت بصورت حباب و خلأ در جریان قرار میگیرد . هر چقدر مولکولها بطرف بیرون رانده میشوند جمع تر گشته یعنی حبابها بطرف هسته قطب متراکم وبصورت دانه هایی به بدنه پمپ برخورد میکند .

### 3 ( مخازن ذخیره موقت آب :

این مخازن سازه هایی هستند که برای نگه داشتن آب در زمانهایی که منبع آب به دلایلی جوابگوی سیستم نباشد، مورد استفاده قرار میگیرند . این مخازن بیشتر در شبکه های آبیاری كوچك استفاده میگردد .

### 4 ( تاسیسات انتقال آب :

به سازه هایی گفته میشود که برای انتقال آب و تنظیم جریان آب در شبکه مورد استفاده قرار میگیرد. یکی از مهمترین بخشهای تاسیسات انتقال آب، مجاری انتقال آب است که شامل مجاری بسته (لوله ها) و مجاری باز (کانالها) می شوند. این مجاریها دارای شکلهای مختلفی هستند.

هر کدام از این شکلهای دارای مشخصاتی میباشند. این مشخصات عبارتند از عرض کف  $b$

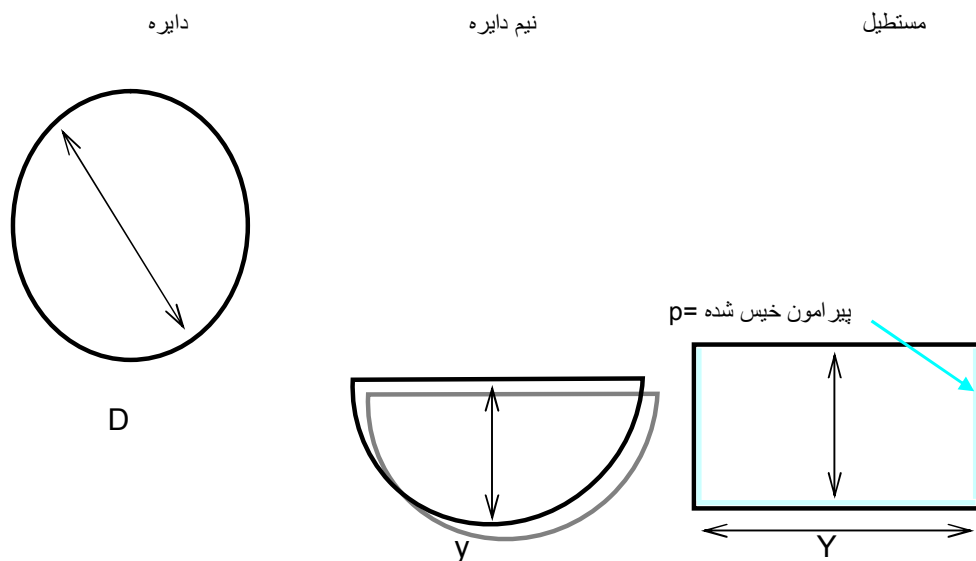
عمق جریان  $y$  شاخص شیب بدنه  $z = \cot \theta$  سطح مقطع جریان  $A$

شعاع هیدرولیکی  $R$  پیرامون خیس شده (محدوده تماس آب با جداره)  $P$

بهترین مجاری، جهت جریان آب، (بهترین مقطع هیدرولیکی) مقطع نیم دایره ای میباشد و علت استفاده از مقطع نوزنقه در پروژه ها، راحتی کار میباشد

شعاع هیدرولیکی: نسبت سطح مقطع جریان به پیرامون خیس شده را گویند و واحد آن طول است.

بهترین مقطع هیدرولیکی به مقطعی گفته میشود که به ازای یک سطح مقطع جریان مشخص ( $A$ ) کمترین پیرامون خیس شده را داشته باشد. عبارتی دیگر بیشترین شعاع هیدرولیکی را دارا باشد.



$$A = \frac{\pi D^2}{4}$$

$$A = \frac{\pi y^2}{2}$$

B

$$A = by$$

$$p = \pi D$$

$$p = \pi y$$

$$p = b + 2y$$

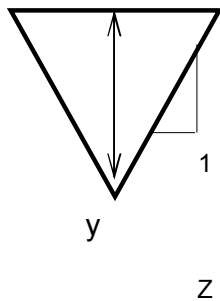
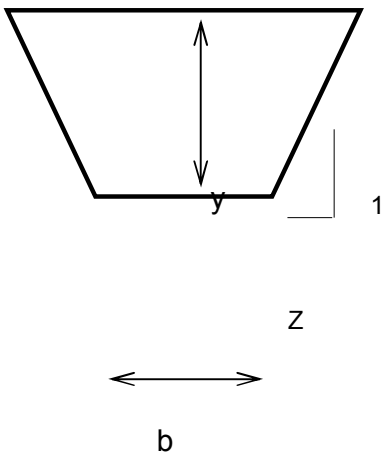
$$R = \frac{D}{4}$$

$$R = \frac{Y}{2}$$

$$R = \frac{by}{b + 2y}$$

نوزنقه

مئانی



$$A = by + y^2 z$$

$$A = y^2 z$$

$$p = b + 2y\sqrt{1 + z^2}$$

$$p = 2y\sqrt{1 + z^2}$$

$$R = \frac{y^2 z}{2y\sqrt{1 + z^2}}$$

$$R = \frac{by + y^2 z}{b + 2y\sqrt{1 + z^2}}$$

دبی : حجم آب عبوری از يك مجرا در واحد زمان

مثال : دبی جریانی در يك کانال مستطیلی يك متر مكعب در ثانیه است . سرعت جریان در این کانال برابر با نیم متر در ثانیه میباشد . برای بهترین مقطع هیدروليكي , این کانال را طراحی کنید.

$$Q = 1 \text{ m}^3/\text{s} \quad b = ? \quad y = y \quad V = 0.5$$

$$Q = A V \quad 1 = A \cdot 0.5 \quad A = 1 / 0.5 = 2 \text{ m}^2$$

باید حساب شود که کدام يك از مقاطع , كمترین پیرامون را برای خیس شدن دارد.

برای مثال برای مقطع مستطیلی محاسبات را انجام میدهیم .  $p = b + 2y$  ,  $b = A/y$  ,  $A = by$

$P = A/y + 2y$  حالا يك مسئله با يك متغیر داریم  $P = A/y + 2y$  نسبت به  $y$  مشتق میگیریم که مراحل

آن چنین است  $dp/dy = -Ay^{-2} + 2 = 0$  بجای  $A$  همان  $by$  را قرار میدهیم  $-byy^{-2} + 2 = 0$  .

در نتیجه برای تمام مقاطع هیدروليكي مستطیلی می توان نوشت  $b = 2y$  .

در نتیجه برای حل مسئله  $b = 2$   $y = 1$   $2y^2 = 2$   $by = 2$  .

حالا شعاع هیدروليكي مستطیل را بررسی میکنیم .

$$R = \frac{by}{b + 2y} = \frac{2y \cdot y}{2y + 2y} = \frac{2y^2}{4y} \Rightarrow R = \frac{y}{2}$$

این نتیجه به مجاری نیم دایره مربوط میگرددو نشان میدهد که نیم دایره بهترین مقطع برای طراحی

هیدروليكي است .

برای بهترین مقطع هیدروليكي در مقاطع نوزنقه شکل باید این فرمول برقرار باشد  $b = 2y \tan \frac{\alpha}{2}$

### معادله مانینگ :

معادله ای که برای تعیین سرعت و دبی جریان در کانالها استفاده میشود را معادله مانینگ گویند.

$$Q = \frac{A}{n} R^{\frac{2}{3}} S^{\frac{1}{2}}$$

در فرمول مانینگ  $Q$  = دبی برحسب متر مکعب در ثانیه  $A$  = سطح مقطع جریان  $R$  =

شعاع هیدرولیکی برحسب متر  $S$  = شیب کف کانال و  $n$  = ضریب زبری

معادله مانینگ فقط در سیستم متریک قابل استفاده است و برای استفاده از آن در سیستم FPS از این فرمول

$$Q = \frac{1.486A}{n} R^{\frac{2}{3}} S^{\frac{1}{2}} \quad \text{استفاده میشود}$$

مقدار ضریب زبری برای کانالهای بتنی 0/016 تا 0/013 ، برای کانالهای سنگی 0/022 و برای

کانالهای خاکی 0/025 میباشد .

مثال : تعیین کنید  $Q$  يك کانال دوزنقه شکل را که دارای شرایط زیر باشد :

$$b=1 \text{ m} \quad y = 0.8 \text{ m} \quad s = 0.001$$

$$b = 2y \tan \frac{\alpha}{2}, 1=2*0.8$$

$$\tan \frac{\alpha}{2}, \frac{\alpha}{2} = 32^\circ, \alpha = 64^\circ$$

$$z = 0.488 \quad \text{در نتیجه}$$

$$\tan \alpha = 2.05, \cot \alpha = 1 / 2.05$$

$$Q = \frac{1.12}{0.016} 0.4^{\frac{2}{3}} 0.001^{\frac{1}{2}} = 1.134 \text{ m}^3 / \text{s} , \quad Q = \frac{A}{n} R^{\frac{2}{3}} S^{\frac{1}{2}}$$

مقدار  $R$  از فرمول  $R = \frac{Y}{2}$  بدست می آید و در فرمول فوق جاگذاری میشود .

### روشهای توزیع آب در مزرعه :

روشهای توزیع آب در مزرعه به روشهایی گفته میشود که آب را در سطح مزرعه در اختیار گیاه قرار میدهد

، این روشها به دو دسته تقسیم میشوند ، (1) روشهای آبیاری سطحی (2) روشهای آبیاری تحت فشار

### روشهای آبیاری سطحی :

به روشهایی گفته میشود که آب را تحت اثر نیروی ثقل ( جاذبه ) روی سطح مزرعه پخش میکنند. به این

روشهای آبیاری ، روشهای ثقلی هم گفته میشود . روشهای آبیاری سطحی به 3 دسته تقسیم میشوند :

#### الف ( کرتی ( حوضچه ای یا غرقابی ) :

این روش برای گیاهانی مناسب است که بصورت متراکم کاشته میشوند( علوفه

، یونجه ، غلات) همچنین این روش آبیاری برای گیاهانی مناسب است که نسبت به حالت غرقابی حساسیتی

ندارند (مانند شالیزارها) . روش آبیاری کرتی برای خاکهای سنگین مناسبتر است . این روش آبیاری باعث

سلب بستن خاک میگردد . در این روش از آنجا که آب با سرعت ملایم وارد زمین میگردد و چون زمین کرت

بندی شده فاقد شیب و یا دارای شیب اندک است لذا سطح زمین بطور یکنواخت آبیاری نمیشود . در این روش

تمام سطح زمین آبیاری میگردد .

#### ب ( آبیاری نواری ( کرت شیب دار ) :

این نوارها دارای عرضی به مراتب کمتر از طول آن است و در جهت طول

نوار ، شیب دار میباشد و مناسبتر است که در جهت عرضی هیچ شیبی نداشته باشد. جهت استفاده از این

روش ، اطراف زمین را مرز بندی میکنند . وظیفه مرز فقط تفکیک قطعات است و از ارتفاع کمتری نسبت به

پشته برخوردار است . آب تامین شده برای زمین ، از يك ضلع ( عرض بالاً ) وارد نوار شده و با توجه به

شیب طولی زمین ، جبهه پیش روی آب منظم خواهد بود . انتهای این نوارها باز است تا آب مازاد از آن

خارج گردد . عرض نوارها مضربی از عرض ادوات کشاورزی میباشد . روش آبیاری نواری برای اکثر

خاکهای سبک و سنگین قابل استفاده است و برای گیاهانی مناسبتر است که نسبت به حالت غرقابی حساسیت

متوسط دارند مانند سبزیجات ، غلات ، حبوبات و اکثر درختان میوه . در این روش تمام سطح زمین آبیاری

میگردد .

#### ج ( آبیاری جویچه ای ( نشتی ، جوی و پشته ، شیاری ، فارو ) :

این روش مدرنترین روش آبیاری سطحی میباشد و جریان آب را میتوان کنترل

نمود زیرا آب فقط درون جویها جاری میگردند . در این روش آبیاری کل زمین را به جوی و پشته تبدیل

میکند که معمولاً آب داخل جویها حرکت میکند و گیاه نیز از بالاترین حد داغ آب تا روی پشته کشت میگردد .

این روش آبیاری برای گیاهانی استفاده می‌گردد که نسبت به رطوبت حساسیت دارند ( برخی از سیفی جات ، سبزیجات و برخی از درختان خصوصا مرکبات ) بطور کلی این روش برای گیاهانی است که بصورت مکانیزه کشت می‌گردند .

گیاه نسبت به دوعامل رطوبت و نمک واکنش نشان میدهد ، با توجه به حساست گیاه باید تصمیم گیری شود که گیاه را روی پشته کشت نمایند و یا در محل داغ آب . ( توجه بیشترین نمک حاصل از آبیاری تا قبل از سبز شدن وسایه اندازی گیاه ، روی بالاترین نقطه پشته قرار دارند . پس از آنکه گیاه سبز شد وسایه انداز گردید میتوان جای جوی و پشته را عوض نمود . فاصله بین پشته ها به نوع گیاه و به بافت خاک بستگی دارد . در خاکهای سبک جویها کم عرض و عمیق و در خاکهای سنگین جویها دارای عمق کم و عریض میباشند. طول این جویها به عوامل مختلفی بستگی دارد از جمله بافت خاک ( هر چه سبکتر باشد طول جوی کمتر است ) شیب زمین و ابعاد مزرعه .

## 2 ( روشهای آبیاری تحت فشار :

به روشهایی گفته میشود که آب را با فشار بیشتر از يك اتمسفر از طریق يك شبکه انتقال در مزرعه توزیع میکنند . روشهای آبیاری تحت فشار به دو دسته تقسیم میشوند .

الف ( روشهای آبیاری بارانی                      ب ) روشهای آبیاری قطره ایی ( موضعی )

## الف ( روشهای آبیاری بارانی :

روشهای آبیاری بارانی به روشهایی گفته میشود که آب را با فشار بیشتر از يك اتمسفر از طریق يك شبکه انتقال و با استفاده از آبپاش ها در اطراف گیاه پخش می کنند .

قسمتهای مختلف يك سیستم آبیاری بارانی 1 -- سیستم پمپاژ      2- لوله اصلی      3- لوله جانبی و 4- آبپاش ها .

( گاهی برای تامین فشار از اختلاف ارتفاع نیز استفاده میکنند ) . روشهای آبیاری بارانی انواع مختلفی دارد و در جاهایی که وزش بادهای شدید باشند، کارایی خوبی ندارند همچنین در شرایط گرم و خشک نیز تلفات آب زیاد خواهد بود .

ب ( روشهای آبیاری قطره ایی ( موضعی )

روشهای آبیاری قطره ایی ( موضعی ) مشابه روش آبیاری بارانی است با این تفاوت که بجای آبیاش از قطره چکان استفاده میشود که برای هر درختی معمولاً از تعدادی قطره چکان استفاده میشود . میزان آبدهی هر قطره چکان بین 2 تا 4 لیتر در ساعت است . قسمتهای مختلف آن همانند سیستم آبیاری می باشد با این تفاوت که بعد از سیستم پمپاژ يك بخش فیلتراسیون دارد که معمولاً دوبرخس میباشند . بخش اول این فیلتر ذرات درشت دانه و بخش دیگر آن ذرات ریز دانه را از آب آبیاری جدا میکند . یکی از محدودیتهای آبیاری قطره ای خطر گرفتگی قطره چکان ناشی از مواد معلق موجود در آب است . این آبیاری برای گیاهانی استفاده میشوند که دائمی باشند .

بغیر از روش آبیاری قطره ای روش دیگری هم در سالهای اخیر مورد استفاده قرار گرفته است با نام سیستم آبیاری تراوا . در این روش آبیاری بصورت آبیاری زیرسطحی صورت میگیرد و آب از طریق لوله هایی به ریشه گیاه میرسد . جنس این لوله ها لآستیکی بوده ( لآستیکی اسفنجی ) و قطر آنها حدود 2 cm است . آب موجود در این لوله ها از دیواره لوله تراوش کرده و در اختیار گیاه قرار میدهند . از محدودیتهای این روش ، حمله ریشه گیاهان بسمت لوله و سوراخ کردن لوله توسط ریشه است . در حال حاضر از این روش برای شیالآت و جهت هوارساندن به استخرهای پرورش ماهی مورد استفاده قرار میگیرند.

نتیجه : هنوز آبیاری سطحی بیشترین کاربرد را دارد و بیش از 90% زمینهای کشاورزی جهان به روش سطحی آبیاری میشوند .

### مزایا و معایب آبیاری سطحی :

#### مزایا :

- 1) دانش کم جهت بهره برداری از سیستم
- 2) روشهای آبیاری سطحی دارای سیستم تنظیم و کنترل آب ساده و با دوام هستند .
- 3) هزینه اجرای روشهای آبیاری سطحی کمتر از روشهای آبیاری تحت فشار است .
- 4) در جاهایی که منبع آب از اراضی کشاورزی فاصله دارد و سطح آب در منبع در نوسان باشد ، کار برای آبیاری سطحی بهتر انجام میشود . در آبیاری سطحی تنظیم و میزان آبدهی به گیاه در مزرعه انجام میشود ولی در آبیاری تحت فشار این تنظیم در منبع انجام میشود
- 5) روشهای آبیاری سطحی کمتر تحت تاثیر شرایط اقلیمی و کیفیت آب قرار دارند .

### معایب :

- (1) علی رغم سادگی روشهای آبیاری سطحی ، کاربرد از این روش نیاز به تجربه دارد .
  - (2) نیاز به نیروی کارگری زیادی دارد . ( البته شرایط کشورهای مختلف درخصوص این عیب مطرح شده متفاوت است .
  - (3) مشکل در دادن آب به میزان کم در ابتدا و انتهای رشد گیاه .
  - (4) راندمان روشهای آبیاری سطحی پایین است
- $$100 * \text{میزان آب داده شده به مزرعه} / \text{میزان آب ذخیره شده در منطقه ریشه} = \text{راندمان}$$
- کاربرد آب
- راندمان در آبیاری سطحی بین 30 تا 80% ، در آبیاری بارانی بین 60 تا 75% و در آبیاری قطره ای بین 80 تا 90% میباشد .
- علت پایین آمدن راندمان در آبیاری سطحی تا 30% ، نفوذ آب به درون زمین و خروج آب در انتهای محدوده کشت است . گیاه قادر به استفاده از تمامی آبهایی که به داخل زمین نفوذ میکنند نیست و فقط از آب موجود در محدوده ریشه استفاده میکند الباقی آب نفوذ کرده در زمین که مورد استفاده گیاه قرار نخواهند گرفت ، آب تلف شده خواهد بود . به این تلفات ، تلفات عمقی گویند . کم کردن تلفات سطحی و عمقی باعث افزایش راندمان خواهد شد .
- توجه : تبخیر در آبیاری قطره ای و بارانی بسیار تاثیر دارد ولی در آبیاری سطحی اثر چندانی ندارد و میتوان آن را صفر در نظر گرفت .

## روابط آب و خاک

### خاك چيست :

از نظر كشاورزي ، خاك محيطي است كه در آن گياه رشد ميكند و متشكل از 2 بخش است

1 - بخش جامد : اين بخش از مواد آلي و معدني تشكيل شده است.

2 - بخش سيال : كه شامل آب و گاز ( هوا ) ميباشد .

بخش مواد معدني خاك از ذراتي تشكيل شده است كه اندازه هاي مختلفي دارد . پراكندي اين ذرات نسبت به توزيع آنها را بافت خاك گويند . اين ذرات عبارتند از شن ، ماسه ، لاي و رس .

### بافتهاي مختلف خاك كشاورزي بترتيب عبارتند از :

#### ماسه ابي :

اندازه آنها بزرگتر از يك ميليمتر است ، فاقد چسبندگي است و قادر به نگهداري آب و مواد غذايي در خود نيست . نفوذپذيري اين خاك بسيار زياد ميباشد ( خاكهاي ماسه ابي را استخوان خاك مي نامند )

#### لوم ماسه ابي :

خاكي است مختصرا چسبنده و داراي نفوذپذيري زياد و به ميزان كم ميتواند آب را در خود نگه دارد .

#### لومي :

خاكي نسبتا چسبنده است و نفوذپذيري متوسط دارد و نگهداشت آب در اين نوع خاك نيز متوسط است .

لومي خاكي است كه مقدار رس آن كم و مقدار لاي و ماسه آن زياد است .

#### لومي سيلتي :

چسبنده ، صاف ، آردي شكل ، نفوذپذيري آن كم و نگهدارنده آب در خاك است . مشكل اينگونه خاكها آن است كه اگر با آبي آبياري شود كه ميزان سدiment محلول در آب زياد باشد باعث ديسپرس شدن خاك ميشود .

#### لومي سيلتي رسي :

خاكهايي هستند چسبنده كه نفوذپذيري آن كم است و آب را بمقدار زياد در خود نگه ميدارد و در صورت

اشباع شدن حالي براق دارد ( خاكهاي منطقه اهواز عمدتا اينگونه اند ) .

#### لومي رسي :

بسیار چسبنده هستند در این خاکها کلوخه تشکیل میشود و این کلوخه ها بسختی میشکنند . این خاک ، آب را به میزان زیاد درخود نگه میدارد و آن را بسختی از خود عبور میدهد . بدون ایجاد يك زهكشي مناسب ، نمیتوانیم از این خاکها بهره برداري پایدار داشته باشیم . ( خاکهای جنوب خوزستان )

رسي :

این خاکها مناسب براي کشاورزي نیستند و وجود آن درخاك ، يك لایه نفوذ ناپذیر محسوب میشود و برای کارهای عمرانی ( راهسازی , برم کانالها ، سدهای خاکی و... ) کاربرد دارد .

رابطه بین آب و خاک دارای پارامترهایی میباشد که عبارتند از :

رطوبت خاک	وزن مخصوص خاک	درصد تخلخل خاک	درجه اشباع خاک
رطوبت خاک به دوشکل بیان میگردد	1- درصد رطوبت وزنی		
	$\theta_w = \frac{M_w}{M_s} \times 100$		

2- درصد رطوبت حجمی  $\theta_v = \frac{V_w}{V_t} \times 100$

وزن مخصوص خاک نیز به دو شکل بیان میشود:

1- وزن مخصوص حقیقی خاک ( وزن واحد حجم ذرات خاک خشک )  $f_s = \frac{M_s}{V_s}$

2- وزن مخصوص ظاهری خاک ( وزن واحد حجم خاک در شرایط مزرعه (خاک دست نخورده))

$$f_b = \frac{M_s}{V_t}$$

معرفی علائم

$M_w$ = وزن آب در خاک	$M_s$ = وزن خاک خشک	$f_w$ = جرم مخصوص	$n$
$V_w$ = حجم آب خاک	$V_t$ = حجم کل خاک	$V_s$ = حجم ذرات	$V_a$ = حجم هوا

$$V_s + V_w + V_a = V_t \quad V_f = \text{حجم منافذ خاک} \quad S_r = \text{درجه اشباع خاک}$$

مقدار وزن مخصوص حقیقی خاک بین 2/5 تا 2/8 گرم بر سانتیمتر مکعب است و مقدار وزن مخصوص ظاهری خاک بین 1/1 تا 1/8 گرم بر سانتیمتر مکعب است.

بین رطوبت خاک و وزن مخصوص خاک روابط زیر برقرار است :

$$\theta_v = f_b \times \theta_w \rightarrow \frac{M_s}{V_t} \times \frac{M_w}{M_s} \times 100 \Rightarrow \frac{M_w}{V_t} \times 100 \quad \text{و} \quad f_w = \frac{M_w}{V_w} \rightarrow \bar{A} \rightarrow 1 = \frac{M_w}{V_w} \Rightarrow M_w = V_w$$

$$\frac{M_w}{V_t} \times 100 \quad \text{و} \quad M_w = V_w \Rightarrow \frac{V_w}{V_t} \times 100 = \theta_v$$

3- درصد تخلخل خاک ( عبارتست از نسبت حجم منافذ خاک به حجم کل خاک بصورت درصد ) n

$$n = \frac{V_f}{V_t} \times 100 \quad \text{و} \quad V_f = V_w + V_a \quad \text{از آنجا که محاسبه } V_w \text{ و } V_a \text{ مشکل است لذا از رابطه}$$

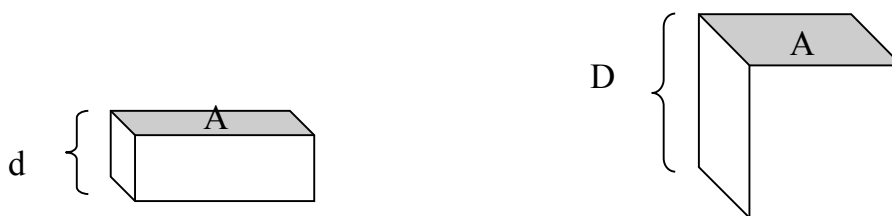
$$n = (1 - \frac{f_b}{f_s}) \times 100 \quad \text{استفاده میکنیم}$$

4- درجه اشباع خاک ( پارامتری است متغیر )  $S_r$

عبارتست از نسبت حجم آب موجود در خاک به حجم منافذ خاک  $S_r = \frac{V_w}{V_s}$  این مقدار بین صفر و یک

متغیر است . وقتی تمام منافذ خاک را آب فرا بگیرد یعنی  $V_w$  مساوی  $V_s$  است و حاصل آن یک میشود و وقتی  $V_w$  مساوی صفر باشد حاصل نیز صفر خواهد شد . راه دوم بدست آوردن درجه اشباع خاک از این

$$\text{فرمول میباشد : } S_r = \frac{\theta_v}{V_t}$$



الگوي دو

الگوي يك خاك طبيعي دست نخورده است كه مورد آزمایش قرار میگیرد و فرض میگردد كه پس از خشك شدن خاك ، مقدار حجم الگوي دو از آن آب بخار شده است . در الگوي يك داریم  $V_t = A \times D$  و در الگوي

دو نیز داریم  $V_w = A \times d$  . همچنین میدانیم درصد رطوبت حجمي از رابطه  $\frac{V_w}{V_t} \times 100 = \theta_v$

بدست میآید . با جاگذاری فرمول مربوط به الگوي يك و دو خواهیم داشت .  $\frac{A \times d}{A \times D} \times 100 = \theta_v$  با

ساده کردن مقدار  $A$  داریم  $\frac{d}{D} \times 100 = \theta_v$  . از این فرمول میتوانیم  $d$  را بدست آوریم

. همچنین در فرمول درصد رطوبت وزني به نتیجه  $\theta_v = f_b \times \theta_w$  رسیدیم و حالاً  $d = \frac{\theta_v \times D}{100}$

را در فرمول اخیر  $d$  جایگزین میکنیم و نهایتاً خواهیم داشت :

$$d = \frac{f_b \times \theta_w \times D}{100}$$

مسئله : از يك مزرعه به وسعت 10 هكتار نمونه بهم نخورده ابي به حجم 100 cm<sup>3</sup> برمیداریم . وزن خاك مرطوب 180 گرم ، وزن خاك خشك شده 160 گرم و وزن مخصوص حقيقي خاك 2/65 گرم بر cm<sup>3</sup> است .

تعیین کنید الف ) درصد رطوبت وزني ب ) درصد رطوبت حجمي ج ) وزن مخصوص ظاهري خاك

د ) درصد تخلخل خاك ر ) درجه اشباع خاك ز ) عمق آب موجود در خاك س ) در صورتی كه در این مزرعه گیاهی كاشته شده باشد و میزان تبخیر و تعرق گیاه در هر روز برابر 5 میلی متر باشد تعیین کنید درصد رطوبت وزني و درصد رطوبت حجمي این خاك را پس از 10 روز ( عمق ریشه گیاه 80 cm است )

ص ) در صورتی كه در این مزرعه پس از 10 روز بارانی بیارد و تمامی باران در عمق ریشه گیاه ( 80 cm ) ذخیره شود ، رطوبت وزني و حجمي خاك مزرعه پس از بارندگی چند درصد است ( ارتفاع باران 50 cm ) .

ط ) اگر همین مزرعه 10 هکتاری را بمدت 10 ساعت با دبی 100 لیتر در ثانیه آبیاری نماییم ( این آبیاری در پایان 10 روز انجام شده است یعنی پس از تبخیر و تعرق ) پس از اتمام آبیاری درصد رطوبت وزنی و حجمی خاک چقدر است . با فرض اینکه تمامی آب داده شده در عمق 80 cm خاک ذخیره شده باشد . .

پاسخ : یاد آوری علامات

$$M_w = \text{وزن آب در خاک} - M_s = \text{وزن خاک خشک} - f_w = \text{جرم مخصوص} - n - V_w$$

$$= \text{حجم آب خاک} \quad V_t = \text{حجم کل خاک} - V_s = \text{حجم ذرات} - V_a = \text{حجم هوا}$$

$$- \quad V_s + V_w + V_a = V_t \quad V_f = \text{حجم منافذ خاک} \quad S_r = \text{درجه اشباع خاک}$$

$$160 = M_s \quad g/m^3 \quad 2/65 = f_s \quad ha \quad 10 = A \quad cm^3 \quad 100 = V_t$$

$$gr \quad 180 = M \quad gr$$

$$g \quad 20 = 180 - 160 = M_w \quad \text{وزن آب در خاک}$$

$$\text{الف) درصد رطوبت وزنی} \quad \theta_w = \frac{M_w}{M_s} \times 100 \quad \text{در نتیجه}$$

$$\theta_w = \frac{20}{160} \times 100 = 12.5$$

$$\text{ج) وزن مخصوص ظاهری خاک} \quad f_b = \frac{M_s}{V_t} \quad \text{در نتیجه} \quad f_b = \frac{160}{100} = 1.6 \, g/cm^3$$

$$\text{ب) درصد رطوبت حجمی} \quad \theta_v = f_b \times \theta_w \quad \text{در نتیجه} \quad \theta_v = 1.6 \times 12.5 = \%20$$

$$\text{د) درصد تخلخل خاک} \quad n = \left(1 - \frac{f_b}{f_s}\right) \times 100 \quad \text{در نتیجه} \quad n = \left(1 - \frac{1.6}{2.65}\right) \times 100 = \%39.6$$

$$\text{ر) درجه اشباع خاک} \quad S_r = \frac{\theta_v}{n} \quad \text{در نتیجه} \quad S_r = \frac{20}{39.6} = 0.504$$

$$\text{ز) عمق آب موجود در خاک} \quad d = \frac{\theta_v \times D}{100} \quad \text{در نتیجه} \quad d = \frac{20 \times 80}{100} = 16 \, cm$$

$$\text{س) هر روز 5 mm لذا در 10 روز 50 mm معادل 5 cm تعرق صورت میگیرد لذا عمق آب 11 =}$$

5 - 16 خواهد شد . حالاً مراحل رسیدن به نتیجه را ، عکس روند فوق بدست می آوریم :

$$\text{عمق آب موجود در خاک} \quad d = \frac{\theta_v \times D}{100} \quad \text{در نتیجه} \quad 11 = \frac{Q_v \times 80}{100} \Rightarrow Q_v = \%13.75$$

$$\text{درصد رطوبت حجمي} \quad \theta_v = f_b \times \theta_w \quad \text{در نتیجه} \quad 13.75 = Q_w \times 1.6 \Rightarrow Q_w = \%8.59$$

ص ( 50 mm تبخیر و 50 mm باران . در نتیجه در صد رطوبت حجمی با در صد رطوبت وزنی یکسان است .

$$\text{ط ( ابتدا محاسبه میکنیم که به 10 هکتار زمین چند متر مکعب آب دادیم } 10000 \times 10 \times 3600 = 3600 m^3 \text{ دادیم}$$

میدانیم که مقدار ارتفاع آب ، از رابطه حجم آب داده شده تقسیم بر مساحت بدست می آید لذا

$$\frac{3600}{10000} = 0.036 \text{ cm} = d \quad \text{ارتفاع اولیه پس از 10 روز ، طبق محاسبه در قسمت (س) 11 cm بوده}$$

است . از آنجا که این مزرعه مجددا آبیاری شده است لذا  $11 + 3/6 = 14/6$  عمق آب موجود خواهد بود

$$\text{در نتیجه} \quad d = \frac{\theta_v \times D}{100} \quad \text{پس} \quad \theta_v = 18.25 \Rightarrow \frac{\theta_v \times 0.8}{100} = 14.6 \quad \text{و} \quad \theta_v = f_b \times \theta_w \quad \text{لذا}$$

$$18.25 = 1.6 \times \theta_w \Rightarrow \theta_w = \%11.4$$

طبقه بندی آب موجود در خاک :

( 2 ) آب کاپیلاری

( 1 ) آب ثقلی

( 3 ) آب پوسته ای ( غشایی )

( 1 ) آب ثقلی : آبی است که توسط نیروی ثقل ، بسرعت از خاک خارج میگردد و اگر زمین دارای يك سیستم زهکشی مناسب باشد توسط زهکشها خارج میگردد . این آب برای گیاه قابل استفاده نیست زیرا سریعاً از دسترس گیاه خارج میگردد و اگر هم خارج نگردد باعث مرگ گیاه بدلیل نرسیدن اکسیژن به آن خواهد شد . در بالاترین حد ثقلی ، رطوبت خاک اشباع است .

( 2 ) آب کاپیلاری : آبی است که توسط نیروی جاذبه از خاک خارج نمی شود و برای جدا کردن این آب از زره خاک ، مکشی معادل حد اقل 0/1 تا نیم اتمسفر نیاز است . 0/1 اتمسفر برای خاکهای سبک و نیم اتمسفر برای خاکهای سنگین است . بطور متوسط 0/3 اتمسفر نیروی جدا کردن آب کاپیلاری از خاک نیاز است . این آب برای گیاه قابل مصرف است . حد فاصل بین ثقلی و کاپیلاری را اصطلاحاً FC میگویند .

3) **آب پوسته ایی** (غشایی ، هیدروسکپی ) : قشر نازکی از آب است که اطراف ذره خاک را میپوشاند و برای جدا کردن آن مکشی معادل 7 تا 40 اتمسفر مورد نیاز است . 7 اتمسفر برای خاکهای سبک و 40 اتمسفر برای خاکهای سنگین است . ( مکش آب از خاک به نوع گیاه و جنس خاک بستگی دارد ) . میتوان بطور متوسط 28 اتمسفر را برای جدا کردن آب غشایی از خاک اعلام نمود . رطوبت خاک در این حالت ، رطوبت پژمردگی میباشد . این آب برای گیاه قابل استفاده نمی باشد .

فاصله بین FC و پژمردگی را آب قابل استفاده گیاه گویند .

کل آب قابل استفاده گیاه از رابطه  $TAW = FC - P.W.P$  بدست می آید ( حد فاصل بین کاپیلاری و غشایی را P.W.P گویند )

رطوبت سهل الوصول : این رطوبت بخشی از آب TAW می باشد که اگر توسط گیاه مصرف شود، باید مجدداً زمین آبیاری گردد تا آب بطور سهل الوصول در اختیار گیاه قرار گیرد . به این آب RAW گویند و از این رابطه بدست می آید  $RWA = P * TAW$  در این فرمول P ضریب سهل الوصول بوده و کوچکتر از يك است . مقدار P به نوع گیاه و مرحله رشد گیاه بستگی دارد . اگر گیاه به کم آبی خیلی حساس باشد مقدار P بین 0/3 تا 0/4 است و اگر مقاوم باشد به عدد يك نزدیکتر است .

توجه : اگر در مسائل مقدار P.W.P داده نشود باید آن را از راه  $FC / 2$  بدست آورد .

سوال : **عمق ریشه گیاه يك متر ، رطوبت خاک در حالت FC برابر با 22% وزنی ، در حالت پژمردگی 10% وزنی ، وزن مخصوص ظاهري خاک 1/5 gr/cm<sup>3</sup> ، ضریب سهل الوصول 65% میباشد .** **عمق آب در هر نوبت آبیاری برای 60% عمق ریشه گیاه را تعیین کنید ؟**

$$TAW = FC - P.W.P = 22 - 10 = 12 \quad \theta_w FC = 22\% \quad \text{و} \quad \theta_w P.W.P = 10\% \quad \text{و در نتیجه}$$

$$P = 0.65 \quad \text{و} \quad 1.5 = f_b$$

حالا باید آب سهل الوصول را محاسبه کنیم  $RWA = P * TAW$  در نتیجه  $RWA = 0.65 * 12 = 7.8$

یعنی 7/8 درصد وزنی میتواند از حد FC آب کم گردد و پس از آن باید تا حد FC آبیاری گردد. میدانیم که اگر کل ریشه گیاه را 100% در نظر بگیریم مقدار 40% آن در 1/4 بالا و مقدار 30% آن در 1/4 بعدی و مقدار 20% آن در 1/4 بعدی و مقدار 10% باقیمانده در 1/4 انتهایی خواهد بود لذا با توجه به صورت

مسئله خواهیم داشت :  $100 \text{ cm} / 4 = 25 \text{ cm}$  مقدار هر ربع ریشه 25 cm میباشد لذا در ربع اول 40% از ریشه قرار دارد . ما نیاز به 20% دیگر داریم . در ربع دوم 30% ریشه برابر 25 cm است . با ایجاد يك تناسب ساده خواهیم داشت  $30 = 16/67 \times (20 \times 25)$  و با جمع نمودن آن با مقدار ریشه در 40% اول داریم  $25 + 16/67 = 41/67$  یعنی باید عمق آبیاری را برای 41/67 cm از طول ریشه تعیین نماییم .

در مسئله عنوان شده است که (عمق آب در هر نوبت آبیاری) یعنی نوبت آبیاری فرا رسیده باشد . این جمله چنین میگوید وضعیت به حد RAW رسیده است . یعنی رطوبت خاک طبق محاسبه انجام شده بمقدار 7/8 % باید اضافه گردد .  $d = \frac{f_b \times \theta_w \times D}{100}$  در نتیجه  $d = \frac{1.5 \times 7.8 \times 41.67}{100} = 4.88 \text{ cm}$  عمق آب آبیاری مورد نیاز 4/88 cm خواهد بود .

سوال : رطوبت خاک مزرعه ای 11% وزنی است ، عمق ریشه گیاه 80 cm ، ضریب سهل الوصول 0/6 ، مقدار  $FC = 20\%$  وزنی ، تعیین کنید . الف ) آیا زمان آبیاری فرا رسیده است ؟ ب ) در صورتی که جواب مثبت باشد تعیین کنید عمق آب آبیاری را .

$\theta_w = 11\%$  و  $D = 80 \text{ cm} = 0.8 \text{ m}$  و  $FC = 20\%$  کل آب قابل استفاده از رابطه  $TAW = FC - P.W.P$  بدست می آید  $TAW = 20 - 10 = 10$  و حالاً آب سهل الوصول را حساب میکنیم :  $RWA = P \times TAW$  در نتیجه  $RWA = 0.6 \times 10 = 6$  یعنی 6 درصد وزنی میتواند از حد FC آب کم گردد و پس از آن باید تا حد FC آبیاری گردد .  $FC - RAW = \min \%$  با محاسبه این فرمول خواهیم داشت  $20 - 6 = 14$  یعنی رطوبت نباید از 14% کمتر شود چنانچه رطوبت این خاک در حال حاضر 11% است یعنی 9% تا رسیدن به حد FC ، رطوبت کم دارد . لذا این زمین تا حد رسیدن به FC نیاز به آبیاری دارد . مقدار آبیاری از رابطه زیر بدست می آید . ( در مسئله وزن مخصوص ظاهری خاک داده نشده است و آن را 1/5 فرض نمودیم )

$$d = \frac{f_b \times \theta_w \times D}{100} \text{ در نتیجه } d = \frac{1.5 \times 9 \times 0.8}{100} = 0.108 \text{ m}$$

عمق آب آبیاری مورد نیاز 10/8 cm

خواهد بود .

### توزیع ریشه درخاك :

گسترش ریشه به 4 عامل بستگی دارد 1- نوع گیاه 2- بافت خاك 3- موقعیت آب زیرزمینی و 4- روش آبیاری .

برای توزیع ریشه درخاك ، الگوی ساده ای معرفی شده است که جهت طراحی ها از آن استفاده میشود. از این الگو زمانی استفاده میگردد که اطلاعات دقیقی درمورد عوامل گسترش ریشه ( ذکر شده در بالا ) نداشته باشیم .

طبق این الگو ، طول ریشه را به 4 قسمت مساوی تقسیم میکنیم و از بالا به پائین خواهیم داشت :

در ربع اول 40% از کل ریشه در ربع دوم 30% از کل ریشه در ربع سوم 20% از کل ریشه و در ربع چهارم 10% از کل ریشه قرار میگیرد.

کار برد الگو : گاهی منابع آب ما برای آبیاری اراضی کافی نیست لذا در برنامه ریزی به گونه ای عمل میکنیم که همه ریشه گیاه آبیاری نگردد لذا نسبت به درصد عمق ریشه ، اندازه ای از ریشه که باید آبیاری گردد را محاسبه نموده و مطابق محاسبات انجام شده اقدام به آبیاری مینماییم .

باید توجه داشته باشیم که این الگو زمانی بکار میرود که درصدی از کل ریشه مدنظر باشد نه درصدی از عمق ریشه .

### حرکت آب درخاك :

این حرکت در دو حالت بررسی میگردد 1) درخاك اشباع 2) درخاك غیر اشباع

در سال 1856 شخصی به نام هنری داری در فرانسه موضوع حرکت آب در خاك اشباع را مورد بررسی قرار دارد . این بررسی بایک آزمایش ساده انجام گردید و نتیجه این آزمایش منجر به يك تعریف برای حرکت آب درخاك اشباع گردید . داری اقدامات ذیل را انجام داد :

- نمونه ای از ماسه را اشباع نمود - آن را داخل استوانه دوسر باز قرار داد - در ورودی آن يك سطح آب ثابت قرار داد . متغیرهای این آزمایش  $A$  و  $L$  و  $h$  میباشد و  $Q$  نیز تابعی از این متغیرها

میباشد . دارسی مشاهده کرد که با افزایش سطح مقطع ، دبی افزایش می یابد و متوجه شد که با افزایش طول نمونه دبی کم وبا افزایش طول لوله  $h$  دبی افزایش پیدا میکند .

دارسی متوجه شد که برای برقراری یک تساوی بین  $Q$  و دیگر متغیر ها ، باید یک ضریب به قسمت متغیرها اضافه نماید ، این ضریب همان ضریب هدایت هیدرولیکی (  $K$  ) یا ضریب آبگذری می باشد .

$$K = \frac{QL}{\Delta H} \text{ . به نوع خاک و نوع مایع بستگی دارد .}$$

شخص دیگری به نام پوزل در سال 1842 رابطه ای را بدست آورد که مربوط به حرکت سیالات در لوله

$$Q = \frac{AR^2g}{8\nu} \times \frac{h}{L} \text{ . علامت } \nu \text{ (نو) لزجت کینماتیک مایع (سینماتیک) را نشان}$$

میدهد .

علائم رابطه پوزل چنین است . دبی  $Q$  ، سطح مقطع  $A$  ، گرانش  $g$  ، شعاع لوله های موئی

$$R = \text{اختلاف پتانسیل آبی} \quad h = \text{طول لوله کاپیلاری} \quad L =$$

با بررسی رابطه پوزل و دارسی مشخص می گردد که

$$K = \frac{R^2g}{8\nu} = \frac{\left(\frac{d}{2}\right)^2}{8\nu} = \frac{d^2g}{32\nu} \text{ . } C = \frac{g}{32\nu} \Rightarrow C d^2$$

حدود اعتبار رابطه دارسی :

رابطه دارسی در 2 مورد صدق نمی کند :

اول : در شرایطی که سرعت حرکت آب زیاد باشد . این حالت معمولاً در بافت های آهکی بوجود می آید . این

جریان باعث شسته شدن آهکها و ایجاد حفره در ساختمان خاک میگردد .

( در سیالات اصطلاحاتی وجود دارد به نام جریان متلاطم یا جریان آرام ویا جریان بین آبین . این

جریانها به سرعت مایع بستگی دارد . پس از بررسی سرعت مایع ، عدد رینالز بوجود آمد . )

دوم : در شرایطی که بافت خاک خیلی سنگین باشد . ( رسی ) ( ذرات رس بدلیل قدرت فراوان در جذب آب ،

باعث مسدود شدن کلیه منافذ خاک میگردد . )

### نفوذپذیری خاک :

نفوذ پذیری یکی از پارامترهای بسیار مهم در طراحی روشهای آبیاری می باشد بعبارتی بدون داشتن نفوذپذیری ، نمی توانیم یک سیستم آبیاری را بصورت علمی طراحی کنیم . رابطه مستقیمی بین انتخاب نوع وسایل مربوط به آبیاری ( برای مثال آبیاری بارانی ) و نفوذپذیری خاک است برای مثال اگر در آبیاری بارانی قدرت آبپاش 15 mm در ساعت و نفوذپذیری خاک 10 mm در ساعت باشد ، در این حالت مقدار 5 mm اتلاف آب خواهیم داشت .

### عواملی که بر نفوذپذیری خاک موثرند :

- نوع خاک ( بافت و ساختمان خاک )
- رطوبت خاک ( رابطه مستقیم دارد )
- عمق آب روی خاک ( رابطه مستقیم دارد )
- شیب زمین ( رابطه عکس دارد )
- پوشش گیاهی ( بسته به نوع گیاه ، اثرش بر نفوذپذیری خاک متفاوت است .

### عمق نفوذ تجمعی : ( I )

عبارتست از سرعت نفوذ آب در خاک در هر زمان نسبت به شروع آبیاری . واحد آن از جنس سرعت است .  
( سرعت نفوذ آب با گذشت زمان کاهش می یابد ) .

### سرعت نفوذ پایه ( f ) :

پس از گذشت ساعتی از آبیاری سرعت نفوذ آب در خاک تقریباً ثابت می شود ، این سرعت را سرعت نفوذ نهایی یا سرعت نفوذ پایه گویند و واحد آن از جنس سرعت است .

### سرعت نفوذ متوسط ( $\bar{I}$ )

متوسط سرعت نفوذ در یک فاصله زمانی مشخص می باشد و واحد آن از جنس سرعت است .

### معادلات نفوذ :

تاریخچه این معادلات به سال 1911 برمیگردد اولین معادله نفوذ توسط گرین و آمیت ارائه شده است و پس از مدتی شخصی به نام فیلیپ معادله دیگری را معرفی کرد. این دو معادله و همچنین دیگر معادلات ارائه شده برای نفوذ دقت زیادی نداشته است. ( بعلت تنوع زیاد نوع خاک ).

معادله کاستیاکوف تقریباً دقت خوبی دارد و معادله ای آسان است. این معادله یک معادله تجربی میباشد و فرمول آن  $Z = aT^n$  است  $Z$  عمق نفوذ تجمعی و  $T$  زمان و  $a$  و  $n$  نیز ضرایب معادله میباشد  $0 < n < 1$  نزدیک بودن  $n$  به عدد صفر بیانگر سنگینی بافت خاک است.

مثال :

معادله نفوذ تجمعی خاک مزرعه ای  $Z = 8T^{0.6}$  میباشد  $Z$  برحسب میلی متری و  $T$  برحسب دقیقه میباشد. تعیین کنید چه مدت طول میکشد تا 10 cm آب در خاک نفوذ کند.

$$100 = 8T^{0.6} \Rightarrow T^{0.6} = \frac{100}{8} = 12.5 \Rightarrow 12.5^{\frac{1}{0.6}} = 67.33$$

برای محاسبه معادله نفوذ لحظه ای از  $Z$  نسبت به زمان مشتق میگیریم و نتیجه  $I = aT^{n-1}$  خواهد شد. با

$$I = 8 \times 0.6 \times 67.33^{0.6-1} = 0.89$$

سرعت نفوذ لحظه ای این مزرعه در یک ساعت پس از آبیاری چند میلی متر در ساعت است ؟

اول باید از معادله بدست آمده مشتق بگیریم و بجای  $T$  زمان درخواست شده ( 60 دقیقه ) را جاگذاری

$$I = 4.8 \times 60^{0.6-1} = 0.93 \text{ mm/min}$$

در صورت مسئله چند mm در ساعت درخواست شده است. حاصل بدست آمده mm در دقیقه است لذا

$$\text{باید حاصل در عدد 60 ضرب شود} \quad 0.93 \times 60 = 55.8 \text{ mm/h}$$

سرعت نفوذ متوسط

$$\bar{I} = \frac{Z}{T} = \frac{aT^n}{T} \Rightarrow \bar{I} = aT^{n-1}$$

بدست آمده است.

ادامه مثال ( سرعت نفوذ متوسط در فاصله یک ساعت آبیاری چقدر است (چند mm در ساعت) ؟

$$\bar{I} = 8T^{0.4} = 1.56 \Rightarrow 1.56 \times 60 = 93.3 \text{ mm/h}$$

### تعیین ضرایب معادله نفوذ (a و n)

استوانه های دوگانه : برای این آزمایش از دو استوانه با قطرهای مختلف استفاده میشود که درون یکدیگر قرار میگیرند . این دواستوانه را به اندازه مشخص در خاک فر و برده و سپس درون استوانه ها آب میریزیم. وظیفه استوانه بزرگتر مرطوب کردن خاک اطراف محل آزمایش ، بصورت افقی و وظیفه استوانه کوچکتر نفوذ آب در زمین بصورت عمودی میباشد . اندازه آب تخلیه شده در زمان مشخص ، در این آزمایش مورد بررسی قرار میگیرد . این اندازه گیری توسط يك خط كش مدرج موجود در استوانه كوچك صورت میگیرد .

### محاسبه نفوذ آب در خاک:

در این روش زمان بصورت تجمعی محاسبه میشود . ( زمان برحسب دقیقه ، سطح آب برحسب سانتیمتر و عمق نفوذ تجمعی برحسب میلیمتر است .)

زمان تجمعی	0	1	2	5	10	15	30	45	60	90	120
سطح آب	12	11/5	11/2	10/5	9/5	8/7	7	6	10/7	8/5	7/8
عمق نفوذتجمعی	0	5	8	15	25	33	50	60	68	90	97

دو استوانه استاندارد و مخصوص این آزمایش را درخاک فروکرده و درون آنها آب میریزیم . درون استوانه کوچکتر يك خط كش مدرج برای کنترل سطح آب وجود دارد . سطح آب را در زمانهای قیدشده در قسمت زمان تجمعی ، کنترل میکنیم . ( این روش يك روش استاندارد میباشد ) . در صورتی که آب کاهش یابد، جهت ادامه آزمایش ( مطابق زمان 60 دقیقه درجدول فوق ) میتوانیم سطح آب را تا ارتفاع اولیه ( در این آزمایش 11/5 cm و در زمان 45 دقیقه ) با افزودن آب بالابآوریم . عمق نفوذ را نیز بصورت تجمعی در ستون سوم قید میکنیم . این جدول جهت محاسباتی علمی و همچنین ترسیم رگرسیون آماده است .

### روش استفاده از کاغذ لگاریتمی :

فاصله بین عدد 1 تا 1 بعدی را سیکل لگاریتمی مینامند . برای مثال در يك کاغذ لگاریتمی  $5 * 3$  ، 5سیکل لگاریتمی افقی و 3سیکل لگاریتمی عمودی وجود دارد .  
محور افقی ( 5 سیکله ) را برای زمان و 3 سیکله ( محور عمودی ) را عمق نفوذ تجمعی آب در نظر میگیریم .

کوچکترین عدد ما ، عدد يك میباشد . اگر يك را مبناي شروع سیکل اول بدانیم لذا به ترتیب خواهیم داشت 1 و 2 و 3 و 4 و 5 و 6 و 7 و 8 و 9 و 10 . یعنی يك آخر را عدد 10 مینامیم وبهمین ترتیب برای سیکل دوم و در ادامه همین راستا خواهیم داشت 10 و 20 و 30 و 40 و 50 و 60 و 70 و 80 و 90 و 100 وبه همین ترتیب سیکل سوم خواهد شد 100 و 200 و 300 و 400 و 500 و 600 و 700 و 800 و 900 و 1000 والي آخر . با این توضیحات میتوان نتیجه گرفت که حتما مبدا نباید از 1 شروع شود ومیتوان عدد مبدا را با توجه به نیاز کاربر تغییر داد برای مثال میتوان از 100 ویا از 0/01 شروع نمود .

### علت استفاده از کاغذ لگاریتمی :

معادله مورد استفاده ما  $z=aT^n$  میباشد . اگر این معادله را روی کاغذ میلیمتری پیاده کنیم به شکل سهمی خواهد شد . از آنجا که هدف از استفاده از این کاغذ ، محاسبه ضرایب  $a$  و  $b$  میباشد لذا خط سهمی کاربردی نداشته وجدول لگاریتمی با ارائه يك خط مستقیم وشیب دار توانایی محاسبه  $a$  و  $b$  را به ما میدهد .  
( یادآوری از ریاضیات :  $a$  میزان فاصله از مبدا ، درجهت محور  $y$  ، و  $b$  زاویه خط تشکیل شده با محور  $x$  میباشد . با منتقل کردن اعداد ستون اول وستون سوم به کاغذلگاریتمی ، چندین نقطه که تقریباً در يك جهت میباشد ، مشاهده میگردد . خط برازش خطی است که از بیشترین نقاط ممکنه ایجاد شده روی کاغذ لگاریتمی عبور میکند و نقاطی که خارج از خط قرار میگیرند ، کمترین فاصله عمودی را باخط برازش دارند . از رابطه  $b = \frac{y}{x}$  مقدار  $b$  یعنی شیب خط بدست می آید ( مقدار  $y$  و  $x$  را با خط کش بدست می آوریم ) . مقدار  $a$  نیز از تقاطع دادن خط برازش با محور  $y$  ها بدست می آوریم .

### تذکر مهم :

گاهی نقطه شروع از عدد يك نیست و بنا به نیاز کاربر از قبل از رقم يك ( مانند 0/1 یا 0/01 یا ... ) و یا بعد از رقم يك ( مانند 10 یا 100 یا .... ) شروع شده است . در این صورت محاسبه  $a$  بصورت زیر خواهد بود .

اگر از عدد بیشتر از يك شروع شده باشد، باید محور  $x$  ها را بسمت عدد يك میل دهیم ( درجهت منفي ) تا به رقم يك برسیم و روی این نقطه 1 ، محور  $y$  را بصورت خط چین ترسیم نماییم . خط برازش را تا رسیدن به محور  $y$  تازه ایجاد شده امتداد میدهیم از محل برخورد خط برازش تا محور  $y$  ، يك خط درجهت محور  $x$  ها و بسمت محور اصلي  $y$  ترسیم میکنیم ( نام این محل تالقی را  $o$  مینامیم ) . فاصله مبدا انتخاب شده ( که بیشتر از يك میباشد ) را تا نقطه  $o$  را  $a$  مینامیم .

اگر از عدد کمتر از يك شروع شده باشد، باید محور  $x$  ها را بسمت عدد يك پیمایش نمائیم ( درجهت مثبت ) تا به رقم يك برسیم و روی این نقطه 1 ، محور  $y$  را بصورت خط چین ترسیم نماییم . یقیناً خط برازش ، هم  $y$  ایجاد شده و هم  $y$  اصلي را قطع میکنید . حذف فاصل بین يك ، ( نقطه ای که روی محور  $x$  ها تارسیدن به رقم يك پیمایش کردیم ) تا محل تقاطع خط برازش با محور  $y$  جدید ، همان  $a$  خواهد بود .

### تبخیر و تعرق :

تبخیر و تعرق از دو قسمت تبخیر و تعرق ایجاد شده است . تبخیر عبارتست از تلفات آب از سطح خاک و تعرق عبارتست از تلفات آب بصورت تبخیر از گیاه .

99% آب آبیاری بصورت تبخیر و تعرق تلف میگردد و کمتر از 1% در گیاه ذخیره میشود . پس میتوان نیاز آبی يك گیاه را با مقدار تبخیر و تعرق بدست آورد . تبخیر و تعرق يك تابع است و چندین عوامل بستگی دارد

عوامل موثر بر تبخیر و تعرق ( 5 عامل مهم از 16 عامل ) :

- 1 ) دمای هوا -- نسبت مستقیم
- 2 ) تشعشعات خورشید -- نسبت مستقیم
- 3 ) رطوبت نسبی هوا -- نسبت معکوس
- 4 ) سرعت وزش باد -- نسبت مستقیم

### تبخیر و تعرق پتانسیل :

عبارتست از شدت تبخیر و تعرق از يك سطح نا محدودزراعي كه در آن گیاهان ارتفاع يكساني داشته وبا سایه خود سطح را بپوشانند ، همچنین گیاه رشد فعالی داشته و رطوبت خاک در حد مطلوبی باشد .

### تبخیر و تعرق واقعی :

تبخیر و تعرق گیاه است در شرایط موجود كه معمولاً مقدار آن از تبخیر و تعرق پتانسیل کمتر است . مقدار تبخیر و تعرق واقعی در مقایسه با تبخیر و تعرق پتانسیل به 3 عامل بستگی دارد :

- 1) رطوبت خاک ( رابطه ای مستقیم دارد )
- 2) مرحله رشد گیاه ( مربوط به پوشش سبز گیاه است و رابطه مستقیم دارد بشرطی كه زمین مرطوب نباشد ) .
- 3) تغییرات فیزیولوژیکی در گیاه ( همانند خزان كه با وقوع آن تبخیر و تعرق كاهش مییابد ) .

### روشهای اندازه گیری تبخیر و تعرق

1- روشهای مستقیم (لایسیمتر )

2- بکارگیری تبخیر سنج ها

3- استفاده از روابط تجربی و ریاضی

### روشهای مستقیم (لایسیمتر)

عبارتند از مخازنی كه در خاک مزرعه نصب می شوند وبا استفاده از بیلآن رطوبتی خاک ، تبخیر و تعرق گیاه را اندازه گیری می كنند . لایسیمترها دقیقترین روش برای اندازه گیری تبخیر و تعرق است و به دودسته تقسیم میشوند :

الف- لایسیمترهای وزنی

ب- لایسیمترهای تفاضلی

الف- لایسیمترهای وزنی: دقیقترین لایسیمترها میباشند که تبخیر و تعرق را اندازه گیری میکنند.

تعیین تبخیر و تعرق در این روش ، براساس تغییرات وزن انجام می گیرد.

ب- لایسیمترهای تفاضلی : از نوع ساده , تفاضلی میباشند و میزان تبخیر و تعرق براساس بیالان

(توازن) آب موجود در خاک اندازه گیری میشود .

در کارگذاری لایسیمترها باید نکاتی را در نظر گرفت که عبارتند از :

(1)- حجم لایسیمتر باید به اندازه کافی بزرگ باشد تا مانعی در رشد گیاه ایجاد نکند . برای گیاهان با عمق ریشه کم ، حجم لایسیمتر یک متر مکعب و برای گیاهانی با عمق ریشه زیاد این حجم تا چند متر مکعب میباشد.

(2)- شرایط خاک در داخل لایسیمتر باید مشابه شرایط خاک مزرعه باشد یعنی بافت خاک در لایسیمتر مشابه بافت خاک در مزرعه باشد و لایسیمتر دارای یک سیستم زهکشی مناسب باشد.

(3)- گیاه کاشته شده در لایسیمتر می بایست وضعیتی مشابه گیاه کاشته شده در مزرعه داشته باشد یعنی فاصله گیاهان همان فاصله اجرا شده در مزرعه باشد. همچنین مقدار کود و سموم مصرف شده نیز همانند مزرعه اصلی باشد .

(4)- در اطراف لایسیمتر تا فاصله 10 برابر ابعاد لایسیمتر از همان پوشش گیاهی که در لایسیمتر وجود دارد، موجود باشد.

### استفاده از روابط تجربی و ریاضی

تبخیر سنج ها به دو دسته تقسیم میشوند :

الف) صفحات متخلخل (ب) تشتهای تبخیر

الف) صفحات متخلخل : صفحاتی هستند که از جنس سفال یا کاغذهای مخصوص که برای اندازه گیری تبخیر و تعرق بکار میرود و روش استفاده از این صفحات بدینگونه است که این صفحات را بمدت 10 تا 15 ساعت داخل آب میگذاریم تا کاملاً اشباع شود . سپس آنها را وزن نموده و در معرض هوای آزاد قرار میدهیم (برای مدتی معین ( 6 یا 12 یا ... ساعت ) تا تبخیر صورت گیرد . کاهش وزن بدست آمده از وزن نمودن مجدد آن ، همان میزان تبخیر است . اندازه گیری تبخیر و تعرق در این روش دقت خوبی ندارد و دلایل

آن عبارتند از - حساسیت زیاد این صفحات نسبت به وزش باد - جذب گرد و خاک معلق در هوا و پیداکردن وزن کاذب - حساسیت کم این صفحات به تشعشعات خورشید

ب) تشتهای تبخیر : ظروفی هستند که میزان تبخیر آب ریخته شده از آن قابل محاسبه است . ( در این مبحث تشت کلاس A مورد مطالعه قرار میگیرد . تشت کلاس A از نوع آمریکایی بوده و تمامی ایستگاههای هواشناسی ایران از آب بهره میجویند ) .

این تشت استوانه ای است و قطر آن 47/5 اینچ است . ارتفاع آن 10 اینچ بوده و جنس آن از گالوانیزه است . این تشت روی یک قطعه چوبی به ارتفاع 4 اینچ نصب میشود و معمولاً درون تشت به مقدار 9 اینچ آب میریزند . این تشت در ساعات 6 و 12 ، توسط دیده با کنترل شده و میزان کم شدن آب را اندازه گیری میکنند . این اندازه گیری را  $E_{pan}$  میگویند .  $E_{pan}$  را باید به تبخیر و تعرق پتانسیل (  $E T_p$  ) تبدیل نمود روش این تبدیل از فرمول  $E T_p = E_{pan} \times C_{et}$  بدست می آید .  $C_{et}$  ضریب تشت می باشد . برای بدست آوردن ضریب تشت از جدول مخصوص استفاده میشود .

اگر سرعت باد 250 کیلومتر در روز باشد و پوشش سبز در اطراف تشت نیز 100 متر باشد ، همچنین رطوبت هوا نیز 30 % محاسبه گردد ، ضریب تشت را با استفاده از جدول مربوطه بدست می آوریم که 0/65 میباشد . و اگر پوشش سبز وجود نداشته باشد ، از دوتون سمت راست جدول استفاده نموده و رقم مربوطه را بدست می آوریم . حال اگر از این تشت 4 mm تبخیر داشته باشیم خواهیم داشت

$$E T_p = 0.65 \times 4 = 2/8_{mm} \Leftarrow$$

تذکر اول : جدول تهیه شده مربوط به منطقه مرطوب میباشد و برای تبدیل آن به ارقام قابل استفاده در مناطق

خشك مانند خوزستان باید ارقام بدست آمده از جدول را بر رقم 0/87 تقسیم نماییم

تذکر دوم : تبخیر و تعرق پتانسیل باید به تبخیر و تعرق واقعی تبدیل شود ( تبخیر و تعرق واقعی یعنی تبخیر

و تعرق در شرایط موجود ) . برای این کار باید از فرمول  $E T_a = K_c \times E T_p$  استفاده نمود .  $E T_a =$

تبخیر و تعرق واقعی و همچنین  $K_c$  نیز ضریب گیاهی میباشد .

مقدار ضریب گیاهی به 2 عامل 1- نوع گیاه و 2- مرحله رشد گیاه بستگی دارد . مقدار این ضریب نیز از جدول مربوطه پیدا میشود . در این جدول ، ضریب گیاهی ، برای چند گیاه محدود ذکر شده است . در

ردیف اول این جدول ، ارقام 10 تا 100% پوشش سبز نوشته شده است و مشاهده میشود که با افزایش پوشش سبز ، ضریب گیاهی افزایش می یابد .

در قسمت پایین این جدول ، جدولی دیگر وجود دارد که برحسب روز محاسبه شده است و با افزایش روز ، مقدار ضریب گیاهی کم میشود.

اگر مثال بالا را در نظر بگیریم ، ضریب گیاهی در یونجه از رابطه زیر بدست می آید

$$ET_a = K_c \times ET_p \quad \text{در نتیجه} \quad ET_a = 0.9 \times 2/8 = 2/52 \text{ mm/day}$$

### استفاده از روابط تجربی و ریاضی:

از این روش زمانی استفاده میشود که وسایل آزمایش نداشته باشیم .

رابطه بلینی و کریدل یک رابطه ساده برای محاسبه تبخیر و تعرق میباشد. شکل کلی این رابطه چنین است :

$$ET_p = P(0.46T + 8/13) \quad \text{که در آن } T \text{ دمای متوسط روزانه بر حسب } C^0 \text{ و } ET_p \text{ نیز تبخیر}$$

و تعرق پتانسیل برحسب میلیمتر در روز و P نیز متوسط درصد ساعات روشنایی روزانه در ماه نسبت به کل ساعات روشنایی سالانه میباشد .

توضیح در خصوص P : فرض کنیم از ساعت 7 تا 17/30 ، مقدار 12/5 ساعت آن روشنایی ( بدون ابر) داشته باشیم . این 12/5 ساعت را یادداشت نموده و بمدت یک ماه هر روز این محاسبه را انجام میدهم . کل اعداد بدست آمده را با هم جمع نموده و بر کل ایام تقسیم میکنیم تا میانگین روشنایی در آن ماه بدست آید . فرض میگردد که این میانگین رقم 11 باشد . این رقم بدست آمده را بر کل ساعات روز در سال تقسیم و حاصل را در 100 ضرب میکنیم . حال اگر تصور شود که کل ساعات روشنایی در سال 3500 ساعت

$$P = \frac{11}{3500} \times 100 = 0.314 \quad \text{باشد خواهیم داشت}$$

رقم P در یک جدول محاسبه شده است و نیاز به پیمایش چنین راه طولانی برای بدست آوردن P نیست . اگر عرض جغرافیایی 30 درجه و در نیمکره شمالی باشد و همچنین برای مثال در ماه JULY باشیم مقدار P برابر 0/31 خواهد شد لذا  $ET_p = (0.31(0.46 \times 28/5) + 8/13) = 6/6 \text{ mm/day}$  . رقم 28/5

درجه حرارت متوسط میباشد . ضرب 6/6 در ضریب گیاهی = تبخیر و تعرق واقعی .

اشکال رابطه فوق : نقش دما بسیار مهم نشان داده شده است و الباقی عوامل مانند فشار هوا و تشعشعات خورشید و ورطوبت نسبی نادیده گرفته شده است . سازمان جهانی FAO با ارائه جدولی اقدام به اصلاح رابطه بلینی وکریدر نموده است . روند استفاده از جدول FAO بشرح ذیل است :

اگر رطوبت نسبی 30% باشد ، با استفاده از شکلهاي 2 و 5 و 8 ، باید رقم مورد نظر راجستجو کرد . ( محدوده درصدهای رطوبت نسبی ، در بالای این جدول مشخص شده است ) .

در سمت راست این جدول نسبت تشعشعات خورشید ذکر شده است  $n/N$  که  $n$  ساعات آفتابی موجود و  $N$  حد اکثر ساعات آفتابی ممکنه میباشد . این حالتها به سه قسمت زیاد ( 0/9 ) ، متوسط ( 0/7 ) و کم ( 0/45 ) تقسیم بندی شده است . اگر برای تکمیل مثال فوق ، مقدار این تشعشع بین متوسط تا زیاد اعلام شده باشد ، از 3 جدول انتخاب شده در قسمت رطوبت نسبی ، فقط اشکال 2 و 5 باقی میماند .

اگر جدول انتخابی ، برای مثال 2 تعیین گردد ، 6/6 را روی محور  $x$  ها در جدول 2 پیدا کرده و یک خط از نقطه بدست آمده در محور  $x$  ها به موازات محور  $y$  ها ترسیم میکنیم . این خط تا کجا امتداد یابد ؟

اگر سرعت وزش باد 3 متر بر ثانیه بدست آمده باشد ، خط ترسیم شده در فوق را ، تا خط شماره 2 که مربوط به محدوده سرعت باد بدست آمده میباشد امتداد میدهیم و پس از برخورد با خط 2 ، به موازات محور  $x$  ها ، بسمت محور  $y$  ، خط را امتداد میدهیم . خواهیم دید که این خط عدد 8/5 را نشان میدهد .

با انجام همین کارها بر روی جدول شماره 5 به رقم 7/5 میرسیم و حالاً  $\frac{7.5+8.5}{2}=8$  رقم بدست آمده

، یعنی عدد 8 همان رقم اصلاح شده FAO میباشد .

## پایان

