پروژه یاب
University Project

جزوه درس

آبیاری عمومی

دکتر دلقندی

پروژه یاب
University Project

مقدمه

در یک کشور خشک مانند ایران، آبیاری بقدری از عملیات بدیهی و ضروری کشاورزی به شمار می‌رود که ارائه یک تعریف متعارف برای آن بسیار مشکل است. اما اگر بخواهیم آبیاری را به لحاظ علمی تعریف کنیم می‌توان گفت که **آبیاری کوششی است که انسان بعمل می‌آورد تا چرخه هیدرولوژی را در مزرعه تغییر داده و شرایط را از نظر آب به گونه‌ای فراهم سازد که رشد مطلوب گیاه و در نتیجه تولید بیشتر محصولات کشاورزی امکان‌پذیر گردد.** آبیاری را می‌توان یکی از قدیمی‌ترین فنّاوریهای کشاورزی دانست که از حدود ۶۰۰۰ سال پیش وجود داشته و تاکنون نیز ادامه دارد. سوابق تاریخی آبیاری در بین‌النهرین به ۴۰۰۰ سال قبل از میلاد و در هندوستان و پاکستان به ۲۵۰۰ سال قبل از میلاد مسیح می‌رسد. طی این مدت، فنون آبیاری تکامل پیدا کرده و در آینده نیز به دلیل رقابت شدید بر سر آب این فناوریها بیشتر خواهد شد.

غالباً تصوّر می‌شود که قدمت آبیاری تنها مربوط به آفریقا و آسیا و بخصوص خاورمیانه است، حال آنکه این چنین نبوده و همزمان در سایر نقاط دنیا و بخصوص در چین و آمریکای لاتین نیز فعالیت‌های آبیاری وجود داشته است، بطوریکه قدمت سازه‌های آبیاری در چین مربوط به ۲۶۰۰ سال قبل از میلاد بوده و در آمریکای لاتین به بیش از ۱۰۰۰ سال قبل از میلاد مسیح می‌رسد. اما نوع فناوریها در هر یک از این مناطق بسته به شرایط محیطی متفاوت بوده است. مثلاً اگر در مصر سیستم‌های آبرسانی و توزیع آب با کانال پیشرفت داشته است، بهره‌برداری از آبهای زیرزمینی و حفر قنات و چاه از فناوری ایرانیان و یا روشهای استفاده از چاههای کم‌عمق از ابداعات مردم هندوستان و پاکستان بوده است.

هر چند در قدیم از آبیاری بعنوان عاملی جهت اسکان و یکجانشینی قبایل استفاده گردید که در نهایت به شکوفایی تمدنها انجامید، اما امروزه هدف از آبیاری عمدتاً تأمین غذا و پوشاک برای جمعیت رو به افزایش دنیاست.

اهداف آبیاری

۱- آبیاری به منظور تولید محصول

مهمترین وظیفه آبیاری کمک به تولید بیشتر مواد غذائی است. حدود ۴۰ درصد ازکل تولیدات زراعی دنیا از اراضی آبی حاصل می شود. عواملی که موجب کاهش محصول شده و باعث می شوند تا ما نتوانیم به طور کامل از پتانسیل گیاهان استفاده کنیم بسیار زیاد می باشد؛ اما عمده ترین آن ها آب است. مثلاً بر اساس مطالعات انجام شده در آمریکا پتانسیل تولید گندم در آن کشور حدود ۱۴ تن در هکتار است ولی عملاً متوسط مقدار محصول تولیدی بیش از ۳.۵ تن در هکتار نمی باشد و عواملی مانند کم آبی، سیلاب، آفات و بیماری ها، علف های هرز، خشکی، سرما، تگرگ و غیره باعث کاهش محصول می شوند. اما بیشترین سهم در کاهش تولیدات کشاورزی مربوط به آب می باشد. به طوری که ۴۰ درصد کاهش توان تولید در گیاهان

پروژه یاب
University Project

زراعی مربوط به آب است. حتی اعمال روش های مناسب کشاورزی مانند تهیه زمین و کاشت و یا استفاده ازکود و سم و بذور اصلاح شده نیز در گرو آبیاری و استفاده بیشتر از آب است. زیرا اگر همین روش ها و یا نهاده ها را در دیمکاری ها به کار ببریم، افزایش محصول همانند زراعت های آبی نخواهد بود.

۲- آبیاری به منظور اصلاح زمین

تبخیر آب از سطح خاک باعث تجمع نمک در لایه بالایی خاک شده و ممکن است مقدار نمک در این لایه به حدی افزایش یابد که امکان رشد برای گیاه وجود نداشته باشد. در چنین وضعیتی باید نمک ها را از منطقه توسعه ریشه ها خارج ساخت. ساده ترین و عملی ترین روش برای خارج کردن نمک ها این است که زمین را آبیاری کنیم تا نمک در آب حل شده و به اعماق زمین که خارج از دسترس گیاه باشد انتقال پیدا کند و یا این که به طریق زهکشی از زمین خارج شود. به عبارت دیگران از آب به عنوان عاملی برای حمل و خارج کردن نمک استفاده نماییم. به مجموعه این عملیات، زهکشی و اصلاح اراضی گفته می شود (در این باره می توانید این مطلب را بخوانید :تعریف زهکشی .)بنابراین شستشو و اصلاح اراضی نیز خود نوعی آبیاری به شمار می رود. در حال حاضر در طرح های آبیاری که در جنوب کشور برای کشت نیشکر در دست اجرا می باشد به دلیل شور بودن اراضی لازم است ابتدا شستشوی خاک، چندین ماه قبل ازکشت صورت گیرد تا غلظت نمک در خاک تقلیل پیدا کرده و محیط برای رشد ریشه گیاه آماده شود که این کار از طریق آبیاری و زهکشی خاک صورت می گیرد. اگربخواهیم ازشور شدن تدریجی خاک در اثر آبیاری جلوگیری شود لازم است همواره در هنگام آبیاری علاوه بر نیاز آبی گیاه مقداری آب اضافی به زمین داده شود تا نمک ها را شسته و از محیط رشد ریشه خارج سازد. این مقدار آب که مازاد بر احتیاج آبی گیاه است نیاز آبشویی نام دارد و مقدار آن بستگی به شوری آب و خاک و نوع گیاه دارد.

۳- آبیاری به منظور اصلاح محیط

در بعضی موارد از آبیاری به منظور تغییر محیط رشد گیاه نیز استفاده می شود. مثلاً در هنگامی که خطر سرمازدگی برای گیاه وجود دارد با انجام آبیاری بارانی و پاشیدن آب روی شاخ و برگ می توان گیاه را از خطر یخ زدگی نجات داد. زیرا با این عمل و به علت سرما، آب روی شاخ و برگ گیاه یخ زده و ادامه سرما فقط قطر لایه یخ روی گیاه را افزایش می دهد بدون آن که دمای شاخ و برگ از صفر درجه پایین تر رود. آنچه در این مورد اهمیت دارد این است که تا زمانی که دمای هوا کمتر از صفر است باید آبیاری و پاشیدن آب روی گیاه ادامه داشته باشد و فقط زمانی آبیاری قطع شود که دمای هوا از صفر بالاتر رفته و تمام یخ های روی گیاه ذوب شده باشد. آبیاری در اکثر موارد باعث بالا رفتن رطوبت در محیط اطراف گیاه شده و همین امر ممکن است برای برخی محصولات به بهبود کیفیت آن ها کمک نماید. از جمله می توان به برخی ارقام انگور اشاره کرد که در آن با انجام عملیات آبیاری بارانی و مرطوب نمودن محیط بر کیفیت میوه های تولیدی افزوده می شود.

۴- آبیاری به منظور تأمین امنیت ملی

پروژه یاب
University Project

بسیاری ازکشورهایی که به دلیل توسعه شبکه های آبیاری بر تولیدات کشاورزی خود افزوده اند از نظر غذا به کشورهای ثروتمند و یا همسایگان خود متکی نبوده و لذا در صحنه بین المللی از قدرت عمل بیشتری برخوردارند. تحریم غذایی کشورها امروزه به عنوان وسیله ای در اختیار برخی کشورها قرار گرفته و تجربه نشان داده است که از این وسیله به دفعات استفاده نموده اند. لذا آبیاری از این جهت که بر تولیدات موادغذایی می افزاید در تأمین امنیت ملی و خودکفایی غذایی کشورها نقش اساسی دارد.

۵- آبیاری به منظور مقابله با خشکسالی ها

خشکسالی هایی که در سال های دهه ۱۹۸۰ میلادی در آفریقا اتفاق افتاد ثابت نمود که کشورهایی قادر به سپری کردن چنین بلایایی هستند که از شبکه های آبیاری وسیع برخوردارند. حتی درکشورهایی که بارندگی زیاد بوده و آبیاری چندان اهمیتی ندارد ممکن است کمبود بارندگی در یک سال خسارات زیادی به بار آورد. زیرا در چنین وضعی اکثر گیاهان یک ساله و حتی گیاهان چند ساله مانند درختان میوه صدمه خواهند دید. حال آن که با یک آبیاری ممکن است درختان در آن سال زنده بمانند. در این کشورها وجود شبکه های آبیاری می تواند در مواقع ضروری برای آبیاری تکمیلی وارد عمل شده و محصول را از خطر نابودی برهاند.

۶- سایر کاربردهای آبیاری

آبیاری برای اهداف دیگری نیز ممکن است به کار برده شود. مثلاً در هنگام جنگ غالباً اراضی را آبیاری می کنند تا ماشین آلات و تانک های دشمن تحرک لازم را از دست بدهند؛ و یا آبیاری و یخ-آبهای زمستانه به منظور کنترل آفات و بیماری های گیاهی یکی از عملیاتی است که زارعین به طور مرسوم انجام می دهند. حتی برای کنترل جوندگان مانند موش نیز یکی از روش های مبارزه، آبیاری غرقابی زمین می باشد .آبیاری به منظور جلوگیری از هدر رفتن آب نیز ممکن است انجام گیرد؛ مثلاً در زمانی که آب مازاد بر نیاز وجود داشته باشد، زارعین اراضی بایر خود را آبیاری می کنند تا هم رطوبت در خاک ذخیره شود و هم با نرم شدن خاک، عملیات خاک ورزی به آسانی صورت گیرد.

اما آن چه که بیشتر به عنوان هدف آبیاری شناخته می شود و مد نظر کشاورزان و مهندسان آب هست، استفاده از آبیاری به منظور افزایش محصول و ارتقاء راندمان تولید می باشد.

اهداف کلی این درس

در پایان این درس ما بایستی بتوانیم به سه سوال زیر پاسخ دهیم

۱. چه موقع و چه زمانی باید آبیاری کنیم؟ (زمان و دوره زمانی آبیاری)

۲. چه میزان باید آب به مزرعه بدهیم؟ (عمق (ارتفاع) آب آبیاری)

۳. چه سیستمی باید انتخاب گردد؟ (روش آبیاری)

پروژه یاب
University Project

سیکل (چرخه) هیدرولوژی :

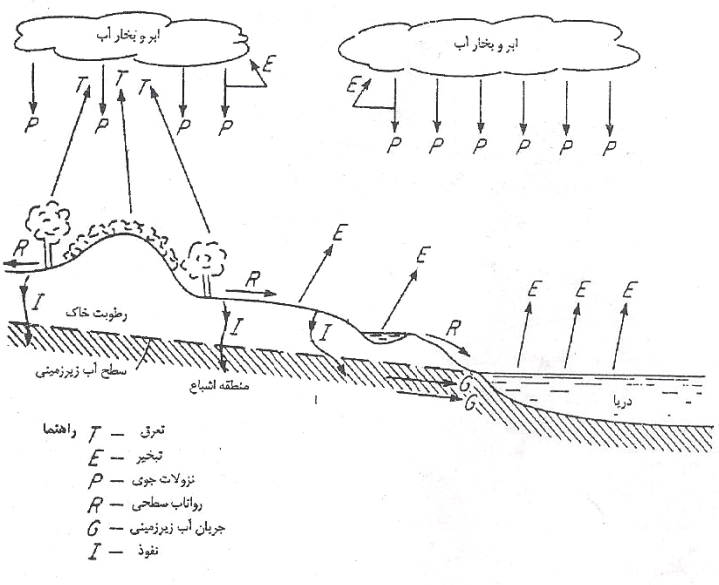
گردش آب در طبیعت که به آن سیکل هیدرولوژی یا چرخهٔ آب گفته می شود، عبارت است از حرکت و جابجائی آب در قسمتهای مختلف تحت تأثیر نیروی متفاوتی از جمله نیروی ثقل، تغییرات فشار و انرژی خورشیدی. این چرخش در سه بخش مختلف کره زمین یعنی اتمسفر (هواسپهر) یا چون هیدروسفر یا آب سپهر ، لیتوسفر یا سنگ سپهر صورت می گیرد. گردش آب در داخل و بین این سه لایه در لایه ای به ضخامت ۱۶ کیلومتر صورت می گیرد که ۱۵ کیلومتر آن در اتمسفر و تنها ۱ کیلومتر آن در داخل لیتوسفر قرار دارد. سیکل هیدرولوژی در واقع یک سیکل بدون ابتدا و انتها می باشد، بدین ترتیب که آب از سطح دریاها و خشکیها تبخیر شده وارد اتمسفر می گردد و سپس دوباره بخار آب وارد شده به جو طی فرآیندهای گوناگون به صورت نزولات جوی یا بر سطح زمین و یا بر سطح دریاها و اقیانوسها فرو می ریزد. نزولات جوی ممکن است با سه حالت روبرو شود :

۱- قبل از رسیدن به سطح زمین توسط شاخ و برگ گیاهان گرفته می شوند . (برگاب ، باران گیرش)

۲- در سطح زمین جاری می شوند . (رواناب)

۳- در خاک نفوذ می کنند .

مقداری از آب که در داخل خاک نفوذ می کند یا بر اثر تبخیر به هوا بر می گردد یا وارد منابع آب زیرزمینی می شود که سرانجام از طریق چشمه ها و یا تراوش به داخل رودخانه ها مجدداً در سطح زمین ظاهر می گردد. در تمام این موارد آب با تبخیر و بازگشت مجدد به اتمسفر سیکل هیدرولوژی یا گردش آب در طبعیت را تکمیل می کند . در شکل زیر نموداری از چرخه هیدرولوژی می باشد نقل و انتقالات آب در طبیعت را نشان می دهد. همانطور که این شکل نشان می دهد عناصر مهم گردش آب در طبیعت را بارندگی (p) – رواناب (R) – تبخیر (E) تعرق (T) – نفوذ (I) و جریانهای زیرزمینی (G) تشکیل می دهند.



سیکل (چرخه) هیدرولوژی و اجزا آن

پروژه یاب
University Project

وضعیت آب در کره زمین

٪۹۷/۲ آبهای کره زمین درون اقیانوسها است و ٪ ۲/۱۵ آن یخ زده است. ما آب مورد نیاز خود را از ٪ ۶۵/۰باقیمانده تهیه می‌کنیم که از یکی از دو منبع زیر بدست می آید: آبهای سطحی (شامل رودخانه ها، دریاچه ها و نهرها) و آبهای زیرزمینی. امروزه حدود ۱۱۷ میلیون نفر ، یعنی بیش از نیمی از جمعیت آمریکا متکی به آبهای زیرزمینی به عنوان منبع آب آشامیدنی هستند.

در ایران منبع اصلی آب بارش است که به طور طبیعی سالانه ۲۵۲ میلی متر یا ۴۱۳ میلیارد متر مکعب است . این میزان یک سوم متوسط جهان (۸۳۱ میلی لیتر) و یک سوم آسیا (۷۳۲ میلی لیتر) است . حدود ۳۰ درصد بارش به شکل برف و بقیه به شکل باران است . به این ترتیب در حالی که یک درصد جمعیت جهان در ایران زندگی می کنند ، سهم ایران از منابع آب تجدید پذیر فقط ۳۶ صدم درصد است . از ۴۱۳ متر مکعب بارش سالانه ۲۶۹ متر مکعب به اشکال مختلف از دست می رود. ۹۳/۲ درصد از آب باقی مانده صرف مصارف کشاورزی البته به شکلی غیر اصولی می شود . ۱/۷ درصد به صنعت و معدن اختصاص می یابد و بقیه به مصارف دیگر می رسد .

ذکر این درصدها برای این اهمیت دارد که بروز بحران آب آنها را دستخوش تغییر می کند و سازمان های بین المللی هشدار می دهند که با افزایش جمعیت در ایران این کشور در سال ۲۰۲۵ درگیر بحران جدی آب خواهد بود.

اهمیت آبیاری

برای درک اهمیت آبیاری در ایران بایستی به چند نکته در مورد وضعیت منابع آب ایران توجه نمود

۱. حجم آبهای شیرین قابل استفاده توسط انسان بسیار محدود است .

۲. میانگین بارندگی در ایران ۲۶۰ میلیمتر است، در حالی که میانگین جهانی بارندگی ۸۶۰ میلیمتر است.

۳. توزیع نامناسب بارش چه از لحاظ مکانی و چه زمانی در ایران

برای بهره برداری صحیح از منابع آب بایستی ابتدا منابع را خوب شناخته و بر روی آنها برنامه ریزی دقیق انجام داد .

منابع آب آبیاری

۱. نزولات آسمانی شامل برف و باران.

۲. آبهای سطحی شامل رودخانه ها، سدها، مخازن آب، دریا،برکه‌های آب شیرین، و ...

۳. آبهای زیرزمینی شامل چاه، چشمه و قنات.

پروژه یاب
University Project

آب های زیر زمینی

آب زیر زمینی آبی است که در زیر سطح زمین ،فضا های حفره ای را در صخره ها و رسوبات پر می کند. اکثر آب های زیر زمینی بطور طبیعی خالص هستند. اکثر اوقات ، آب های زیر زمینی سال ها و حتی قرن ها قبل از مصرف دست نخورده باقی می مانند. بیش از ۹۰٪ آب آشامیدنی کل جهان از آب زیر زمینی است.

وضعیت آب در لایه‌های زمین:

لایه‌های زمین در ارتباط با مقدار آب به دو بخش تهویه و اشباعی تقسیم می‌شوند.

بخش تهویه:

این بخش از سطح زمین تا سطح فوقانی لایه اشباعی را شامل می‌شود و محل عبور آبهای نفوذی است. در فصل گرما و خشکی بعلت وقوع تبخیر سطحی حرکت آب از پایین به بالا خواهد بود. در زیر بخش تهویه، ناحیه اشباعی که همیشه از آب اشباع می‌باشد، قرار گرفته است. بخش تهویه به سه قسمت مجزا تقسیم می‌گردد که ضخامت آنها بستگی به وضعیت دانه‌بندی لایه‌ها دارد:

الف – ناحیه سطحی:

این ناحیه درمجاورت باهوا قرار دارد و ریشه گیاهان بوته‌ای و علفی در این قسمت قرار دارد و ضخامت آن در رسوبات ریزدانه و نواحی مرطوب تا چند متر و در رسوبات درشت دانه نواحی خشک به چندین سانتی متر می‌رسد. آب موجود در این قسمت در اثر نیروی حرکت موئینه و جذب ملکولی از پایین به بالا و بر خلاف نیروی جاذبه زمین حرکت کرده و توسط گیاهان جذب شده و یا در اثر تبخیر سطحی از بین می‌رود. در اثر بارندگی و نفوذ آب به داخل این قسمت، نیروی حرکت ثقلی بر نیروی موئینه فائق آمده و در نتیجه به قسمتهای زیرین نفوذ می‌نماید.

ب – ناحیه حد واسط:

بخش موئینه زیرین را به قسمت سطحی فوقانی مرتبط می‌کند و محل عبور آبهای نفوذی ثقلی می‌باشد. آب موجود در این ناحیه در اثر نیروی جذب ملکولی و موئینه به حالت معلق (آب غشائی) نگهداری می‌شود که به علت عدم امکان جذب توسط ریشه گیاهان و غیر قابل استحصال بودن، آب مرده نامیده می‌شود. ضخامت این ناحیه تابع وضعیت دانه بندی آن و عمق قرار گیری بخش اشباعی می‌باشد.در رسوبات دانه درشت نواحی خشک که بخش اشباعی در اعماق پایین قراردارد، ضخامت این ناحیه تا ۱۰۰ متر هم می‌رسدو در مناطق پر باران با رسوبات ریز دانه ممکن است ضخامت آن بسیار ناچیز و در حد صفر باشد.

پ – حاشیه موئینه:

بصورت یک نوار باریک مرطوب منطقه اشباعی را به ناحیه حد واسط مرتبط می‌کند آب موجود در این نوار

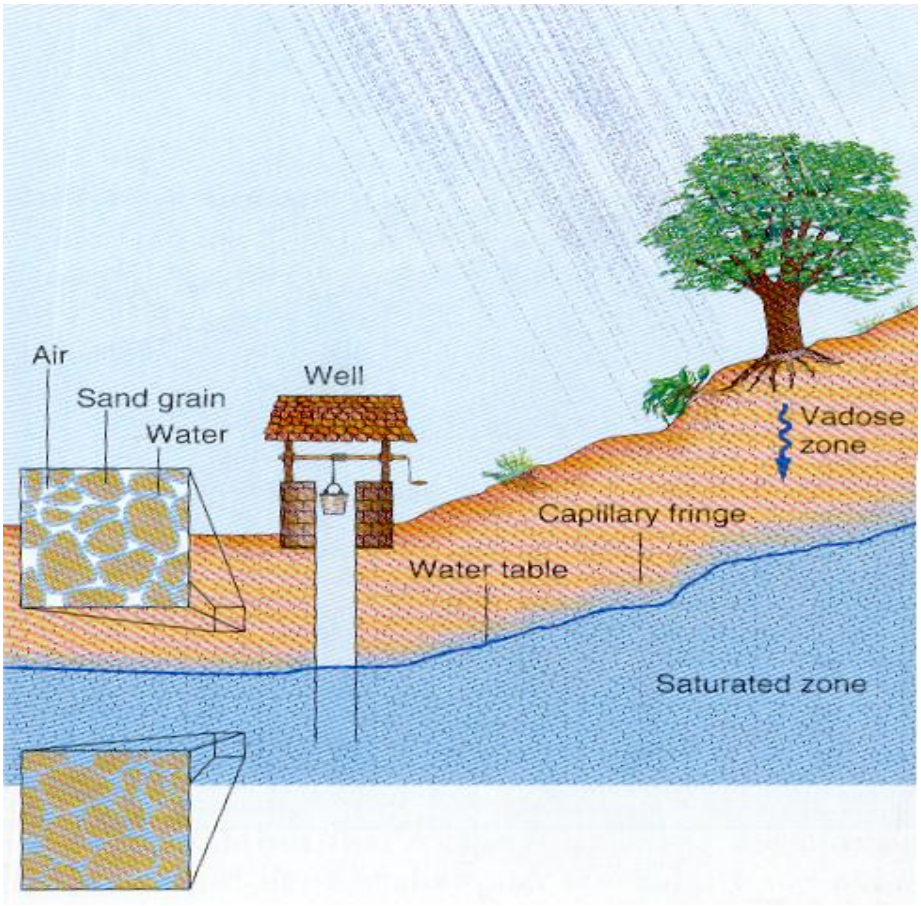
پروژه یاب
University Project

(آب جذبی) در اثر نیروی جذب موئینه‌ای روبه بالا از لایه اشباعی زیرین منشاء گرفته است.

از آنجائیکه مقدار نیروی حرکت موئینه‌ای در رسوبات ریز دانه سیلتی و رسی خیلی بیشتر از رسوبات درشت دانه می‌باشد لذا ضخامت این حاشیه در رسوبات ریز دانه به ۲ الی ۳ متر می‌رسد و حال آنکه در لایه‌های درشت دانه تا چند میلی متر کاهش می‌یابد.

بخش اشباع

این بخش در حقیقت همان سفره آبدار (Aquifer) می‌باشد که کلیه خلل و فرج و شکاف‌های آن از آب پر شده است و ضخامت آن بستگی به میزان تغذیه و یابرداشت آب و عمق قرارگیری لایه غیر قابل نفوذ زیرین دارد. در لایه‌های اشباعی سرعت حرکت آب بطرف نقطه تخلیه به شکل و اندازه خلل و فرج و شکافها و نحوه ارتباط آنها با یکدیگر و شیب لایه بستگی دارد. سرعت جریان در رسوبات دانه درشت یکنواخت بیشتر از رسوبات دانه ریز می‌باشد. سطح آب در لایه اشباع را سطح ایستایی Water Table (W.T) می‌نامند. شکل سطح ایستایی و شیب آن تابع شیب توپوگرافی بوده و کمی برجسته می‌باشد و نسبت به موقعیت نقطه تغذیه و تخلیه و تغییرات نفوذپذیری تغییر می نماید.



وضعیت آب در لایه‌های زمین

پروژه یاب
University Project

سفره آب زیر زمینی

سفره آب به لایه یا منطقه قابل نفوذی در زیر سطح زمین گفته می شود که آب در آن می تواند جریان یابد. سفره آب همچنین باید قابلیت آبدهی خوبی داشته باشد. بطور کلی شکل سطح ایستایی غالبا از شکل سطح زمین پیروی می کند ولی برآمدگی های آن هموارتر است. بنابراین ایستایی در نواحی پست در نزدیک سطح زمین و در تپه ها و کوه ها در عمق زیادتر قرار دارد. بطور معمول در مناطق پرباران و در دشت ها سطح ایستایی بالا و در مناطق خشک و کوهستانی پایین است. در مناطق مرطوب سطح ایستایی ممکن است تا نزدیک سطح زمین بالا بیاید. در گودی های چنین نقاطی ، ممکن است «باتلاق» بوجود آید. سفره های دارای بازدهی قابل توجه، اغلب در رسوبات ناپیوسته شنی و ماسه ای تشکیل می شوند. آبرفت ها ، یعنی رسوباتی که توسط رودها در دره ها و دشت ها برجای گذارده می شوند، معمولا سفره های آب زیر زمینی خوبی تشکیل می دهند. رسوبات رسی گرچه از تخلخل زیادی برخوردارند، ولی چون قابلیت نفوذ کمی دارند، با وجود حجم آب زیادی که ممکن است در خود ذخیره کرده باشند، سفره آب زیر زمینی تشکیل نمی دهند و به عنوان مواد غیر قابل نفوذ در نظر گرفته می شوند. در سنگ های متراکم نیز آب معمولا در نمونه هایی ایجاد می شود که از تخلخل ثانوی قابل توجه برخوردار باشند. در این میان بهترین سفره آب ها معمولا در سنگ های آهکی درز و شکاف دار ایجاد می شود .

تقسیم بندی سفره های آب زیر زمینی

۱- سفره های آزاد

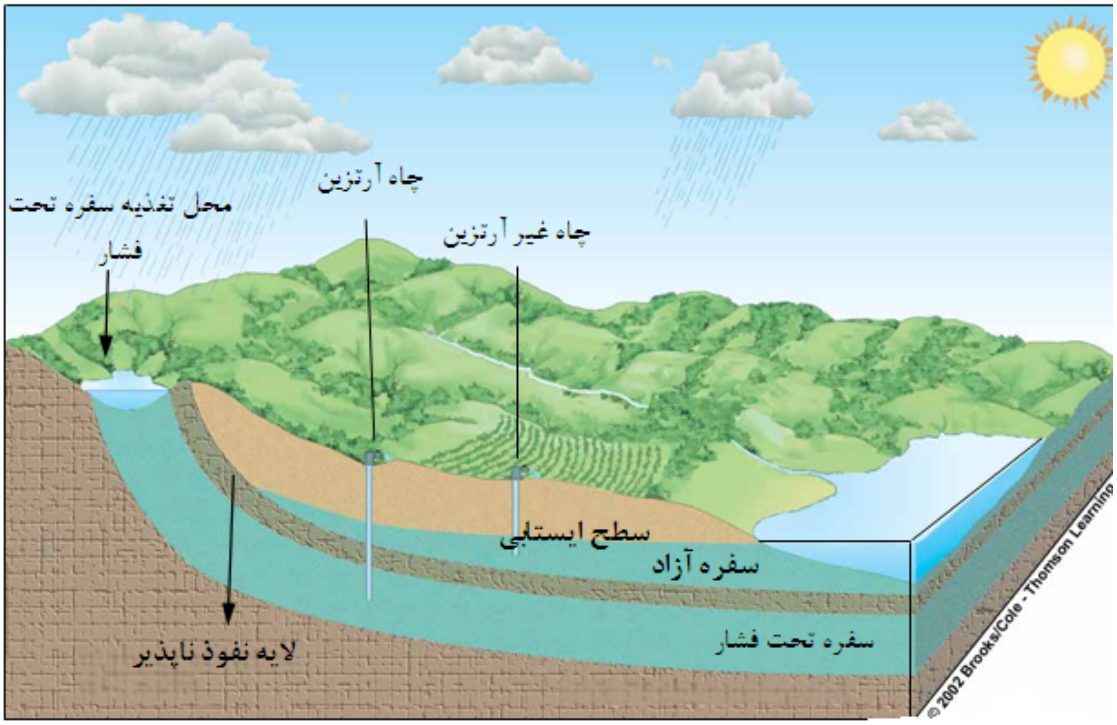
در سفره های آزاد سطح ایستایی ، همان سطح فوقانی منطقه اشباع است. مقدار فشار در سطح ایستایی سفره های آزاد برابر فشار اتمسفر است. سطح ایستایی بسته به مقدار تغذیه یا تخلیه آن ، آزادانه نوسان می کند، زیر ا لایه غیر قابل نفوذی در بالای آن قرار ندارد. حالت خاصی از سفره های آزاد «سفره های معلق» هستند. این سفره ها معمولا در داخل منطقه تهویه یا منطقه اشباع نشده خاک و در روی لایه های نفوذ ناپذیری که گسترش محدودی دارند، مثلا عدسی های رسی ، تشکیل میشوند. از این سفره ها مقدار کمی آب و آن هم بطور موقت می توان بدست آورد.

۲- سفره های تحت فشار

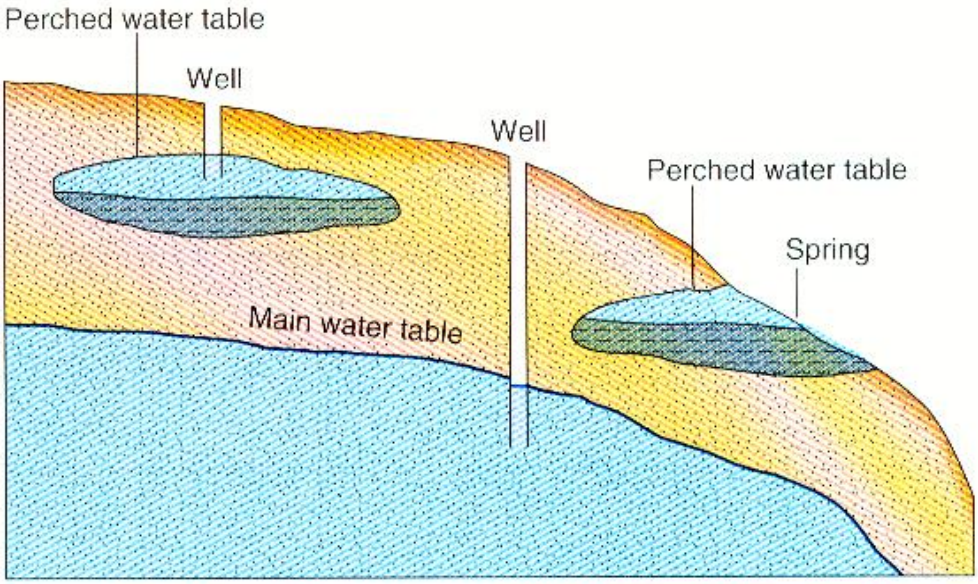
سفره های تحت فشار یا محصور یا آرتزین در محلی تشکیل میشود که آب زیر زمینی بوسیله لایه های نسبتا نفوذناپذیر از بالا محدود شود و در نتیجه تحت فشاری بیش از اتمسفر است. علت آنکه در سفره های تحت فشار آب از محل خود بالاتر می آید آن است که محل تغذیه سفره، یعنی منطقه هایی که از طریق آن آب سفره تامین می شود، در ارتفاعی بالاتر از سطح فوقانی منطقه اشباع در محل حفر چاه قرار دارد. در سفره های تحت فشار به جای سطح ایستایی سطح پیزومتریک را در نظر می گیرند و آن عبارت از سطحی فرضی است که در هر منطقه با ارتفاع فشار هیدروستاتیک آب در سفره تحت فشار مطابقت دارد .به زبان

پروژه یاب
University Project

ساده تر منظور سطحی است که اگر چاهی در هر نقطه از سفره تحت فشار حفر کنیم ارتفاع صعود یا فوران آب چاه را در آن نقطه نشان می دهد



سفره های تحت فشار و آزاد



سفره های معلق و سفره اصلی

پروژه یاب
University Project

چاه:

به سوراخ استوانه ای شکل که در زمین حفر شده است چاه گفته می شود. در این صورت روشن است که هرگونه سوراخ استوانه ای شکل حفر شده در زمین ، یعنی از چاه های جذبی فاضلاب گرفته تا چاه های اکتشافی که امروز تا ۱۶ کیلومتری زیر سطح زمین ادامه می یابد، چاه گفته می شود. قدیمی ترین چاه در دنیا چاه یوسف در نزدیکی قاهره است که در قرن نوزدهم قبل از میلاد مسیح تا عمق ۹۰ متری ، در سازند سخت حفر شده است.

چاه های آب را بسته به عمق، روش حفر و استفاده که از آن ها به عمل می آید به انواع زیر تقسیم می کنند:

چاه های دستی: این چاه ها قدیمی و ابتدایی ترین چاه های آب به شمار می روند که در گذشته ، بیشتر از امروز متداول بوده و مورد استفاده واقع می شدند. در روستاهای ایران چاه های دستی زیاد است و از آب آن برای مصارف شرب استفاده و یا دام استفاده می شود. چاه های دستی را اغلب در رسوبات آبرفتی و با وسایل ابتدایی (کلنگ و بیل) تا عمق برخورد به سطح آب زیرزمینی و تا چند متری زیر آن حفر می کنند . چون حفر چاه با دست در اعماق زیاد ، با مشکلات با مشکلات فراوان همراه است، لذا این چاه ها را اغلب در نقاطی حفر می کنند که عمق برخورد به سطح آب زیرزمینی زیاد نباشد (بین ۵ تا ۴۰متر). به منظور ایمنی و جلوگیری از ریزش دیواره ی چاه ، آن را توسط تخته سنگ ، آجر ،بتون و یا لوله ی جدار پوشش می دهند.

چاه های نیمه عمیق:

معمولا چاه هایی را که تا عمق ۳۰تا۳۲ کنده می شوند، چاه نیمه عمیق می نامند. عده ای دیگر چاه هایی که تا اولین سفره آب زیرزمینی حفر می شوند، را چاه نیمه عمیق می گویند. اما نظر غالب این است چاهی که تا اولین سفره ی آب زیرزمینی حفر می شود ، چاهی است نیمه عمیق به شرطی که عمق آن از ۱۰۰متر تجاوز نکند.

چاه های عمیق:

به چاه هایی گفته می شود که عمقشان زیاد است و با دستگاه حفاری حفر می شوند . بیشتر چاه های کشاورزی و چاه هایی که در سفره های عمیق، یعنی در سفره هایی که سطح آب آن ها در اعماق زیاد واقع است ، حفر می شوند از نوع عمیق می باشند. قطر چاه های عمیق متفاوت است . در عین حال قطر بیشتر چاه های عمیق بین ۱۲ تا ۱۸ اینچ می باشد. چاه های عمیق بر خلاف چاه های نیمه عمیق که تا اولین سفره ی آب حفاری می شوند و از آن ها آب می گیرند، از سفره های مختلف می گذرند و می توانند از

پروژه یاب
University Project

تمامی آن ها آب بگیرند. چاه های عمیق را هم در رسوبات نرم (آبرفتی) و هم در سازند سخت حفر می نمایند.

این چاه ها در نتیجه نوسان شدید سطح ایستایی که در چاه های سطحی مسئله آفرین است مصون بوده و بهره برداری از چاه با دبی یکنواختی صورت می گیرد. در چاههای عمیق احتمال آلودگی آب خیلی کمتر از چاه های نیمه عمیق است. مگر اینکه در آب بندی چاه دقت کافی نشده و آبهای سطحی به داخل چاه راه پیدا نمایند و یا آب سفره های سطحی از راه درز و شکاف سنگ بستر لایه های فوقانی به سفره های زیرین نفوذ نمایند.

نامناسبی چاه های عمیق : هزینه های خیلی زیاد اولیه بوده به علاوه مسیر طولانی که آبهای زیرزمینی طی می نمایند ممکن است مواد شیمیایی سنگ ها را در خود حل نمایند از این جهت اغلب آبهای زیرزمینی سخت، و خورنده (اثر شیمیایی بر لوله ها) بوده و گاهی به دلیل شوری زیاد قابل استفاده نمی باشند.

چاه آرتزین

با حفر چاه در سفره های تحت فشار آب در چاه بالا آمده و تراز سطح آب در داخل چاه و سفره یکسان نیست. بالا آمدن سطح آب در داخل چاه را آرتزین گویند. در ایران چاه آرتزین به چاهی اطلاق می شود که آب از دهانه چاه فوران نماید و آن موقعی اتفاق می افتد که تراز سطح فشار آب (سطح پیزومتریک) بالاتر از سطح زمین قرار گیرد. آرتزین نام اولین حفار این قبیل چاه ها بوده است.

روش های حفاری چاه عمیق

الف – روش ضربه ای

از قدیمی ترین روش های حفاری چاه عمیق محسوب شده و در تمامی اراضی قابل اجراست. اصول روش بر این روال است که کلنگ حفاری که در انتهای کابلی آویزان است مرتباً به وسیله جرثقیل تا ارتفاع مشخصی بالا آورده شده رها می گردد. کلنگ با کف چاه برخورد نموده وزن زیاد آن مواد کف چاه را خرد می نماید، تکرار این حرکت موجب خرد شدن لایه های کف و عمیق تر شدن چاه می گردد. انجام کار به وسیله جرثقیل شکل که در محل چاه مستقر شده و دارای دکل بلندی است که کابل دستگاه از قرقره انتهای آن عبور نموده و مته حفاری در انتهای آن آویزان است انجام می گیرد و در ضمن لوله های جدار و دیگر وسایل به وسیله کابل به داخل چاه منتقل و گل حفاری و ذرات خرد شده معلق در آن به وسیله گل کش از چاه خارج می شود.

در شروع کار مته دستگاه به دلیل کمی فاصله نمی تواند کار کند از این جهت چند متر اولیه چاه را به طریق دستی حفر می نمایند. بدین ترتیب فضای کافی برای بالا و پایین رفتن مته ایجاد می شود. بعد از مدتی با چرخش قرقره دستگاه کابل داخل چاه جمع آوری و مته حفاری از آن جدا و وسیله دیگری به نام گل کش به آن متصل و ذرات خرد شده را که به صورت گل روانی است از چاه خارج می نمایند. گل کش

پروژه یاب
University Project

استوانه ای است توخالی که در قسمت زیرین آن مجهز به دریچه یک طرفه است. برخورد انتهای گل کش با کف چاه دریچه یک طرفه باز شده و گل روان به استوانه وارد می شود. پس از پر شدن گل کش، کابل دستگاه استوانه را بالا می آورد. در این موقع دریچه یک طرفه در اثر وزن گل درون استوانه بسته شده و از ریزش آن به داخل چاه جلوگیری می نماید. در خارج از چاه در اثر برخورد دریچه یک طرفه با سطح زمین دریچه مجدداً باز شده و گل روان از استوانه خارج می گردد. بعد از تخلیه چاه از گل حفاری ممکن است احتیاج به تعویض سر مته باشد.

ب – روش دورانی

کاربرد این روش در چاه هایی است که در اراضی با خاک سنگین یا سنگ های سخت حفر می گردند. در این روش نیز احتیاج به جرثقیلی است با نیروی لازم و انتقال قطعات به داخل چاه را بر عهده دارد. حفاری به کمک مته ای که به سینی دواری متصل است انجام می شود.

در اراضی با بستر سخت و محکم از مته های دم ماهی یا مته نوک الماسی استفاده می شود. این مته ها در داخل چاه دوران نموده و مواد بستر چاه را در قطر و شکل مورد نظر خرد و نرم می نماید. آب و یا به طور دقیق تر مخلوط آب و گل به صورت دوغاب که گل حفاری نام دارد از داخل ساقه مجوف مته دوار به داخل چاه پمپ می شود. این گل همراه با موادی که به وسیله مته خرد شده از داخل لوله پوششی جدار تحت فشار پمپ از چاه خارج می گردد. گل های خارج شده به داخل چاله ای ریخته و در آن مواد خرد شده رسوب نموده و مواد مایع برای مصرف مجدد به داخل چاه پمپ می گردد. با پیشرفت حفاری چاه لوله های پوششی جدار نیز به داخل چاه فرستاده می شوند.

گل حفاری ممکن است ثبات کافی به جداره های چاه بدهد در این صورت ممکن است لوله گذاری بعد از تکمیل چاه انجام شود.

از روش های دورانی برای چاه های خیلی عمیق ۲۰۰ متر و بیشتر استفاده می نمایند. در حفاری چاه های نفت از این روش استفاده می شود.

روش های دیگری به نام روش کالفرنیا، روش دورانی معکوس نیز وجود دارد که از بحث آنها در اینجا خودداری و خواننده را کتب تخصصی هدایت می نماییم.

تشکیلات چاه عمیق

پس از حفاری برای آنکه چاه آماده بهره برداری شود لازم است یک سلسله فعالیت هایی در جهت تکمیل و توسعه آن انجام داده سپس نسبت به تجهیز آن برای بهره برداری اقدام نمود. مجموعه این فعالیت ها عبارتند از:

الف – تکمیل چاه　　ب – توسعه چاه　　ج – تجهیزات چاه

پروژه یاب
University Project

الف – تکمیل چاه

تکمیل چاه یعنی رفع کلیه موانع احتمالی و مقاومت های موجود در مسیر جریان آب و هدف از آن افزایش آبدهی چاه است. در عمل پس از حفر چاه یک سلسله اقداماتی انجام می گیرد که به مجموعه آنها عملیات تکمیل چاه می گویند که به شرح مختصر آن می پردازیم

تشکیلاتی که در آن چاه عمیق حفر شده ممکن است از مواد متخلخل ریز دانه جدا از هم باشند در این صورت تشکیلات اطراف چاه را ناهمجوش می نامند. برعکس تشکیلات اطراف چاه ممکن است از سنگ های نرم و یا احیاناً سختی تشکیل شده باشند که صرف نظر از شکاف ها و ترک های ریز آن یکپارچه به نظر برسند این تشکیلات را همجوش نام داده اند.

اولاً بخش آبده – تشکیلات همجوش به دلیل پایداری، دیواره های آبده چاه احتیاج به توری یا پوشش مشبک ندارند و آب به طور آزاد وارد چاه می گردد.

در تشکیلات ناهمجوش سرعت جریان آب موجب انتقال ذرات آبخوان به داخل چاه شده و به تخریب دیواره های چاه منجر خواهد شد. برای جلوگیری از آن از صافی یا لوله های مشبک استفاده می شود.

اندازه شکاف های صافی ها باید طوری باشد که ۵۰ تا ۸۰ درصد دانه های آبخوان موجود در اطراف از روزنه های صافی بگذرند و بدین ترتیب در اطراف توری قشری از ذرات درشت مواد متشکله آبخوان با ضریب آبگذری خیلی زیاد جمع شده و مقاومت در مسیر جریان را به مقدار زیاد کاهش خواهد داد. در ضمن مانع از ریزش دیواره های این بخش به داخل چاه خواهد شد.

ثانیاً – بخش خشکه چاه که در بالای بخش آبده واقع است نیز باید پوشش از لوله های فولادی بدون منفذ و یا از لوله های بتنی غیر مسلح (در چاه های نیمه عمیق) تشکیل شده اند. پوشش این بخش از چاه به منظور بستن سفره های سطحی و یا نیمه عمیق و جلوگیری از نفوذ آب آنها به داخل چاه (خطر آلودگی و غیره...) و نیز به منظور جلوگیری از نفوذ جریان های سطحی به داخل سفره های آبده چاه بوده به علاوه در تشکیلات ناهمجوش پوشش جدار چاه مانع از ریزش دیواره های چاه به داخل آن شده و ثبات و پایداری دیواره ها حفظ می نماید قطر داخلی این لوله ها بین ۸ تا ۱۲ اینچ تغییر می نماید.

صافی شنی

از جمله کارهای تکمیل چاه ایجاد یک صافی شنی در اطراف لوله های مشبک است. این صافی ظرفیت چاه را بالا برده و به عنوان محافظی مانع از ورود ذرات ریز شن به چاه در دوره بهره برداری می گردد. به علاوه وجود این صافی موجب دوام و طولانی تر شدن دوره بهره وری از چاه می شود در توسعه چاه از طرز تشکیل این صافی بحث خواهیم نمود.

ب – توسعه چاه

پروژه یاب
University Project

در چاه های جدید در اثر پمپاژ آب ماسه های نرمی که در مجاورت صافی قرار دارند به طرف صافی حرکت و از صافی عبور نموده به چاه وارد می شوند. گاهی مقدار این ذرات در حدی است که لازم است با گل کش از چاه خارج گردند. آبکشی خارج از ظرفیت چاه یعنی پمپاژ با سرعتی بزرگتر از سرعت پیش بینی شده در بهره برداری معمولی، موجب تسریع در انتقال این ذرات شده و در شروع بهره برداری از چاه گاهی این سرعت توصیه می شود و مشخصه آن افزایش آبدهی در واحد زمان است.

امروزه ثابت شده است که پل بندی ذرات ریز در روی روزنه های صافی همچنین بین ذرات درشت اطراف آن حتمی است و برای شکستن این پلها و کمک به حرکت ذرات ریز به طرف صافی و عبور از خلال روزنه های آن ایجاد جریان برعکس آب در داخل صافی ضروری خواهد بود. به طرق مختلفی می توان این جریان برعکس را در چاه ایجاد نمود. از جمله روش پمپاژ، سنبه زنی به وسیله حرکت عمودی جسم غوطه ور در چاه، تزریق هوای فشرده و بازشویی چاه، روش توام سنبه زنی و آبکشی متناوب، توسعه با دینامیت است که به شرح دو روش اول می پردازیم

روش پمپاژ

در توسعه چاه باروش پمپاژ از یک دستگاه پمپ آب و لوله های مکنده استفاده می نمایند. در این روش هدف خارج نمودن تدریجی ذرات ریز شن و ماسه موجود در سازنده آبدار اطراف توری و یا لوله های مشبک و خروج آنها با تغییر سرعت جریان آب از خلال سازنده آبدار است. بدین منظور از بده خیلی کم پمپ شروع نمی نمایند. در کمترین سرعت کوچکترین ذرات به داخل چاه مکیده شده ابتدا آب خروجی گل آلود بوده پس از مدتی صاف می گردد. صاف شدن آب دلیل بر تمام شدن ذرات با قطر کوچک است.

حال بر سرعت پمپ افزوده این بار با دبی کمی بیشتر از پمپاژ اول آب را به خارج چاه پمپ می نماییم. افزایش سرعت ذرات بزرگتری را به خارج حمل می نماید تا صاف شدن مجدد آب سرعت دوم پمپ را حفظ می نماییم. حرکت را برای بار سوم، چهارم و تا رسیدن به حداکثر ظرفیت پمپاژ ادامه می دهیم. تا ذرات شن اطراف توری کاملاً شسته و از ذرات درشت شن احاطه شده در ضمن پل هایی که بین ذرات درشت به وسیله ذرات ریز تشکیل شده بود شکسته شود.

روش سنبه زنی

اساس این روش بر ایجاد موج رفت و برگشت آب در سازند آبدار است. بدین منظور جسمی غوطه ور مثلاً گل کش و یا استوانه ای به قطر کمی کوچکتر از لوله پوششی چاه به نام سنبه با فشار به داخل چاه برده و آب موجود در لوله چاه را مجبور به بازگشت به داخل سازند آبدار می نمایند. در این مسیر آب تمامی پل های ایجاد شده به وسیله ماسه و یا دیگر ذرات ریزدانه را در هم ریخته و به داخل آبخوان می برد. پس از رسیدن سنبه به کف چاه به وسله کابل بالا کشیده می شوند. عبور سنبه از مقابل روزنه ها منجر به بازگشت آب به داخل لوله شده و ذرات ریز سازند آبدار را با خود به داخل چاه می آورد که بلافاصله به وسیله گل

پروژه یاب
University Project

کش از چاه خارج می گردند. با تکرار این عمل تمامی ذرات ریزدانه از سازند آبدار خارج و ذرات درشت دانه باقی مانده در سازند آبدار، صافی شنی اطراف لوله مشبک را تشکیل خواهند داد.

روش هوای فشرده

در این روش ابتدا با پمپ فشار هوای مخزن کمپرسور را به ۷ تا ۱۰ کیلوگرم بر سانتیمتر مربع می رسانند. حال سوپاپ هوا را سریعاً باز نموده و هوای مخزن را از طریق لوله هوا دهانه خروجی آن تا اواسط توری یا لوله مشبک در داخل چاه پایین رفته است وارد چاه می نمایند. ورود هوا به داخل چاه موجی ایجاد می نماید که بخشی از آب را به داخل آبخوان رانده قسمتی دیگر را از لوله اطراف لوله هوا بالا می برد و بدین ترتیب از فشار اولیه هوا کاسته شده و موج آب ایجاد شده مستهلک می گردد. در این موقع آب ورودی به آبخوان به چاه بازگشته و ذرات ریز دانه آبخوان را با خود به داخل چاه می آورد. حال با تزریق مداوم هوا به داخل چاه آب و ذرات ریز دانه معلق در چاه را از طریق لوله آب از چاه خارج می نمایند. تکرار این عمل موجب توسعه چاه خواهد گردید.

قنات (کهریز یا کاریز)

قنات که یکی از دست آوردهای مهم انسان و از یافته های بزرگ ایرانیان قدیم در بهره برداری از آبهای زیرزمینی است. مجرایی است زیرزمینی (کوره) که با شیب خیلی کم (۰/۳ تا ۰/۱ در هزار و حداکثر ۱/۵ در هزار). در زمین به طور افقی حفر تا به یک یا چند سفره زیرزمینی برخورد نمایند. آب سفره در جهت شیب کف کوره و تحت نیروی ثقل زمین جریان یافته و پس از طی تمام طول کوره از زمین خارج می شود. برای جریان هوا در این مجرا چاهکهایی به نام (میله) قنات در فواصل معین حفر و کوره قنات را به سطح زمین ارتباط می دهند و این چاهک ها به چند منظور حفر می شود:

اولاً – خاک حفاری را از این میله ها به خارج منتقل می نمایند.

ثانیاً – در ضمن حفاری و در دوران بهره برداری تهویه قنات به وسیله این چاهک ها انجام می گیرد.

ثالثاً – پس از چند سال لازم است قنات را لایروبی نمایند در این صورت گل لایروبی از میله ها خارج می گردد.

دیواره کوره قنات اغلب ریزش نموده و مانع از جریان آب در داخل کوره خواهد شد. برای جلوگیری از آن، دیواره را در اکثر موارد با کولهای سفالی و یا بتنی به شکل استوانه می پوشانند

اصطلاحات رایج در قنات

۱- کوره قنات (نقب) – مجرای افقی که در آن آب جریان دارد کوره می نامند.
۲- میله چاه – چاهک هایی که برای خروج خاک حفاری و تهویه قنات احداث می شود میله نام دارد.

پروژه یاب
University Project

۳- مظهر قنات – نقطه ای که آب از قنات خارج و در سطح زمین جریان می یابد.

۴- مادر چاه – آخرین چاه قنات که پر آب ترین آن هم باشد مادر چاه است.

۵- سنگ کف – لایه نفوذناپذیری که آب سفره در روی آن جمع می شود.

۶- سطح آب زیرزمینی – سطح سفره – سطح آب در سازند آبدار.

۷- لایه آبدار – لایه موجود بین سنگ کف و سطح آب زیرزمینی لایه آبدار می نامند. ضخامت این لایه ممکن است در اثر نفوذ بیشتر آب افزایش و یا برداشت آب بیشتر (از مقدار نفوذ یافته) کاهش یابد.

۸- خشکه کار = هرنج – آن قسمت از کوره قنات که خشک بوده و از دیواره آن آب تراوش می نامند.

۹- ترکار – (آبکان)، بخش آبده کوره قنات، ترکار یا آبکان نام دارد.

۱۰- پشته – فاصله بین دو میله را پشته گویند.

۱۱- ساقبند – سنگ چینی در دیواره و سقف کوره در ناحیه ای که شنی بوده و احتمال ریزش داشته باشد.

۱۲- سرشکاف – گاهی سقف قسمت پایانی کوره تا مظهر قنات برداشته و در این بخش قنات مانند کانال روبازی می گردد در این صورت این بخش قنات را سرشکاف می نامند.

۱۳- زیرسو بالاسو – گاهی کوره قنات در دو افق فوقانی و زیرین در دو سفره حفر گردیده و سپس به یکدیگر می پیوندند در این حالت کوره بالایی را بالاسو و کوره زیرین را زیرسو می نامند.

۱۴- شیب قنات – تانژانت سه زاویه $\propto$ و β و γ که به ترتیب بین افق هر محل و سطح زمین، کف کوره و سطح ایستایی وجود دارد شیب های مشخصه محسوب می شوند:

به طوری که همواره $\tan \propto > \tan \beta > \tan \gamma$ می باشند این مشخصات موجب می شوند که آب سفره ها به تدریج به سطح خاک نزدیک شده و در پایان فاصله ای در سطح خاک ظاهر شود.

۱۵- گلوبند – اگر میله ای از قنات در کف رودخانه یا مسیلی قرار گیرد برای جلوگیری از ورود سیل در داخل قنات از طریق این میله لازم است انتهای این میله ها بسته شود، بدین منظور چهارمتر بالای این میله ها تا آخر دور چینی کرده و سپس روی آن را می بندند.

۱۶- بغل بر – وقتی خطر ریزش سقف و یا دیواره های کوره وجود داشته باشد مسیر قنات را منحرف کرده و در رسوبات جدید حفر می نماید این عمل را بغل بر می نامند.

۱۷- پینه برداری یا کف زنی – وقتی آبدهی قنات کافی نیست و یا در طول پیشکار قنات تراز کف درست انتخاب نشده است در سراسر کف کوره ارتفاع معینی (مثلاً ۲۰ تا ۳۰ سانتیمتر) می تراشند و این عمل را کف زنی و یا پینه برداری می نامند. این عمل در چاههای عمیق برای افزایش بده چاه انجام می گیرد و به آن کف شکنی می گویند.

۱۸- شاخه قنات – اگر خشکه کار قنات در انتها به دو شعبه تقسیم شود و هر یک از شعبات به سوی سفره به سوی سفره جداگانه ای هدایت شود در این صورت می گویند قنات دو شاخه است.

۱۹- چاه گمانه ای – چاهی است که برای پیدا کردن و تشخیص سفره ها قبل از حفر قنات در اراضی حفر و بر مبنای اطلاعات حاصله مبادرت به حفر قنات نموده و یا از احداث آن صرفنظر می نمایند.

۲۰- پوکه قنات – بخش متروکه و غیر قابل استفاده کوره را (پوکه) می گویند.

پروژه یاب
University Project

۲۱- سینه کار - مقطع قائم کوره در حال حفاری را سینه کار و نیمه فوقانی آن را فرق کار و نیمه زیرین را کف کار می گویند.

۲۲- لیس آب یا نشت آب – محل اتصال خشکه کار به ترکار قنات آنجایی که آب شروع به نشت می نماید لیس آب یا نشت آب می نامند.

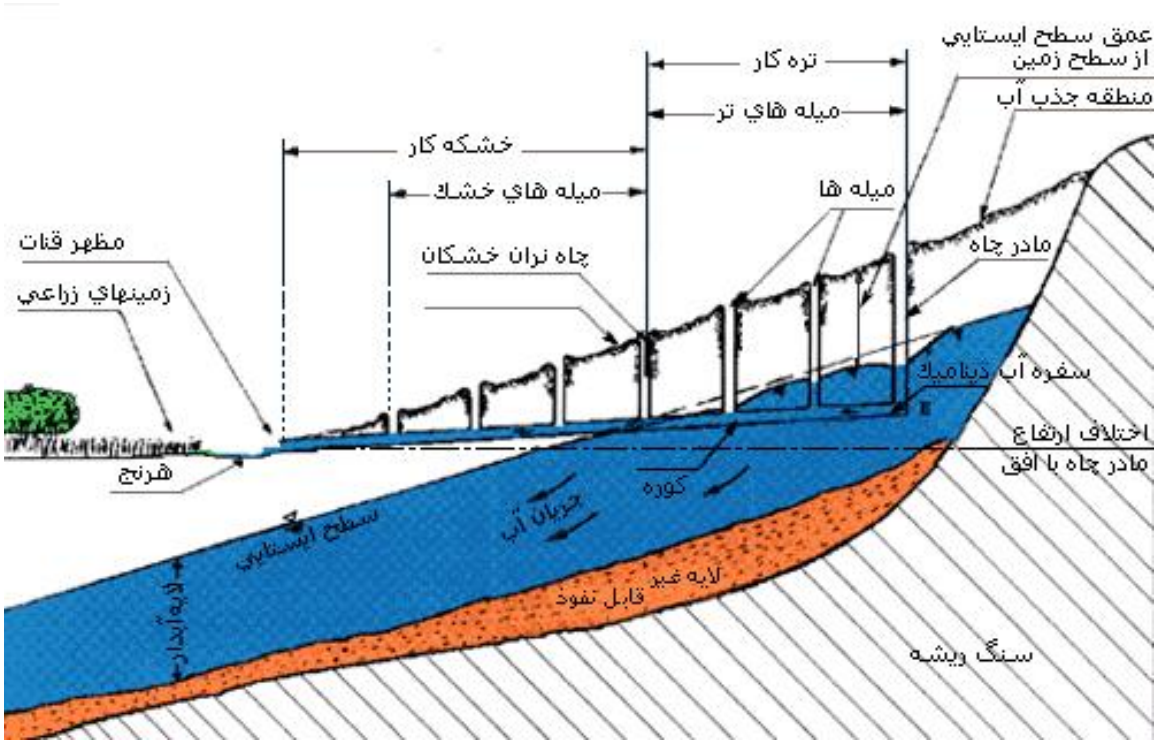
۲۳- (ملغ) – (سارت) یا (شعه) – رسوبات کربنات کلسیم در کناره و در محل داغ آب کوره را (ملغ) یا (سارت) یا (شعه) می نامند.

۲۴- ۲۶ ماسوره – سوراخ هایی هستند که در کوره قنات وجود دارند و بر دو نوعند:

- ماسوره آبی – که در دیواره های بخش ترکار قنات وجود داشته و از آنها آب به خارج نشت می نماید.

- ماسوره خشکی – سوراخ های خشکی هستند که در دیواره های خشکه کار و ترکار هر دو وجود دارند.

۲۵- شق – شکاف های داخل دیواره های قنات را شق می نامند و بر حسب اینکه از آنها آب و یا هوا خارج شود به نام (شق آب) و یا (شق باد) نامیده در غیر این صورت (شق خشکی) نامیده می شود.

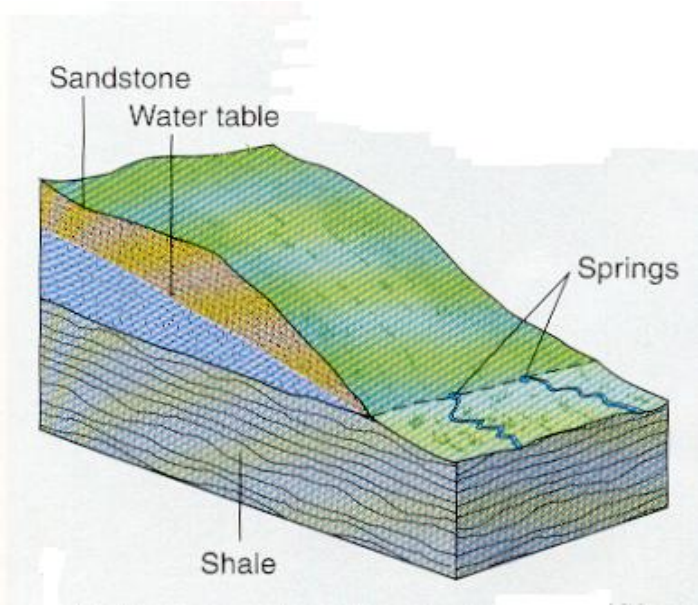


قنات و اجزا آن

چشمه

چشمه ها در واقع، آب های زیرزمینی هستند که از راه های طبیعی و از درون ترک ها و شکاف ها به سطح زمین راه پیدا می کنند و اکثر آن ها در دامنه کوه ها و یا در کف دریاها جریان دارند.

پروژه یاب
University Project



نحوه تشکیل چشمه

پروژه یاب
University Project

خاک و برخی خصوصیات آن

در یک تعریف بسیار کلی، به هر جسم توده ای شکل که ازمجموعه ذرات و دانه های مجزا از هم تشکیل شده باشد خاک گفته می شود. از نظر متخصصان کشاورزی خاک باید دارای ویژگی های دیگری نیز باشد که هدف از کاربرد آن را تأمین می کند. چون برای یک متخصص کشاورزی خاک باید بستری مناسب جهت رشد گیاه باشد، لذا انتظار می رود خاک خواسته های زیر را تأمین کند.

(I) – خاک باید قادر باشد رطوبت کافی را در خود ذخیره کرده و آن را به آسانی در اختیار ریشه های گیاه قرار دهد. لذا خاک باید دارای دانه بندی مشخص باشد. زیرا مثلا لاشه سنگ نمی تواند آب را ذخیره کند.

(II) – لازم است خاک، اکسیژن و هوای کافی داشته باشد تا تنفس ریشه ها در آن به آسانی صورت گیرد. برای این منظور باید خاک ساختمان مناسبی داشته باشد.

(III) – خاک باید به لحاظ مکانیکی از وضعیت مطلوبی برخوردار باشد تا ریشه ها در آن توسعه پیدا کرده و بتواند به عنوان یک لنگر، استحکام و پابرجایی گیاه را تأمین کند.

(IV) – خاک باید دمای مناسب را برای رشد ریشه ها تأمین کرده و هادی گرما باشد.

(V) – خاک باید نفوذپذیر بوده و آب به آسانی در آن نفوذ کند.

(VI) – خاک باید محتوی عناصر و مواد غذایی باشد تا ریشه های گیاه آن را جذب و برای رشد و نمو گیاه به مصرف برساند. اگر خاک فاقد عناصر غذایی باشد، باید این امکان وجود داشته باشد تا بتوان آنها را بصورت مصنوعی وارد خاک کرد. در این وضعیت خاک این مواد را ذخیره یا به اصطلاح تثبیت کرده و به تدریج در اختیار گیاه قرار دهد.

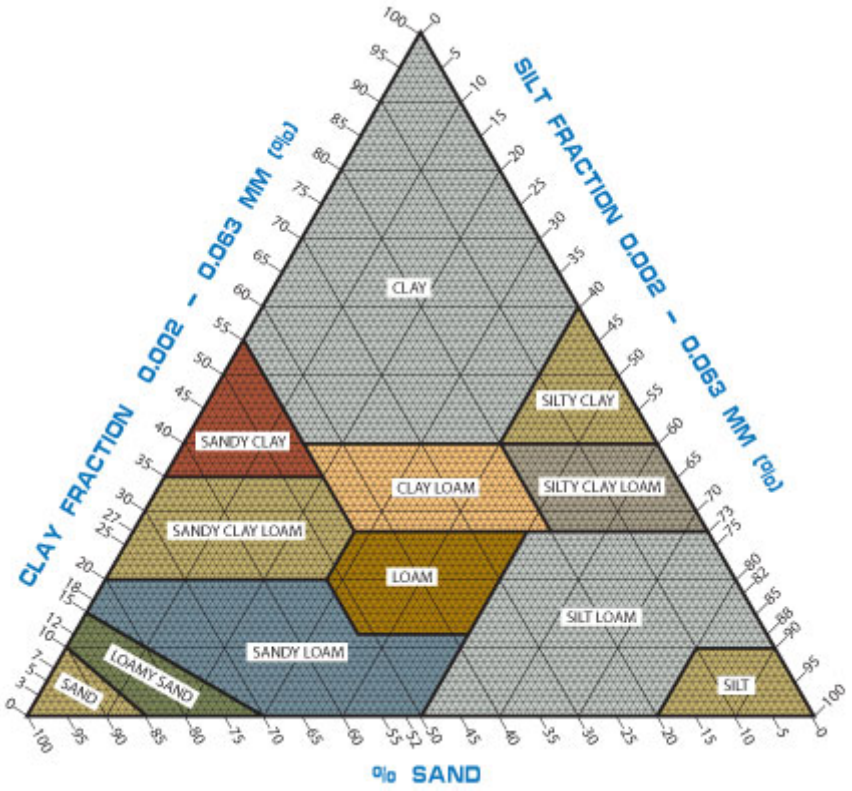
بطور کلی با توجه به آنچه گفته شد اگر یک خاک را از نظر حجمی، حدودا ۵۰ درصد مواد دانه ای معدنی (mineral matter) و آلی (organic matter) و ۵۰ درصد دیگر را منافذ خالی که بتواند با آب و هوا پر شود تشکیل دهد، آن خاک یک خاک معمولی زراعی به شمار می رود.

خاکها به لحاظ طبیعی از فرسایش و هوازدگی سنگها بوجود می آیند. مواد آلی و بقایای جانوری موجود در خاک باعث می شود تا برخی ذرات حاصله از هوازدگی سنگها که در ابتدا دانه های مجزا از هم (mechanical separates) بوده‌اند به یکدیگر چسبیده و ذرات ثانویه را بوجود آورند که به آنها خاکدانه (soil aggregates) گفته می شود. وجود و اندازه خاکدانه از نظر حاصلخیزی و قابلیت نفوذ آب و هوا به داخل خاک بسیار حائز اهمیت است. خاکهایی که فاقد خاکدانه باشند جزء خاکهای غیر حاصلخیز بشمار می روند. معمولا به خاک هایی که مقدار مواد آلی آن ها کمتر از ۲۰ درصد باشد خاک های معدنی و اگر بیشتر از ۲۰ درصد باشد خاک های آلی گفته می‌شود. عدم وجود مواد آلی در خاک ساختمان آن را تخریب کرده و خاک را در معرض فرسایش و زوال قرار می دهد.

پروژه یاب
University Project

بافت خاک

از نظر عمومی بافت خاک اشاره به ریزی و درشتی ذرات خاک دارد. اما به لحاظ تعریف علمی، ترکیب نسبی اجزاء تشکیل دهنده خاک را بافت خاک (soil texture) گویند. اگر مقادیر سه گروه اصلی اجزاء تشکیل دهنده خاک را شامل شن (درشت و ریز)، سیلت و رس می باشد با تجزیه مکانیکی اندازه گیری می نماییم، در این صورت با روش قراردادی و پیشنهادی وزارت کشاورزی امریکا (USDA) و از روی مثلث بافت خاک که در شکل ۴-۱ نشان داده شده است قادر خواهیم بود بافت خاک را تعیین کنیم. برای این کار ابتدا درصدهای رس، سیلت و شن را مشخص کرده و نقاط مربوط به هر کدام از آنها را روی اضلاع مربوطه در مثلث بدست می آوریم. سپس از هر نقطه خطی را به موازات یکی از اضلاع مثلث به طرف داخل مثلث رسم می کنیم. بطوری که از نقطه مربوطه به سیلت این خط به موازات ضلع رس، در مورد رس به موازات ضلع شن و در مورد شن به موازات ضلع سیلت باشد. این خطوط یکدیگر را در محلی که داخل یکی از محدوده های بافتی خاک قرار می گیرد قطع می کنند که نام بافت در داخل آن نوشته شده است. در داخل مثلث بافت خاک ۱۲ منطقه مشخص شده است و لذا در تقسیم بندی سازمان حفاظت خاک امریکا عملا ۱۲ نوع بافت خاک خواهیم داشت. مثلا چنانچه خاکی محتوی ۲۵ درصد رس، ۱۵ درصد سیلت و ۶۰ درصد شن باشد، محل تلاقی خطوط رسم شده در منطقه ای که با نام sandy clay loam مشخص شده و لذا به این خاک لوم شنی-رسی گفته می شود



مثلث بافت خاک

پروژه یاب
University Project

ساختمان خاک

طرز قرار گرفتن وآرایش ذرات اصلی وخاکدانه‌های خاک را نسبت به همدیگرساختمان خاک (Soilstructure) گویند. ساختمان خاک برحرکت آب در خاک و تبادل گازها درآن، که هردو از عوامل مهم رشدگیاه می باشند تاثیر فراوان دارد. به عنوان مثال ایجاد سله که معمولا در اثر تجمع سیلت یا پراکندگی ذرات رس به دلیل افزایش یون سدیم نسبت به سایر کاتیونها صورت میگیرد، مانع از جوانه زدن و یا سبز شدن بذرها می گردد.

خاکها معمولا یا دارای ساختمان ساده(simple structure) ویا مرکب (compound structure) هستند. در ساختمان ساده ممکن است ذرات خاک منفرد(single-grain structure) و یا چسبیده به هم (massive structure) باشند. در حالت منفرد، خاک فاقد صفحات شکستگی بوده و می توان گفت که عملا فاقد ساختمان است. در حالت چسبیده نیز خاک ساختمان مشخصی نداشته و فقط ذرات به یکدیگر چسبیده اند. لایه های سله ای که درسطح برخی خاکها مشاهده میشود از این نوعند. در ساختمان مرکب، خاک دارای صفحات شکستگی مشخص می باشد، یعنی اگر یک کلوخه را بشکنیم، در امتداد صفحات معینی خواهد شکست.

ساختمان خاک بیش ازهر عامل دیگری بستگی به مقدار ونوع رس موجود در خاک ونحوه فعالیت آن دارد. بنابرین جا دارد که در روابط آب وخاک وگیاه به رس توجه بیشتری شود. در محاورات روزمره خاک رسی به خاکی گفته میشود که در هنگام مرطوب بودن، حالت پلاستیک وچسبنده داشته باشد و یا به لحاظ دانه بندی بخش زیادی از ذرات آن، قطری کوچکتر از ۲میکرون داشته باشند.

چگالی ظاهری خاک

اثرات بافت و ساختمان در دانسیته یا چگالی آن ظاهر می شود. چنانچه خاک فشرده بوده و منافذ کمتری داشته باشد دانسیته آن افزایش می یابد. دانسیته برحسب تعریف، وزن خاک خشک برحجم آن می باشد. اگر خاک فاقد منافذ خالی بوده و تمام حجم آن را مواد جامد تشکیل دهد قاعدتا دانسیته آن باید برابر سنگهایی باشد که خاک از آنها متولد شده است. این مقدار بین ۲/۶ تا ۲/۷ متغیر است و به همین دلیل دانسیته واقعی خاک را رقمی معادل ۲/۶۵ در نظر می گیرند. اما خاکهای زراعی که دارای منافذ می باشند و دانسیته ای کمتر از ۲/۶۵ دارند که به آن دانسیته ظاهری گویند که رقمی حدود ۱/۴ گرم بر سانتی متر مکعب است.

برای اندازه گیری دانسیته ظاهری خاک (d_b) بصورت زیر عمل می شود:

۱) خاکی را انتخاب کنید که معرف مزرعه بوده و رطوبت آن در حد ظرفیت زراعی (field capacity) باشد.
۲) مته نمونه گیرخاک دست نخورده (soil cone sampler) را به آرامی در خاک بکوبید.
۳) نمونه گیر را از زمین خارج کرده و در حالی که نمونه خاک درون آن قرار دارد دو سر آن راصاف کنید بطوریکه حجم خاک برابر حجم داخلی سیلندر یا استوانه نمونه گیر باشد.

پروژه یاب
University Project

۴) سیلندر محتوی نمونه خاک خشک شده را وزن کنید.
۵) سیلندر را از خاک خالی کرده و وزن سیلندر خالی را اندازه گیری کنید.
۶) با اندازه گیری قطر داخلی و ارتفاع سیلندر نمونه گیر حجم آن را محاسبه کنید.
۷) با کسر کردن وزن خالی سیلندر نمونه گیر (بند ۵) از وزن سیلندر محتوی خاک خشک شده (بند۴) وزن خاک خشک را به دست آورید.
۸) از تقسیم وزن خالص خاک خشک شده بر حجم آن دانسیته ظاهری خاک بدست می آید.

مثال: قطر داخلی سیلندر یک مته نمونه گیری خاک دست نخورده ۱۴و ارتفاع آن۱۰سانتی متر می باشد. با این مته نمونه‌ای از خاک مرطوب را برداشت کرده ایم که پس از خشک کردن، وزنی معادل ۲۴۳۳ گرم داشته است. چنانچه وزن خالی سیلندر برابر۱۲۳گرم باشد دانسیته ظاهری خاک چقدر است؟

حجم خاک=حجم داخلی سیلندر نمونه گیر=$\pi r^2 h$

d=14cm→r=14/2=7cm

h=10cm

حجم خاک=۳/۱۴×(۷)^{۲}× (۱۰)=۱۵۳۸/۶cm

وزن خاک خشک =وزن سیلندر-وزن خاک همراه باسیلندر

وزن خاک خشک=2433-123=۲۳۱۰

دانسیته ظاهری خاک=$\frac{\text{وزن خاک خشک}}{\text{حجم خاک خشک}}=\frac{2310}{1538.6}=۱.۵\text{cm}$

چگالی حقیقی خاک:

دانسیته یاچگالی حقیقی خاک برحسب تعریف عبارت است از نسبت جرم واحد حجم خاک به جرم همان واحد از آب خالص که برای بدست آوردن آن بصورت زیر عمل می شود:

(۱)یک ظرف شیشه ای دهانه باریک خشک و تمیز موسوم به پیکنومتر (pycnometer) را انتخاب و آن را وزن کنید(w_p)

(۲)حدود۱۰ تا ۲۰ گرم خاک خشک را که از الک شماره ۱۰ گذرانده شده باشد در داخل پیکنومتر بریزید و مجموعه را دوباره وزن کنید (w_{ps}).

(۳) به داخل پیکنومترآب مقطر اضافه کنید و آن را تا نیمه پر کنید.

(۴)محتوی داخل پیکنومتر را به مدت۱۰دقیقه تکان دهید تا هوای داخل آن خارج شود.

پروژه یاب
University Project

(۵) به داخل پیکنومتر آب مقطر اضافه کنید تا پرشده و سطح آب به محل خط دایره‌ای شکل دهانه پیکنومتر برسد.

(۶)اطراف پیکنومتر راتمیز کرده وآن را با محتویات داخل وزن کنید(w_B).

(۷)همان پیکنومتر را خالی کرده، آن راتمیز کنید و مجددا پیکنومتر را با آب مقطر تا محل خط قبل دهانه پیکومتر پر کنید.

(۸)پیکنومتر پرشده از آب مقطررا وزن کنید(w_A).

(۹)دانسیته حقیقی خاک را از فرمول زیر محاسبه کنید.

$$\text{دانسیته حقیقی}=Gs=\frac{Wps-Wp}{Wps-Wp)+(WA-WB)}$$

مثال

در یک آزمایش تعین دانسیته حقیقی خاک داده های زیر بدست آمده است. چگالی واقعی خاک چقدر است؟

حل:

وزن پیکنومتر خالی(w_p)=۳۷.۴۰gr

وزن پیکنومتر خالی به اضافه نمونه خاک خشک(w_{ps})=۶۳.۴۹gr

وزن پیکنومتر در حالت پر به اضافه آب(w_B)=۱۵۳.۶۱gr

وزن پیکنومتر به اضافه آب در حالت پر(w_A)=۱۳۷.۳۷gr

Wp=37.40gr, Wps=63.49gr, W_B=153.61gr, W_A=137.37gr

$$Gs=\frac{Wps-WP}{(Wps-Wp)+(WA+WB)}=\frac{63.49-37.40}{(63.49-37.40)+(137.37-153.61)}$$

Gs=2.65

تخلخل خاک:

برحسب تعریف تخلخل (n)عبارت است از نسبت حجم منافذ و درز وشکافهای موجود در خاک به حجم کل خاک. تخلخل در نگهداری آب در خاک ویا اینکه چه مقدار از این آب می تواند مورد استفاده گیاه قرار گیرد حائز اهمیت است. این منافذ فضای لازم برای نگهداری آب و هوا را که تغذیه وتنفس ریشه های گیاه لازم می باشد فراهم می سازد. حجم منافذ خاک های زراعی بین ۳۰ تا ۷۰ درصد است. منافذ بیشتر از ۷۰ درصد و یا کمتر از ۳۰ درصد، خاک را با محدودیت های زراعی مواجه می سازد. خاکهای فشرده شده منافذ

پروژه یاب
University Project

کمتری نسبت به خاکهای معمولی دارند. اگر تخلخل خاک کم باشد در مقابل نفوذ آب مقاومت کرده واجازه رشد به ریشه ها را نمی دهد.

برای محاسبه تخلخل خاک، پس از آنکه دانسیته ظاهری (b_d) و حقیقی (s_g) خاک با آزمایش اندازه گیری شد، می توان از معادله های زیر استفاده کرد

$$n = \frac{(Sg-bd)}{Sg}\times 100$$

$$n=(1-\frac{bd}{Sg})\times 10$$

مثلا اگر دانسیته ظاهری خاک۵.۱ و دانسیته حقیقی آن ۵۶.۲ گرم بر سانتی متر مکعب ر سانتی متر مکعب باشد تخلخل این خاک ۴.۴۳ درصد خواهد بود زیرا:

$$n=(1-\frac{1.5}{2.65})\times 100=43.4\%$$

چنانچه دانسیته حقیقی یک خاک ثابت باشد، هر چه دانسیته ظاهری آن کمتر باشد، تخلخل آن خاک بیشتر خواهد بود.

تخلخل یک خاک را می توان به دو بخش تقسیم کرد: بخشی ازتخلخل را تخلخل مفید یا کاپیلاری گویند. چنانچه یک خاک اشباع را در نظر گرفته و آن را به حالت خود قرار دهیم، آب موجود در برخی منافذ تحت نیروی ثقل تخلیه می شود. منافذی که این آب را ازدست می دهند تخلخل کاپیلاری (n_c) می گویند که ما آن را بعنوان ظرفیت زراعی (FC) می شناسیم. ظرفیت زراعی برحسب درصد این منافذ نسبت به حجم کل خاک تعریف می شود. در این وضعیت وپس از رسیدن به حالت تعادل یعنی زمانی که آب اضافی از خاک خارج نمی شود، هنوز برخی منافذ دارای آب هستند. این منافذ که در مقابل نیروی ثقل مقاومت کرده و آب خود را از دست نمی دهند به منافذ یا تخلخل غیر کاپیلاری (غیر مویینه ای) و یا تخلخل غیر مفید (n_{nc}) معروف می باشد وبر حسب درصد نسبت به حجم کل خاک تعریف می شوند.لذا:

$$n=nc+n_{nc}$$

$$n_{nc}=n-nc$$

مثال

چگالی ظاهری و حقیقی یک خاک به ترتیب ۲/۶۵ و۱/۴ گرم بر سانتی متر مکعب می باشد. اگر ظرفیت زراعی خاک ۲۵ درصد حجمی باشد تخلخل مویینه ای (کاپیلاری) و غیر مویینه ای خاک چقدر است

$Sg=2.65gr/cm^3$

پروژه یاب
University Project

FC=25%

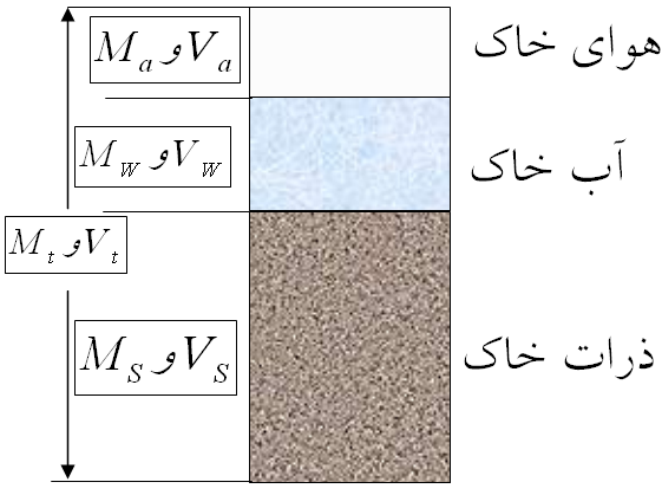
$n=\left(1-\frac{db}{Sg}\right)\times 100=47.17\%$

nc=25×1.40=35%

n_{nc} =47.17-35=12.17%

رطوبت خاک

خاک زراعی را می‌توان یک مجموعه یا سیستم سه جزیی دانست که در آن بخشی از خاک را ذرات جامد (solids) تشکیل می دهد و دو جزء دیگرآن، آب (water) و هوا (air) می‌باشند. خاکهای اشباع و خشک هر دو سیستم‌های دوجزیی بشمار می‌روند که در اولی به دلیل اشباع بودن، هوا وجود ندارد و دومی به دلیل خشک بودن، فاقد اب است. درهیچکدام ازاین خاک‌های دوجزیی امکان کشت وزرع فراهم نیست؛ زیرا ریشه های گیاه برای رشد خود به هر سه جزء خاک نیاز دارند.



سیستم سه جزیی خاک زراعی

اگر یک واحد حجم یا وزن خاک مرطوب را درنظر بگیریم، می‌توانیم مقادیر اجزای جامد، اب و هوا را در آن بطور فرضی مجزا شده از هم بررسی نماییم. اگر مقادیرVs، Vw، Va به ترتیب حجم های مربوط به جزءجامد، آب و هوا باشد. دراین صورت Vf که جمع مقادیرVw وVa می باشد حجم منافذخالی خاک است (Vf=Va+Vw) که بخشی از آن توسط آب و بخش دیگر توسط هوا پرشده است. Vt نیز نشان دهنده حجم کل خاک می‌باشد که عبارت است از

Vt=Vf+Vs=Va+Vw+Vs

به طور مشابه چنانچه مقادیر Ma, Mw, Ms, Mt به ترتیب جرم هوا (که مقدار ان صفر فرض شده است، جرم آب، جرم جزء جامد و جرم کل خاک باشد، اندازه های جرمی خاک را میتوان بر حسب وزن آنها

پروژه یاب
University Project

(حاصلضرب جرم درشتاب ثقل زمین) نیز توصیف کرد. بر این اساس میتوانیم پارامترهای فیزیکی را که در روابط آب و خاک به کار می‌بریم، به صورت کمی توصیف نماییم که برخی از آنها عبارت اند از:

چگالی ذرات خاک (دانسیته واقعی خاک) برحسب تعریف دانسیته واقعی خاک(particle density) که با علامت(ρ_s)نشان داده میشود عبارت است ازحاصل بخش جرم ذرات جامد خاک به حجم ذرات خاک.یعنی:

$\rho_s=Ms/Vs$

مقدار دانسیته واقعی درخاکهای زراعی بین ۲/۶تا۲/۷گرم برسانتیمتر مکعب است. گاهی اوقات دانسیته برحسب وزن مخصوص(Specific gravity)که نسبت دانسیته یک ماده به دانسیته اب است توصیف میشود. درسیستم متریک چون دانسیته اب یک است لذا وزن مخصوص و چگالی از نظر عددی (نه از نظر ابعادی) برابر میباشد. چگالی ظاهری خاک خشک(دانسیته ظاهری خشک)

چگالی (ρ_b)یا دانسیته ظاهری خاک خشک(dry bulk density)عبارت است ازحاصل بخش جرم ذرات جامد خاک به حجم کل خاک.

$\rho_b=Ms/Vt=Ms/(Vs+Va+Vw)$

مسلما دانسیته ظاهری خاک خشک کمتر از دانسیته واقعی ان خاک است.به طوری که اگر منافذ خاک نیمی از حجم خاک را تشکیل دهند، ρ_b نصف ρ_s خواهد بود.به طور کلی مقدار ρ_b در خاک های معمولی زراعی بین ۱/۳تا۱/۴ گرم برسانتی متر مکعب میباشد البته در یک خاک شنی ممکن است مقدار ρ_b تا۱/۶نیز برسد. همانطور که درخاکهای رسی تا ۱/۱گرم برسانتیمتر مکعب نیز میباشد.

حجم ویژه خاک خشک:

حجم یک واحد جرم خاک خشک را حجم ویژه ان خاگ گویند که باعلامت Vb نشان داده میشود وبر حسب سانتیمتر مکعب برگرم توصیف میشود.

$V_b=Vt/Ms=1/\rho_b$

این پارامتریکی از نمایه های مهم خاک در توصیف درجه فشردگی ویا نرم بودن ان است.

تخلخل:

مهمترین نمایه مقدار نسبی منافذ خاک تخلخل(f)میباشد به لحاظ کمی مقدار تخلخل عبارت است از:

$f=Vf/Vt=(Va+Vw)/(Vs+Va+Vw)$

تخلخل درخاکهای زراعی بین ۳۰ تا۶۰ درصد (۰/۳تا۰/۶) متغیر است. هرچه بافت خاک ریزتر باشد، مقدار تخلخل آن بیشتر خواهد بود. درخاکهای رسی تخلخل بیشتر از خاک های شنی تغییر میکند. زیرا بسته به

پروژه یاب
University Project

وضعیت ساختمانی، این خاکها متورم، منقبض، پراکنده و یا سله ای شده وحجم منافذ موجود در آن تغییر میکند.

نسبت پوکی:

نمایه دیگر توصیف منافذ خاک نسبت به پوکی (e) ان است. نسبت پوکی که به صورت زیر بدست می اید رابطه حجم منافذ وحجم جزءجامد خاک است نه حجم کل خاک.

e=(Va+Vw)/Vs=Vf/(Vt-Vf)

مزیت این نمایه برتخلخل ان است که اگر حجم منافذ تغییر کند، درنسبت پوکی فقط صورت کسر تغییر میکند. درصورتی که درتخلخل هم صورت وهم مخرج کسر تحت تاثیر قرار میگیرد.

مقدار نسبت پوکی درخاک های زراعی معمولا از ۰/۲تا۰/۳متغیراست.

رطوبت جرمی (وزنی θ_m) و حجمی خاک: برحسب تعریف مقدار جرمی رطوبت()خاک عبارت است از نسبت جرم اب موجود در خاک (M_w)به جرم جزءجامد خاک(M_s) و رطوبت حجمی (θ_V) نسبت حجم اب(Vw)به حجم کل خاک (Vt)میباشد.به عبارت دیگر:

$$P_W = \theta_m = \frac{M_W}{M_S} \times 100$$

$$P_V = \theta_V = \frac{V_W or M_w}{V_t} \times 100$$

به طوری که مشاهده میشود این فرمولها به جای اینکه مقادیر رطوبت را نشان دهد نسبت جرم یا حجم آب به جرم یا حجم خاک را نشان میدهد. به همین دلیل مقادیر فوق را به ترتیب نسبت های جرمی و حجمی رطوبت میگویند. اگر طرفین این معادله ها را بر هم تقسیم کنیم خواهیم داشت:

$$\frac{\theta_m}{\theta_v} = \frac{M_w \,.\, V_t}{M_s \,.\, V_w}$$

ازطرف دیگربادرنظر گرفتن چگالی ظاهری(جرم مخصوص ظاهری)خاک خشک(Pb)که مقدار آن برابر بودبا:

$$\rho_b = \frac{\text{جرم خاک}}{\text{حجم کل خاک}} = \frac{M_s}{V_t}$$

خواهیم داشت:

پروژه یاب
University Project

$$Ms = (\rho b)Vt$$

حال اگرمقدار Ms را درمعادله $\frac{\theta m}{\theta v} = \frac{Mw \,.\, Vt}{Ms \,.\, Vw}$ قرار دهیم خواهیم داشت:

$$\frac{\theta m}{\theta v} = \frac{Mw \,.\, Vt}{(\rho b)Vt.Vw} = \frac{Mw}{(\rho b)Vw}$$

وچون جرم آب (Mw) با حجم آن (Vw) از نظر عددی برابراست، لذا Mw=Vw بوده و در نتیجه خواهیم داشت:

$$\frac{\theta m}{\theta v} = \frac{1}{\rho b}$$

$$\theta v = \rho b \,.\, \theta m$$

بنابراین نسبت رطوبت حجمی خاک برابراست باحاصلضرب نسبت جرمی رطوبت درجرم مخصوص ظاهری خاک خشک

درمعادله های فوق مقادیر رطوبت بصورت نسبی محاسبه شده اند که می توان آنها رابرحسب درصد نیز توصیف کرد. دراین صورت خواهیم داشت:

$$\theta m = \frac{Mw}{Ms} \times 100$$

$$\theta v = \frac{Vw}{Vt} \times 100$$

خاکی به جرم ۳۸۵ گرم راخشک کرده و مشاهده شده است که پس از خشک شدن جرم آن به ۳۱۵ گرم تقلیل پیدا می‌کند چنانچه جرم مخصوص ظاهری این خاک ۱/۳۵ گرم بر سانتی مترمکعب باشد مقادیر جرمی وحجمی رطوبت آن رابدست آورید.

جرم آب $Mw = 385 - 315 = 70 \ gr$

نسبت جرمی رطوبت $\theta m = \frac{70}{315} = 0.22$

درصد جرمی رطوبت $= 0.22 \times 100 = 22$

نسبت حجمی رطوبت $= (\rho b) \,.\, \theta m$

نسبت حجمی رطوبت $= (1.35)(0.22) = 0.297$

درصد حجمی رطوبت $= 0.297 \times 100 = 29.7$

پروژه یاب
University Project

با در نظر گرفتن فرمولهای محاسبه رطوبت متوجه می شویم که وقتی صحبت از درصد رطوبت خاک می کنیم و مثلا گفته می شود که خاکی ۳۴ درصد رطوبت دارد به این معنی نیست که ازهر ۱۰۰ گرم خاک ۳۴ گرم آن آب است، بلکه معنی آن این است که در کنار هر۱۰۰ گرم خاک خشک ۳۴ گرم آب با آن مخلوط شده و از این مجموعه ۱۳۴ گرمی، ۳۴ گرم آن آب می باشد.

اگر مکعبی از یک خاک به سطح مقطع A و ارتفاع D متر را در نظر بگیریم و فرض کنیم که نسبت حجمی رطوبت درآن θ_V باشد، دراین صورت خواهیم داشت:

$$\theta_v = \frac{\text{حجم آب}}{\text{حجم کل خاک}} = \frac{\text{ارتفاع آب} \times \text{سطح مقطع آب}}{\text{ارتفاع خاک} \times \text{سطح مقطع خاک}}$$

با این فرض که اگربتوان آب موجود درخاک راروی هم انباشته کرد تا ارتفاع آن معادلdشود،در این صورت می توان نوشت:

$$\theta_v = \frac{(A)(d)}{(A)(D)} = d/D$$

بدیهی است چنانچهِ D برابر یک متر d=θ_Vخواهد شد. لذا نسبت حجمی رطوبت همان ارتفاع آب موجوددرخاک در هر متر عمق خاک می باشد. دربسیاری ازمسائل آبیاری وبخصوص کارهای عملی،رطوبت معمولا برحسب درصد حجمی ویا ارتفاع آب موجود درهرمترعمق خاک توصیف میشود.

مثال: نسبت جرمی رطوبت دریک خاک ۰/۲۵ و جرم مخصوص ظاهری خاک ۱/۴ گرم برسانتی متروکعب است. ارتفاع رطوبت درهر متر خاک چقدراست؟

$$\theta_v = (\theta_m)(\rho_b)$$

$$\theta_v = (0.25)(1.4) = 0.35$$

$$d = 0.35 \text{ m/m} = 350 \text{ mm/m}$$

لذا رطوبت خاک ۰/۳۵ متر (۳۵سانتی متریا۳۵۰میلی متر) در هر متر از عمق می باشد.

حال اگر بخواهیم با داشتن جرم مخصوص ظاهری (ρ_b) و درصد جرمی رطوبت خاک(θ_V) ارتفاع اب موجود در لایه ای به ضخامت D متر از خاک را بدست اوریم، می‌توان از فرمول کلی زیر استفاده کرد

$$d = (\rho_b)(\theta_m)(D) = (\theta_v)(D)$$

دراین فرمول (ρ_b) جرم مخصوص ظاهری خاک خشک (گرم بر سانتیمترمکعب)، D عمق خاک برحسب متر، (θ_V) نسبت جرمی رطوبت و d ارتفاع اب موجود در خاک (متر) است.

پروژه یاب
University Project

درعمل که فقط ضخامت لایه توسعه ریشه ها(z)برحسب سانتیمتر ومقدار اب موجود دران برحسب میلیمتر مورد نظر میباشد،باید در فرمول فوق به جای D،ضخامت لایه ی توسعه ریشه ها را قرار داده وان را بر حسب میلیمتر تبدیل کرد.دراین صورت ارتفاع اب موجود در خاک از فرمول زیر محاسبه میشود:

$$d = 10Z(\rho_b)(\theta_m)$$

که در واقع تفاوتی با معادله ی قبلی نداشته ودر آن z ضخامت لایه توسعه ریشه ها حسب سانتیمتر، (ρ_b) جرم مخصوص ظاهری حسب گرم بر سانتیمتر مکعب و (θ_V) نسبت جرمی رطوبت و d ارتفاع اب موجود در این لایه بر حسب میلیمتر میباشد.

مثال

ضخامت لایه خاکی ۰/۵متر است. پس از آبیاری مقدار رطوبت جرمی خاک ۲۸درصد بوده است. جرم مخصوص ظاهری آن ۱/۳۵ گرم بر سانتیمتر مکعب میباشد. در این لایه چند میلیمتر آب ذخیره شده است.

حل:

درصد جرمی رطوبت ونسبت جرمی به ترتیب ۲۸ و ۰/۲۸ می باشد.

$$d = (\rho_b)(D)(\theta_m)$$

$$d = (1.35)(0.5)(0.28) = 0.189\ m = 189\ mm$$

درجه اشباع

این نمایه بیانگر حجم آب موجود درخاک نسبت به حجم منافذآن است.درجه اشباع (saturation) که باعلامت s نشان داده می شود عبارت است از

$$S=V_w/V_f=V_w/(V_a+V_w)$$

درجه اشباع از صفر درصد در خاک خشک تا۱۰۰٪ درخاک اشباع متغیر است. مثلا اگرگفته شود که خاکی دروضعیت اشباع می تواند ۴۰٪حجمی رطوبت داشته باشد و درحال حاضر درجه اشباع آن۶۰٪ است به این مفهوم می باشد که رطوبت کنونی آن۲۴٪حجمی است.

خاکی که جرم مخصوص ظاهری آن۱/۴گرم برسانتی متر مکعب میباشد اشباع شده است.چنانچه نسبت جرمی رطوبت دراین حالت ۰/۳۵باشد،درلایه توسعه ریشه هابه عمق۷۵سانتی متر چند میلیمتر آب وجود دارد؟

حل:

پروژه یاب
University Project

$$d = 10Z(\rho_b)(\theta_m)$$

$$d = 10(75)(1.4)(0.35)$$

$$d = 367.5 \text{ mm}$$

اندازه گیری رطوبت خاک:

رطوبت خاک به دو صورت مستقیم و غیر مستقیم اندازه گیری می شود. برخی از روشها در مزرعه انجام می شود. اما در بعضی دیگر، باید ازخاک نمونه برداری کرده و مقدار رطوبت را در آزمایشگاه اندازه گیری نمود. در روشهای مستقیم مقادیر جرمی یا حجمی رطوبت به طور مشخص اندازه گیری می شوند. اما در روشهای غیرمستقیم باید ابتدا باید یک عامل دیگر که درصد رطوبت برآن موثر است اندازه گیری شده و سپس از روی آن مقداری رطوبت خاک تخمین زده شود.

الف-اندازه گیری رطوبت به روش وزنی (روش مستقیم):

در روش وزنی(thermo-gravimetric method) از عمق مورد نظر خاک، نمونه ای با مته برداشت نموده و پس از توزین، آن را به مدت ۲۴ساعت در گرمخانه ای که دمای آن ۱۰۵درجه سانتی گراد باشد قرار می-دهیم تا خشک شود. دلیل این که حرارت نباید از ۱۰۵درجه تجاوز کند این است که در دماهای بالاتر، مواد آلی خاک ممکن است سوخته و از بین برود. پس از خشک شدن و توزین مجدد، میتوان مقدار رطوبت را از روی فرمولهای زیر بدست اورد بطوری که اگرW_1جرم نمونه مرطوب و W_2 جرم همان نمونه پس از خشک شدن باشد، نسبت جرمی و درصد جرمی رطوبت عبارت خواهد بود از:

$$\text{نسبت جرمی رطوبت} = \theta_m = \frac{W_1 - W_2}{W_2}$$

$$\text{درصد جرمی رطوبت} = \%\theta_m = \frac{W_1 - W_2}{W_2} \times 100$$

مثال: جرم یک نمونه خاک مرطوب ۲۰۰گرم و جرم خشک شده ان پس از قرار گرفتن در گرم خانه ۱۸۰گرم بوده است حساب کنید نسبت جرمی رطوبت و درصد جرمی ان را.

W1=200gr

W2=180gr

$$\theta_m = \frac{200 - 180}{180} = 0.11 \quad \text{(نسبت جرمی)}$$

$$\%\theta_m = 0.11 \times 100 = 11 \quad \text{(درصد جرمی)}$$

چنانچه نمونه خاک را با مته مغزه گیر(core sampler) برداشت کرده باشیم، قسمتی از خاک که داخل مته قرار میگیرد نمونه ای است دست نخورده (undisturbed) با حجم مشخص. حال اگر حجم نمونه (V) را که

پروژه یاب
University Project

برابر حجم استوانه مته میباشد اندازه گیری کنیم در این صورت نسبت حجمی یا درصد حجمی رطوبت نیز قابل محاسبه است.

$$\text{نسبت حجمی رطوبت} = \theta_v = \frac{W_1 - W_2}{V}$$

$$\text{درصد حجمی رطوبت} = \%\theta_v = \frac{W_1 - W_2}{V} \times 100$$

نمونه ای از خاک مرطوب با مته مغز گیر که شعاع(r) استوانه آن ۳سانتی متر و ارتفاع (h) آن ۱۰سانتی متر می‌باشد تهیه شده است. جرم مرطوب(W_1)وخشک شده نمونه(W_2)به ترتیب ۵۳۷/۶ و ۴۹۶/۸ گرم بوده است.حساب کنید نسبت حجمی و درصد حجمی رطوبت را.

$$\text{حجم نمونه} = v = \pi r^2 h$$
$$= 3.14(3)^2(10)$$
$$= 282.6\ cm^3$$

$$W_1 = 537.6\ \ gr$$

$$W_2 = 496.8\ \ gr$$

$$\text{نسبت حجمی رطوبت} = \theta_v = \frac{W_1 - W_2}{V} = \frac{537.6 - 496.8}{282.6} = 0.144$$

$$\text{درصد حجمی رطوبت} = \%\theta_v = 0.144 \times 100 = 14.4$$

چون اندازه گیری حجم نمونه های خاک مشکل و غالبا با اشتباه صورت میگیرد در عمل ترجیح داده میشود که رطوبت جرمی خاک اندازه گیری وسپس با استفاده از چگالی ظاهری و فرمولهایی که قبلا گفته شده رطوبت جرمی به رطوبت حجمی تبدیل گردد.

مگر انکه از دستگاههایی مانند نوترون متر استفاده شود که مستقیما رطوبت حجمی را اندازه گیری میکنند.

اندازه گیری رطوبت با دستگاه نوترون متر

مزیت این روش نسبت به روش جرمی ان است که اولا اندازه گیری به سرعت انجام شده و نیازی به صرف وقت ۲۴ساعته برای خشک کردن نمونها نیست. ثانیا اندازه گیری مستقیما در صحرا و در شرایط طبیعی صورت میگیرد. علاوه بر ان میتوان یک ازمایش را چندین بار تکرا نمود تا از نتایج حاصله اطمینان حاصل شود در عین حال این روش معایبی نیز دارد که از ان جمله گران بودن دستگاه نوترون متر، خطرات ناشی از تابش نوترون و عدم امکان اندازه گیری رطوبت در لایه سطحی خاک است.

دستگاه رطوبت سنجی نوترون متر(neutron probe) از ۲قسمت اصلی تشکیل شده است که عبارتند از: (الف)میله (probe) که قطر ان حدود ۵ سانتی متر و ارتفاع ان ۳۰ تا ۴۰ سانتی متر است و به طور عمودی داخل لوله‌ای که قبلا در خاک کار گذاشته شده است قرار میگیرد. چشمه نوترون های سریع و گیرنده

پروژه یاب
University Project

نوتورنهای کند در داخل این میله قرار دارند و (ب)دستگاه شمارش گر(scaler) برای ثبت شار نوترونهای کند شده.

نوترونهای سریع که از چشمه خارج میشوند وارد خاک شده و همانند توپهای بیلیارد به صورت الاستیک با هسته اتمهای مختلف موجود در خاک برخورد میکنند.در اثر برخوردهای متعدد نوترونها از مسیر اولیه خود منحرف شده و در فضای اطراف پراکنده میشوند که البته به تدریج مقداری از انرژی جنبشی خود را نیز از دست میدهند.

کاهش سرعت نوتورنها ادامه پیدا میکند تا سرنجام مقدار آن به حدی که از خصوصیات هر ذره است برسد مثلا برای نوترون؛سرعت حد کند شده در حدود۲/۷کیلومتر در ثانیه بوده و مقدار انرژی ان در این سرعت ۰/۰۳الکترون ولت(eV) میباشد. نوترونهایی را که به این سرعت رسیده باشند به اصطلاح نوترون کند شده(thermalized)میگویند. نوترونهای کند شده با اجزای خاک برخورد کرده و به تدریج جذب هسته های موجود در انها میشوند. هسته های هیدروژن موجود در خاک بیشترین تاثیر را در کند کردن سرعت نوترونها دارند. اگر خاک محتوی مقدار زیادی هیدروژن باشد، نوترونهای سریع در همان محدوده‌ای که ازچشمه خارج می شوند به سرعت حد وکند شده خود رسیده و به صورت نامنظم دراطراف میله دستگاه پراکنده میشوند. در این وضعیت نوترونهای کند شده سریعاً یک ابر نوترونی (cloud of neutrons) را با تراکم ثابت درفضای اطراف میله بوجودمی آورند. تراکم نوترونهای کند شده در اطراف میله تا اندازه‌گیری بستگی به غلظت هیدروژن موجود درخاک و در نتیجه بستگی به حجم آب موجود درخاک دارد. زیرا در خاکهایی که مواد آلی کمی دارند، مهمترین منبع وجود هیدروژن آب می باشد.

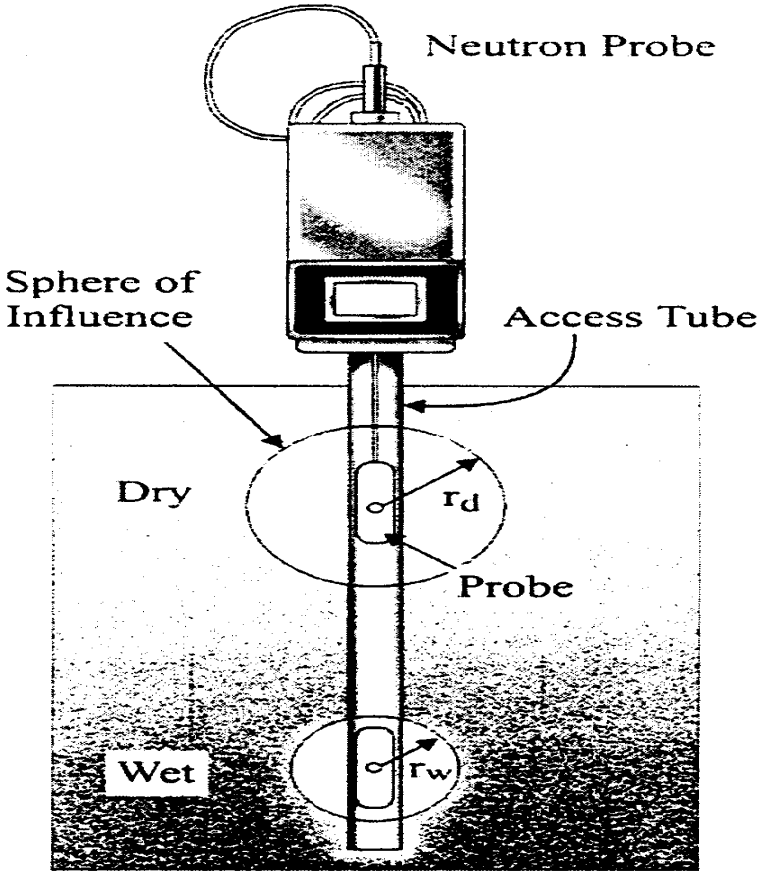
نوترونهای کند شده چون بصورت یکنواخت در اطراف میله پراکنده اند؛ بخشی از آنها نیز وارد میله شده و در آنجا توسط یک سلول گیرنده (detector cell)ثبت میشوند .

سلول گیرنده محفظه ایست که از گاز تری فلورید بر($BF3^{10}$)پر شده است. هنگامی که نوترون کند شده به هسته B^{10} برخورد میکند جذب ان شده و ذره الفا گسیل میشود. ذرات الفا به نوبه خود ایجاد پالس یا تپ های الکتریکی را مینمایند که میتوان تعداد این تپ ها را توسط گیرندهای مخصوص ثبت نمود. تعداد تپهای ثبت شده در یک دوره زمانی(مثلا یک دقیقه)با درصد حجمی رطوبت خاک رابطه مستقیم و خطی دارد.

در این روش حجم خاکی که مقدار رطوبت ان انازه گیری میشود بسنگی به انرژی نوترونها و غلظت هسته ای هیدروژن دارد. مثلا اگر رطوبت خاک کم باشد؛ تراکم نوترونهای کند شده در اطراف میله کم خواهد بود و لذا فضای بیشتری را در اطراف میله در بر میگیرند. برعکس در خاک مرطوب تراکم این نوترونها زیاد و فضای مربوطه که به ان منطقه موثر (sphere of influence) گفته میشود کوچک خواهد بود. بنابراین دقت این دستگاه برای اندازه گیری رطوبت در خاکهای مرطوب بیشتر از خاکهای خشک است. در هر صورت شعاع این کره از ۱۰سانتی متر در خاکهای مرطوب تا ۲۵سانتی متر در خاکهای خشک متغیر است.گرچه امکان اندازه گیری رطوبت خاک در لایه سطحی نیز بستگی به درجه رطوبت دارد؛ ولی توصیه می شود از

پروژه یاب
University Project

این روش فقط برای وضعیت هایی استفاده میشود که بخواهیم رطوبت را در عمق۲۰سانتی متر یا بیشتر اندازه گیری کنیم. تعیین رطوبت با دستگاه نوترون متر در نقاط نزدیک به سطح ایستابی نیز با خطا مواجه است؛ بنابراین توصیه میشود اندازه گیری رطوبت نقاطی که فاصله انها با سطح اب زیرزمینی کمتر از ۲۵سانتی متر است با این دستگاه صورت نگیرد. در اندازه گیری رطوبت توسط دستگاه نوترون متر لازم است ابتدا دستگاه واسنجی شود. البته دستگاهها در کارخانه سازنده واسنجی می شوند.



دستگاه نوترون متر

دستگاه تابش گاما

یکی دیگر از روش های تابشی برای تعیین رطوبت خاک استفاده از دستگاههائی است که تابش گاما را به داخل خاک گسیل می کند. اگر نمونه ای از خاک را انتخاب و از یک طرف تابش گاما وارد آن کنیم، خاک باعث می‌شود که از شدت تابش کاسته شود. اگر در طرف دیگر نمونه شدت تابش را اندازه گیری کنیم، ملاحظه خواهد شد که از مقدار آن کاسته شده است. کاهش شدت تابش بستگی به دانسیته و رطوبت خاک و فاصله ای دارد که تابش در خاک طی می کند (ضخامت نمونه خاک که تابش از آن عبور کرده است) و اگر دانسیته خاک ثابت باقی بماند می توان گفت که تغییرات شدت تابش بستگی به رطوبت خاک دارد. از

پروژه یاب
University Project

مزایای روش رطوبت سنجی با تابش گاما این است که بر خلاف روش نوترونی که در آن متوسط رطوبت خاک در حجم کره ای به شعاع تقریبی ۲۰سانتی متر اندازه گیری می شد، با این روش می توان رطوبت را در هر مقطعی از خاک تعیین کرد. البته این روش بیشتر در کارهای تحقیقاتی استفاده شده وکاربرد آن در کارهای صحرایی کم است.

اندازه گیری رطوبت باروش انعکاس سنجی حوزه زمان

یکی از روش های نسبتا جدید در اندازه گیری رطوبت ،روش انعکاس سنجی (شکست سنجی)حوزه زمان (Time –Domain Reflectometry)است که اصطلاحا روشTDRنام گرفته است.

اساس کار TDR همان اصول رادار می باشد. به این صورت که یک پالس انرژی الکترومغناطیسی توسط دستگاه TDRوارد کابل می شود،این پالس هنگامی که به انتهای کابل یا قسمت صدمه دیده آن رسید به دلیل تغییر در مقاومت مسیر،تمام یا قسمتی از آن دوباره به داخل دستگاه منعکس می گردد. با اندازه گیری زمان رفت و برگشت پالس می توان محاسبه کرد که قسمت قطع شده یا صدمه دیده در کجا قرار دارد. متخصصان خاکشناسی از این ایده استفاده کرده و وسیله ای را برای اندازه گیری رطوبت خاک طراحی کردند که امروزه به نام TDR معروف است

در این روش میله فلزی موازی که معمولا از جنس مس یا فولاد انتخاب می شوند به یک دستگاه گیرنده علائم متصل می باشند.این دو میله سپس به داخل خاک فرو برده می شوند.میله ها که قطرشان حدود ۵میلی متر است بعنوان هادی عمل کرده و خاکی که بین میله واطراف آنها واقع شده است نقش محیط دی الکتریک را ایفا می نماید. حال اگر دستگاهTDR پالس های ولتاژ الکتریکی (voltage pulses)ویا علائمی(signals)را ایجاد و آن را در طول میله های موازی منتشر نمایید، سرعت این علائم که با فرکانس زیاد خارج شده اند توسط موادی مانند خاک مرطوب که ثابت دی الکتریک آنها زیاد است کاهش پیدا می کند. سیگنال هائی که سرعت آنها کم شده است به انتهای میله منعکس شده و وارد دستگاه می شود. این دستگاه زمان بین فرستادن و دریافت علائم منعکس شده را اندازه گیری می کند.

به ازاء طول ثابت میله، فاصله زمانی بین رفت و برگشت علایم، با سرعت انتشار علایم (v) در خاک نسبت عکس دارد.

از طرف دیگر سرعت انتشار علایم نیز بستگی (نسبت عکس) به مقدار ثابت دی الکتریک خاک که تابعی از رطوبت می باشد دارد.بدین ترتیب که هرچه رطوبت خاک افزایش یابد، ثابت دی الکتریک افزایش یافته و لذا سرعت انتشار علایم کاهش می یابد.با کاهش سرعت انتشار، فاصله زمانی بین رفت و برگشت علایم افزایش پیدا می کند.

مزیت دستگاهTDRدر این است که منحنی یا رابطه واسنجی آن برای تمام خاک ها یکسان بوده و می توان در تمام موارد از یک رابطه واحد(معادله۵-۳۶) استفاده کرد.درجه دقت دستگاه TDRتا۲درصد و تغییرات مقدار اندازه گیری شده در یک خاک در تکرارهای مختلف یک درصد است. بنابراین از این دستگاه بخوبی

پروژه یاب
University Project

می توان در اندازه گیری رطوبت خاک برای اهداف آبیاری و مطالعات آب و خاک استفاده کرد. در دستگاه TDRفاصله میله هایی که در خاک فرو برده می شود حدود۵سانتی متر می باشد

دستگاه TDR

اندازه گیری رطوبت با قالب(بلوک) گچی:

یکی دیگر از روش های ساده برای انداه گیری رطوبت خاک استفاده از بلوک های گچی(gypsum block) است که به نام بلوک های مقاومت (resistance block) نیز معروف اند.

بلوک های آماده شده داخل خاک گلدان قرار داده و پس از آبیاری مقاومت را در زمان های مختلف اندازه گیری کرده و همزمان با برداشت نمونه رطوبت خاک را بدست آورید.با رسم منحنی تغییرات مقاومت بلوک و درصد رطوبت خاک،بلوک ها واسنجی می شوند.حال اگر این بلوک ها را در خاک نصب کنیم کافی است فقط مقاومت را اندازه گیری کرده و از روی این منحنی ها می توان درصد رطوبت خاک را بدست آورد.

مهمترین مزیت بلوک های گچی علاوه بر سرعت اندازه گیری،درجه دقت آن ها در رطوبت های کم است.علاوه بر این، بلوک ها ارزان بوده ومی توان تعداد زیادی از آنها را با هزینه کم در داخل خاک نصب کرد.

بزرگ ترین مشکل در استفاده از بلوک های گچی حساسیت آن ها به شوری محلول خاک است .وجود نمک در آب باعث می شود که هدایت الکتریکی بلوک افزایش یافته و این امر باعث اشتباه در تخمین رطوبت گردد.زیرا اساس اندازه گیری رطوبت با بلوک گچی این است که وقتی یک بلوک خشک در خاک قرار می گیرد، به دلیل خشک بودن بلوک، هدایت الکتریکی بین دو سر الکترود صفر یا بسیار اندک است.اما چون

پروژه یاب
University Project

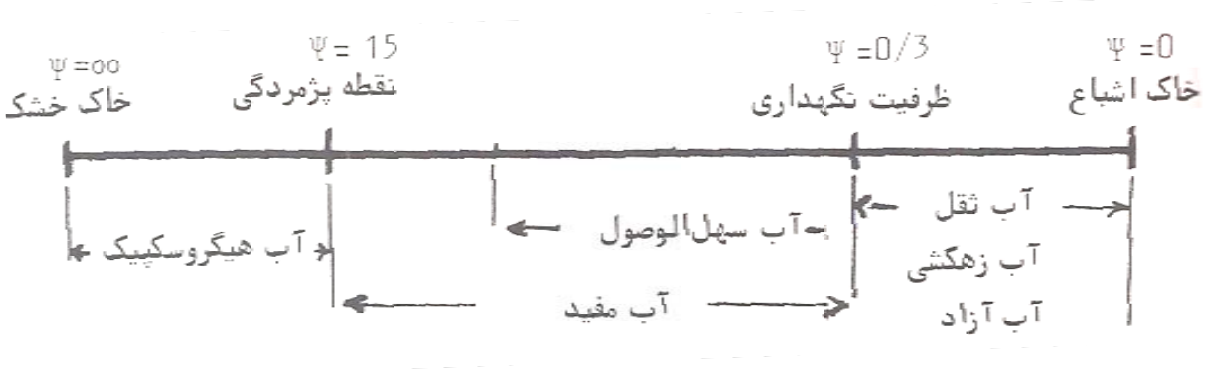
بلوک از گچ با دانه های ریز درست شده است، بلافاصله به لحاظ پتانسیلی با خاک تبادل رطوبت کرده و از این نظر با آن متعادل می شود.جذب آب توسط بلوک باعث افزایش هدایت الکتریکی میشود.حال اگر خاک شور باشد، آبی که جذب بلوک می شود حاوی نمک بوده لذا هدایت الکتریکی بیشتر افزایش می یابد.به طوری که در دو خاک مشابه با رطوبت یکسان، اگر یکی شور بوده و دیگری شور نباشد، عدد قرایت شده با بلوک، یکسان نخواهد بود با توجه به نیاز تعادل پتانسیلی بین بلوک و خاک لازم است که پس از نصب بلوک به مدت چندین ساعت صبر کرد تا این تعادل برقرار شود. برای این منظور بلوک ها قبل از آبیاری در خاکقرار داده می شوند و معمولا در تمام فصل رشد در خاک باقی مانده و فقط سیم های متصل شده به الکترود ها خارج از خاک می باشد ت در موقع اندازه گیری به دو سر مقاومت سنج متصل شوند.گرپه در خاک های معمولی بلوک می تواند تا ۵ سال مورد استفاده واقع شود،ولی در خاک های شور یا آلی و خاک های مرطوب، بیش از یک سال عمر نخواهد کرد.در استفاده از بلوک های گچی توصیه می شود فاصله آن ها از یکدیگر در خاک کمتر از ۳۰ سانتی متر نباشد. بلوک ها نسبت به درجه حرارت حساس بوده و در هنگام واسنجی آن ها باید این مساله درنظر گرفته شود.

بلوک گچی و دستگاه اهم متر

پروژه یاب
University Project

موجودیت آب در خاک

موجودیت آب در خاک مربوط به توانایی خاک در نگهداری آب می باشد. اگر یک خاک را اشباع و سپس آن را بحال خود قرار دهیم، بخشی از آب موجود در بین ذرات خاک در اثر نیروی ثقل از آن خارج می شود که به آن آب ثقلی گفته می شود. بنابراین آب ثقلی آبی است که به ذرات خاک نچسبیده و می تواند آزادانه در لابلای ذرات حرکت نماید. زمان خروج آب ثقلی از خاک در مورد خاکهای شنی ۲۴ ساعت یا کمتر و در مورد خاکهای رسی ۴۸ ساعت و یا بیشتر می باشد. پس از آنکه آب ثقلی از خاک خارج شد مقدار دیگری از آب در خاک وجود دارد که فقط با نیروی بزرگتر از ثقل مثل نیروی جذب ریشه ها می تواند از خاک خارج شود. به این بخش از آب موجود در خاک آب کاپیلاری یا آب موئینگی گفته می شود. در واقع آب کاپیلاری آبی است که می تواند مورد استفاده گیاه قرار گیرد. پس از خارج شدن آبهای ثقلی و موئینگی هنوز هم مقدار دیگری آب در خاک باقی می ماند که با نیروی زیادی به اطراف ذرات خاک چسبیده و معمولاً با نیروهای موجود در طبیعت از خاک خارج نمی شود. به این آب اصطلاحاً آب غشائی یا هیگروسکپی گفته می شود. آب هیگروسکپی را ممکن است با خشک کردن خاک در گرمخانه ها خارج ساخت ولی توسط ریشه قابل جذب نمی باشد. مقدار رطوبتی که پس از خارج شدن آب ثقلی در خاک باقی می ماند ظرفیت زراعی و یا ظرفیت نگهداری آب در خاک نام دارد که یکی از نمایه های مهم در طراحی سیستم های آبیاری بشمار می آید.



موجودیت آب در خاک

پتانسیل آب در خاک

بهتر است مفهوم پتانسیل آب در خاک را با چند مثال ساده توصیف کنیم. اکثراً مشاهده می شود که در خاکهای مختلف حتی اگر درصد رطوبت آنها یکسان باشد گیاهان رشد یکسانی ندارند. یعنی یکسان بودن رطوبت خاک دلیل بر یکسان بودن رشد نمی تواند باشد. این امر می رساند که در خاکهای رطوبت بطور یکسان در اختیار گیاه قرار نمی گیرد. مثال دیگر اینکه اگر دو نوع خاک با رطوبت اولیه یکسان را به مدت مساوی در گرمخانه ای قرار دهیم و سپس رطوبت آنها را اندازه گیری کنیم ملاحظه می شود که مقدار رطوبت باقی مانده در این دو مساوی نخواهد بود. به عبارت دیگر خاک ها در مقابل نیروهایی که باعث خارج کردن رطوبت می شوند یکسان عمل نمی کنند. حال مورد دیگری را مثال بزنیم. چنانچه دو نوع خاک را که

پروژه یاب
University Project

درصد رطوبت آنها مساوی ولی از نظر بافت مختلف باشند در مجاورت هم قرار دهیم مشاهده خواهد شد که رطوبت از خاکی که بافت درشت دارد به سمت خاکی که بافت آن ریز می باشد حرکت خواهد نمود. این پدیده ها از روی مقدار رطوبت قابل توصیف نیستند بلکه برای توجیه آنها باید از معیار دیگری استفاده شود که همان پتانسیل آب در خاک است

بر حسب تعریف پتانسیل توانایی انجام کار است و لذا پتانسیل آب مقدار کاری است که باید روی یک گرم آب موجود در خاک انجام گیرد تا آن را از وضعیت خود خارج و در وضعیتی مشابه با وضعیت یک گرم آب موجود در سطح آب آزاد قرار دهد. به عبارت ساده تر پتانسیل نیروهایی است که آب در خاک با آن درگیر بوده و برای اخذ آب از خاک باید بر آن نیروها غلبه کنیم.

از نظر ریاضی هنگامی که صحبت از پتانسیل سیستم آب و خاک می شود منظور مقدار انرژی است که واحد وزن آب در داخل یک خاک می تواند دارا باشد. از طرفی انرژی یا کار حاصلضرب نیرو در فاصله است. یعنی:

انرژی = نیرو × فاصله (۴-۳)

معادله ابعادی نیرو $Kg.m.sec^{-2}$ و معادله ابعادی فاصله m است لذا خواهیم داشت:

انرژی = $Kg.m.\ sec^{-2}.m$

انرژی = $Kg.m^2.\ sec^{-2}$

چنانچه این مقدار انرژی را برای یک واحد وزن آب ($Kg.m.sec^{-2}$) در نظر بگیریم خواهیم داشت:

$$\text{انرژی در واحد وزن} = \frac{Kg.m^2.sec^{-2}}{Kg.m.sec^{-2}} = m$$

لذا مشاهده می شود که برای توصیف پتانسیل می توان از معادله ابعادی طول (m) استفاده نمود. به همین دلیل اکثراً گفته می شود که مثلاً پتانسیل فشاری خاک در یک نقطه ۵۰ سانتی متر آب و یا فرضاً پتانسیل ماتریک خاک در یک نقطه ۴۲۰ – سانتی متر آب است.

در سیستم آب و خاک علاوه بر طول (مانند متر یا سانتی متر آب) برای توصیف پتانسیل آب از واحد های معادل دیگری مانند بار،کیلوپاسکال و یا پوند بر اینچ مربع نیز استفاده می شود که برخی روابط بین آنها به شرح زیر است:

۱۰۰ کیلو پاسکال (kPa) =۱ بار (bar)

۰/۹۹ اتمسفر (atm) =۱ بار (bar)

۱۰/۲ متر ارتفاع (head)آب = ۱ بار (bar)

۹/۸ کیلو پاسکال =۱ متر ارتفاع (head) آب

پروژه یاب
University Project

نیروهای آب در خاک

آب با نیروهای مختلفی در خاک نگهداری می شود که برای خارج کردن و یا جابجا کردن آن می‌بایست بر این نیروها فایق آییم.این نیروها به دلیل موقعیت ثقلی آب، چسبندگی آب به خاک و خصوصیات شیمیایی آب است که هر کدام پتانسیل مخصوص به خود را اعمال کرده و پتانسیل آب در خاک، که معمولا آن را با حروف یونانی Ψ(سای) یاØ(فی) نشان می دهند، درواقع مجموع این نیروها یا پتانسیل هاست.

پتانسیل ثقلی: پتانسیل ثقلی از نیروی جاذبه زمین(g)نشات می گیرد. همانطور که هر نقطه مادی به سمت مرکز زمین کشیده می شود، هر یک واحد وزن آب نیز دارای پتانسیل ثقل است. اگر m گرم آب را در نقطه A در خاک در نظر بگیریم و بخواهیم آن را به نقطه Bکه به اندازه h_1 در بالای آن قرار دارد برسانیم، باید کاری معادل $m.h_1$ برخلاف نیروی ثقل انجام دهیم .چنانچه مقدار این کار را با علامتΨ_gنشان دهیم خواهیم داشت:

$$\Psi_g = -m.h_1$$

علامت - در جلو پتانسیل ثقل به این دلیل است که کار برخلاف نیروی ثقل صورت گرفته است. یعنی جهت حرکت و نیروی کشش ثقلی عکس یکدیگر بوده اند. حال اگر همین نقطه به اندازه h_2 در زیر نقطه A واقع بود نیاز به انجام کار اضافی نبوده بلکه خود آب این کار را انجام می دهد که مقدار آن برابر است با:

$$\Psi g = +m.h_2$$

در اینجا نیز علامت + به دلیل انجام شدن کار در جهت نیروی ثقل است. حال اگر مقدار کار را برای یک واحد جرم آب (m=1) درنظر بگیریم، پتانسیل ثقلی در حالت اول برابر $-h_1$ و در حالت دوم برابر $+h_2$ خواهد بود. در اینجا نیز مشاهده می شود که پتانسیل ثقلی برحسب واحد طول بدست آمد. بطور کلی پتانسیل ثقلی آب ثابت نبوده و مقدار آن بستگی به فاصله عمودی نقطه مورد نظر نسبت به سطح مقایسه دارد. از نظر علامت اگر این نقطه بالای سطح مقایسه باشد پتانسیل را مثبت (+) و اگر در پایین سطح مقایسه باشد، آن را منفی(-) در نظر می گیریم و برای نقاطی که روی سطح مقایسه باشند پتانسیل ثقلی صفر در نظر گرفته می شود.

مثال: دو نقطه را که یکی ۱۵ سانتی متر بالای ریشه و دیگری۱۰ سانتی متر زیر ریشه قرار دارد در نظر بگیرید. مقادیر پتانسیل ثقلی آب در این نقاط با توجه به نقطه ای که ریشه قرار دارد چقدر است و اختلاف پتانسیل ثقلی بین این دو نقطه چند سانتی متر می باشد؟

حل

$$\Psi_{gA} = +15$$
$$\Psi_{gB} = -10$$
$$\Delta\Psi = \Psi_{gA} - \Psi_{gB}$$
$$\Delta\Psi = (+15) - (-10) = +25 \text{ Cm}$$

پروژه یاب
University Project

توجه شود که سطح مقایسه به صورت اختیاری انتخاب می شود وگرچه انتخاب محل آن مقادیر پتانسیل ثقلی را تغییر می دهد، اما اختلاف پتانسیل ثقلی بین نقاط، مستقل از محل سطح مقایسه بوده و همواره ثابت است.

مثال

دو نقطه A و Bدرمثال۵-۷را باتغییری که در محل ریشه داده شده است در نظر گرفته و مقادیر پتانسیل ثقلی و اختلاف آنها را مقایسه کنید. فرض کنید در وضعیت جدید نقطهA به اندازه۵ سانتی متر بالای ریشه ونقطهB به اندازه ۲۰ سانتی متر زیر ریشه قرار گرفته است.سطح مقایسه، محل ریشه ها در نظر گرفته شود.

$\Psi_{gA}= +5$

$\Psi_{gB}=-20$

$\Delta\Psi = \Psi_{gA}-\Psi_{gB}$

$\Delta\Psi =(+5) – (-20) = +25$ Cm

بطور خلاصه آب در هر موقعیتی که در داخل خاک قرار گیرد(چه در خاک اشباع و چه در خاک غیر اشباع) دارای مقداری پتانسیل ثقلی است که مقدار آن از نظرعددی برابر است با فاصله آن نقطه تا سطح مقایسه ای که خود انتخاب می کنیم و از نظر علامت، بسته به محل انتخاب سطح مقایسه، مقداری مثبت، منفی و یا صفر است.

پتانسیل ماتریک و فشاری:

در خاک‌های غیر اشباع مولکول های آب با یک نیروی جاذبه به جسم یا ماتریکس (matrix) خاک می چسبند و لذا جدا کردن آن ها از خاک مستلزم کاری است که باید در جهت عکس به آن وارد شود.این نیرو را پتانسیل ماتریک (matric potential) گویند. پتانسیل ماتریک Ψ_m در خاک های اشباع که در آن آب می تواند آزادانه حرکت کند صفر است. اما هرچه خاک خشک شود، مقدار پتانسیل ماتریک کمتر می گردد (بیشترمنفی می شود). زیرا آب باقی مانده در خاک خشک با نیروی بیشتری به ذرات خاک می چسبد. بدین ترتیب پتانسیل ماتریک همیشه منفی یا حداکثر صفر است. چنانچه خاک اشباع باشد، مولکول های آب نه تنها به ذرات خاک نچسبیده اند، بلکه ممکن است تحت فشار مثبت نیز باشند (مانند خاک های زهدار یا برخی لایه های آبدار زیرزمینی). در این صورت بجای پتانسیل ماتریک، پتانسیل فشاری Ψ_p وجود خواهد داشت که مقدار آن مثبت می باشد. هرچه در خاک وضعیت هایی نیز ممکن است وجود داشته باشد که در عین اشباع بودن، فشار آب در آن منفی باشد (مانند وضعیت آب در نوار موئینه ای (capillaryfringe)بالای سطح ایستابی در آب های زیرزمینی). پتانسیل فشاری برای تمام نقاطی که زیر سطح آزاد آب قراردارند مثبت و برابر فاصله عمودی آن نقطه تا سطح آزاد آب است. همانطور که پتانسیل ماتریک نیز برای تمام نقاطی که در بالای سطح ایستابی قرار دارند منفی و مقدار آن برابر فاصله عمودی آن نقطه تا سطح آزاد آب است.

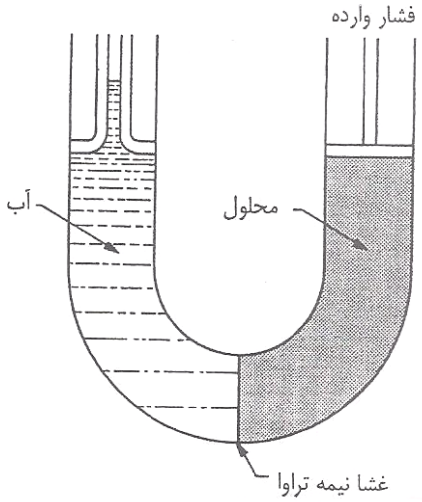
پروژه یاب
University Project

باید توجه داشت که آب در خاک نمی تواند هم پتانسیل ماتریک و هم دارای پتانسیل فشاری باشد. زیرا پتانسیل ماتریک از نظر علامت منفی و پتانسیل فشاری مثبت است. از طرف دیگر خاک یا اشباع است که در این صورت پتانسیل آب در آن مثبت یا حداقل صفر می باشد و یا غیر اشباع که در غیر این صورت پتانسیل آب در آن منفی و یا حداکثر صفر می باشد.

پتانسیل اسمزی:

آب در داخل خاک بصورت محلول بوده و همین امر باعث ایجاد پتانسیل اسمزی Ψ_sدر آب می شود که آن را از آب خالص متمایز می سازد. پتانسیل مربوط به اجسام حل شدنی موجود در آب که آن را پتانسیل مواد حل شدنی (solute potential) و یا اصطلاحا پتانسیل اسمزی (osmotic potential) می گوییم مربوط به بخشی از پتانسیل آب است که به دلیل جذب مولکول های آب توسط مواد حل شده در آب بوجود می آید. اگر یک لوله U شکل را انتخاب کرده و با یک صفحه غشایی نیمه تراوا که فقط مولکول های آب بتوانند از منافظ آن عبور کنند آن را به دو قسمت تقسیم کنیم و در یک طرف آن آب خالص و در سمت دیگر محلول نمک (آب به اضافه جسم حل شدنی) را طوری بریزیم که سطوح مایع در دو طرف یکسان باشد اتفاقی رخ خواهد داد که با آن می توان پتانسیل اسمزی را توضیح داد. اتفاقی که رخ می‌دهد آن است مولکول های آب از غشا عبور کرده و از سمت چپ شکل وارد قسمتی که محلول نمک ریخته شده است می شود.

برای آنکه از عبور مولکول های آب جلوگیری شود لازم است فشاری را روی محلول نمک اعمال کنیم. این فشار همان فشار اسمزی است و دستگاه با آن فشار اسمزی اندازه گیری می شود اسمومتر(osmometer)نام دارد. در داخل خاک که هیچگونه غشایی وجود ندارد عملا از پتانسیل اسمزی صرف نظر می شود. اما اگر آب بخواهد از خاک وارد گیاه شود با غشایی مانند دیواره سلول ها مواجه می شود که در این صورت نمی توان از آن صرف نظر کرد. از دلایلی که در حرکت آب در خاک از پتانسیل اسمزی صرف نظر می شود این نیست که اصولا چنین پتانسیلی در آب وجود ندارد بلکه چون مقدار آن در نقاط مختلف خاک یکسان است در محاسبه اختلاف پتانسیل بین دو نقطه برای محاسبه حرکت آب همدیگر را خنثی می کنند و لذا می توان از آن صرف نظر کرد.



پروژه یاب
University Project

با توجه به اینکه هرچه خاک خشک تر باشد به دلیل غلظت زیادتر املاح در محلول خاک، پتانسیل اسمزی افزایش می یابد، تخمین مقدار آن در خاک مشکل است.

یکی از راه های عملی اندازه گیری پتانسیل اسمزی آن است که ابتدا خاک را با آب مقطر اشباع کرده و هدایت الکتریکی عصاره اشباع (EC_{sat}) را بدست آوریم. با داشتن این مقدار و از روی معادله تجربی $\Psi_{s=}$ -0.36 (EC_{sat}) ، پتانسیل اسمزی عصاره اشباع بدست می آید. در این معادله EC_{sat} هدایت الکتریکی بر حسب میلی موس بر سانتی متر، Ψ_s پتانسیل اسمزی بر حسب بارمی باشد.

تجربه ثابت کرده است که شوری محلول خاک در محدوده ظرفیت زراعی و آب قابل استخراج توسط گیاه تقریبا ۳ برابر شوری آب آبیاری است و لذا پتانسیل اسمزی محلول خاک در این وضعیت نیز ۳ برابر پتانسیل اسمزی آب آبیاری است. اگر این تقریب را نیز بپذیریم که شوری عصاره اشباع خاک ۱/۵ برابر شوری آب آبیاری است، می توانیم از روی شوری آب آبیاری متوجه شویم که محلول خاک از نظر پتانسیل اسمزی چگونه خواهد بود. مثلا اگر EC آب آبیاری ۲ میلی موس بر سانتی متر باشد، شوری عصاره اشباع خاک ۳ و شوری محلول خاک در وضعیتی که گیاه آب مورد نیاز خود را در بین آبیاری ها از آن دریافت می دارد، ۶ میلی موس بر سانتی متر بوده و در نتیجه پتانسیل اسمزی محلول خاک به ترتیب ۱.۰۸ و ۲.۱۶ بار می باشد.

گرچه پتانسیل اسمزی آب خاک در جذب رطوبت توسگ گیاه اهمیت دارد اما در مسایل مربوط به حرکت آب در خاک در نظر گرفته نمی شود. زیرا مقدار آن در نقاط مختلف خاک یکسان بوده و لذا هنگامی که تفاضل پتانسیل بین دونقطه را در نظر می گیریم، یکدیگر را خنثی می کنند. اما در حرکت آب از خاک به داخل ریشه ها، به دلیل پتانسیل اسمزی آب موجود در خاک و آب موجود در گیاه ، مقدار آن باید درنظر گرفته شود.

با توجه به پتانسیل های مختلفی که آب می تواند داشته باشد، برای هر واحد جرم آب در هر موقعیتی که قرار داشته باشد، پتانسیل کل آب در خاک(Ψ)، مجموع پتانسیل های مختلف آن است.بدین ترتیب که:

$$\Psi=\Psi_g+\Psi_s+(\Psi_p \text{ یا } \Psi_m)$$

در این معادله باید به علایم+یا- در مورد هرکدام از پتانسیل ها توجه داشت. بطوری که پتانسیل اسمزی و ماتریک همواره منفی و پتانسیل ثقلی بسته به محل سطح مقایسه منفی، مثبت یا صفر است. در صورتی پتانسیل فشاری داشته باشیم، مقدار آن نیز مثبت است که در این وضعیت دیگر پتانسیل ماتریک نخواهیم داشت (هرچند در بعضی شرایط پتانسیل فشاری می تواند منفی هم باشد)

نظر به این که حرکت آب در خاک براساس اختاف پتانسیل صورت می گیرد و پتانسیل اسمزی بین نقاط خاک یکسان است (اختلاف پتانسیل اسمزی صفر است)، در نتیجه در مطالعات آب و خاک تنها مجموع پتانسیل های ثقلی و فشاری (یا ماتریک) هر نقطه در نظر گرفته می شود که به آن پتانسیل هیدرولیکی(hydraulic potential)گفته می شود:

$$\Psi_{hyd}=\Psi_g+(\Psi_p \text{ یا } \Psi_m)$$

پروژه یاب
University Project

با توجه به مفهوم پتانسیل هیدرولیکی، مشخص می شود که شیب هیدرولیکی یا گرادیان هیدرولیکی(hydraulic gradient) بین دو نقطه از خاک عبارت است از اختلاف پتانسیل هیدرولیکی آن دو نقطه تقسیم برفاصله آن ها از یکدیگر. مثلا چنانچه پتانسیل هیدرولیکی در دو نقطه ای که به فاصله ۳۰ سانتی متری از هم واقع اند به ترتیب 12- و 48- سانتی متری باشد پتانسیل هیدرولیکی 36- سانتی متری و شیب هیدرو لیکی از نظر عددی 1.2 (سانتی متری بر سانتی متری،cm/cm)است.

اندازی گیری پتانسیل آب خاک

پتانسیل ثقلی به صورت ساده و از روی فاصله عمودی نقطه تا سطح مقایسه قابل اندازگیری است. پتانسیل فشاری نیز از روی فاصله نقطه مورد نظر تا سطح ایستابی اندازگیری می شود. برای اندازه گیری پتانسیل فشاری در خاک معمولا از لوله پیزومتر(piezometer) استفاده می شود. پیزومتر یک لوله ساده است که دو سر آن باز می باشد. اگر یک سر لوله را در خاک و نقطه مورد نظر قرار دهیم، در صورت وجود پتانسیل فشاری، آب در لوله بالا خواهد آمد. ارتفاعی که آب در لوله بالا می آید، برابر پتانسیل فشاری در آن نقطه است. در صورتی که در پیزومتر آب وجود نداشته باشد به این معنی است که نقطه مورد نظر فاقد پتانسیل فشاری بوده بلکه پتاسیل آن از نوع ماتریک است و باید به روش دیگر اندازگیری می شود

اندازه گیری پتانسیل ماتریک با وسایل ساده ای به نام تانسیومتر (tensiometer) انجام می گردد. تانسیومترها یا از نوع جیوه ای هستند و یا از نوع فلزی تانسیومتر جیوه ای، لوله ساده و خمیده ای است پر از آب که یک طرف آن منتهی به کلاهک سرامیکی می باشد. طرف دیگر لوله وارد وارد ی مخزن جیوه می شود. حال اگر کلاهک سرامیکی در داخل یک خاک قرار گیرد، پس از مدتی، توازن پتانسیل رطوبتی بین آب داخل لوله تانسیومتر و آبی که در بیرون از آن،در داخل خاک وجود دارد بر قرار می گردد. بر قراری تعادل با وارد شدن یا خارج شدن آب به داخل لوله تانسیومتر از طریق کلاهک آن که نسبت به آب نفوذپذیری است انجام می شود. اگر خاک خشک باشد، آب را از داخل تا نسیومتر به طرف خود خواهد کشید. در این وضعیت خلا ایجاد شده در داخل تانسیومتر، موجب می شود که در طرف دیگر لوله، جیوه صعود نماید

مقدار بالا آمدن جیوه متناسب با پتانسیل آب در خاک خواهد بود اگر به شکل زیر توجه شود، در حالت تعادل، پتانسیل آب در بیرون از تانسیومتر ()برابر فشار آبدر داخل کلاهک تانسیومتر (p)است.فشار آب داخل کلاهک نیز با در نظر گرفتن وزن مخصوص آب(γw) و جیوه γHg برابر است با:

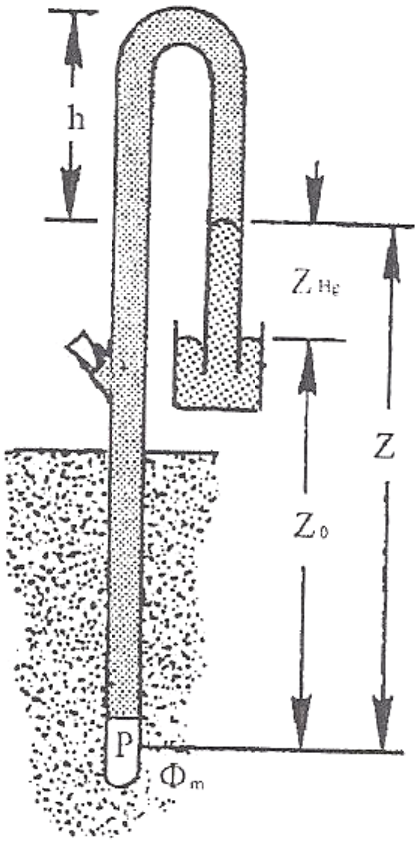
$$P = \psi_m = Z(\gamma_w) + h(\gamma_w) - h(\gamma_w) - Z_{Hg}(\gamma_{Hg})$$

چون $Z = Z_o + Z_{Hg}$ و $\gamma_w = 1$ و $\gamma_{Hg} = 13.6$ است. لذا خواهیم داشت:

$$\psi_m = Z(\gamma_w) - Z_{Hg}(\gamma_{Hg}) = Z - Z_{Hg}(13.6) = Z_o + Z_{Hg} - Z_{Hg}(13.6)$$

$$\psi_m = Z_o - Z_{Hg}(13.6-1) = Z_o - 12.6(Z_{Hg})$$

پروژه یاب
University Project



تانسیومتر جیوه ای

مثال

یک تانسیو متر جیوه ای در داخل خاک نصب شده است . اگر فاصله سطح مخزن جیوه تا مر کز کلاهک تانسیومتر 20سانتی متر و جیوه به ارتفاع 14.2سانتی متر در لوله بالا آمد باشد ،پتانسیل ماتریک خاک چقدراست؟

$$Z_o = 20 \text{ cm}$$

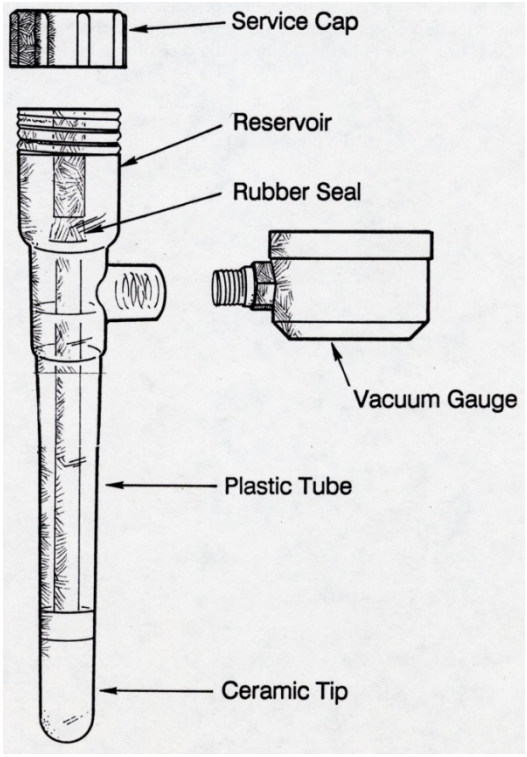
$$Z_{Hg} = 14.2 \text{ cm}$$

$$\psi_m = Z_o - 12.6\, Z_{Hg} = 20 - 12.6(14.2) = -159 \text{ cm}$$

تانسیومتر جیوه ای بیشتر در کارهای آزمایشگاهی و تحقیقی مورد استفاده می باشد و چون کاربرد در صحرا مشکل است، و در عمل از نوعی دیگر از تانسیومتر به نام تانسیو متر فلزی استفاده می شود. این تانسیومترها نیز اساسا مشابه تا نسیومترهای جیوه ای هستند. با این تفاوت که در آنها به جای مخزن جیوه از خلاسنج فلزی استفاده شده است تا حمل و نقل آن ساده باشد، تانسیومتر فلزی مطابق شکل زیر از یک لوله پر آب تشکیل شده است که قسمت پایین آن از یک کلاهک سرامیکی درست شده و قسمت بالای آن مسدود است، به طوری که اگر آب از کلاهک سرامیکی خارج شود در داخل لوله خلا ایجاد می شود. به همین

پروژه یاب
University Project

منظور در کنار لوله تانسیو متر، خلاسنجی (vacume gaugc) به آن متصل است که قادر می باشد مقدار خلا یا فشار منفی را اندازگیری کند. اگر کلاهک سرامیکی در داخل خاک قرار گیرد، با خروج یا ورود آب به تانسیو متر، تعادل پتانسیلی بین آب داخل و خارج تانسیومتر بر قرار می شود .بنابرین با تعادل پتانسیل رطوبتی بین آب داخل و خارج کلاهک، ممکن است مقداری آب از لوله تانسیومتر خارج شود که این عمل باعث ایجاد خلا و کاهش فشار در لوله می شود. مقدار خلا یا فشار منفی توسط خلا سنج قابل قرائت است. معمولا درجه بندی خلا سنج بین صفر تا ۱۰۰ بوده که هر کدام از درجات آن معادل ۱۰ سانتی متری فشار منفی است. بنابرین اگر عقربه خلا سنج روی عدد ۲۴ باشد، نشان می دهد که فشار در خلا سنج منفی ۲۴۰ سانتی متر است. اگر فاصله عمودی خلا سنج تا محل کلاهک تانسیو متر Z_0 باشد، آن چه در فشار سنج قرائت می شود برابر خواهد بود با $\Psi m-Z_0$. بدین ترتیب مقدار پتانسیل ماتریک خاک نیز قابل محاسبه است



تانسیومتر فلزی

مثال

یک تانسیومتر که درجه بندی آن ۰ تا ۱۰۰ است در خاک نصب و عقربه آن روی عدد ۳۴ می باشد. پتانسیل ماتریک خاک چقدر است؟ کلاهک تانسیومتر در عمق یک متری نصب است (فاصله کلاهک تا خلا سنج یک متر فرض شده است)

پروژه یاب
University Project

$$\psi_m - Z_o = -34(10)$$

$$\psi_m - 100 = -340$$

$$\psi_m = -340 + 100$$

$$\psi_m = -240 \text{ cm}$$

سوال : چرا تانسیومتر در پتانسیل های بیش از یک بار (bar)کارآئی ندارد؟

پاسخ

علت این امر آن است که خلا سنج یا فشار سنج جیوه ای اندازه نسبی خلا را در مقابل فشار اتمسفر که مقداد آن حدوداً معادل یک بار است اندازگیری می کند. بنابراین در صورت که پتاسیل آب خاک از این یک بار بیشتر شود، هوا از کلاهک وارد تانسیومتر شده و فشار آن را با فشار اتمسفر متعادل می سازد. بنابراین در عمل،کارائی تانسیومتر فقط تا پتانسیل ماتریک ۰/۸۵ اتمسفر (۸۵۰ سانتی متر آب) است

نقاط پتانسیلی مهم

مناسب ترین وضعیت برای استفاده گیاه از رطوبت خاک حدّ ظرفیت زراعی (field capacity) است که اختصاراً با علامت FC نشان داده می شود.

ظرفیت زراعی (FC)

مقدار رطوبتی که یک خاک اشباع شده پس از خارج شدن آب ثقلی در خود نگه می دارد ظرفیت زراعی نام دارد. در خاکهای زراعی این حالت معمولاً ۲۴ تا ۴۸ ساعت پس از آنکه خاک اشباع شده بحال خود نگهداشته شود رخ می دهد. ظرفیت زراعی تابعی از بافت و ساختمان خاک است. در کشاورزی فرض می شود حد ظرفیت زراعی ثابت باشد و آن حالتی است که آب خاک تقریباً تحت تنشی معادل ۱ متر (برای خاکهای شنی) تا ۴ متر (برای خاکهای سنگین رسی) قرار گیرد. در عملیات طراحی آبیاری ظرفیت زراعی بطور متوسط حدود یک سوم اتمسفر یا یک سوم بار یعنی ۳۰۰ سانتی متر در نظر گرفته می شود.

چون اکثراً لگاریتم پتانسیل خاک (بر حسب سانتی متر) بعنوان نمایه ای در تشخیص وضعیت رطوبتی خاک مصطلح بوده و با علامت pF نشان داده می شود درحد ظرفیت زراعی pF خاک حدود ۲/۴ می باشد زیرا:

Pf = log |پتانسیل آب در خاک بر حسب سانتی متر|

بنابراین در حد ظرفیت زراعی خواهیم داشت:

pF= log | -300 |= 2.4

پروژه یاب
University Project

ظرفیت زراعی بالاترین حد رطوبت موجود در خاک برای استفاده گیاه می باشد. پائین ترین حدی که رطوبت خاک بتواند قابل استفاده گیاه باشد نقطه پژمردگی است که بعنوان یک نقطه پتانسیلی دیگر در زیر به تشریح آن می پردازیم.

نقطه پژمردگی

محدوده دیگر طیف رطوبتی خاک که از نظر طراحی سیستم های آبیاری حائز اهمیت است اصطلاحاً نقطه پژمردگی دائم (permanent wilting point) نام دارد که به اختصار با علامت PWP نشان داده می شود. این نقطه حدی است که گیاه حتی در طول شب نیز قادر نخواهد بود جبران آبی را که در روز تعرق نموده است بنماید. پتانسیل آب در این حد بر اساس آزمایشات گلخانه ای حدود ۱۰۲ تا ۲۰۴ متر (۱۰ تا ۲۰ بار) و یا بطور متوسط ۱۵۳ متر (۱۵۳۰۰ سانتی متر یا تقریباً ۱۵ بار) است. مقدار pF خاک در این وضعیت برابر ۴/۱۸ می باشد. باید توجه داشت که نقطه پژمردگی دائم نه تنها تابعی از نوع خاک بلکه دمای هوا، کمبود رطوبت در هوا، توزیع ریشه ها در خاک و از همه مهمتر نوع گیاه می باشد. از نظر تئوری مقدار رطوبتی که بین دو حد ظرفیت زراعی و نقطه پژمردگی دائم در خاک وجود دارد بنام ظرفیت آبی موجود برای گیاه (Available Water) معروف بوده و با علامت AW نشان داده می شود. که گاهی به آن رطوبت کل قابل دسترس گیاه (Total Available Moisture) نیز می‌گویند که با علامت TAM نشان داده می شود

چنانچه درصد حجمی رطوبت خاک در ظرفیت زراعی (FC) و در پژمردگی دائم (PWP) باشد ظرفیت رطوبت موجود در عمق توسعه ریشه های گیاه (D_{rz}) برابر خواهد بود با:

$$AW \text{ یا } TAW = D_{rz}\,(FC - PWP)/100$$

که در آن AW بر حسب سانتی متر ارتفاع آب است.

مثال

خاکی را در آزمایشگاه مورد آزمایش قرار داده که مقادیر رطوبت جرمی آن در حد ظرفیت زراعی ۲۲ و پژمردگی دائم ۱۰ درصد بوده است. اگر وزن مخصوص ظاهری خاک ۱/۴ گرم بر سانتی متر مکعب باشد مقدار رطوبت قابل ذخیره در خاک را در عمق توسعه ریشه ها (۰/۵ متر در نظر گرفته شود) محاسبه کنید.

حل

$FC = (1.4)(22) = 30.8\%$ (درصد حجمی)

$PWP = (1.4)(10) = 14\%$

$D_{rz} = 0.5\ m = 50\ cm$

$AW = D_{rz}(FC - PWP)/100$

پروژه یاب
University Project

AW = 50(30.8 – 14)/100

AW = 8.4 cm

یعنی مقدار آب قابل ذخیره در لایه ۰/۵ متری عمق توسعه ریشه ها که برای استفاده گیاه موجود خواهد بود برابر ۸/۴ سانتی متر می باشد.

چنانچه مقادیر FC و PWP بر حسب درصد جرمی توصیف شوند (اعشار) و γ وزن مخصوص ظاهری خاک (گرم بر سانتی متر مکعب) باشد ظرفیت نگهداری آب در خاک در عمق توسعه ریشه ها بر حسب میلی متر عبارت خواهد بود از:

$AW = 10_{\gamma}\ D_{rz}(FC - PWP)$

مثال

در یک مزرعه یونجه که عمق توسعه ریشه های آن ۱/۵ متر است اگر درصد جرمی رطوبت در حد ظرفیت زراعی و نقطه پژمردگی دائم به ترتیب ۳۰ و ۱۰ و وزن مخصوص خاک ۱/۲ گرم بر سانتی متر مکعب باشد و در هر آبیاری خاک را تا حد ظرفیت زراعی آبیاری کرده باشیم جمعاً چند میلی متر آب در ناحیه توسعه ریشه قابل ذخیره است.

حل

$FC = \frac{30}{100} = 0.3$

PWP = 10/100 = 0.1

D_{rz} = 1.5m = 150 cm

$\gamma = 1.2\ gr/cm^3$

$AW = 10_{\gamma}\ D_{rz}\ (FC - PWP)$

AW = 10 (1.2) (150) (0.3 – 0.1)

AW = 360 mm

در جدول زیر چگونگی موجودیت آب در خاکهای مختلف نشان داده شده است که از آن می توان در طراحی سیستم های آبیاری استفاده کرد.

معمولاً گیاه در مزرعه نمی تواند از نظر تنش رطوبتی تا حد آب قابل استخراج خشکی را تحمل کند. بخصوص این که زارعین علاقه ندارند محصولشان به دلیل صرف انرژی توسط گیاه برای دریافت آب کاهش یابد. بنابراین تمام مقدار آبی که بین دو حد ظرفیت زراعی و نقطه PWP است به آسانی قابل استفاده گیاه نبوده بلکه بسته به نوع گیاه فقط ۴۰ تا ۷۵ درصد آن می تواند به سهولت جذب گیاه شود که به آن آب

پروژه یاب
University Project

سهل الوصول (Readily Available Water) گفته می شود و با علامت (RAW) نشان داده می شود. مقدار آب سهل الوصول برای گیاهان مختلف متفاوت است بطوری که بعضی گیاهان قادر به جذب مقادیر زیادی آب از خاک هستند و پاره‌ای دیگر این توانایی را ندارند.

سرعت تبخیر –تعرق بستگی به درصد رطوبت خاک داشته و از FC تا PWP بتدریج کاهش پیدا می کند. اما کاهش سرعت تبخیر –تعرق تا یک نقطه مشخص مثلاً Θ_c کم و سپس از آن نقطه به بعد شدید است. بعبارت دیگر از نقطه رطوبتی FC تا Θ_c آب به سهولت جذب گیاه می شود ولی از Θ_c به بعد برای جذب آن باید انرژی زیادی توسط گیاه اعمال شود. نقطه Θ_c همان حد رطوبت سهل الوصول است که برای هر گیاه مقدار آن متفاوت می باشد. بنابراین اگر بخواهیم مقدار کل آب سهل الوصول را در منطقه توسعه ریشه ها بدست آوریم لازم خواهد بود فرمول مذکور را بصورت زیر اصلاح نمائیم.

$$RAW = D_{rz}(FC - \Theta_c)/100$$

که Θ_c حد آب سهل الوصول (درصد حجمی) است

مقادیر ظرفیت زراعی، حد آب قابل جذب و ظرفیت نگهداری آب در خاکهای مختلف. اعداد داخل پرانتز دامنه تغییرات را نشان می‌دهد .

بافت خاک	مقدار رطوبت حجمی (%)		مقدار آب قابل دسترسی	
	حدّ ظرفیت زراعی	حدّ آب قابل جذب	درصدحجمی	میلی‌متر در هر متر خاک
شن	۱۵ (۱۰-۲۰)	۷ (۳-۱۰)	۸ (۶-۱۰)	۸۰ (۶۰-۱۰۰)
لوم شنی	۲۱ (۱۵-۲۷)	۹ (۶-۱۲)	۱۲ (۹-۱۵)	۱۲۰ (۹۰-۱۵۰)
لوم	۳۱ (۲۵-۳۶)	۱۴ (۱۱-۱۷)	۱۷ (۱۴-۲۰)	۱۷۰ (۱۴۰-۲۰۰)
لوم رسی	۳۱ (۳۱-۴۲)	۱۸ (۱۵-۲۰)	۱۹ (۱۶-۲۲)	۱۹۰ (۱۶۰-۲۲۰)
رس سیلتی	۴۰ (۳۵-۴۵)	۲۰ (۱۷-۲۲)	۲۰ (۱۸-۲۳)	۲۰۰ (۱۸۰-۲۳۰)
رس	۴۴ (۳۹-۴۹)	۲۱ (۱۹-۲۴)	۲۳ (۲۰-۲۵)	۲۳۰ (۲۰۰-۲۵۰)

مثال: اگر حد آب سهل الوصول برای یک گیاه ۱۴ و حد ظرفیت زراعی ۲۲ درصد وزنی باشد چه مقدار رطوبت بصورت سهل الوصول در عمق توسعه ریشه ها وجود خواهد داشت؟ اگر وزن مخصوص ظاهری خاک ۱/۴ گرم بر سانتی متر مکعب باشد و عمق توسعه ریشه ها ۰/۵ متر در نظر گرفته شود.

پروژه یاب
University Project

حل

FC = (1.4)(22) = 30.8% (درصد حجمی)

Θ_c= (1.4)(14) = 19.6%

D_{rz} =0.5m = 50 cm

RAW = 50(30.8 – 19.6)/100

RAW = 5.6 cm

برای آنکه بتوانیم مقدار آب سهل الوصول را تخمین بزنیم از مفهوم حداکثر کمبود مجاز (Maximum Allowable Deficiency) استفاده می شود که به آن MAD گفته می شود. در برخی نوشته ها برای MAD حداکثر تخلیه مجاز (Maximum Allowable Depletion) نیز بکار رفته است. مقدار MAD برابر است با:

$$MAD = \frac{RAW}{TAM}$$

بنابراین MAD یک عدد بدون بعد می باشد که مقدار آن بستگی به خصوصیات گیاه دارد. اگر برای یک خاک TAM ثابت فرض شود آنچه MAD را تغییر می دهد نوع گیاه است. گرچه در طراحی های آبیاری مقدار MAD معمولاً ۰/۶۵ در نظر گرفته می شود اما مقدار دقیق تر آن برای گیاهان مختلف در جدول زیر ارائه شده است. در این جدول حداکثر عمق توسعه ریشه های گیاه نیز داده شده است. بطوریکه در این جدول مشاهده می شود مقدار MAD برای درختان میوه ۰/۶۵ و برای سبزیجات که نسبت به کم آبی حساس می باشند حدود ۰/۵ می باشد. حال با در نظر گرفتن مفهوم MAD می توان آب سهل الوصول را بصورت زیر محاسبه نمود.

RAW = (MAD)(TAM)

RAW = (MAD)(D_{rz})(FC – PWP)/100

پروژه یاب
University Project

مقادیر حداکثر تخلیه مجاز (MAD) و حداکثر عمق توسعه ریشه‌ها
در مورد برخی از گیاهان زراعی و باغی

نوع گیاه	MAD	حداکثر عمق توسعه ریشه‌ها (cm)
اسفناج	0.50	60
یونجه	0.65	180
سیب	0.65	180
زردآلو	0.65	180
لوبیا	0.50	90
هویج	0.50	90
گیلاس	0.65	180
شبدر	0.65	60
ذرت‌دانه‌ای	0.65	120
ذرت‌شیرین	0.65	120
خیار	0.50	120
انگور	0.65	180
پیاز	0.50	60
هلو	0.65	180
نخود	0.65	60
آلو و گلابی	0.65	180
سیب‌زمینی	0.30	60
تربچه	0.50	60
گلرنگ	0.65	180
سورگوم	0.65	90
سوژا	0.65	90
گوجه‌فرنگی	0.50	180
گندم	0.65	96
چغندرقند	0.65	105
توت‌فرنگی	0.65	30
آفتاب‌گردان	0.65	180

مثال : می خواهیم یک باغ سیب را آبیاری کنیم. اگر رطوبت خاک در ظرفیت زراعی ۲۸ درصد حجمی و در حد پژمردگی ۱۲ درصد حجمی باشد مقدار آب سهل الوصول را که می تواند مورد استفاده درختان قرار بگیرد محاسبه کنید؟

حل

از جدول مقادیر حداکثر عمق توسعه ریشه ها و MAD را برای سیب استخراج می کنیم:

MAD = 0.65

D_{rz} = 180 cm

پروژه یاب
University Project

FC = 28(volume %)

PWP= 12 (volume %)

RAW = (MAD)(D_{rz})(FC – PWP)/100

RAW = (0.65)(180)(28 – 12)/100

RAW = 18.72 cm

لذا در عمق توسعه ریشه ۱۸/۷۲ سانتی متر آب بصورت سهل الوصول می تواند ذخیره شود.

اگر آبیاری را زمانی انجام دهیم که رطوبت خاک به Θ_c برسد در این صورت گیاه فقط از رطوبت سهل الوصول استفاده می کند در چنین شرایطی گفته می شود که آبیاری بصورت کامل (full irrigation) صورت گرفته است اما اگر اجازه دهیم رطوبت خاک از حدّ Θ_c کمتر شود و گیاه برای دریافت رطوبت از خاک انرژی بیشتری مصرف کند در این صورت گفته می شود کم آبیاری (deficit irrigation) اعمال شده است. انتخاب این که کدام روش آبیاری به صلاح خواهد بود نیاز به تجزیه و تحلیل اقتصادی و مقایسه مقدار محصول در مقابل آب مصرفی خواهد داشت.

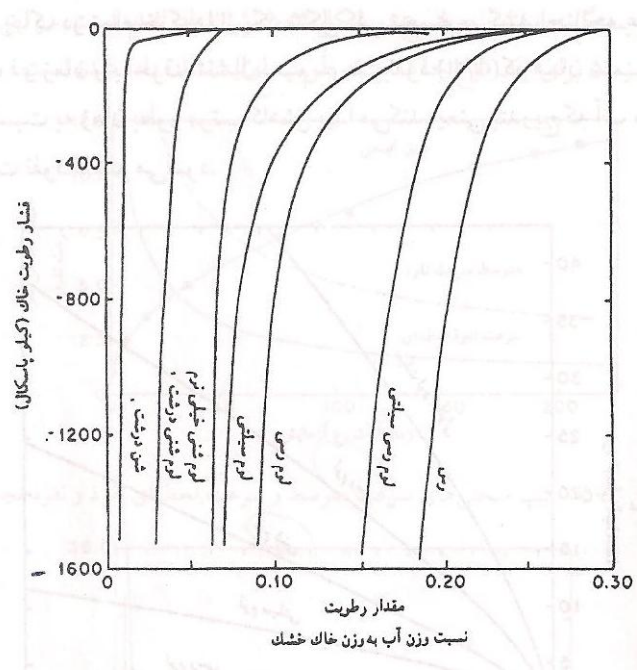
اندازگیری نقاط پتانسیلی خاک معمولاً در آزمایشگاه و با استفاده از وسایل مختلفی مانند دستگاهای فشاری (prcssurc platcs) ویا سانتریفوژهای با دور سریع (ultra ccntrifugc) و بعضاً در گلخانه از طریق کشت گیاه در گلدان صورت می گیرد.

دستگاه صفحات فشاری :دستگاه موسوم به صفحات فشاری از یک محفظه مانند دیگ زودپزکه بتوان فشار داخل آن را از طریق یک کمپرسور افزایش داد تشکیل شده است .یک صفحه سرامیکی که قطر آن برابر قطر داخلی دستگاه است در داخل آن قرار می گیرد. در قسمت پایین صفحه سرامیکی محفظه ای تعبیه شده است که پر از آب می باشد و با هوای اتمسفر در ارتباط است. ابتدا صفحه سرامیکی را با آب مقطر اشباع می کنیم و روی این صفحه تعدادی حلقه لاستیکی که داخل آن پر از خاک شده است قرار می دهیم. لازم است قبلا خاک نرم شده و از الک ۲ میلی متری عبور داده شود. قطر حلقه ها ۵ سانتی متری و ارتفاع آن ها ۱ سانتی متر است. خاک نیز باید همراه با صفحه سرامیکی از آب اشباع شود. سپس درب محفظه را بسته و به تدریج فشار داخل را افزایش می دهیم .با افزایش فشار آب اضافی از نمونه خاک خارج شده و وارد مخزن زیر صفحه سرامیکی و از آن جا به خارج هدایت می شود. هنگامی که فشار به نقطه پتانسیلی مورد نظر رسید، فشار داخل محفظه از طریق شیر تخلیه خارج و درب دستگاه را باز و یک نمونه را به سرعت خارج کرده و درصد جرمی رطوبت آن را اندازگیری می کنیم. دوباره درب دستگاه را بسته و فشار را تا نقطه پتانسیلی دوم افزایش می دهیم . در این نقطه نیز به روش مشابه رطوبت اندازگیری می شود.

پروژه یاب
University Project

چنانچه رابطه بین پتانسیل آب ودرصد رطوبت خاک بصورت نمودار رسم شود یک منحنی بدست می آید که به ان منحنی مشخصه رطوبتی خاک گفته می شود.این منحنی نشان می دهد که با تغییر درصد رطوبت خاک پتانسیل ان چگونه تغییر می کند. بعنوان نمونه در شکل ۳-۳ این منحنی برای تعدادی از انواع خاکها بصورت نمونه نشان داده شده است.ملاحظه می شود که به ازء یک تنش مشخص (مثلا۴۰۰- کیلوپاسکال)خاکهای رسی نسبت به خاکهای شنی مقدار زیادتری رطوبت را در خود نگه می دارند.یعنی ظرفیت نگهداری رطوبت در خاکهای رسی زیادتر است.

منحنی مشخصه رطوبتی خاک در طرحهای آبیاری از اهمیت زیادی برخوردار است زیرا با داشتن این منحنی می توان از روی قرائت تانسیو متر یا بلوکهای گچی پی به درصد رطوبت خاک برده ویا برعکس با داشتن رطوبت،مقدار پتانسیل اب خاک را بدست آورد یا اینکه مقدار آبی را که خاک می تواند در محدوده دو نقطه پتانسیلی مورد نظر(ظرفیت زراعی و نقطه ای که آبیاری صورت می گیرد)در خود ذخیره می کند،بدست آورد.زیرا این مقدار آب اساس تعیین دور آبیاری می باشد.



منحنی مشخصه رطوبتی خاک های مختلف

نفوذ آب در خاک

سرعت وارد شدن آب به خاک یا به عبارت دیگرسرعت نفوذ از پارامترهای بسیار مهم در طراحی آبیاری است. برحسب تعریف آب وارد شده به داخل خاک را نفوذ گویند. مقدار آبی که در یک دوره زمانی مشخص (مثلا یک ساعت ،یک شبانه روزو...)در خاک نفوذ می کند ،نفوذ تجمعی (accumulated infiltration) و میانگین سرعت وارد شده آب به داخل خاک را طی یک دوره زمانی، متوسط سرعت نفوذ (average infiltation rate) و سرعت نفوذ آب به داخل خاک را در هر لحظه از زمان را سرعت نفوذ لحظه ای

پروژه یاب
University Project

(instantaneous infiltration rate) در آن زمان گویند. در نفوذ آب عمدتاً حرکت عمودی آب به داخل خاک مورد نظر می باشد و اگر همانند آنچه در شیارها و جوی و پشته ها و یا آبیاری قطره‌ای مشاهده می شود، آب علاوه بر حرکت عمودی، در جهات جانبی نیز نفوذ نماید، به جای واژه نفوذ infiltration از واژه نفوذ جانبی یا نشت intake استفاده میشود.

مکانیسم نفوذ

ورود آب به داخل خاک در نتیجه تاثیر توام نیروهای ثقلی و مویینگی صورت می گیرد. نیروی ثقل فقط در جهت قائم عمل می کند. اما نیروی مویینگی در ابتدا که خاک خشک بود و منافذ مویین خالی از آب است، هم در جهت عمودی و هم جهات افقی عمل می کند . ولی بتدریج که منافذ ازآب اشباع شد ،تنها نیروی ثقل دخالت کرده و جریان نفوذ عمدتاً قائم می باشد. به همین دلیل سرعت نفوذ در ابتدای وارد شدن آب به سطح خاک زیاد و سپس بتدریج تقلیل یافته وبه مقدار ثابتی که فقط نتیجه عمل نیروی ثقل است می رسد. بنابرین مقدار آبی که در زمین نفوذ می کند، صرف نظر از وضیعت سطح خاک به صورت تجمعی نسبت به زمان افزایش می یابد. نفوذ آب در خاک به عوامل مانند بافت و ساختمان خاک، پوشش گیاهی، شیب زمین و از همه مهم تر قابلیت پراکندگی ذرات سطحی خاک بستگی دارد. اگر لایه سطحی خاک حاوی مقدار زیادی یون قابل تبادل سدیم باشد، پس از مرطوبت شدن باعث پراکندگی ذرات خاک شده و جلو نفوذ آب را سد می کند. لذا نفوذ آب به داخل خاک در لایه های رسی و سیلتی بسیار اندک است.

اگر منحنی تغییرات نفوذ تجمعی نسبت به زمان را ترسیم کنیم منحنی نفوذ تجمعی دست می آید. چنانچه عمق آب نفوذ یافته را با حرف i و زمان را با حرف t نشان دهیم سرعت نفوذ (di/dt) که همان شیب منحنی نفوذ تجمعی باشد نسبت به زمان بطور مرتب کاهش پیدا می کند. یعنی بتدریج که آب در خاک نفوذ می کند از سرعت نفوذ کاسته می شود. سرعت نفوذ لحظه ای، را نباید با متوسط سرعت نفوذ اشتباه کرد. اگر مقدار عمق آب نفوذ یافته در لحظه t_o برابر i_o و در لحظه t برابر i_t باشد متوسط سرعت نفوذ برابر است با:

$$\text{متوسط سرعت نفوذ} = \frac{It-Io}{T-To}$$

اما سرعت نفوذ لحظه ای برابر است با متوسط سرعت نفوذ در صورتی که $t\text{-}t_o$ به سمت صفر میل کند، بنابراین سه نمایه تعریف شده برای نفوذ عبارتند از :

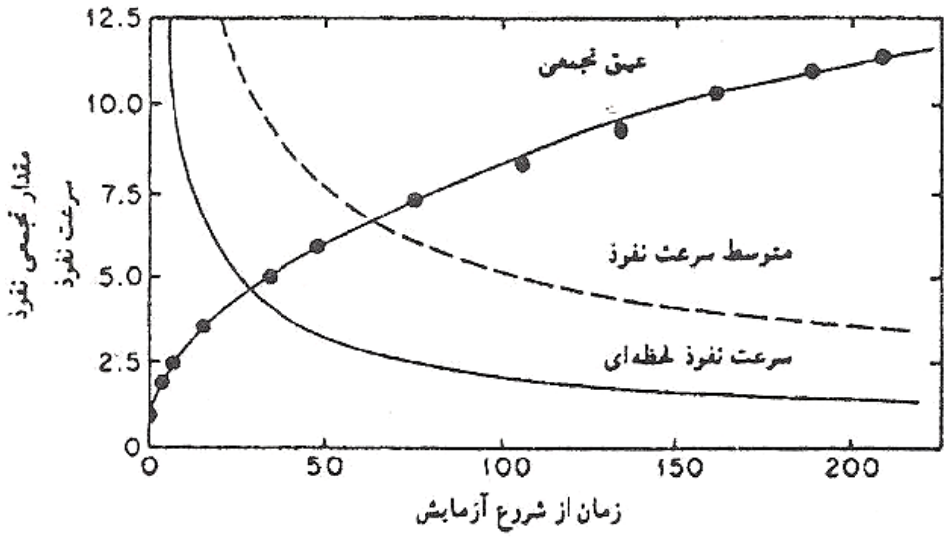
$$\text{سرعت نفوذ لحظه ای} = \frac{di}{dt}$$

$$\text{متوسط سرعت نفوذ} = \frac{It-Io}{T-To}$$

i_t=نفوذ تجمعی از لحظه صفر تا زمان t

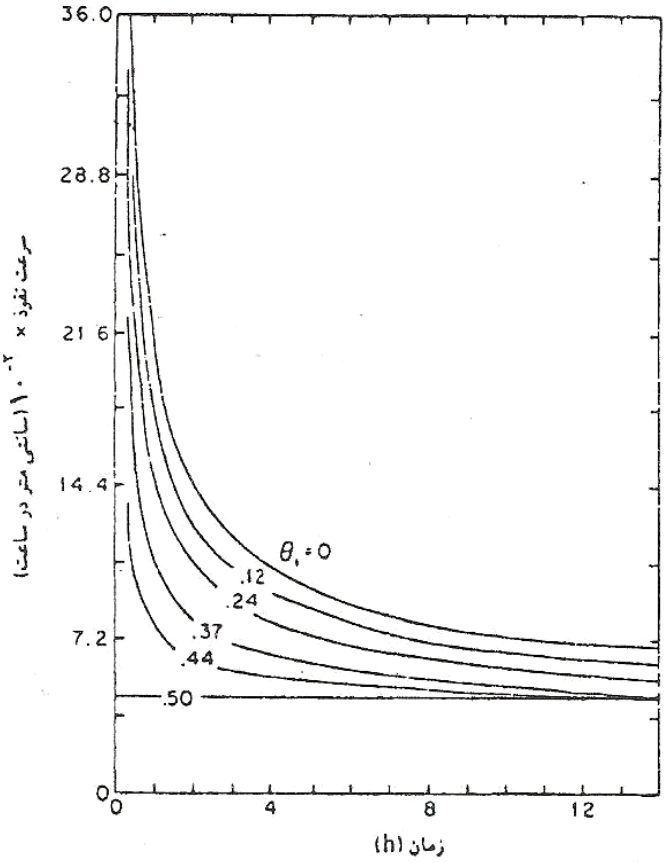
پروژه یاب
University Project

مفاهیم سرعت نفوذ لحظه ای ، متوسط سرعت نفوذ ، و نفوذ تجمعی و تغییرات آنها نسبت به زمان در شکل زیر نشان داده شده است. سرعت نفوذ آب به داخل خاک به درصد رطوبت اولیه خاک نیز بستگی دارد این موضوع در شکل بعدی نشان داده شده است. در این شکل سرعت نفوذ نسبت به زمان برای یک نوع خاک با ۶ رطوبت اولیه نشان داده شده است. همانطور که مشاهده میشود، هرچه رطوبت اولیه خاک بیشتر باشد سرعت نهایی نفوذ آب به داخل خاک کاهش می یابد. این موضوع نشان می دهد که هنگامی که بارندگی روی خاک مرطوب می بارد میزان رواناب سطحی زیادتر از حالتی است که خاک در ابتدا خشک بوده است.



تیپ منحنی‌های سرعت متوسط و سرعت لحظه‌ای نفوذ و نفوذ تجمعی

پروژه یاب
University Project



منحنیهای نفوذ به ازاء رطوبت‌های اولیه خاک

معادله های نفوذ

برای آنکه پدیده نفوذ بصورت نظری توصیف شود معادله های مختلفی ارائه شده است. تعداد این معادله ها نسبتا زیاد است. که پاره ای از آنها بسیار پیچیده اند بطوری که حل آنها بدون استفاده از ماشینهای محاسب عملی نیست اما تعدادی معادله ساده نیز توسط متخصصان ارائه شده است. ما در این بخش تعدادی از این معادله ها را که در طراحی سیستمهای آبیاری مورد استفاده داشته و تجربه نشان داده است که از دقت کافی برخوردارند به اختصار بحث میکنیم.

معادله کاستیاکف (Kostiakov)

یکی از اولین معادله هایی که برای توصیف نفوذ آب به داخل خاک ارائه شده است معادله کاستیاکف میباشد. این معادله به شرح زیر است:

$i=c(t)^a$

i= عمق آب نفوذ یافته (سانتی متر،cm) از شروع نفوذ

t= زمان نفوذ (از شروع)، دقیقه، min

پروژه یاب
University Project

c,α= ضرایب تجربی که به نوع خاک بستگی دارد

معادله کاستیاکوف برای دوره های زمانی کوتاه نتایج رضایت بخشی بدست میدهد. منظور از زمان کوتاه یعنی حدود چند ساعت که چون در سیستم های آبیاری سروکار با حدود همین چند ساعت است لذا این معادله در طراحی سیستم آبیاری کاربرد زیادی دارد. در واقع معادله کاستیاکف فقط تا زمانی صادق است که هنوز در مراحل ابتدایی نفوذ آب در خاک هستیم. زیرا در صورتی که از این معادله مشتق گرفته شود تا سرعت نفوذ بدست آید توان t از یک کمتر شده (α-۱) و با افزایش t سرعت نفوذ به سمت صفر میل خواهد کرد که صحیح نمیباشد. برای رفع این مشکل معمولا معادله اصلاح شده کاستیاکف که بنام معادله کاستیاکوف-لوئیس (Kostiakov-Lewis) معروف است بکار برده میشود. این معادله به شکل زیر می باشد:

$i= ct^{\alpha}+f_o t$

که در آن f_o سرعت نهایی نفوذ آب در خاک (نفوذپذیری پایه) میباشد.

معادله فیلیپ(Philip)

معادله دیگری که تا اندازه ای پیچیده تر است معادله فیلیپ می باشد. این معادله بصورت زیر است:

$i=S_p(t)^{0.5} + A_p(t)$

که در آن :

I=عمق آب نفوذیافته از شروع نفوذ،cm

t=زمان نفوذ(از شروع)،min

S_p= ضریب ثابت مربوط به جذب آب،$cm/(min)^{0.5}$

A_p=ضریب ثابت مربوط به آبگذری،cm/min

در اوایل فرایند نفوذ ضریب ثابت جذب آب غالب است ولی در اواخر نفوذ ضریب ثابت آبگذری غالب میشود. ضریب ثابت آبگذری تقریبا مساوی ضریب هدایت هیدرولیکی خاک است. تجربه نشان داده است که معادله فیلیپ برای دوره های طولانی تر یعنی بیشتر از چند ساعت نتایج بهتری بدست میدهد. بعبارت دیگر معادله فیلیپ بر این اصل استوار است که نفوذ تحت تاثیر مشترک شیب مکش و شیب ثقلی صورت میگیرد. به تدریج که جبهه رطوبت فصله بیشتری را طی می کند از شیب مکش کاسته شده و نفوذ عمدتا در اثر ثقل انجام میشود. زیرا اختلاف پتانسیل بین خاک خشک و خاک اشباع سطحی بر فاصله بیشتری تقسیم مسشود و مقدار آن به سمت صفر میل میکند و در نهایت شدت جریان با هدایت هیدرولیکی خاک برابر میگردد.

معادله سازمان حفاظت خاک امریکا(Soil Conservation Service)

پروژه یاب
University Project

کارشناسان سازمان حفاظت خاک امریکا بر اساس معادله کوستیاکوف آزمایشهای زیادی در مزارع انجام دادند که نهایتا منجر به روشی در محاسبه نفوذ گردید که به معادله سازمان حفاظت خاک (SCS) معروف است. این معادله عبارتست از:

$i=a(t)^b+c$

بطوری که مشاهده میشود این معادله تقریبا مشابه معادله کوستیاکوف می باشد با این تفاوت که ضریب c به آن اضافه شده است. در این معادله i و t به ترتیب نفوذ تجمعی و زمان میباشد که i میتواند بر حسب اینچ یا سانتیمتر توصیف شود. ضرایب a و b مربوط به نوع خاک میباشند. البته مقدار a بسته به اینکه مقدار نفوذ برحسب اینچ یا سانتیمتر محاسبه شود متفاوت است اما b فقط بستگی به نوع خاک دارد. برای پیدا کردن ضرایب معادله SCS ابتدا باید سرعت نفوذ نهایی را بر حسب اینچ در ساعت (شماره منحنی) مشخص نمود حال از روی جدول زیر میتوان مقادیر a و b را بدست آورد.

در معادله i بر حسب سانتیمتر و t بر حسب دقیقه است. پس از مشخص شدن شماره منحنی (سرعت نفوذ نهایی بر حسب اینچ در ساعت) از جدول زیر مقدار a (بسته به اینکه بخواهیم i بر حسب سانتیمتر یا اینچ باشد) از ستون اول یا دوم و مقدار b از ستون آخر جدول قرائت میشود. ضریب c ثابت بوده و مقدار آن برای حالتی که i برحسب سانتیمتر باشد ۰/۶۹۸۵ می‌باشد.

بر حسب تعریف سرعت نهایی نفوذ زمانی است که در آن تغییرات سرعت نفوذ نسبت به زمان ناچیز باشد و بصورت کمی تغییرات آن در مدت یک ساعت (min۶۰)نسبت به ساعت قبل از ۵٪ تجاوز نکند.

پروژه یاب
University Project

پارامترهای محاسبه نفوذ تجمعی با روش SCS

شماره منحنی	a (cm)	b
0.05	0.0533	0.618
0.10	0.620	0.6610
0.15	0.0701	0.6834
0.20	0.0771	0.6988
0.25	0.853	0.7107
0.30	0.0925	0.7204
0.35	0.0996	0.7285
0.40	0.1064	0.7356
0.45	0.1130	0.7419
0.50	0.1196	0.7475
0.60	0.1321	0.7572
0.70	0.1443	0.7656
0.80	0.1560	0.7728
0.90	0.1674	0.7792
1.00	0.1768	0.785
1.50	0.2283	0.799
2.00	0.2753	0.808
3.00	0.3650	0.816
4.00	0.4445	0.823

نتایج نشان داده است که کاربرد معادله SCS در طراحی سیستم های آبیاری بخصوص آبیاری سطحی بسیار رضایت بخش است. باید توجه داشت که ارقام جدول ۳-۳ با این فرض میباشند که در شروع نفوذ رطوبت خاک معمولی است یعنی حدود ۵۰٪ رطوبت بین ظرفیت زراعی و آب قابل استخراج گیاه تخلیه شده باشد.

اندازه گیری نفوذ

نفوذ آب به داخل خاک را میتوان به روش های مختلفی اندازه گیری کرد، انتخاب روش بسته به این است که بخواهیم چه سیستم آبیاری را پیاده کنیم مثلا اگر قرار باشد نفوذپذیری را برای طراحی سیستم آبیاری بارانی تعیین نماییم روشی را که برمیگزینیم متفاوت از حالتی خواهد بود که بخواهیم سیستم آبیاری کرتی یا نواری را پیاده کنیم. دلیل این امر آن است که سیستم های مختلف آبیاری سطح زمین را به حالتهای گوناگون تغییر میدهد و تغییر سطح زمین به مقدار قابل توجهی بر نفوذ آب موثر خواهد بود. در هر حال صرف نظر از نوع روش میبایست اندازه گیری نفوذ در مزرعه انجام شود زیرا اندازه گیری های آزمایشگاهی نتایج قابل اعتمادی را بدست نمیدهند.

در آبیاری کرتی و نواری و گاهی اوقات آبیاری جوی پشته ای ، معمولا از حلقه های ساده یا مضاعف استفاده میشود. این حلقه ها به حلقه های نفوذ معروف میباشند. در هر دو حالت عمق آب نفوذیافته نسبت به زمان اندازه گیری میشود تا براساس آن بتوان ضرایب معادله کوستیاکوف یا فیلیپ را بدست آورد. سپس مطابق مثالی که در زیر آورده میشود نفوذپذیری خاک سنجیده می شود.برای آنکه اثرنفوذجانبی آب وشرایط مرزی

پروژه یاب
University Project

رابه حداقل برسانیم توصیه می شود بجای یک حلقه ساده ازحلقه های مضاعف استفاده شود تا فشارآب درحد فاصل دو حلقه باعث شود که نفوذ آب درحلقه داخلی بطور عمودی صورت گیرد. برای این اندازه گیری معمولا ۱۵ تا۱۶۰ دقیقه وقت لازم است.

مثال

دریک آزمایش نفوذ با حلقه های مضاعف نتایج زیرحاصل شده است:

-عمق نفوذپس از۶۰دقیقه ۳/۵سانتیمتر

-عمق نفوذپس از۱۸۰دقیقه ۷/۶سانتیمتر

حساب کنیدضرایب معادله کوستیاکوف رابرای خاک موردآزمایش.همچنین حساب کنیدپس از۵ ساعت عمق آب نفوذیافته چندسانتیمتراست ودراین هنگام سرعت نفوذچندسانتیمتردرساعت است؟

حل:

معادله کاستیاکوف عبارت است از:

$I=c(t)$

ازطرفین این معادله لگاریتم گرفته:

$\text{Log } i=\log c+ a \log t$

داده های بدست آمده ازآزمایش (iوt)رادراین معادله قرار میدهیم:

$\text{Log}(3.5)=\log c+a \log (60\text{min})$

$0.5441=\log c+a\ (1.7782)$

$\text{Log } c=0.5441-1.7782\ a$

درمورددداده های دوم:

$\text{Log}(7.6\text{cm})=\log c +a \log(180\text{min})$

$0.8808=\log c+a(2.2553)$

$0.8808=[0.5441-(1.7782)a]+a(2.2553)$

$a=0.3367/0.4771$

$a=0.7058$

حال ازمعادله قبل داریم:

$\text{Log } c=0.5541-a(1.7782)$

پروژه یاب
University Project

Log c=0.5441-0.7058(1.7782)

C=0.1946

مقدارنفوذتجمعی پس از ۵ ساعت (۳۰۰)دقیقه برابراست با:

$i_{300} = 0.1946(300)^{0.7058}$

$i_{300} = 10.9\ cm$

سرعت نفوذدرزمان ۳۰۰=دقیقه ازمشتق معادله کوستیاکوف بدست می آید:

$i=c(t)^a$

$di/_{dt} = a[c(t)^{a-1}$

$di/_{dt} = 0.7058[0.1946(300\text{min})^{0.7058-1}]$

$di/_{dt} = 0.0256\ cm/_{min} = 1054\ cm/_{hr}$

توجه داشته باشیدکه درمثال فوق ما فقط ازداده های مربوط به دو نقطه استفاده کردیم و بر اساس آن ضرایب معادله کوستیاکوف رابدست آوردیم. حال آنکه معمولا نفوذپذیری در چندین زمان اندازه گرفته می شود یعنی داده های مربوط به چند نقطه دراختیار می باشد. با توجه به شکل کلی معادله کوستیاکوف اگربین داده های لگاریتم عمق نفوذ و لگاریتم زمان رگرسیون خطی برقرارکنیم یک خط مستقیم حاصل می شودکه معادله آن بصورت زیراست:

Log i=log c+a log t

شیب یاضریب زاویه این خط a وعرض ازمبدا برابر log c است که بدین ترتیب ضرایب معادله کوستیاکوف بدست خواهدآمد. درعمل پس ازاینکه داده های زمان و نفوذ روی کاغذ لگاریتمی آورده شد خط مستقیمی از بین نقاط برازش داده می شود و سپس عرض ازمبدا و شیب آن با خط کش اندازه گیری می شود که همان ضرایب α و C خواهند بود. داده های حاصل از اندازه گیری نفوذ را می توان روی منحنی SCS نیز برازش داد تا منحنی مناسب آن مشخص گردد.

پروژه یاب
University Project

نیاز آبی گیاهان

رابطه آب- خاک- گیاه –اتمسفر

رابطه بین آب , خاک ,گیاه و اتمسفر را میتوان به اینصورت توصیف کردکه گیاه برای زنده ماندن نیاز به آب دارد و آب بصورت ذخیره درخاک موجود است. اتمسفر انرژی لازم برای گیاه را تامین می کند تا بتواند آب مورد نیاز خود را از خاک دریافت کند. این فرایندهای به ظاهر ساده در یک سیستم بسیار پیچیده و مرتبط به هم صورت می گیرد که به آن زنجیره آب- خاک – گیاه –اتمسفر گفته می شود. هریک از عناصر این زنجیره متاثر از اجزا دیگر بوده و بر سایر عناصر نیز اثر می گذارد.

گیاه

درمناطق خشک ونیمه خشک که مساله کمبود آب یکی از معضلات کشاورزی می باشد تعرق اساسی ترین فرایندی است که در زنجیره آب-خاک-گیاه-اتمسفرصورت می گیرد. حدود۹۰ درصد اجزا فعال گیاه از آب تشکیل شده و بیش از۹۹ درصدآب مصرفی گیاه صرف تعرق می شود. تعرق فرایندی است که طی آن آب از طریق روزنه های گیاه تبدیل به بخار شده و از آن خارج می شود. تعرق زمانی انجام می شود که فشار بخار آب در داخل روزنه گیاه بیشتر از فشار بخارآب در هوای مجاور بوده و روزنه ها نیز باز باشند ولو این که درداخل خود برگ و یا حد فاصل برگ و هوای مجاور مقاومت هایی صورت بگیرد عمل تعرق انجام می پذیرد.

خاک

درزنجیره ((آب- خاک-گیاه-اتمسفر))خاک را می توان مخزنی دانست که آب را موقتا درخود ذخیره کرده و سپس به تدریج در اختیارگیاه قرارمی دهد.

اتمسفر

انرژی لازم برای گیاه به منظور تامین آب مورد نیاز از خاک توسط اتمسفر تامین می شود. چنانچه روزنه ها باز باشند و آب نیزمحدود نباشد وضعیت اتمسفر عامل کنترل کننده سرعت تعرق است. مهمترین پارامتر در این مورد دما و رطوبت است بالابودن دما باعث افزایش تعرق و مرطوب بودن هوا موجب کاهش آن می شود عامل مهم دیگر سرعت باد است که باعث می شود بخار آب تجمع یافته در سطح برگها از محیط خارج شده و اختلاف فشار بخار بین گیاه و هوا را تشدید نماید. البته باید توجه داشت که اتمسفرخود فاقد انرژی است و کلیه انرژی های آن توسط تابش خورشید تامین می شود که ازطریق اتمسفر بر گیاه اعمال می گردد.

تبخیر-تعرق

درزنجیره آب-خاک-گیاه –اتمسفرآب مستقیما از سطح خاک و یا توسط گیاه به داخل اتمسفر وارد می شود. انتقال آب از سطح خاک به هوا را تبخیر(evaporation) وخارج شدن آن ازگیاه را تعرق

پروژه یاب
University Project

(transpiration) گویند این دو پدیده هردو ماهیت تبخیری داشته و چون تفکیک آنها از یکدیگر امکان پذیر نمی باشد مجموعا به نام تبخیر-تعرق (evapo-transpiration) درنظرگرفته شده و با علامت ET نشان داده می شود . درکشاورزی آب مورد مصرف زراعت (Consunptive use, CU) به مجموع مقدارتبخیر ازسطح خاک و مقدارآبی گفته می شودکه توسط ریشه های گیاه از خاک جذب می شود بنابراین اختلاف ET وCU تنها در مقدارآبی است که صرف فتوسنتز و انتقال مواد در داخل گیاه می شود یا در ساختمان اسکلت گیاه بکار رفته است چون این مقدار درقیاس با تعرق بسیار ناچیز است عملا تبخیر-تعرق با آب مورد مصرف در زراعت برابر در نظرگرفته می شود.

منظورازتبخیر-تعرق براورد مقدارآبی است که باید به یک پوشش زراعی داده شود تا در طول دوره رویش صرف تبخیر-تعرق نموده و بدون آنکه با تنش آبی مواجه شود رشد خود را تکمیل نموده و حداکثر مقدار محصول را تولید کند. ازجای که عوامل بسیارزیادی درتبخیر-تعرق دخالت دارد براورد دقیق تبخیر-تعرق اگر نتوان گفت که غیرممکن است بسیار مشکل است. روشهایی که برای تخمین تبخیر-تعرق بکاربرده می شود در دوگروه اصلی قرارمی گیرند که عبارتند از: روشهای مستقیم و روشهای محاسبه ای.

درروشهای مستقیم بخش کوچک و کنترل شده ای ازمزرعه را مجزاکرده و مقدار تبخیر و تعرق در یک دوره زمانی مستقیما اندازه گیری می شود. حال آنکه در روشهای محاسبه‌ای که میتوان انها را روشهای غیرمستقیم نامید ازعوامل مختلف اقلیمی وگیاهی استفاده شده و از روی ارتباط آنها با تبخیر-تعرق و معادله هایی که قبلا با روشهای مستقیم واسنجی شده اند تبخیر-تعرق پوشش گیاهی مورد نظر تخمین زده می شود. هیچ کدام ازاین روشها نمی توانند تبخیر-تعرق را بطور دقیق براورد نمایند ولی برخی از آنها در بعضی مناطق نتایجی را بدست می دهند که بیشتر با واقعیت مطابقت دارد. از نظر عملی روشی مطلوب است که اولا آسان بوده و ثانیا نتایج حاصله ازآن واقعی تر باشد.

روشهای غیرمستقیم تعیین تبخیر-تعرق

درعملیات طراحی سیستم های آبیاری برای تعیین تبخیر-تعرق عملا از روشهای غیرمستقیم یا روشهای محاسباتی استفاده می شود. این روشها براساس فرمول زیر استوارند:

$$ET_C = K_C(ET_0)$$

که درآن:

ET_C=تبخیر-تعرق گیاه موردنظر

ET_0 =تبخیر-تعرق پتانسیل(تبخیر-تعرق گیاه مرجع)

K_C =ضریب گیاهی

درفرمول فوق ET_0 ممکن است تبخیر-تعرق پتانسیل و یا تبخیر-تعرق گیاه مرجع باشد. تبخیر-تعرق پتانسیل(potential ET) حداکثرمقدار آبی است که اگر بدون محدودیت وجود داشته باشد می‌تواند توسط

پروژه یاب
University Project

سطوح خاک و گیاه ازآن خارج شود. تبخیر-تعرق پتانسیل بستگی به مقدار انرژی موجود برای عمل تبخیرداشته و از روزی به روز دیگر متغیر است.

تبخیر-تعرق گیاه مرجع(refernenc ET) همان تبخیر-تعرق پتانسیل برای یک پوشش گیاهی بخصوص است که معمولا چمن و یا یونجه انتخاب می شوند تعریفی که برای گیاه مرجع چمن ارائه شده است این است که ارتفاع این گیاه ۸ تا ۱۵ سانتی متر بوده سطح وسیعی را در برگرفته و بطورکامل و یکنواخت زمین را پوشش داده باشد سبز و شاداب باشد و بدون محدودیت آب تبخیر-تعرق آن صورت گیرد. برای گیاه مرجع یونجه نیز تعریف مشابهی شده است بدین معنی که بطور یکنواخت مساحت وسیعی را در برگرفته بوته ها سبز و شاداب و قائم با ارتفاع ۲۰ سانتی متر باشند و بدون محدودیت تبخیر-تعرق نمایند. بنابراین تبخیر-تعرق که از یک سطح پوشیده ازگیاه فرضی فوق صورت می گیرد بنام تبخیر-تعرق گیاه مرجع معروف است.

روشهایی که برای محاسبه ET_0 پیشنهاد شده است هرکدام از نظر داده های مورد لزوم نیازهای متفاوتی دارند. در برخی از آنها لازم است آمارروزانه وجود داشته باشد حال آنکه برای تعدادی از روشها داشتن آمار ماهانه هواشناسی کفایت می کند برخی از روشها باید آمار تابش خورشید یا ساعات آفتابی روز هم وجودداشته باشد. در اینجا تنها به ذکر دو روش روش بلانی ـ کریدل و تشتک تبخیر بسنده می شود

روش بلانی ــ کریدل: یکی از قدیم ترین روشهای تخمین ـ تعرق پتانسیل روش بلانی ـ کریدل است که برای تخمین تبخیر ـ تعرق گیاه مرجع چمن بصورت زیر ارائه شده است.

$$ET_o = a + b\,[P(0.46T + 8.13)]$$

که در آن :

ET_O= تبخیر ـ تعرق گیاه مرجع (چمن) بر حسب میلی متر در روز (mm/d)

P= ضریب مربوط به طول روز یا درصد سالانه تابش آفتاب در ماه که به صورت روزانه توصیف شده است (متوسط ساعات روشنایی هر روز در ماه مورد نظر تقسیم بر کل ساعات روشنایی سال ضرب در۱۰۰)

T= متوسط ماهانه درجه حرارت ، °C

a و b= ضرایب اقلیمی

مقادیر روزانه P برای ماهها و عرضهای جغرافیایی مختلف در جدول زیر داده شده است ، مثلا مطابق این جدول اگر منطقه ای در عرض جغرافیایی ۳۵ درجه شمالی واقع شده باشد برای ماه سپتامبر مقدار P برابر ۰/۲۸ است.

پروژه یاب
University Project

متوسط روزانه درصد ساعت روشنایی نسبت به کل ساعات روشنایی سال در ماههای مختلف (ضریب P برای استفاده در فرمول بلانی کریدل ـ FAO)

عرض جغرافیایی شمالی (درجه)	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
60°	.15	.20	.26	.32	.38	.41	.40	.34	.28	.22	.17	.13
58	.16	.21	.26	.32	.37	.40	.39	.34	.28	.23	.18	.15
56	.17	.21	.26	.32	.36	.39	.38	.33	.28	.23	.18	.16
54	.18	.22	.26	.31	.36	.38	.37	.33	.28	.23	.19	.17
52	.19	.22	.27	.31	.35	.37	.36	.33	.28	.24	.20	.17
50	.19	.23	.27	.31	.34	.36	.35	.32	.28	.24	.20	.18
48	.20	.23	.27	.31	.34	.36	.35	.32	.28	.24	.21	.19
46	.20	.23	.27	.30	.34	.35	.34	.32	.28	.24	.21	.20
44	.21	.24	.27	.30	.33	.34	.33	.31	.28	.25	.22	.20
42	.21	.24	.27	.30	.33	.34	.33	.31	.28	.25	.22	.21
40	22	.24	.27	.30	.32	.34	.33	.31	.28	.25	.22	.21
35	.23	.25	.27	.29	.31	.32	.32	.30	.28	.25	.23	.22
30	.24	.25	.27	.29	.31	.32	.31	.30	.28	.26	.24	.23
25	.24	.26	.27	.29	.30	.31	.31	.29	.28	.26	.25	.24
20	.25	.26	.27	.28	.29	.30	.30	.29	.28	.26	.25	.25
15	.26	.26	.27	.28	.29	.29	.29	.28	.28	.27	.26	.25
10	.26	.27	.27	.28	.28	.29	.29	.28	.28	.27	.26	.26
5	.27	.27	.27	.28	.28	.28	.28	.28	.28	.27	.27	.27
0	.27	.27	.27	.27	.27	.27	.27	.27	.27	.27	.27	.27

ضرایب a , b بستگی به حداقل رطوبت نسبی هوا (RH_{min}) ، نسبت ساعات واقعی آفتاب (n) به حداکثر ممکن ساعات آفتابی (N) یعنی n/N و سرعت باد در روز (U_{day}) دارد. در ایستگاههای هواشناسی RH_{min} از روی دماسنج های تر و خشک تعیین می گردد. ساعات واقعی آفتاب در طول روز (n) توسط آفتاب نگار اندازه گیری می شود و مقدار N در هر نقطه بستگی به عرض جغرافیایی داشته که مقادیر آن برای ماههای مختلف در جدول زیر مشاهده می گردد. مثلاً مطابق این جدول در نقطه ای که عرض جغرافیایی آن ۳۵ درجه شمالی باشد در ماه سپتامبر به طور متوسط هر روز می تواند حداکثر ۱۲/۴ ساعت آفتاب داشته باشد . حال اگر اندازه گیریهای آفتاب نگار نشان داده باشد که در هر روز ۸ ساعت آفتاب داشته ایم (n=8) در این صورت نسبت n/N برابر $\frac{8}{12.4}$ =0.64 خواهد بود.

پروژه یاب
University Project

حداکثر ممکن تعداد ساعات تابش روزانه آفتاب (N) برای ماهها و عرضهای جغرافیایی مختلف.

عرض جغرافیایی شمالی (درجه)	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
50 °N	8.5	10.1	11.8	13.8	15.4	16.3	15.9	14.5	12.7	10.8	9.1	8.1
48	8.8	10.2	11.8	13.6	15.2	16.0	15.6	14.3	12.6	10.6	9.3	8.3
46	9.1	10.4	11.9	13.5	14.9	15.7	15.4	14.2	12.6	10.9	9.5	8.7
44	9.3	10.5	11.9	13.4	14.7	15.4	15.2	14.0	12.6	11.0	9.7	8.9
42	9.4	10.6	11.9	13.4	14.6	15.2	14.9	13.9	15.6	11.1	9.8	9.1
40	9.6	10.7	11.9	13.3	14.4	15.0	14.7	13.7	12.5	11.2	10.0	9.3
35	10.1	11.0	11.9	13.1	14.0	14.5	14.3	13.5	12.4	11.3	10.3	9.8
30	10.4	11.1	12.0	12.9	13.6	14.0	13.9	13.2	12.4	11.5	10.6	10.2
25	10.7	11.3	12.0	12.7	13.3	13.7	13.5	13.0	12.3	11.6	10.9	10.6
20	11.0	11.5	12.0	12.6	13.1	13.3	13.2	12.8	12.3	11.7	11.2	10.9
15	11.3	11.6	12.0	12.5	12.8	13.0	12.9	12.6	12.2	11.8	11.4	11.2
10	11.6	11.8	12.0	12.3	12.6	12.7	12.6	12.4	12.1	11.8	11.6	11.5
0	12.1	12.1	12.1	12.1	12.1	12.1	12.1	12.1	12.1	12.1	12.1	12.1

سرعت باد در ایستگاههای هواشناسی معمولاً در ارتفاعات مختلف اندازه گیری می شود ولی آنچه به عنوان استاندارد مورد استفاده می گیرد سرعت در ارتفاع ۲ متری است. a و b می توان از معادله های زیر بدست آورد:

$$a = 0.0043(RH_{min}) - \frac{n}{N} - 1.41$$

$$b = 0.82 - 0.0041(RH_{min}) + 1.07(n/N) + 0.066(U_{day}) - 0.006(RH_{min})\frac{n}{N} - 0.0006(RH_{min})(U_{day})$$

در این فرمول ها n تعداد ساعات واقعی آفتاب، N حداکثر ساعات ممکن تابش آفتاب، RH_{min} حداقل رطوبت نسبی (درصد) و U_{day} سرعت باد در طول روز در ارتفاع ۲ متری از سطح زمین (متر بر ثانیه)است. چنانچه آمار اندازه گیری سرعت باد در ارتفاع دیگری مثلاً Z در اختیار باشد برای استفاده در فرمول لازم است سرعت باد در ارتفاع Z به سرعت باد در ارتفاع ۲ متری تبدیل شود. برای این منظور از به صورت زیر عمل می کنیم

سرعت باد در ارتفاع ۲ متری

در صورتی که سرعت باد در ارتفاع دیگری به غیر از ۲ متر اندازه گیری شده باشد برای استفاده در فرمول فائو ـ پنمن ـ مونتیت باید آن را به سرعت در ارتفاع ۲ متر تبدیل کرد که معادله کلی آن بصورت فرمول زیر می باشد.

$$U_{2m} = U_z [2.0 / Z]^{0.15}$$

پروژه یاب
University Project

که در آن:

U_{2m}= معادل سرعت باد در ارتفاع ۲ متری

U_Z= سرعت باد در ارتفاع Z متری

Z= ارتفاعی که سرعت باد در آن اندازه گیری شده است.

مثال

برای روز اول ماه مه (اردیبشهت) در منطقه ای با مشخصه های زیر مقدار تبخیر ـ تعرق گیاه مرجع را به روش بلانی ـ کریدل محاسبه کنید.

ـ عرض جغرافیایی 35 °N

ـ دمای حداکثر $T_{max} = 21°C$ و دمای حداقل $T_{min} = 9.4°C$

ـ تعداد ساعات آفتابی n = 10 ،

سرعت باد در روز در ارتفاع دو متری 7.5m/sec

ـ حداقل رطوبت نسبی RH_{min}= 48%

حل

باتوجه به عرض جغرافیایی در روز اول ماه مه مقدار N = 14 میباشد و لذا:

$\frac{n}{N} = \frac{10}{14} = 0.71$

$RH_{min} = 48\%$

از معادله مربوطه مقدار a برابر ۱/۹۱- بدست می آید چون :

$a = 0.0043(48) - 0.71 - 1.41 = -1.91$

از معادله مربوطه مقدار b برابر ۱/۴۶ تعیین می گردد.

$b = 0.82 - 0.0041(48) + 1.07(0.71) + 0.066(7.5) - 0.006(48)(0.71) - 0.0006(48)(7.5) = 1.46$

از جدول برای عرض جغرافیایی ۳۵ درجه و ماه مه مقدار P=0.31 استخراج می گردد.

میانگین دما برابر ۱۵/۲ درجه سانتی گراد است زیرا:

پروژه یاب
University Project

$$T = \frac{Tmax+Tmin}{2} = \frac{21+9.4}{2} = 15.2℃$$

لذا مقدار ET_o برابر خواهد بود با

$$ET_O = -1.91 + 1.46[0.31(0.46 \times 15.2 + 8.13)] = 4.9 \text{ mm/day}$$

روش تشت تبخیر

تشت تبخیر ساده ترین وسیله ای است که با آن می توان مقدار تبخیر را از یک سطح نسبتاً آزاد بدست آورد. در ایستگاههای هواشناسی معمولاً از تشت استاندارد کلاس A که ظرفی استوانه ای از جنس آهن گالوانیزه با قطر ۱۲۱ سانتی متر و ارتفاع ۲۵/۴ سانتی متر می باشد استفاده می شود. در صورتی که مقدار تبخیر از تشت در یک دوره زمانی مشخص (روز یا ماه) برابر E_P باشد، تبخیر – تعرق گیاه مرجع(ET_0) در همان دوره برابر خواهد بود با:

$$ET_0 = K_{pan}(E_P)$$

ضریب K_{pan} بنام ضریب تشت معروف بوده و بستگی به وضعیت استقرار تشت و محیط اطراف آن داشته و مقدار آن در مناطق مختلف بین ۰/۵ تا ۰/۸۵ متغیر است. سرعت باد، رطوبت هوا و ارتفاع محل از سطح دریا نیز بر ضریب تشت موثرند. ضریب تشت برای کارهای عملی معمولاً ۰/۶۶ در نظر گرفته می شود. ضریب تشت برای ماههای مختلف سال متغیر است که مقدار متوسط آن را می توان از جدول ۵-۵ بدست آورد. بطوری که در این جدول مشاهده می شود ضریب تشت در ماههای سرد کم و در ماههای گرم زیاد تر است .

ضریب تشت کلاس A برای ماههای مختلف سال

ماه	ضریب	ماه	ضریب
ژانویه	0.62	ژوئیه	0.76
فوریه	0.72	اوت	0.75
مارس	0.77	سپتامبر	0.73
آوریل	0.77	اکتبر	0.69
مه	0.78	نوامبر	0.63
ژون	0.80	دسامبر	0.58

ضریب گیاهی

در تمام روشهایی که توسط آنها تبخیر- تعرق گیاه مرجع(ET_0) محاسبه می شود لازم است ضریب گیاهی نیز محاسبه شود.

پروژه یاب
University Project

محاسبه ضریب گیاهی: برای آنکه بتوان نتایج حاصله از محاسبه ET_0 را به سطوح پوشش گیاهی مورد نظر تعمیم داد لازم است مقادیر ET_0 بدست آمده را در ضریب گیاهی (K_c) ضرب نمود تا نیاز آبی گیاه مورد نظر (ET_c) بدست آید.

$$ET_C = K_C(ET_0)$$

ضریب گیاهی بستگی به عواملی مانند نوع گیاه، مرحله رشد و شرایط آب و هوایی محل دارد. ضریب گیاهی یک مقدار ثابت نبوده و مقدار آن در طول دوره رویش گیاه تغییر می کند. برای تعیین ضریب گیاهی و استفاده آن جهت تبدیل ET_0 به تبخیر – تعرق گیاه مورد نظر بر اساس روش پیشنهادی FAO برای دوره رویش گیاه منحنی تغییرات ضریب گیاهی رسم می شود تا در هر مرحله از رشد ضریبی متناسب با همان مرحله اعمال شود.

در این روش فرض شده است که ضریب گیاهی از ابتدای رشد گیاه تا مرحله برداشت آن متغیر است. هر چند این تغییرات خطی نیست ولی کل دوره رویش به ۴ بخش تقسیم شده است که هر قسمت تغییرات ضریب گیاهی بصورت یک خط مشخص می شود. بنابراین اولین قدم این است که دوره رشد گیاه را به ۴ بخش تقسیم کنیم. اساس تقسیم بندی به شرح زیر است:

الف- مرحله ابتدایی رشد : یعنی از زمان کاشت تا هنگامی که گیاه ۱۰درصد سطح زمین را در بر گیرد.

ب- مرحله رشد و توسعه گیاه: از انتهای مرحله ابتدایی تا زمانی که گیاه به حداکثر رشد رسیده و حدود ۷۰ تا ۸۰ درصد سطح زمین را در بر گیرد.

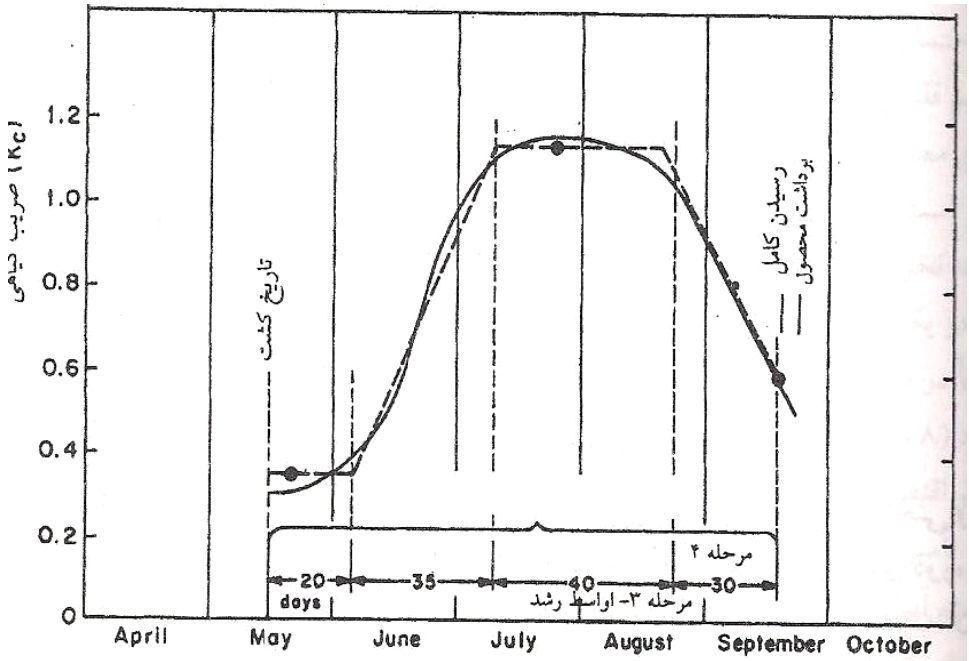
ج- مرحله میانی : از انتهای مرحله توسعه تا زمانی که گیاه در حال کامل بودن می باشد .

د- مرحله نهایی: از انتهای مرحله میانی نا مرحله برداشت محصول.

مراحل مختلف رشد در هر منطقه بسته به شرایط آب و هوایی متفاوت است و اگر اطلاع دقیقی از آن در دست نباشد می بایست با مروّجین و زارعین منطقه مذاکره و اطلاعات لازم کسب گردد.

پس از آنکه دوره رشد گیاه به ۴ مرحله تقسیم شد، برای رسم منحنی ضریب گیاهی قدم بعدی آن است که ضریب گیاهی را برای مرحله ابتدائی رشد (K_{c-ini}) ، دوره میانی رشد (K_{c-mid}) و نقطه آخر مرحله چهارم (K_{end}) از جدول زیر بدست آوریم.

پروژه یاب
University Project



نمودار تشریحی برای رسم منحنی تغییرات ضریب گیاهی در طول دوره رشد.

ابتدا دو محور متعامد در نظر گرفته می شود که محور افقی را برای زمان (طول دوره رشد) و محور عمودی را برای K_c مدرج می کنیم. در محور افقی طول دوره های چهارگانه رشد را مشخص کرده و از نقاط ابتدا و انتهای هر دوره خطوط عمودی بر محور افقی اخراج می کنیم. مثلاً در شکل ۵-۳ از شروع کاشت دوره های چهارگانه مشخص شده است. از محور عمودی یک خط افقی را از نقطه ای که ارتفاع آن برابر K_{c-ini} یعنی ضریب گیاهی در مرحله ابتدایی رشد باشد اخراج می کنیم تا خطوط عمودی مربوط به ابتدا و انتهای دوره ابتدایی رشد را قطع کند. این خط قسمتی از منحنی ضریب گیاهی خواهد بود که نشان می دهد در طول دوره اولیه رشد ضریب گیاهی ثابت و مقدار آن برابر K_{c-ini} می باشد . سپس به همین طریق از روی محور yها (محور عمودی) و از نقطه ای که برابر K_{c-mid}در مرحله سوم رشد باشد خط افقی اخراج می کنیم تا خطوط عمودی مربوط به ابتدا و انتهای مرحله سوم را قطع کند.

بدین ترتیب یک قطعه خط افقی دیگرکه قسمتی از منحنی ضریب گیاهی است به دست می آید . این قطعه خط نشان می دهد که ضریب گیاهی در مرحله سوم رشد نیز ثابت در نظر گرفته می شود. حال انتهای قطعه خط افقی اول را به ابتدای قطعه خط افقی دوم وصل می کنیم تا قسمت دیگری از منحنی که در واقع تغییرات ضریب گیاهی در مرحله دوم رشد است بدست می آید. آن گاه روی محور عمودی مقدار ضریب گیاهی مربوط به دوره چهارم (K_{c-end}) را مشخص کرده و از آن یک خط افقی اخراج می کنیم تا خط عمودی مربوط به انتهای مرحله چهارم را در نقطه ای قطع کند. سپس این نقطه را به انتهای قطعه خط افقی دوم یا قطعه خط مربوط به ضریب گیاهی مرحله ۳ وصل می کنیم تا قسمت چهارم منحنی گیاهی ضریب گیاهی که تغییرات ضریب گیاهی در مرحله آخر رشد است بدست می آید. بدین ترتیب منحنی تغییرات ضریب گیاهی که مشتمل بر چهار قطعه خط است بدست می آید.

پروژه یاب
University Project

ضرایب گیاهی (K_c) جهت استفاده در رسم منحنی تغییرات آن در دوره رشد

نوع گیاه	ضریب گیاهی			حداکثر ارتفاع گیاه
	$K_{c\text{-ini}}$	$K_{c\text{-mid}}$	$K_{c\text{-end}}$	متر (h)
کاج و سرو	1.00	1.05	1.05	10
سیب	0.45	0.95	0.95	8
هلو	0.45	0.90	0.65	3
گلابی	0.45	0.90	0.90	4
زیتون	0.65	0.75	0.70	6-10
خرما	0.95	0.95	0.95	8
پسته	0.30	1.15	0.45	3-6
گردو	0.50	1.10	0.65	4-5
مرکبات	0.65	0.70	0.65	4
بادام	0.40	0.95	0.65	5
کیوی	0.30	1.05	1.05	3-5
انگور	0.30	0.85	0.45	2
چای	0.40	0.95	0.65	5
تمشک	0.30	1.05	0.50	1.5
پنبه	0.32	1.15	0.70	0.7-1.5
زیره	0.34	0.74	0.43	0.25
زعفران	0.43	0.75	0.55	0.20
آفتابگردان	0.32	1.15	0.32	2
گندم	0.30	1.15	0.25	1.0
جو	0.30	1.15	0.25	1.0
سورگوم	0.30	1.0	0.22	1.0
برنج	1.10	1.20	0.90	1.0
یونجه	0.40	1.20	1.15	0.7
نیشکر	0.40	1.25	0.75	3-4
جالیز	0.40	1.05	0.75	0.4
سبزیجات	0.40	1.15	0.80	0.8
چغندرقند	0.35	1.20	0.60	0.6

برنامه ریزی آبیاری

به کلیه عملیاتی که طی آن مشخص شود چه موقع و چه مقدار آب به زمین داده شود برنامه ریزی آبیاری (irrigation scheduling) گویند. برنامه ریزی آبیاری از این جهت اهمیت دارد که علاوه بر صرفه جویی در

پروژه یاب
University Project

مقدار آب زارع می تواند هماهنگ با آن سایر عملیات کشاورزی را نیز تنظیم نماید. مقدار آبی که باید به زمین داد (i_n)بستگی به سه عامل زیر دارد:

- حداکثر تخلیه مجاز رطوبت از خاک MAD (بصورت اعشار)
- عمق توسعه ریشه ها، (D_r بر حسب متر)
- مقدار کل رطوبت موجود، TAM (mm/m)

بعنوان مثال چنانچه حداکثر تخلیه مجاز رطوبت در مورد یک زراعت ۰/۵۵ و عمق توسعه ریشه ها ۷۵ سانتی متر و مقدار کل رطوبت ۱۲۰ میلی متردر هر متر عمق خاک باشد ارتفاع آبیاری در هر نوبت از فرمول زیر محاسبه می شود که برابر ۵۰ میلی متر آب خواهد بود.

$$i_n = (MAD)(D_r)(TAM)$$

$$i_n = (0.55)(0.75)(120)$$

$$i_n = 49/6 = 50mm$$

تعیین زمان آبیاری

روشهای مختلفی وجود دارد که بر اساس آنها زارع می تواند زمان آبیاری را مشخص کند. این روشها در سه گروه خلاصه می شوند که عبارتند از:

- استفاده از نمایه های گیاهی
- استفاده از نمایه های خاک
- استفاده از روشهای بیلان آبی.

در کاربرد نمایه های گیاهی و خاک از برخی خصوصیات مربوط به گیاه و خاک که بستگی به وضعیت آبی آنها دارد استفاده می شود حال آنکه روش بودجه آبی مبتنی بر حسابرسی روزانه آب در مزرعه است.

نمایه های گیاهی:

ساده ترین روش برای تعیین زمان آبیاری این است که برخی از خصوصیات بارز گیاه را گرفته و تغییرات آن را در روزهای بعد از آبیاری تعقیب کنیم. نمایه های ظاهری مانند شادابی برگها و شاخه ها و رنگ برگ ها از جمله پارامترهایی می باشند که با تغییر شدید آنها در هنگام تشنگی گیاه می توان زمان آبیاری را تعیین کرد. با اندازه گیری روزانه قطر ساقه و ارتفاع گیاه می توان به سرعت رشد پی برد و هر زمان که این سرعت متوقف گردید نشانه آن است که باید آبیاری صورت پذیرد. در استفاده از نمایه های ظاهری باید دقت کافی به عمل آید تا عوامل دیگری که ممکن است تغییرات ظاهری در گیاه ایجاد کنند با تشنگی گیاه اشتباه نشوند. از جمله این عوامل آفات و بیمارها و برخی عوامل محیطی را می توان ذکر کرد با این وجود تنها مزیت استفاده از وضع ظاهری گیاه ساده بودن آن است که اکثر زارعین با تجارب زیاد با نگاه کردن به مزرعه متوجه تشنگی آن می‌شوند.

پروژه یاب
University Project

نمایه‌های خاک

نمایه‌های خاک که در تعیین زمان آبیاری بکار می‌روند مشتمل بر تعیین رطوبت خاک و مقایسه آن با حداقل رطوبت است که باید خاک قبل از آبیاری داشته باشد. برای این منظور لازم است که این حداقل رطوبت قبلاً تعیین شده باشد. حداقل رطوبت در مراحل مختلف رشد متفاوت است و نمی‌توان در تمام طول دوره رشد از یک معیار رطوبتی استفاده کرد. از روی نمایه‌های خاک می‌توان مقدار آبی را نیز که باید به زمین داده شود بدست آورد. مثلاً اگر قرار باشد آبیاری هنگامی صورت گیرد که رطوبت خاک به ۱۶ درصد حجمی برسد و براساس داده‌های روزانه تغییرات رطوبت از روز اول خرداد که در این روز پس از آبیاری است به شرح زیر باشد:

روز	Θ (درصد حجمی رطوبت)
1	22.5
2	21.7
3	19.6
4	18.4
5	17.1
6	15.6

مشخص می‌شود که آبیاری باید در روز ۶ خرداد که رطوبت حدوداً به ۱۶ درصد می‌رسد مجدداً انجام شود.

برای اندازه‌گیری رطوبت خاک می‌توان از یکی از روشهای معمول مانند روشهای جرمی و حجمی، بلوک گچی، تانسیومتر، نوترون متر و یا حتی روشهای با دست استفاده کرد. اما اندازه‌گیری پتانسیل خاک و تعیین زمان آبیاری از روی مکش خاک مطمئن‌ترین روش در بین روشهای نمایه‌ای خاک است. برای این منظور تانسیومتر ساده‌ترین وسیله‌ای است که در بازار موجود است. تانسیومترها دامنه کار محدودی داشته و می‌توانند بین ۰ تا ۸۰- سانتی‌بار را نشان دهند. بنابراین اعدادی که توسط تانسیومتر قرائت می‌شود باید به دقت مورد تفسیر قرار داده شوند. قرائت صفر نشانه این است که خاک در وضعیت اشباع بوده و باید یکی دوروز پس از آبیاری این حالت برطرف شود. اگر برای مدت طولانی عقربه تانسیومتر بین ۰ تا ۱۰ ثابت بماند نشانه ماندابی بودن خاک و یا خراب بودن تانسیومتر است. اعداد بین ۱۰ تا ۳۰ نشان دهنده این است که خاک در وضعیت ظرفیت زراعی بوده و نیازی به آبیاری نمی‌باشد. هنگامی که عقربه به عدد ۴۰ می‌رسد، نشانه این است که آبیاری می‌تواند از این روز به بعد شروع شود (در خاکهای شنی و لوم شنی). در خاکهای لومی و یا سیلت لوم آبیاری هنگامی شروع می‌شود که عقربه تانسیومتر بین ۴۰ تا ۵۰ باشد. حال آنکه زمان شروع آبیاری در خاکهای رس سیلتی هنگامی است که عقربه تانسیومتر بین ۵۰ تا ۶۰ باشد.

پروژه یاب
University Project

در طراحی سیستم آبیاری مقدار رطوبت موجود بین دو حد ظرفیت زراعی و آب سهل الوصول اساس تعیین دور آبیاری قرار می گیرد

مثال

در یک مزرعه گوجه فرنگی عمق موثر ریشه ها ۱/۵ متر است. حداکثر تبخیر –تعرق در اواسط فصل رشد که تعیین دور آبیاری بر اساس آن صورت می گیرد ۹ میلی متر در روز تخمین زده شده است. چنانچه در هر آبیاری رطوبت خاک تا حد ظرفیت زراعی افزایش یابد حساب کنید:

(الف) در خاک لوم شنی اگر بخواهیم در هر آبیاری ۴۰ درصد آب قابل دسترسی تخلیه شود فاصله آبیاری ها تا چند روز مجاز است ؟ - اگر بخواهیم تا ۶۰ درصد آب قابل دسترس تخلیه شود این فاصله چقدر خواهد بود؟

(ب) اگر خاک رس سیلتی باشد فاصله آبیاری ها چند روز می تواند باشد.

حل

برای خاک لوم شنی (sandy loam) اگر حدّ پژمردگی دائم ۹ درصد حجمی (۹۰ میلی متر آب در هر متر عمق خاک) و حد ظرفیت زراعی (FC) ۲۱ درصد حجمی یا ۲۱۰ میلی متر آب در هر متر عمق خاک باشد. تفاوت این دو مقدار کل آب قابل دسترس(totla available moisture) یا TAM است.

TAM = FC – PWP

TAM = 21% - 9% = 12% = 120 mm/m

مقدار آب سهل الوصول (RAW) با در نظر گرفتن اینکه ۴۰ درصد کل آب قابل دسترس می باشد برای ۱/۵ متر عمق برابر است با:

RAW_{40} = (0.4) (120) (1.5) = 72 mm

در این صورت فاصله بین آبیاری ها(I_{fr}) برابر است با:

$$I_{fr} = \frac{RAW}{ET_{max}} = \frac{72.0}{9} = 8$$ روز

و اگر آب سهل الوصول ۶۰ درصد آب قابل دسترس باشد خواهیم داشت:

RAW_{60} = (0.6)(120)(1.5) = 108 mm

در این صورت فاصله آبیاری ها عبارت خواهد بود از:

$$I_{fr} = \frac{108}{9} = 12$$ روز

پروژه یاب
University Project

(ب) برای خاک رسی سیلتی (silty clay)

TAM = 40% - 20% = 20% = 200 mm/m

به ازاء ۴۰ درصد تخلیه:

RAW_{40} = (0.4) (200) (1.5) = 120 mm

فاصله آبیاری ها عبارت است از:

$I_{fr} = \frac{120}{9} \approx 13$ روز

و به ازاء ۶۰ درصد تخلیه فاصله آبیاری ها عبارت خواهد بود از:

RAW_{40} = (0.6) (200) (1.5) = 180 mm

$I_{fr} = \frac{180}{9} = 20$ روز

پروژه یاب
University Project

سیستم های آبیاری

اجزای سیستم آبیاری

برای تامین آب و انتقال آن به مزرعه و توزیع آن در سطح زمین بسته به شرایط و وضعیت های مختلف روش های گوناگونی بکار گرفته میشود. آب ممکن است از رودخانه تامین شود. اما اگر منبع آب چاه و لایه های آبدار زیر زمینی باشد در این صورت ناچارا باید از پمپ استفاده کرد. انتقال اب از منبع تا مزرعه ممکن ایست توسط کانال روباز ویا لوله های تحت فشار صورت گیرد.پس از اینکه اب به مزرعه رسید با سیستم های مختلف در سطح مزرعه پخش میشود .سیستم های سطحی یا ثقلی gravity، سیستمهای بارانی sprinklers و سیستم های موضعی (خرد ابیاری یا قطره ای) micro سه روش عمده توزیع اب در سطح مزرعه می باشند. این سیستم ها هیچ کدام بر دیگری ارجحیت نداشته و هر کدام دارای محاسن ومعایب میباشند که باید متناسب با شرایط طبیعی، فنی، اقتصادی و اجتماعی و دیگر عوامل موثر یکی از انها را انتخاب نمود. مثلا در زمین های که شیب انها کمتر از ۲ درصد بوده و یا در مواردی که کارگر فراوان در اختیار است سیستم های سطحی مناسب تر میباشند. بخصوص این که سرمایه گذاری اولیه برای این سیستم ها نیز اندک است. حال انکه در اراضی سبک با نفوذپذیری زیاد و یا اراضی شیبدار و فرسایش پذیر میتوان از سیستم های بارانی استفاده کرد. اما هرینه و سرمایه گذاری اولیه برای این سیستم ها بیشتر از سیستم های ثقلی است. در وضعیتی که ارزش اب زیاد و مقدار آن نیز کم باشد و یا آنکه آب شور بوده وبخواهیم فقط برای هر بوته یا درخت به تنهایی آب را تامین کنیم روش آبیاری قطره ای ارجح است.

آخرین قسمت از یک سیستم آبیاری بخشی است که آب اضافی باید از مزرعه خارج شود. زارعین معمولا این بخش را نادیده گرفته و حتی ممکن است از خروج اب اضافی جلوگیری نمایند. مثلا غالبا مشاهده میشود که انتهای کرت ها یا جوبچه ها را سد کرده مانع خروج اب اضافی از زمین میگردند وچنین تصور می کنند که بدین صورت جلو تلفات اب گرفته میشود. حال انکه در این وضعیت قسمت انتهای مزرعه غرقاب شده و باعث خفگی گیاه و از بین رفتن ان میگردد. در صورتی که باید به این نکته مهم توجه شود که زه اب بخشی از اب ابیاری بوده و همانطور که در تامین اب برای مزرعه دقت میشود در خروج و زه کشی اب اضافی نیز باید دقت کافی بعمل امده و تمهیدات لازم برای انجام ان در نظر گرفته شود.

عملکرد سیستم‌های آبیاری مزرعه

سیستم‌های آبیاری مزرعه با این هدف طراحی می‌شوند که آب مورد نیاز زراعت را با حداقل تلفات تأمین نمایند. تلفات آب ممکن است به دلیل نفوذ آب در جدار کانال‌ها، نفوذ عمقی به خارج از منطقه توسعه ریشه‌ها، رواناب سطحی، تبخیر و امثال آن باشد. عملکرد یک سیستم آبیاری از روی راندمان آن سیستم می‌سنجند

راندمان آبیاری

بر اساس یک تعریف ساده راندمان کلی یک سیستم آبیاری (E_i) که به آن راندمان آبیاری نیز گفته می‌شود درصدی از مقدار آب تأمین شده برای مزرعه است که بتواند مفید واقع گردد. مثلاً اگر برای مزرعه‌ای به

پروژه یاب
University Project

مقدار S آب تأمین شده باشد اما نیاز آبیاری و آبشویی به ترتیب I و L باشد در این صورت راندمان آبیاری در این مزرعه عبارت خواهد بود از:

$$E_i = 100(\frac{I+L}{S})$$

مثال

در یک شبانه روز (۲۴ساعت) جریانی به مقدار ۱۹۰۰ لیتر در دقیقه وارد مزرعه شده و با آن ۰/۶هکتار ذرت و ۱هکتار یونجه که مقادیر آب سهل الوصول (RAW) برای آنها به ترتیب ۸ و ۱۵ سانتی متر است آبیاری شده است. اگر فرض شود که آب در سراسر دو مزرعه بطور کاملا" یکنواخت توزیع شده باشد و آبیاری تا حد ظرفیت زراعی انجام گردد راندمان آبیاری چقدر خواهد بود. از نیاز آبشویی صرفنظر شود .

حل :

$$S=(1900)(60)(24)= 2736000lit= 2736m^3$$

$$I=(8)(0.6)(\frac{1}{100})(10000) + (15)(1.0)(\frac{1}{100})(10000)$$

$$I=1980m^3$$

$$L=0$$

$$E_i=100(\frac{1980}{2736})=72.4\%$$

در مثال فوق مشخص گردید که از مقدار آب تامین شده برای مزرعه ۷۲/۴درصد آن مفید واقع گردید و ۲۷/۶درصد به عناوین مختلف تلف شده است. علاوه بر این در مثال مذکور فرض شده است که عدم پخش یکنواخت آب نیز خود باعث تلفات می گردد. زیرا در بعضی از نقاط مزرعه آب بیش از حد نفوذ کرده و موجب تلفات عمقی می گردد.

در ارزیابی عملکرد سیستم آبیاری غالبا" راندمان های ذخیره آب در مخزن (E_r)، راندمان انتقال (E_c) و راندمان کاربرد آب در مزرعه (E_a) به صورت جداگانه محاسبه و سپس راندمان کلی آبیاری (E_i) از فرمول زیر محاسبه می شود:

$$E_i=(\frac{E_r}{100})(\frac{E_c}{100})(\frac{E_a}{100})(100)$$

در این فرمول هر کدام از راندمان ها بر حسب در صد می باشند .

راندمان ذخیره در مخزن

چون زارعین غالبا" آب را پس از استخراج یا تحویل از شبکه آبیاری در مخزنی ذخیره و سپس آن را به مزرعه انتقال می دهند امکان وجود تلفات به دلیل تبخیر یا نفوذ آب در جدار مخزن وجود دارد . بنابر این راندمان ذخیره آب در مخزن(reservoir storage efficiency)عبارت خواهد بود از :

$$E_r=100\left[\frac{V_i-(V_s+V_e)}{V_i}\right]=100(\frac{V_o+\Delta_s}{V_i})$$

که در آن :

V_i=حجم آب ورودی به مخزن در دوره زمانی مورد نظر

V_o=حجم آب خروجی از مخزن در دوره زمانی مورد نظر

V_s=حجم نفوذ عمقی آب از جدار مخزن

V_e=حجم آب تبخیر شده از سطح مخزن

Δ_s =تبخیر در حجم ذخیره آب در مخزن در دوره مورد نظر به عبارت دیگر مقدار آبی که لازم است به مخزن اضافه یا از آن برداشت شود تا سطح آب مخزن به همان سطحی که در ابتدای دوره زمانی بوده است برسد. اگر برای رسیدن به تراز اولیه لازم باشد آب به مخزن اظافه شود Δ_s منفی و اگر لازم باشد آب از آن برداشت شود Δ_s مثبت می باشد.

مثال

جریانی به مقدار ۳۲۲۰ لیتر در دقیقه در مدت یک شبانه روز وارد مخزن شده و در همین مدت جریانی با دبی ۲۶۵۰ لیتر در دقیقه از آن خارج می شود. اگر برای رسیدن به تراز اولیه آب در مخزن لازم باشد ۳۸۰ متر مکعب آب از مخزن برداشت شود راندمان ذخیره آب در مخزن چقدر است ؟

حل :

$$V_i = (3220)(24)(60)\left(\frac{1}{1000}\right) = 4637m^3$$

$$V_o = (2650)(24)(60)\left(\frac{1}{1000}\right) = 3816m^3$$

Δ_s=+380m^3

$$E_r = 100\left(\frac{3816 + 380}{4637}\right) = 90.5\%$$

بدین ترتیب ملاحضه می شود که از مقدار آب ورودی به مخزن ۹/۵درصد به دلیل تبخیر سطحی و نفوذ در جدار مخزن تلف می گردد.

راندمان انتقال

طی انتقال آب از مخزن به مزرعه نیز ممکن است تلفاتی صورت گیرد که عمدتاً به دلیل نفوذ آب در جدار، مصرف آب توسط گیاهان و علف های هرز جدار آبراهه و یا تبخیر از سطح آب است. برای ارزیابی این تلفات نیز راندمان انتقال (conveyance efficiency) به صورت زیر توصیف شده است :

$$E_c = 100\left(\frac{V_{co}}{V_{ci}}\right)$$

در این فرمول :

V_{ci}=حجم آب انتقال یافته به مزرعه توسط سیستم انتقال دهنده.

V_{co}=حجم آب وارد شده به سیستم انتقال دهنده.

پروژه یاب
University Project

مثال

جریانی معادل ۲۶۵۰ لیتر در دقیقه از مخزن وارد یک کانال می شود با این جریان مجموعاً ۹۶ جویچه در زراعت های ذرت و یونجه آبیاری می شوند که دبی جریان ورودی به ۲۶ جویچه ذرت ۱۹ لیتر در دقیقه و به ۷۰ جویچه یونجه ۲۷ لیتر در دقیقه است . راندمان انتقال آب به مزرعه چقدر است.

حل :

اگر زمان آبیاری t باشد حجم آب ورودی به جویچه های ذرت و یونجه عبارتست از :

جریان ورودی برای آبیاری ۲۶ جویچه ذرت =(26)(19)(t)

جریان ورودی برای آبیاری ۷۰ جویچه یونجه = (70)(27)(t)

بنابر این راندمان انتقال آب برابر خواهد بود با :

$$E_c = 100\left(\frac{(26)(19)(t) + (70)(27)(t)}{(2650)(t)}\right)$$

$$E_c = 90\%$$

راندمان کاربرد آب

راندمان مصرف یا کاربرد آب (efficiencyapplication) در یک مزرعه (E_a) عبارت است از حجم آبی که به صورت مفید توسط گیاه مورد استفاده قرار میگیرد (V_{bu}) به حجم آبی که وارد مزرعه می شود . اگر نیاز آبیاری I نیاز آبشویی L و مقدار آبی که وارد مزرعه شده است V_a باشد در این صورت راندمان کاربرد آب عبارت خواهد بود از :

$$E_a = 100(\frac{V_{bu}}{V_a})=100(\frac{I+L}{V_a})$$

مثال

در یک مزرعه در هر روز ۰/۶ هکتار ذرت و ۱ هکتار یونجه آبیاری می شود. مقدار آب سهل الوصول (RAW) برای ذرت و یونجه به ترتیب ۸ و ۱۵ سانتی متر می باشد مزرعه ذرت شامل ۲۶ جویچه که دبی ورودی به هرکدام ۱۹ لیتر در دقیقه و مزرعه یونجه شامل ۷۰ جویچه که دبی ورودی هر یک ۲۷ لیتر در دقیقه است می باشد. چنانچه نیاز آبشویی را صفر فرض کنیم حساب کنید راندمان آبیاری را در زمین ذرت و یونجه و متوسط مزرعه .

حل :

در مورد ذرت حجم آبی که مفید واقع می شود (V_{bu})عبارت است از :

$$V_{bu} = (0.6ha)(8cm)\left(\frac{1m}{100cm}\right)\left(\frac{10000m^2}{1\ ha}\right) = 480m^3$$

و حجم آب وارد شده به جویچه های ذرت (V_a)عبارت خواهد بود از :

پروژه یاب
University Project

$$V_a = (26\ \text{furrows})\left(\frac{19\frac{L}{min}}{\text{furrow}}\right)(24\ \text{hr})\left(60\frac{min}{h}\right)\left(\frac{1m^3}{1000L}\right)$$

$$V_a = 711m^3$$

راندمان کاربرد آب در زمین ذرت عبارت است از:

$$E_a = 100(\frac{480}{711})=67.5\%$$

در مورد یونجه :

$$V_{bu} = (1.0ha)(15cm)\left(\frac{1m}{100cm}\right)\left(\frac{10000m^2}{ha}\right) = 1500m^3$$

$$V_a = (70\ \text{furrows})\left(\frac{27\frac{L}{min}}{\text{furrow}}\right)(24\ \text{hr})\left(60\frac{min}{h}\right)\left(\frac{1m^3}{1000L}\right)$$

$$V_a = 2722m^3$$

$$E_a = 100(\frac{1500}{2722})=55.1\%$$

راندمان در مورد کل مزرعه :

$$E_a = 100(\frac{480+1500}{711+2722})=57.5\%$$

حال با توجه به این سه مثال که در مورد راندمان های ذخیره ،انتقال و کاربرد آب ارائه شد راندمان کلی آبیاری عبارت خواهد بود از:

$$E_i = \left(\frac{90.5}{100}\right)\left(\frac{90.0}{100}\right)\left(\frac{57.7}{100}\right)(100) = 47.0\%$$

به عبارت دیگر از مقدار کلی آبی که وارد مخزن می شود ۴۷ درصد آن بصورت مفید مورد استفاده قرار می گیرد.

پروژه یاب
University Project

سیستم های آبیاری سطحی

مقدمه

آبیاری سطحی قدیمی‌ترین روش آبیاری است که در اکثر نقاط جهان رواج دارد. این روش برحسب وضعیت و شرایط خاک، آب، زمین و تجربه زارعین بصور گوناگون انجام می‌پذیرد: مانند آبیاری به روش جویچه‌ای، کرتی، شیاری، نواری و غیره. آبیاری سطحی اگر به درستی طراحی و اجرا شود، به دلیل عدم نیاز به وسایل و دستگاههای پیچیده، برای زارعین یکی از بهترین روشها محسوب می‌شود اما چنانچه بخوبی اجرا نشود، موجب تلفات آب، عدم یکنواختی توزیع آب و کاهش محصول می‌گردد. در تصمیم‌گیری برای انتخاب شیوهٔ آبیاری سطحی بایستی عوامل زیادی در نظر قرار گیرند. این عوامل عبارتند از: پستی و بلندی زمین، نوع خاک، شکل مزرعه، نوع گیاه و نیروی کار انسانی.

پستی و بلندی در انتخاب روش آبیاری شیب زمین مهمترین عامل است. اگر زمین مسطح یا شیب آن کم باشد می‌توان از روش آبیاری کرتی استفاده کرده و نیاز کمی به آماده‌سازی دارد. اما در صورتی که شیب زمین زیاد باشد بهتر است از روشهای آبیاری نواری یا ردیفی استفاده شود. البته در چنین مواردی از روش آبیاری کرتی نیز می‌توان استفاده کرد، لکن لازم است زمین را بدقت بشکل تراس‌های هموار درآوریم.

حداکثر شیب در آبیاری سطحی به وضعیت پوشش خاک بستگی دارد. اگر زمین پوشش علفی، مثلاً یونجه، داشته باشد شیب زمین می‌تواند زیاد باشد، زیرا در این صورت خطر فرسایش خاک کمتر است. در مناطق مرطوب به علت وجود بارندگیهای شدید و امکان بروز فرسایش خاک شیب زمین بایستی کم گرفته شود. اگر زمین ناهموار باشد می‌توان آن را هموار و شیب‌بندی کرد تا به زمینی با شیب یکنواخت تبدیل شده و برای یک روش آبیاری سطحی خاص مناسب گردد.

نوع خاک تمام روشهای آبیاری سطحی برای خاکهایی که میزان نفوذپذیری آنها کم (بین ۱ تا ۱۰ میلی‌متر در ساعت) و متوسط (بین ۱۰ تا ۳۰ میلی‌متر در ساعت) است مناسب هستند. اما اگر نفوذ پذیری خاک بیشتر از ۳۰ میلی متر در ساعت باشد تامین مقدار جریانی که بتواند قبل از نفوذ کامل در خاک فاصله ای قابل قبول را در مزرعه طی کند مشکل خواهد بود لذا در چنین مواردی باید از روشهای دیگر مانند آبیاری بارانی و قطره ای استفاده کرد.

شکل مزرعه

در مزارعی که شکل نامنظم دارند بسادگی می توان از روش آبیاری کرتی استفاده کرد . روشهای آبیاری نواری و ردیفی برای مزارع مستطیل شکل مناسب است تا بتوان نوارها وشیارهایی به طول های یکسان ایجاد

پروژه یاب
University Project

کرد. در چنین مواردی آبیاری ساده تر انجام میشود زیرا برای تمام شیارها و نوارها مقدار جریان و زمان آبیاری مشابهی مورد نیاز است.

نوع گیاه

گیاهان را می توان از نظر آبیاری به ۴ گروه طبقه بندی کرد : گیاهان ردیفی ،(مانند سیب زمینی و گوجه فرنگی)،گیاهان غیر ردیفی (مثل یونجه)، برنج (شالی) و باغات میوه. در مورد گیاهان ردیفی بیشتر برای گیاهانی مناسب است که بیش از ۱۲ ساعت قادر به ماندن در آب نیستند. در مورد گیاهانی که بصورت غیر ردیفی و متراکم کاشته میشوند می توان از کرت یا نوار استفاده کرد. در شالیزار ها زمین بایستی هموار و مسطح باشد تا آب آن را غرقاب کند، بنابراین برای این منظور کرت مناسب تر است باغهای میوه را با تمام روشهایی که با شکل مزرعه و شیب زمین هماهنگ باشد می توان آبیاری کرد.

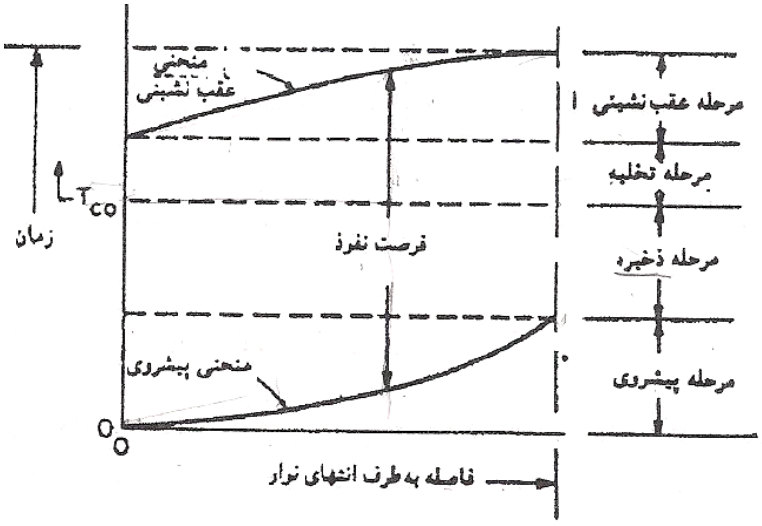
نیروی کار انسانی

در تمام روشهای آبیاری نیروی کار انسانی کم و بیش مورد نیاز است . اجرت کارگر ،در دسترس بودن و مهارت او نیز بر انتخاب روش آبیاری موثر است . در آبیاری کرتی کمترین مقدار کار نیروی انسانی مورد نیاز است . در آبیاری نواری و ردیفی معمولا برای اجرای مطلوب کار به نیروی انسانی بیشتر و متخصص نیاز است. هنگامی که آبیاری برای اولین بار صورت میگیرد بهتر است روش ساده ای چون آبیاری کرتی انتخاب شود. پس از اینکه کارگران تجربه کافی بدست آوردن از روشهای پیچیده مانند آبیاری نواری و ردیفی نیز می توان استفاده کرد.

الگوی توزیع آب روی زمین در آبیاری سطحی : در تمام سیستم‌های آبیاری سطحی توزیع آب روی خاک از یک قاعده کلی پیروی می‌کند که در شکل زیر (مراحل مختلف الگوی جریان آب روی خاک) نشان داده شده است. فرض کنید ابتدای فارو یا کرت که آب وارد آن می‌شود نقطه ۰-۰ باشد و محور افقی طول مزرعه را نشان دهد. همچنین محور عمودی زمان از شروع آبیاری باشد. اگر آبیاری از زمان t=۰ شروع شود و در فواصل مختلف از ابتدای زمین میخکوبی کرده باشیم و زمانی را که جبهه آب به محل هر یک از میخ‌ها می‌رسد یادداشت نمائیم منحنی پیشروی (Advance Phase) جبهه آب نسبت به زمان وضعیتی خواهد داشت مطابق آنچه درشکل نشان داده شده است. ملاحظه می‌شود که پیشروی آب در ابتدا سریع است ولی به تدریج سرعت پیشروی آب به طرف انتهای زمین کند می‌شود. این مرحله از آبیاری را مرحله پیشروی (Advance Phase) گویند. پس از اینکه آب به انتهای زمین رسید معمولاً مدتی به همین نحو آبیاری ادامه پیدا می‌کند تا آب اضافی از مزرعه خارج شود و سرانجام در زمان Tco ورود آب به زمین قطع می‌شود. فاصله بین زمانی‌که آب به انتهای زمین رسیده بود تا زمانی که ورود آب قطع گردید به نام مرحله ذخیره رطوبت (Storage Phase) موسوم است. از هنگامی که ورود آب قطع شد ممکن است مدتی طول بکشد تا آبی که در ابتدای مزرعه در سطح زمین بوده است بتدریج در خاک نفوذ نماید و سرانجام عمق آب در ابتدای زمین به صفر برسد این مرحله را مرحله تخلیه (depletion) گویند. فاز تخلیه در خاک های سبک

یروژه یاب
University Project

ممکن است صفر باشد. یعنی به محض آنکه جریان ورودی به داخل زمین قطع گردید عقب‌نشینی آب شروع می‌شود . از این به بعد عقب‌نشینی یا پسروی آب شروع و کم کم جبهه آب به طرف انتهای زمین عقب‌نشینی می‌کند. برخلاف منحنی پیشروی، منحنی عقب‌نشینی جبهه آب بسیار نامنظم و عملاً اندازه‌گیری آن در مزرعه مشکل است. این مرحله فاز **عقب‌نشینی یا پسروی** (recession) نام دارد. فاز پسروی نیز ممکن است در خاکهای سبک بسیار کوچک و قابل صرف نظر کردن باشد. فاصله زمانی بین دو منحنی پیشروی و پسروی را در هر نقطه از زمین **فرصت نفوذ** (infiltration opportunify) آب به داخل خاک در آن نقطه گویند.



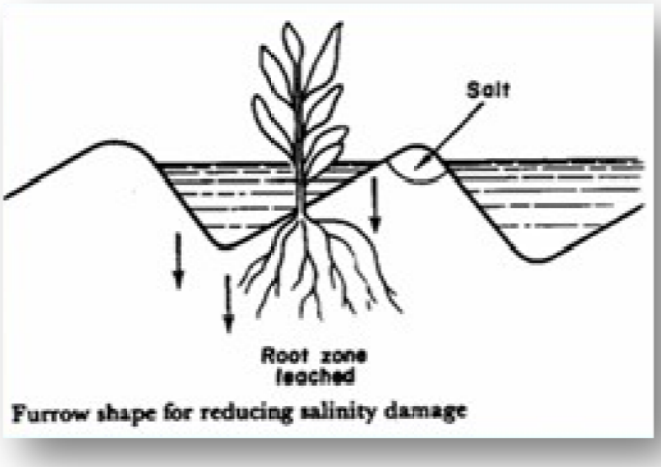
مراحل مختلف الگوی جریان آب روی خاک

سیستم آبیاری جویچه‌ای

آبیاری جویچه‌ای (ردیف) رایجترین شیوه برای آبیاری محصولات زراعی ردیفی است. در مقایسه با سایر روشهای آبیاری، اطلاعات ما در مورد این روش کمتر از شیوه‌های دیگر است. در این شیوه آب روی تمام سطح خاک جریان نمی‌یابد، بلکه درون جویچه‌های باریک موسوم به فارو، که بین دو ردیف گیاه کاشته شده قرار گرفته‌اند، محدود می‌شود. آب بتدریج در کف و کناره‌های شیار نفوذ می‌کند و خاک مرطوب می‌شود. نفوذ آب به داخل خاک از جدار و کف جویچه‌ها صورت می‌گیرد. آبیاری فارو (ردیفی) را می‌توان برای انواع گیاهان ردیفی، خاکهای مختلف و شیوه‌های زراعی متعدد به کار برد. با وجود این، لازم است شکل و طول شیارها و فاصلهٔ بین آنها مناسب باشد و مدیریت خوبی اعمال شود تانتیجهٔ مطلوب به دست آید.

پروژه یاب
University Project

آبیاری شیاری یا جویچه ای



کاشت گیاه در وسط دیواره جویچه

پروژه یاب
University Project

برای اجرای آبیاری خوب و مناسب شکل شیارها حائز اهمیتند. شیارها معمولاً به شکل V هستند، عرض آنها بین ۲۵ تا ۴۰ سانتی‌متر و عمقشان بین ۱۵ تا ۳۰ سانتی‌متر است. ولی این ارقام با توجه به مقدار جریان، نوع خاک و نوع محصول متغیر است. هر شیار مشابه یک کانال باریک است و باید بقدر کافی عریض باشد تا آب را منتقل کرده و صدمه‌ای بـه شـیارها وارد نشود. هر چه مقدار جریان زیاد باشد عرض شیار نیز بایستی افزایش یابد.

در خاکهای رسی آب به کندی در خاک نفوذ می‌کند و به همین دلیل گاهی لازم است شیارها کم عمق و عریض باشند تا سطح خاکی که با آب تماس پیدا می‌کند افزایش یافته و آب سریعتر جذب شود. اگر شیار خیلی باریک باشد آب قبل از این که فرصتی برای نفوذ در خاک داشته باشد به سرعت به انتهای شیار می‌رسد. لذا در مواردی که شیار بیش از حد باریک باشد ممکن است بذرهایی که در قسمت بالای پشته قرار گرفته‌اند جوانه نزنند.

در خاکهای شنی آب سریعتر از خاکهای رسی نفوذ می‌کند. در این موارد بایستی آب بـه سرعت در شیار حرکت کند تا زیاد در خاک نفوذ نکند. به همین دلیـل در خـاکـهای شـنی از شیارهای باریک و عمیق استفاده می‌شود تا سطح خاکی که با آب تماس پیدا می‌کند کم باشد و در نتیجه آب کمتری جذب خاک شود. وقتی بذر پاشیده شده یا بوته نشا می‌شود بهتر است پشته‌ها کاملاً مرطوب شوند. این کار با استفاده از شیارهای کم‌عمق بهتر انجام می‌شود. با رشد سیستم ریشه می‌توان عمق شیار را زیاد کرد تا دبی جریان در شیار و در نتیجه مقدار نفوذ آب افزایش یابد. در مورد گیاهان پاییزه و بهاره شیب دیوارهٔ پشته گاهی تغییر داده می‌شود تا سطح خاکی که در معرض گرمای خورشید قرار می‌گیرد افزایش یابد و خاک سریعتر گرم شود. از نظر آبیاری حرکت آب در منافذ خاک مهمترین عـامل است. آب درون شـیار عـلاوه بـر کـف، در دیواره‌های آن نیز نفوذ می‌کند. قسمت بالای پشتهٔ شیار نیز از طریق فرآیندی موسوم به **جریان مویینه‌ای** مرطوب می‌شود. فاصلهٔ بین شیارها باید آن قدر بـاشد کـه خـاک پشـته‌ها بـخوبی مرطوب شود و این موضوع به نوع خاک بستگی دارد.

در خاکهای شنی حرکت جانبی آب معمولاً کم است، بنابراین لازم است جویچه‌ها نزدیک هم باشند (با فاصلهٔ حداکثر نیم متر). در خاکهای رسی دیواره‌های جویچه‌ها بیشتر مـرطوب می‌شوند و فاصلهٔ آنها می‌تواند تا ۱/۲ متر یا بیشتر باشد. در چنین مواردی اگر فاصلهٔ جویچه‌ها خیلی زیاد باشد قسمتی از خاک واقع در بین آنها خشک باقی می‌ماند و به گیاهان موجود در این قسمتها آب کافی نمی‌رسد.

برای سهولت در انجام عملیات زراعی معمولاً فاصلهٔ بین ردیفهای گیاه ۰/۷۵ تا یک متر انتخاب شود. بعضی از گیاهان، از جمله سبزیها، را می‌توان بصورت دو ردیفی کاشت. در چنین مواردی عرض پشته بایستی بیشتر از عرض گیاهان یک ردیفی باشد.

در بیشتر مزارع وسایل موجود بـرای زراعت و بـرداشت مـحصول نـیز در تـعیین فـاصله

پروژه یاب
University Project

قسمت مساوی یا بیشتر تقسیم کنیم، مشابه کاری که در مورد نوارها انجام می‌شود به هر یک از جویچه‌ها به نسبت مساوی آب منتقل می‌شود.

از نظر کشاورزی بهتر است جویچه‌ها حتی‌الامکان طولانی باشند تا کانال و زهکش کمتری ایجاد و در نتیجه زمین کمتری از این طریق اشغال شود. از طرفی مکانیزه کردن کشاورزی نیز ساده‌تر صورت می‌گیرد. در صورتی که جویچه‌ها کوتاه باشند مراقبت زیادی لازم دارند، زیرا جریان آب بطور منظم بایستی از یک شیار به شیار دیگر هدایت شود.

استفاده از تراکتور در مزرعه نیز بر طول جویچه‌ها اثر می‌گذارد. چرخهای تراکتور سبب کوبیده شدن خاک شیارها می‌شوند و این کار موجب کاهش میزان نفوذ آب در خاک می‌شود. استفاده از تراکتور در خاکهای شنی به دلیل کوبیده شدن کف جویچه می‌تواند مفید باشد، به طوری که می‌توان به طول جویچه‌ها افزود، بدون این که آبی در اثر نفوذ در عمق هدر رود. با وجود این، در چنین مواردی لازم است که تمام جویچه‌ها بطور یکسان کوبیده شوند و گرنه سرعت پیشروی آب در قسمتهای مختلف متفاوت خواهد بود.

بهتر است جویچه‌ها شیب یکنواختی داشته باشند. اگر جویچه دست کم ۰/۰۵ درصد شیب داشته باشد آب به طرف پایین زمین حرکت می‌کند و آب اضافی را نیز می‌توان زهکشی کرد. حداکثر شیب جویچه به خطر فرسایش خاک بستگی دارد. خطر فرسایش در جویچه‌ها بمراتب بحرانی‌تر از نوارهاست، زیرا در مورد جویچه‌ها آب در درون یک کانال باریک محدود می‌شود و بسادگی می‌تواند خاک را بفرساید.

در صورت امکان بهتر است جویچه‌ها بطور مستقیم و به موازات کنارهٔ مزرعه و همسو با شیب اصلی زمین ایجاد شوند. در صورتی که زمین شیب تند داشته باشد می‌توان جویچه‌ها را به نحوی ساخت که شیب اصلی را قطع کنند. با این کار شیب جویچه کم می‌شود. گاهی روی زمینهای ناهموار جویچه‌ها در امتداد کنتور زمین (خط تراز زمین) ایجاد می‌شوند. این گونه جویچه‌ها را **جویچه کنتوری** (contour furrow) می‌نامند. در چنین مواردی نیز برای زراعت و آبیاری جویچه‌ها به مهارت زیادی نیاز است. جویچه کنتوری روی خاکهائی که سله می‌بندند نبایستی ایجاد شود. بعضی از جویچه‌ها روی زمینهای هموار ایجاد می‌شوند، لکن این کار معمولاً در آبیاری خاکهای رسی سنگین که میزان نفوذپذیری کمی دارند اعمال می‌شود.

بیشتر گیاهان ردیفی، از قبیل سبزیها، پنبه، چغندرقند و سیب‌زمینی را می‌توان با روش آبیاری ردیفی آبیاری کرد. در این مورد گیاهان معمولاً روی پشته‌های واقع در بین جویچه‌ها کاشته می‌شوند. باغها و تاکستانها را نیز می‌توان با روش ردیفی آبیاری کرد. موقعی که درختان هنوز نهالهای کوچکی هستند به کمک یک جویچه می‌توان خاک اطراف ریشه را بقدر کافی مرطوب کرد. با رشد درختان می‌توان بین آنها جویچه‌های بیشتری ایجاد کرد. گاهی ترکیب جویچه‌ها بشکل خاصی است، مثلاً زیگزاگ، تا توزیع آب در خاک بهتر انجام شود. یکی از

پروژه یاب
University Project

مزایای استفاده از جویچه این است که موقع آبیاری، تمام سطح خاک مرطوب نمی‌شود و ضمن آبیاری نیز می‌توان در باغ تردد کرد.

اگر آبی که برای آبیاری به مصرف می‌رسد نمک داشته باشد و گیاهانی که قرار است کاشته شوند نسبت به نمک حساسیت داشته باشند معمولاً گیاهان را روی دیوارهٔ جویچه می‌کارند نه روی پشته، زیرا آن مقدار نمکی که با آب شسته نمی‌شود و وارد خاک نمی‌گردد معمولاً روی پشته جمع می‌شود. در مناطق خشک که آبیاری بصورت محدود انجام می‌شود غالباً گیاهان را درون جویچه می‌کارند. با این کار گیاهان بیشترین آب ممکن را جذب می‌کنند و در اطراف آنها نیز نمکی وجود نخواهد داشت.

دبی غیر فرسایشی برای آنکه فارو شکل خود را حفظ کند و از فرسایش خاک در قسمت ابتدای فارو و رسوب مواد فرسایشی در انتهای فارو جلوگیری شود می‌بایست سرعت آب در داخل آن از حدّی که خاک را فرسایش می‌دهد بیشتر نباشد. چون سرعت جریان در فارو تابع دبی جریان است اگر فرض کنیم شکل فارو عوض نشود بین حداکثر دبی مجاز (Q_{max}) و شیب طولی فارو (S) براساس تجارب سازمان حفاظت خاک وزارت کشاورزی امریکا (USDA - SCS) رابطه تجربی زیر بدست آمده است:

$$Q_{max} = \frac{0.6}{S}$$

که در آن S برحسب درصد است. مثلاً چنانچه شیب زمین 0.005 m/m باشد (0.5 درصد) بالاترین مقدار دبی مجاز در فارو $\frac{۰/۶}{۰/۵}$ یا معادل ۱/۲ لیتر در ثانیه خواهد بود. براساس این فرمول در صورتی که شیب زمین ۲ درصد باشد حداکثر دبی مجاز تا ۰/۳ لیتر در ثانیه می‌بایست کاهش پیدا کند که برقراری چنین دبی کم در مزرعه غیرممکن است. لذا عملاً بالاترین حدّ شیب برای فاروها ۲ درصد پیشنهاد شده است. سازمان حفاظت خاک در این رابطه اعداد دقیق‌تری را ارائه نموده است بدین‌ترتیب که شیب فارو حتی‌الامکان بین ۰/۱ تا ۱ درصد انتخاب شود. یعنی محدوده توصیه شده شیب برای آبیاری فارو ۰/۱ تا ۱ درصد است. در مناطق خشک که بارندگی کم و لذا خطر فرسایش کمتر است شیب می‌تواند تا ۳ درصد هم افزایش یابد. برعکس در مناطق مرطوب که به دلیل بارندگی زیاد خطر فرسایش خاک افزایش می‌یابد بالاترین حد توصیه شده برای شیب فارو ۰/۳ درصد می‌باشد. ولی اگر طول فاروها کوچک در نظرگرفته شود در این مناطق نیز می‌توان شیب‌ها را تا ۰/۵ درصد هم انتخاب کرد. در مناطق مرطوب و نیمه‌مرطوب می‌بایست فارو حداقل شیب را برای تأمین زه‌کشی داشته باشد. بنابراین برای فاروها باید حداقل شیب ۰/۰۵ درصد را نیز در نظر داشت. بالاترین حد شیب فارو که برای مناطق نیمه‌مرطوب و نیمه‌خشک توصیه شده به ترتیب ۱ تا ۲ درصد است.

یروژه یاب
University Project

ابعاد مزرعه همانطورکه در جدول ۷-۱ مشاهده شد هر چه طول زمین افزایش پیداکند FAR یا نسبت زمان پیشروی افزایش می یابد و در نتیجه نفوذ عمقی زیاد می‌شود که باعث پایین آمدن راندمان آبیاری است. در جدول ۷-۲ مقادیر توصیه شده برای حداکثر طول فارو در خاکهای مختلف به ازاء مقادیر متفاوت عمق آبیاری داده شده است. مثلاً براساس این جدول اگر شیب زمین در جهت فارو ۰/۳ درصد و مقدار آبیاری در هر نوبت ۱۰ سانتی‌متر باشد در خاک شنی بالاترین طول توصیه شده فارو ۲۸۰ متر می‌باشد. همانگونه که ملاحظه می‌شود این جدول برای سه گروه کلی خاک رسی، لومی و شنی تهیه شده است. برای سایر خاکها باید طول فارو نسبت به بافت خاک بین اعداد جدول تعدیل گردد. بار دیگر یادآور می‌شویم که ارقام این جدول فقط جنبه راهنما داشته و در طراحی‌های اولیه برای سیمای کلی طرح می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد و ارقام دقیق‌تر طراحی باید از روی تجزیه و تحلیل هیدرولیکی بدست آیند.

جدول ۷-۲ حداکثر مجاز طول جویچهٔ (متر) برای خاکها، شیب‌ها و مقادیر مختلف آب آبیاری، طول به متر وعمقها به سانتی‌متر می‌باشند

شیب فارو	متوسط مقدار آبیاری (سانتی‌متر)											
	7.5	15	22.5	30	5	10	15	20	5	7.5	10	12.5
	رس				لوم				شن			
درصد	.....				..... Meters				.....			
0.05	300	400	400	400	120	270	400	400	60	90	150	190
0.1	340	440	470	500	180	340	440	470	90	120	190	220
0.2	370	470	530	620	220	370	470	530	120	190	250	300
0.3	400	500	620	800	280	400	500	600	150	220	280	400
0.5	400	500	560	750	280	370	470	530	120	190	250	300
1.0	280	400	500	600	250	300	370	470	90	150	220	250
1.5	250	340	430	500	220	280	340	400	80	120	190	220
2.0	220	270	340	400	180	250	300	340	60	90	150	190

پروژه یاب
University Project

سیستم آبیاری در کرتهای مسطح

منظور از کرت قطعه زمینی است که معمولاً به شکل مربع یا مستطیل بوده و اطراف آن توسط پشته کوچکی از خاک محصور است. سطح زمین در داخل کرت مسطح است یعنی فاقد شیب می‌باشد. بطوری که وقتی آب وارد آن شد داخل کرت حالت غرقابی بخود می‌گیرد تا بتدریج آب به داخل خاک نفوذ کند. هر چه جبهه آب در داخل کرت یکنواخت‌تر حرکت‌نماید راندمان الگوی توزیع آب بیشتر خواهد شد. طراحی این گونه سیستم‌ها براساس مقدار دبی جریان آب ورودی به کرت، شماره منحنی نفوذ خاک و ابعاد زمین انجام می‌شود.

سیستم کرتی تقریباً برای انواع گیاهان مناسب است. در کرت از غلات گرفته تا درختان میوه کشت و آبیاری می‌شود. اندازه کرت بستگی به مقدار جریان آب و نفوذپذیری خاک دارد. در بعضی شرایط مساحت کرت فقط چند مترمربع است حال آنکه در بعضی جاها ممکن است مساحت آن به‌ده‌ها هکتار برسد. زارعین به تجربه دریافته‌اند که اگر مقدار جریان آب کم باشد سیستم آبیاری کرتی مناسب‌ترین روش آبیاری زمین است.

اندازهٔ کرت به عوامل زیر بستگی دارد که از جمله می‌توان: نوع خاک، مقدار جریان، عمق آبیاری، اندازهٔ مزرعه، شیب زمین و شیوهٔ زراعت را نام برد.

نوع خاک، مقدار جریان و عمق آبیاری این سه عامل در تعیین اندازهٔ کرتها مهمترین نقش را ایفا می‌کنند. وقتی خاک شنی باشد آب به سرعت در آن نفوذ می‌کند. این بدان معناست که بایستی کرتها کوچک باشند تا آب سریعاً توزیع شود، حتی زمانی که مقدار جریان زیاد است. وقتی خاک رسی باشد آب به کندی در آن نفوذ می‌کند و توزیع آب روی سطح خاک زمان بیشتری لازم دارد. پس کرتها می‌توانند بزرگ باشند، حتی زمانی که مقدار جریان کم است. در مورد خاکهای مشابه اگر مقدار جریان زیاد باشد معمولا می توان کرتها را بزرگتر گرفت. دلیل این کار سرعت توزیع آب روی سطح خاک است. برای ایجاد عمق نفوذ بیشتر نیز میتوان اندازه کرت را افزایش داد. به منظور افزایش عمق نفوذ آب لازم است زمان تماس طولانی باشد . اگر اندازه ی کرت زیاد باشد زمان بیشتری برای توزیع آب روی سطح خاک لازم است و عمق نفوذ بیشتر خواهد شد.

اندازه ی مزرعه : اندازه ی مزرعه در انتخاب وسعت کرت نقش تعیین کننده ای دارد. در مزارع خیلی کوچک تمام مزرعه میتواند یک کرت باشد و در مزارع بزرگ رسم براین است که مزرعه را به

پروژه یاب
University Project

کرتهای یک اندازه و یک شکل قسمت بندی میکنند. با این کار انتقال یکسان آب به هرکرت آسانتر صورت میگیرد .

شیب زمین: از آنجا که سطح خاک هرکرت بایستی مسطح باشد اندازه کرت میتواند از شیب زمین متاثر باشد. وقتی زمین مسطح است تا آنجا که مقدار جریان و نوع خاک اجازه دهد میتوان کرت را بزرگ ساخت.

شیوه زراعت : دربسیاری از کشورها مزارع کوچک اند(اغلب بین یک تا دو هکتار یا کمتر.)

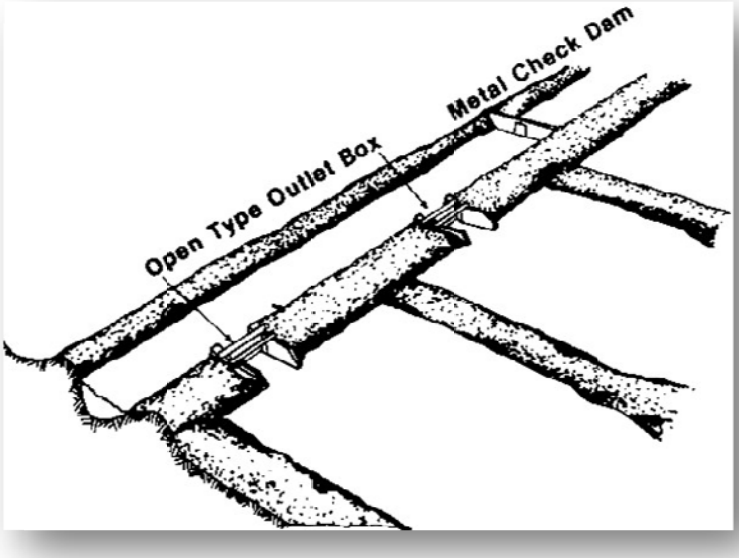
در این مزارع غالباً در یک زمان انواع محصولات کاشته میشود و تمام مراحل شخم , کاشت و برداشت محصول با دست انجام می شود. برای این نوع زراعت اغلب از کرتهای کوچک استفاده میکنند. کرتهای کوچک به سادگی با دست هموار میشوند. در این موارد کشاورز پس از قسمت بندی مزرعه کوچک خود در آن زراعت میکند و برای آبیاری آن تنها به مقدار کمی آب نیاز دارد.در مزارع مکانیزه بزرگ, کانال ها و پشته های خاکی اطراف کرتها مانع حرکت ماشین ها هستند. در این موارد لازم است کرتها آنقدر بزرگ باشند که ماشین بتواند به سادگی دور بزندو طول کرتها نیزبایستی چند برابر این مقدار باشد.گاهی اندازه ی کرت تابع نوع محصول است . برای مثال از یک کرت کوچک میتوان برای آبیاری تک درختان یک باغ یا یک قطعه زمین کوچک مخصوص سبزیکاری استفاده کرد.

شکل کرت: بطور کلی شکل کرت تابع شیب زمین است. وقتی زمین هموار است یا شیب یکنواختی دارد کرتها میتوانند مستطیل شکل باشند. اگرکرتها مستطیل شکل باشند کار ایجاد کانال,زهکش و جاده ی اطراف مزرعه برای تردد ماشین در مزرعه آسانتر صورت میگیرد. اگرزمین ناهموار باشد کرت را میتوان مطابق کنتور زمین ساخت.این گونه کرتها را کرتهای کنتوری (contour) مینامند و شکل آنها بسیار نامنظم است. در بعضی از طرحها زمین ناهموار را صاف میکنند و به شکل یک دشت وسیع و مسطح درمی آ ورند تا درآن کرتهای مستطیل شکل بسازند. کرتهای مستطیل شکل معمولا" طویل وباریکند و عرض آنها در امتداد کانال قرار دارد. با این کارتعداد کانالهای مزرعه کاهش می یابد و در نتیجه هزینه های دستمزد کارگر و نگهداری نیزکم میشود, ازطرفی راهیابی وسایل نقلیه به مزرعه نیزساده تر صورت میگیرد. در بعضی مزارع امکان آبیاری کرتی ازدوطرف کانال نیز وجود دارد که با این کاراز تعداد کانالها کاسته میشود.

نوع زراعت: درکرتها انواع زراعت کاشته میشود مانند: زراعتهای معمولی چون برنج, یونجه و غلات; محصولات ردیفی چون چغندر, ذرت و گوجه فرنگی ومحصولات باغی(میوه). شایدبرنج رایجترین نوع زراعت کرتی باشد. دراین مورد چون زمین هموار است آب روی آن جمع میشود وآن را به شکل استخر در می آورد, در نتیجه وضع مطلوبی برای رشد این محصول ایجاد میشود .در مورد باغها میتوان کرتها را براحتی با نیازهای مربوط به رشد درختان هماهنگ کرد. ابتدا که نهال کاشته میشود سیستم ریشه ی آن کوچک است وآب کمی لازم دارد که با ایجاد یک کرت کوچک دراطراف نهال آب مورد نیاز آن تامین میشود. بارشد درخت و در نتیجه گسترش سیستم ریشه میتوان کرت را بزرگ کرد تا آب بیشتری به درخت برسد. بعضی از محصولات با ماندن زیاد در آب یا خاک خیلی مرطوب صدمه میبینند. این گونه محصولات را بایستی به

پروژه یاب
University Project

جای کرتهای هموار روی پشته ی شیارها کاشت .راه دیگرکاشتن آنها روی پشته های برآمده درون کرت است . سبزیها معولا" به این طریق کاشته میشوند. همچنین در مواردی که خاک خیلی سنگین است و آب قبل ازنفوذ در خاک به مدت ۲۴ ساعت یا بیشتر روی زمین می ماند میتوان از این روش استفاده کرد.

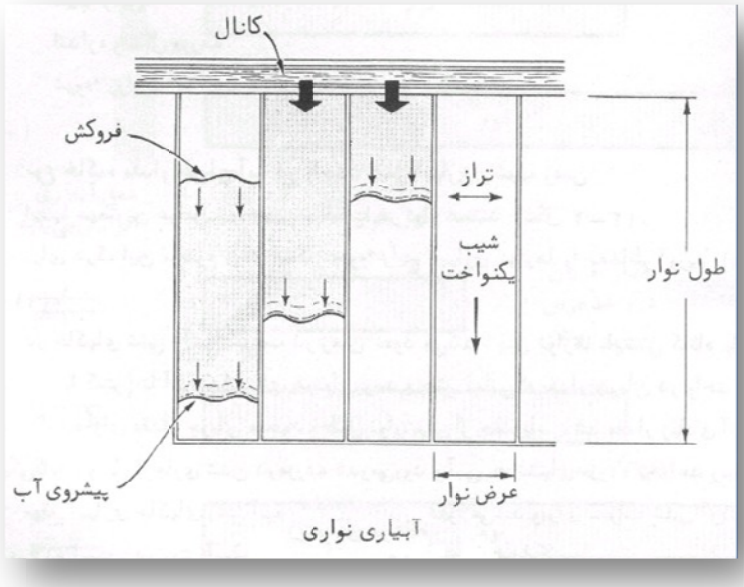


سیستم های آبیاری کرتی

پروژه یاب
University Project

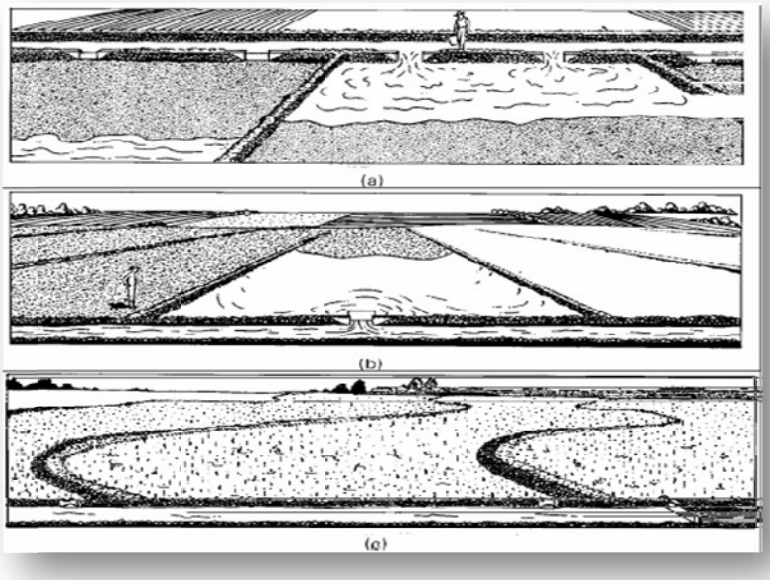
سیستم های آبیاری نواری

از نظرکلی نوارها مشابه کرتهای مسطح میباشند. بجز اینکه درجهت طولی دارای شیب هستند ودر جهت عرضی نیزممکن است شیب محدودی داشته باشند. نوارهای شیبدار بطور کامل محصور نیستند یعنی انتهای آنها باز است و آب میتواند ازآنها خارج شود. این وضعیت مشابه فاروهای شیبدار میباشد. نوارهای شیبدار بیشتردر زمینهایی کاربرد دارد که به دلیل محدود بودن عمق خاک امکان تسطیح و مسطح کردن زمین نباشد این روش برای خاکهایی مناسب است که نفوذپذیری آنها متوسط است(نسبتا" کم تا نسبتا" زیاد) خاکهایی که نفوذپذیری آنها زیاد است برای این روش هیچ گونه تناسبی ندارند. همچنین درخاکهایی که نفوذپذیری آنها بسیار کم است برای آنکه تا عمق موردنظر خیس شوند میبایست مدت زیادی آب روی آنها قرار داشته باشدوچون انتهای نوارهای شیبدار بازاست این امر موجبات تلفات آب به صورت رواناب میشود.بهترین زمین از نظر شیب برای این سیستم زمینهایی است که شیب آنها از ۰/۵درصد کمتر باشد. اگر در زمین گیاهانی غیرازغلات کشت شده باشد شیبهای تا ۲درصد هم قابل قبول است و اگر غلات کشت شده باشد میتوان زمینهای با شیب تا ۴ درصد را هم با این سیستم آبیاری کرد.



سیستم های آبیاری نواری

پروژه یاب
University Project



سیستم آبیاری نواری

پروژه یاب
University Project

آبیاری تحت فشار

آبیاری تحت فشار روشی از آبیاری است که در آن آب در مجاری بسته با فشار جریان می یابد و از سوراخهایی که به آنها قطره چکان ، آبپاش ، آبفشان و یا نازل یا گسیلنده (اعم از قطره چکان ، آبپاش، آبفشان) گفته می شود به صورت قطره یا ذرات ریز خارج می گردد و بدین طریق از تلفات آب در مسیر انتقال و در داخل مزرعه جلوگیری شده و آب به اندازه ای که لازم است به مزرعه و محصول داده می شود.

مزایای آبیاری تحت فشار

آبیاری تحت فشار شامل آبیاری بارانی و قطره ای می باشد و اهدافی که در این روش مدنظر است به شرح ذیل می باشد :

۱- افزایش راندمان آبیاری به میزان ۷۰ ٪ در روش بارانی و به میزان ۹۰ ٪ در روش قطره ای و تقلیل میزان آب مصرفی در مقایسه با آبیاری سطحی.

۲- عدم تشکیل رواناب سطحی و جلوگیری از فرسایش خاک

۳- تنظیم میزان آب مورد نیاز برای انواع خاک ها و کشت ها در فصول مختلف زراعی

۴-تهویه مناسب خاک و یکنواختی پخش آب در سطح مزرعه و عدم نیاز به زهکشی مزرعه

۵- افزایش محصول در واحد سطح در مقایسه با آبیاری سنتی

۶- عدم نیاز به تسطیح اراضی در این روش

۷- جلوگیری از سله بستن و حفظ پوکی خاک

۸- عدم نیاز به ایجاد نهرهای خاکی درون مزرعه و نهرهای زهکشی و استفاده بهینه از کل زمین مزروعی

۹- قابل استفاده برای تمام گیاهان

۱۰- امکان انجام آبیاری همراه با کودپاشی و سمپاشی و پخش یکنواخت آنها

۱۱- وارد نشدن بذر علفهای هرز به مزرعه به دلیل انتقال آب از طریق لوله ها

سهولت در انجام عملیات زراعی

۱۵- تبخیر سطحی در آبیاری قطره ای به حداقل می رسد واز خارج شدن آب از محوطه ریشه جلوگیری می ـ گردد .

۱۶- عدم امکان رویش بذر علفهای هرز به دلیل مرطوب شدن فقط بخشی از سطح خاک اطراف ریشه گیاه اصلی (آبیاری قطره ای)

۱۷- افزایش کیفی و کمی محصول

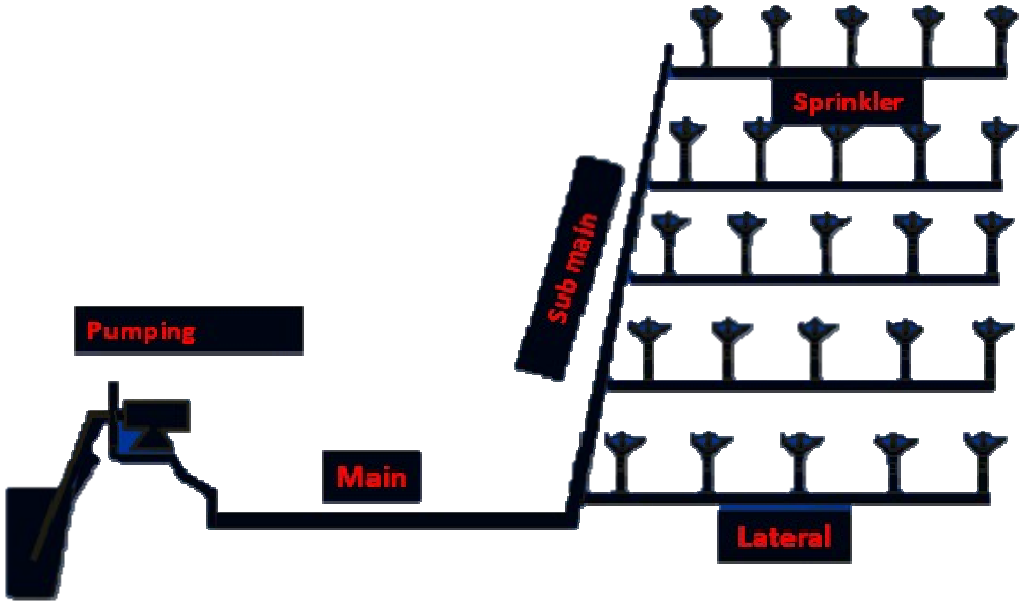
۱۸- عدم نیاز به نیروی کارگر زیاد بدلیل ثابت بودن اجزای سیستم

پروژه یاب
University Project

سیستم های آبیاری بارانی

اصول کلی سیستم های آبیاری بارانی

درآبیاری به روش بارانی(irrigationsprinkler) آب با فشار در داخل یک شبکه لوله کشی شده جریان پیدا کرده و سپس از خروجی هایی که روی این شبکه تعبیه شده و آبپاش نامیده میشوند، خارج میشود. ساختمان آبپاشها طوری است که هنگامی که آب با فشار از آن خارج میشود به صورت قطرات ریز و درشت درآمده و مشابه باران در سطح مزرعه ریخته میشود. به همین دلیل این سیستم آبیاری روش بارانی نامیده میشود.در سیستم آبیاری بارانی آب توسط پمپ از یک منبع مانند چاه،کانال،استخر برداشت شده و با فشار وارد شبکه ای از لوله ها که به ترتیب لوله اصلی(main) ،لوله نیمه اصلی (submain)ولوله فرعی (lateral)نام دارند، شده و سرانجام ازآبپاشهایی(sprinkler) که روی لوله فرعی قرار میگیرند خارج میشود.خروج آب از روزنه هایی که به آنها سرآبپاش یا نازل (nozzel)گفته میشود انجام می گردد. برخی سرآبپاشها دارای یک و برخی دارای دو روزنه هستند. در شکل زیر الگوی ساده ای از یک سیستم آبیاری به روش بارانی نشان داده شده است که اجزاء اصلی آن مشتمل برپمپ ، لوله اصلی، لوله های فرعی و آبپاشها میباشند.



شمای کلی از اجزا آبیاری بارانی

انواع سیستم های آبیاری بارانی

سیستم های آبیاری بارانی را میتوان به انواع جابجاشونده(portable) ،نیمه جابجاشونده (semi-portable)، نیمه ثابت (semi-permanent)، ثابت (permanent)،مجموعه متحرک (set-move)،مجموعه ثابت-(solid set) و مجموعه متحرک دائم (continuous-move) طبقه بندی نمود.

پروژه یاب
University Project

سیستم آبیاری بارانی جابجاشونده: در این سیستم کلیه اجزاء تشکیل دهنده واحد آبیاری بارانی اعم از پمپ، لوله اصلی ، لوله نیمه اصلی (در صورت موجود بودن) و لوله های فرعی قابل جابجا شدن بوده و میتوانند از یک مزرعه به مزرعه دیگر انتقال داده شوند.

سیستم آبیاری بارانی نیمه جابجا شونده : این سیستم مشابه سیستم آبیاری جابجا شونده است با این تفاوت که محل برداشت آب و ایستگاه پمپاژ ثابت بوده و لذا پمپ قابل جابجاشدن نیست ولی بقیه اجزای سیستم می توانند در داخل یک مزرعه از یک موقعیت به موقعیت دیگر انتقال داده شوند. اما اگر بخواهیم از اجزای این سیستم در مزرعه دیگر استفاده کنیم باید درآن مزرعه پمپ و ایستگاه پمپاژ جداگانه ای وجود داشته باشد.

سیستم آبیاری نیمه ثابت : در سیستم آبیاری بارانی نیمه ثابت لوله های فرعی قابل جابجا شدن هستند، اما لوله اصلی و پمپ ومحل برداشت آب درجای خود ثابت میباشند. در این سیستم معمولا" لوله اصلی در زیر زمین قرار داده میشود و در فواصل معین لوله های عمودی از آن منشعب و تا سطح زمین بالا می آیند تا لوله های فرعی برای آبگیری به آنها متصل شوند . این لوله های عمودی و شیرهای تعبیه شده روی آن را هیدرانت(hydrant) یا شیرهای آبگیری نامند.

سیستم آبیاری بارانی ثابت : در این سیستم کلیه اجزاء سیستم از پمپ گرفته تا لوله اصلی ، لوله نیمه اصلی و لوله های فرعی در موقعیت خود ثابت بوده و برای تمام ایام سال در همان مکان باقی میمانند.این سیستم ها معمولا" برای گیاهان چندین ساله و باغات به کاربرده شده وبه دلیل پرهزینه بودن غالبا" آنها را به صورت خودکارطراحی میکنند تا برای آبیاری نیاز به نیروی انسانی زیاد نباشد، مانند سیستم های آبیاری که در زمین های ورزشی به کاربرده میشوند و در آن کلیه شبکه لوله ها به صورت ثابت در زیر زمین دفن میشوند تا مانعی برای حرکت بازیکنان نبوده و آبیاری نیز به صورت خودکار انجام میشود .

سیستم آبیاری بارانی مجموعه متحرک: یک سیستم متحرک میتواند ازیک موقعیت استقرار به صورت دستی یا مکانیکی به موقعیت دیگر انتقال داده شود . بدین ترتیب که لوله فرعی و آبپاشهای مستقر شده روی آن در یک موقعیت مشخص در مزرعه قرار گرفته و به کمک یک لوله شیلنگی قابل انعطاف به لوله اصلی متصل میگردد. بابازکردن شیر تعبیه شده روی هیدرانت ،آب وارد لوله فرعی شده و عمل آبیاری صورت میگیرد پس از خاتمه آبیاری شیرهیدرانت بسته شده و کم شدن فشاردر داخل لوله فرعی باعث تخلیه آب موجود در آن از محل اتصالات میگردد . سپس لوله فرعی برای آبیاری قسمت دیگر مزرعه به موقعیت جدید منتقل شده و برای دریافت آب از لوله اصلی به شیر هیدرانت دیگر متصل میگردد. این عمل آنقدر تکرار میشود تا سرتاسر مزرعه آبیاری شده و لوله فرعی دوباره پس از چند روز برای آبیاری مجدد مزرعه به موقعیت اول خود برگشت داده شود . ملاحظه میشود که سیستم آبیاری بارانی مجموعه متحرک گرچه در سطح مزرعه حرکت میکند اما در تمام مدت آبیاری در محل خود ثابت است .

سیستم آبیاری بارانی مجموعه متحرک دائم: (continous-move)

پروژه یاب
University Project

در سیستم ابیاری مجموعه متحرک دائم در حالی که لوله فرعی به لوله اصلی متصل بوده اب را مستقیماً ازیک منبع دریافت میکند و به حرکت خود ادامه میدهد.بدین ترتیب که دستگاه همزمان با ابیاری به تدریج نیز به جلو حرکت میکند.سه نوع مهم از دستگاههای ابیاری بارانی مجموعه متحرک دائم عبارتند از:سیستم آبیاری بارانی عقربه ای یا دورانی .سیستم ابیاری بارانی متحرک خطی و سیستم ابیاری بارانی با دستگاه ابپاش تفنگی

سیستم ابیاری بارانی عقربه ای:

ماشین های ابیاری بارانی عقربه ای یا سنترپیوت از یک لوله قطور و طویل که حول یک نقطه مرکزی دوران میکند تشکیل شده اند ابپاشها روی لوله فرعی قرار گرفته ولذا سطح ابیاری شده در طی چرخش کامل لوله فرعی به صورت یک دایره است. اب مورد نیاز لوله فرعی از مرکز چرخش تأمین میگردد. طول لوله فرعی در انواع کوچک ۶۰ متر و در ماشین های بزرگ تا ۸۰۰ متر میرسد. فشار اب ابپاشها از ۱/۵ تا ۸ اتمسفر متغیر است. امروزه ماشین های ابیاری عقربه ای خیلی کوچک نیز ابداع شده اند که میتوانند قطعات کوچکتر از یک هکتار را نیز ابیاری کنند.

چون سرعت خطی ابپاشهایی که در انتهای لوله فرعی قرار دارند نسبت به ابپاشهای نزدیک مرکز زیاد است برای یکنواختی پخش اب د ر سطح مزرعه باید حجم اب خروجی از انها بسیار زیاد باشد.این امر ممکن است باعث ایجاد رواناب در سطح مزرعه شود.به همین دلیل سیستم ابیاری دورانی بیشتر مناسب زمینهای شنی که قابلیت نفوذ انها زیاد است می باشد. عمده ترین عیب سیستم های عقربه ای این است که مساحت ابیاری شده در انها دایره ای است و لذا گوشه های زمین بدون کشت باقی میماند .مگر اینکه برای جلوگیری از این کار تمهیدات خاصی به کار گرفته شود. مثلا اگر یک قطعه زمین مربع شکل به مساحت ۶۵ هکتار داشته باشیم با روش ابیاری بارانی دورانی تنها ۵۱ هکتار ان (۷۹ درصد) ابیاری میشود. برخی سیستم های عقربه ای در انتهای لوله فرعی مجهز به لوله فرعی گوشه پاش یا ابپاش تفنگی هستند که در هنگام رسیدن به گوشه های زمین عمل نموده و بخشی از این گوشه ها را ابیاری میکند.

سیستم ابیاری بارانی متحرک خطی:

ماشین های ابیاری بارانی متحرک خطی اساساً بدین منظور طراحی و ساخته شده اند که مشکلات مربوط به ایجاد رواناب و عدم ابیاری گوشه های زمین که در سیستم عقربه ای وجود دارد برطرف شود.در این سیستم لوله فرعی به صورت خطی در امتداد طول زمین به کمک برجها و موتورهای مستقر شده در ان به جلو حرکت کرده و زمین را ابیاری میکند(شکل ۹-۱۱) و مشابه با روش دورانی اب از یک طرف وارد لوله فرعی میشود.دریافت اب ممکن است به کمک لوله خرطومی و توسط یک پمپ از یک کانال روباز که در امتداد زمین کشیده شده است صورت گیرد.در این صورت لازم است پمپ نیز متحرک بوده و همراه با جلو رفتن لوله فرعی پمپ نیز حرکت نماید.در بعضی موارد اب از یک لوله اصلی که در امتداد زمین قرار دارد تامین

پروژه یاب
University Project

میگردد.لوله اصلی ممکن است یک یا چند شیر دریافت اب داشته باشد که لوله فرعی به صورت دستی یا خودکار به ان متصل میگرد.

سیستم های متحرک خطی برای ابیاری روزانه یا کوتاه مدت مناسب نیست.زیرا در ابیاری عقربه ای پس از یک دور ابیاری سیستم دوباره به محل شروع برمیگردد.اما سیستم متحرک خطی پس از پایان ابیاری در انتهای زمین قرار میگیرد که برگشتن ان به محل اولیه روی زمین خیس بسیار مشکل است.برای رفع این مشکل تمهیدات مختلفی از نظر برنامه ریزی ابیاری صورت میگیرد تا خیس شدن زمین مشکلی در حرکت ماشین ابیاری به وجود نیاورد.

سیستم ابیاری بارانی با دستگاه ابپاش ارابه ای یا تفنگی:

ماشین های ابپاش ارابه ای مشتمل بر یک ابپاش تفنگی بزرگ هستند که اب را توسط یک شیلنگ قابل انعطاف از لوله اصلی دریافت داشته و در سطح مزرعه پخش میکنند.ابپاش روی ارابه ای مستقر بوده و با کابل یا شیلنگ کشیده میشود.معمولا ماشین های ابپاش با فشار زیاد ۵ تا ۱۰ بار کار میکنند و دبی ان ها ۴۰ تا ۱۲۰ متر مکعب در ساعت است.این ماشین ها قادرند منطقه ای به عرض ۱۰۰ متر و طول ۴۰۰ متر را در یک مرحله ابیاری کنند.میزان پخش اب در هر ساعت ۵ تا ۳۵ میلی متر است.

اجزاء سیستم های ابیاری بارانی:

پمپ اساسی ترین جزء یک سیستم ابیاری بارانی به شمار می اید.

جزء دیگر سیستم ابیاری بارانی لوله اصلی است که بین پمپ (یا نقطه تامین فشار)و نقطه ای که اب به مزرعه منتقل میشود قرار میگیرد.برخی سیستم ها مانند ماشین های ابیاری بارانی مجموعه متحرک خطی که اب را از کانال روباز برداشت میکنند فاقد لوله اصلی هستند.همانطور که در بعضی شرایط ممکن است چندین لوله اصلی در مزرعه کشیده شده باشد.چون لوله های اصلی کمتر جابجا میشوند اکثرا در زیر زمین قرار میگیرد و هر کجا لازم باشد اب از انها دریافت شود یک لوله عمودی از ان منشعب و تا سطح زمین بالا می اید.روی این لوله شیر فلکه نصب می گردد تا به آسانی بتوان جریان آب را قطع و وصل کرد. لوله اصلی ممکن است خود انشعابات کوچکتری داشته باشد که به آنها نیمه اصلی گویند. در حالی که لوله اصلی وظیفه آبرسانی به کل مزرعه را دارد، لوله نیمه اصلی فقط برای قسمی از مزرعه آب تامین می کند. بنابراین لوله اصلی ولوله های نیمه اصلی جزء دیگر یک سیستم معمولی آبیاری بارانی را تشکیل می دهند.

آبرسانی به داخل مزرعه وجابجایی آب در زمین توسط لوله های دیگری که از لوله اصلی یا لوله نیمه اصلی منشعب می شوند صورت می گیرد. این لوله ها را لوله فرعی یا لاترال (lateral) گویند.

آخرین جزء سیستم بارانی را آبپاشها (sprinkler) تشکیل می دهند. آبپاشها ممکن است مستقیما روی لوله فرعی قرار گیرند و یا اینکه روی پایه عمودی که از لوله فرعی منشعب شده به آن پایه آبپاش (riser) می

پروژه یاب
University Project

گویند واقع گردند. وظیفه آبپاش خارج ساختن آب از لوله فرعی وتبدیل آن به قطرات ریز ودرشت و پخش در اطراف می باشد.

اثر باد:

جهت و سرعت باد غالب بر یکنواختی توزیع آب در سیستم های بارانی نقش موثری دارد. وجود بادهای شدید در یک نقطه می تواند عامل محدود کننده در طرح ریزی سیستم بارانی بوده و یا حداقل زمان کار آن را محدود به شب که در آن سرعت باد کمتر است بنماید.

تبخیر و باد بردگی

اگر سرعت باد بسیار زیاد باشد قطراتی که از ابپاش خارج می شود توسط باد حمل شده و ممکن است حتی از مزرعه خارج شوند . در این حالت گفته می شود که اب در اثر باد تلف می شود . اگر ارتفاع پایه ابپاش نسبت به سطح زمین زیاد باشد چنین تلفاتی بسیار قابل توجه است . زیرا سرعت باد نسبت به ارتفاع از سطح زمین به صورت لگاریتمی افزایش می یابد .

موضوع تبخیر طی فرایند آبیاری بارانی بسیار پیچیده تر از اثر باد است . هر چه فشار اب تغییر کند اندازه قطرات اب که در فضا پخش می شود تغییر می کند ، در نتیجه سطح تبخیر و لذا میزان تبخیر نیز متغیر خواهد بود . از طرفی بالا رفتن تبخیر در سطح مرزعه باعث افزایش رطوبت شده و این خود باعث کم شدن شدت تبخیر می گردد ، مگر آنکه باد باعث شود که رطوبت از سطح مزرعه خارج و هوای خشک جایگزین شود که در این صورت عمل تبخیر ادامه پیدا خواهد کرد .

پروژه یاب
University Project

سیستم های آبیاری موضعی (قطره ای)

مفاهیم سیستم های آبیاری قطره ای

ابیاری قطره ای با دیگر سیستم هایی که تابه حال بحث شده تفاوت زیادی دارد ، زیرا در این سیستم فقط یک نقطه یا مساحت بسیار محدودی از مزرعه آبیاری می شود . هر چند در یک سیستم دیگر به نام ابیاری میکرو نیز تنها قسمت کوچکی از سطح زمین ابیاری می شود . در سیستم آبیاری قطره ای آب در نزدیکی منطقه توسعه ریشه ها به زمین داده می شود تا مساحت و عمق کوچکی از سطح خاک خیس شود . این سیستم در ابتدا برای وضعیتی مانند باغ های میوه که در آن فاصله درخت ها زیاد است طراحی شد . پس از اینکه آبیاری قطره ای موفقیت خود را در مورد درختهای میوه به اثبات رساند در زراعت های ردیفی هم بکار گرفته شد.مهمترین تفاوت آبیاری قطره ای با سایر روش های آبیاری در این است که بین تبخیر- تعرق و مقدار آبی که به زمین داده می شود در یک دوره محدود ۲۴ تا۷۲ ساعته توازن برقرار است. این امر باعث می شود تا با توجه به محدود بودن ظرفیت سیستم های قطره ای نیاز آبی گیاه در این دوره به دقت تخمین زده شود.

مزایای آبیاری قطره ای

آبیاری قطره ای مانند روش های دیگر آبیاری دارای محاسن و معایبی است.از مزایای آبیاری قطره ای این است که به دلیل برقرار شدن توازن بین تبخیر- تعرق ومقدار آبیاری از هدر رفتن آب به صورت رواناب سطحی یا نفوذ عمقی جلوگیری می شود و چون فقط محدوده کوچکی از خاک آبیاری می شود از رشد علفهای هرز در نقاطی که آبیاری نمی شود جلوگیری به عمل می آید.

مطالعات نشان داده است که نسبت تولید به ازاء هر واحد آب مصرفی در آبیاری قطره ای نسبت به سایر روشها بیشتر است.دلایل زیادی برای این موضوع می توان بشمرد.یکی اینکه در روش قطره ای چون آبیاری به طور مداوم و یا به دفعات زیاد صورت می گیرد رطوبت خاک همواره بالاست و گیاه تحت تنش آبی قرار نمیگیرد.دوم اینکه به دلیل محدود بودن سطح آبیاری رشد علفهای هرز که معمولا در رقابت با گیاه قرار می گیرند صورت نمی پذیرد.البته باید توجه داشت که تمام مطالعات نشان دهنده افزایش محصول به ازاء هر واحد آب مصرفی نیست بلکه برخی مطالعات نشان داده اند که در این رابطه تفاوتی بین آبیاری قطره ای و سایر روش ها وجود ندارد.از مزایای دیگر آبیاری قطره ای این است که این روش می تواند در زمینهایی که برای سایر روش ها امکان پیاده شدن نیست بکار گرفته شود.

معایب

در طراحی سیستم های آبیاری قطره ای و به خصوص در هنگام مقایسه این روش با سایر روش های آبیاری می بایست به بعضی نکات توجه شود.به طور کلی هزینه های سرمایه گذاری اولیه در روش آبیاری قطره ای

پروژه یاب
University Project

به مراتب بیشتر از سایر روشها است.چون در آبیاری قطره ای آب به مقدار مشخص و به اندازه نیاز گیاه به زمین داده می شود می بایست در برآورد نیاز آبیاری دقت کرده و سیستم طوری طراحی شود که فشار در قطره چکان ها فقط در دامنه بسیار محدودی تغییر کند.این امر نیاز به فناوری پیچیده ای دارد که تامین و راهبری آن در حال حاضر مشکل است.بنابراین کاربرد این سیستم تنها در جایی توصیه می شود که هزینه های تسطیح زیاد بوده و یا اینکه مقدار آب بسیار محدود باشد.

اجزاء سیستم آبیاری قطره ای

اجزاء سیستم آبیاری قطره ای با آنچه تا به حال در مورد سایر روش ها دیدیم تفاوت دارد.زیرا در این روش باید آب تصفیه شده و سپس در یک شبکه مخصوص توزیع گردد.در شکل ۱۲ـ۴ اجزاء این سیستم به طور کلی نشان داده شده است.به طوری که مشاهده می شود سیستم شامل سه قسمت عمده است: خط اصلی , قسمت نیمه اصلی و لاترال ها.

خط اصلی مشتمل است بر پمپ برای تامین فشار در سیستم و دستگاههای تزریق کودهای شیمیایی به داخل سیستم وصافی یا فیلتر اولیه برای جدا کردن مواد معلق درشت از آب.در دو طرف صافی دو عدد فشارسنج نصب می شود تا از روی افت فشار در صافی زمان شستشوی آن مشخص گردد.آخرین جزء خط اصلی شیرکنترل جریان و دبی سنج است.

در قسمت نیمه اصلی یک فیلتر ثانوی برای جدا کردن مواد معلق ریز و شیرهای برقی(solenoid) از نظر کمک به خودکار کردن سیستم تعبیه شده است.در این قسمت از سیستم می بایست یک تنظیم کننده فشار(رگولاتور) نیز نصب شود تا فشار فقط در دامنه ای که دبی را در حد نیاز ثابت نگه دارد تغییردهد.برای مشخص کردن فشار وجود یک فشارسنج نیز الزامی است.در انتهای قسمت نیمه اصلی شیر تخلیه نصب است تا هرچند وقت یکبار مواد جمع شده در لوله تخلیه شود.

لاترال ها لوله هایی هستند که از قسمت نیمه اصلی منشعب شده و و آب را توسط قطره چکانها در سطح زمین پخش می کنند.

قطره چکان

انواع قطره چکانها

قطره چکانها به دو گروه کلی تقسیم می شوند یکی قطره چکانهای نقطه ای (POINT SOURCE) و دیگری قطره چکانهای خطی(LINE SOURCE)که هردو در سیستمهای آبیاری قطره ای با موفقیت مورد استاده قرار می گیرند.

قطره چکانها صرف نظر از اینکه چه نوعی باشند می بایست از ویژگی های معینی برخوردار باشند. جریان خروجی از آن نباید زیاد باشد یعنی از یک یا چند لیتر در ساعت تجاوز نکند. از طرف دیگر دبی نباید آنقدر

پروژه یاب
University Project

کوچک باشد که مواد معلقی که از صافی ها گذشته اند در داخل لوله ها رسوب کنند. دبی خروجی از قطره چکانها نباید در طول زمان تغییر کند. بعبارت دیگر از یکنواختی جریان در طی کار قطره چکانها اطمینان حاصل شود. قطره چکانها باید در مقابل تابش آفتاب تغییرات دما و سایر عوامل محیطی مقاوم باشند. از همه مهمتر اینکه کار کردن با آن ساده و به ارزانی در اختیار قرار گیرند.

کارخانجات مختلف انواع و اقسام قطره چکانها را به بازار عرضه کرده اند. یک از انواع مشهور قطره چکانها لانگ پت(LONG PATH) یا طولانی ـ مسیر است. در این قطره چکانها فشار آب در لوله لاترال از طریق عبور از مسیر طولانی و پرپیچ و خم قطره چکانها تقلیل پیدا کرده به طوری که در هنگام خروج از روزنه قطره چکان قسمت اعظم انرژی فشار آب مستهلک شده است

نوعی دیگر از قطره چکانها به شورت پت(SHORT PATH) یا کوتاه– مسیر معروفند این قطره چکانها از نوع تنظیم کننده فشار و یا به عبارت صحیح تر جبران کننده فشار می باشند در این قطره چکانها علی رغم تغییرات غیر قابل اجتناب فشار مقدار دبی خروجی از روزنه قطره چکان ثابت باقی می ماند.

فیلترها و سیستم های تصفیه آب

جدی ترین مسأله در نگهداری سیستم های آبیاری قطره ای مسدود شدن قطره چکانهاست. روزنه های قطره چکانها در مقایسه با نازل آبپاشها بسیار کوچک و خطر مسدود شدن آن توسط مواد معلق آب و حتی باکتریهای موجود در آب بسیار زیاد است. مسدود شدن قطره چکانها باعث می شود که آب به اندازه کافی به گیاه نرسد و از این بابت خسارات زیادی به محصول وارد می شود.موادی که موجب مسدود شدن قطره چکانها می شوند به سه دسته مهم تقسیم می شوند:

_ مواد فیزیکی به صورت معلق

_ مواد شیمیایی

_ مواد بیولوژیکی مانند جلبکها و باکتریها

برخی از این مواد را به راحتی می توان در آب تشخیص داد مانند رس و ماسه های معلق که در صورت وجود این مواد در آب صاف کردن را امری اجتناب ناپذیر می سازد. حال آنکه تشخیص مواد شیمیایی در آب به سادگی میسر نمی باشد.

انواع صافی ها

صافی ها به منظور جلوگیری از ورود مواد ناخواسته به داخل سیستم آبیاری قطره ای به کار برده می شوند.صافی ها انواع و اقسام مختلف دارند اما در آبیاری قطره ای سه نوع آن بیشتر کاربرد دارد که عبارند از صافی های توری(SCREEN) صافی های شنی و صافی های سیکلونی.

پروژه یاب
University Project

صافی توری

صافی های توری متداول تردن نوع فیلتر در آبیاری قطره ای است. غالبا در فرایند تصفیه آب ابتدا یک صافی توری قرار داده می شود. در صافی های توری آب پس از آنکه وارد دستگاه صافی شد قبل از خروج از آن از یک صفحه سوراخدار عبور می کند. صافی هائی که در آبیاری قطره ای بکار برده می شود قادرند موادی را که قطر معادل آنها ۱۵۰ یا ۷۵ میکرون باشد از آب جدا سازند.

صافی های شنی

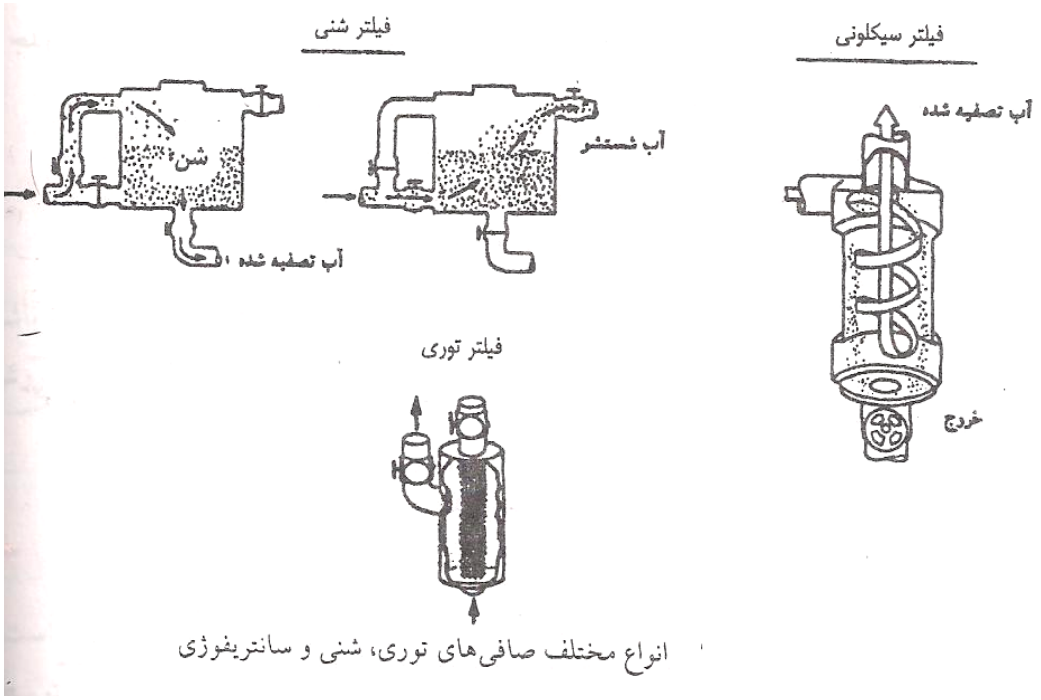
صافی های شنی از محفظه ای که در آن گراولهای ریز و شن ریخته شده است درست شده اند. این صافی ها قادرند مقدار نسبتا زیادی ذرات معلق را از آب جدا نمایند. بر اساس استاندارد ASAE در این صافی ها جریان به ازاء هر متر مربع سطح فیلتر نباید از ۱۴ لیتر در ثانیه تجاوز کند. ضخامت صافی های شنی می بایست حداقل ۵۰ سانتی متر باشد.

صافی های سیکلونی

اساس کار فیلترهای سیکلونی در شکل زیر نشان داده شده است این فیلترها برای جدا کردن مواد سنگین تر از آب کاربرد دارد اما برای جدا ساختن مواد آلی چندان کارآئی ندارد.

شستشوی معکوس

شستشوی معکوس عملی است که طی آن بر عکس حالت معمولی آب وارد صافی شنی میشود تا موادی را که فیلتر در خود نگه داشته است از آن خارج سازد در سیستم های قطره ای غالبا دو فیلتر شنی بکار برده می شود تا یکی مشغول کار و همزمان دیگری مشغول شستشوی معکوس باشد.



انواع مختلف صافی‌های توری، شنی و سانتریفوژی

پروژه یاب
University Project

تصفیه باکتریائی

سیستم آبیاری قطره ای در مدت کوتاهی - حدود یک هفته – توسط مواد حاصله از فعالیت باکتری های موجود در آب مسدود می گردد. برای جلوگیری از این مشکل می بایست آب علیه باکتری ها ضد عفونی شود. این عمل از طریق باکتری کشهائی که عمدتا از ترکیبات کلره تشکیل شده است انجام می شود. آب می بایست مدت کافی در تماس با باکتری کش باشد تا عمل تصفیه انجام پذیرد.اگر از محلول کلر با غلظت ۱ میلی گرم در لیتر استفاده شود مدت ۱۰ تا ۳۰ دقیقه برای ضدعفونی کافی خواهد بود.

تصفیه شیمیایی

تصفیه شیمیایی آب از این جهت صورت می گیرد تا از رسوب مواد شیمیائی در داخل سیستم که می تواند منجر به انسداد روزنه قطره چکانها و لوله ها گردد جلوگیری شود. مهمترین ماده ای که رسوب آن محتمل است کلسیم محلول کربناتهای آب آبیاری است که بصورت کربنات کلسیم ته نشین می شود. روش معمول برای جلوگیری از این کنش شیمیایی کنترل pH آب از طریق وارد کردن اسید است. اگر به آب آبیاری اسید اضافه شود بدون آنکه سایر پارامترهای شیمیایی آب تغییر داده شود pH_m کاهش می یابد. و از رسوب کربنات کلسیم جلوگیری می شود

سیستم های آبیاری قطره ای که آب را مستقیما در اختیار ریشه گیاه قرار می دهند از نظر پخش کودهای شیمیایی بسیار مناسب اند. بطوری که اگر کود را در آب حل کنیم، بدون صرف هزینه و انرژی اضافی، کود در مزرعه پخش می شود. البته باید در نظر داشت که غلظت و نوع کود باعث خوردگی جدار لوله ها نشود. ضمنا باید توجه داشت که با افزایش کود به آب رشد جلبکها و باکتری ها در آب نیز افزایش می یابد که خود عاملی در انسداد لوله ها و قطره چکانها می باشد. در کاربرد کودهای شیمیایی همراه با آب باید به یک نکته اساسی توجه داشت و آن این است که کود نباید هیچ وقت در لوله باقی بماند. از طرف دیگر شروع آبیاری نیز با تزریق کود همراه باشد. بنابراین حداقل یک ساعت قبل از خاتمه آبیاری باید تزریق کود خاتمه پیدا کرده باشد و تزریق کود حداقل یک ساعت پس از شروع کار سیستم شروع شود.

پروژه یاب
University Project

انتخاب مناسب‌ترین روش آبیاری تحت فشار

مقدمه

یکی از مشکل‌ترین مراحل طراحی سیستم‌های آبیاری تحت فشار این است که با توجه به تنوع این سیستم‌ها زارع کدام سیستم را برای مزرعه خود انتخاب کند و یا اگر طراح سیستم خاصی را پیشنهاد می‌نماید دلایل فنی و اقتصادی - اجتماعی او کدام است و چگونه زارع را متقاعد سازد که این سیستم برای او بهتر از سایر سیستم‌ها می‌باشد. بعضی از متخصصان سطح آبیاری را بهترین ملاک می‌دانند. مثلاً اگر وسعت مزرعه بسیار زیاد باشد سیستم عقربه‌ای را مناسب‌تر از سیستم کلاسیک می‌دانند و با توجه به ارقامی که در جدول پ-۴-۱ ارائه شده است از روی مساحت مزرعه نوع سیستم را انتخاب می‌کنند اما این نحوه انتخاب بسیار ساده و غیر منطقی است و باید تاثیر سایر عوامل موثر را نیز در این مورد در نظر گرفت.

جدول پ-۴-۱ مساحت اراضی هر قطعه یا مزرعه برای انتخاب مناسب‌ترین نوع سیستم آبیاری تحت فشار

ردیف	نوع سیستم آبیاری تحت فشار	مساحت (هکتار)		
		حداقل	حداکثر	متداول
1	سیستم بارانی ثابت Solid set system	1	20	10
2	سیستم‌بارانی یاجابجائی‌دستی system move hand	2	25	10-15
3	سیستم بارانی یا لوله چرخدار یا دستگاه‌آبفشان خطی roll line or side role system	3	35	15-20
4	سیستم آبیاری بارانی با دستگاه فرفره‌ای rain gun	15	60	40
5	سیستم بارانی با دستگاه عقربه‌ای Center pivot system	10	150	50
6	سیستم بارانی با دستگاه خطی linear move	20	75	40
7	سیستم قطره‌ای drip irrigation	10	1	5

در طرح‌های بزرگ باید زمین را قطعه‌بندی و برای هر قطعه سیستم مناسبی را انتخاب کرد. توجه داشته باشید که اگر مساحت قطعه خیلی کوچک باشد به تبع آن طول لوله‌ها و سایر لوازم

پروژه یاب
University Project

و تجهیزات مورد نیاز در واحد سطح افزایش پیداکرده و در نهایت باعث افزایش هزینه‌ها و عدم توجیه اقتصادی طرح می‌شود و برعکس اگر قطعات آبیاری از مساحت‌های متداول که در جدول پ-۴-۱ ارائه شده است بزرگتر باشد ظرفیت اجزاء سیستم افزایش یافته و به تبع آن بهره‌برداری و مدیریت سیستم نامطلوب خواهد بود. در زیر یکی از روش‌هائی که در آن انتخاب نوع سیستم آبیاری به‌صورت کمی تعیین می‌شود و در حال حاضر در ایران هم توسط طراحان و مشاورین مورد استفاده قرار دارد شرح داده شده است.

پ-۴-۲ نحوه انتخاب روش مناسب آبیاری تحت فشار

پ-۴-۲-۱ کلیات

یکی از موارد مهم در مطالعه و طراحی شبکه‌های آبیاری انتخاب، روش آبیاری مناسب می‌باشد. در این ارتباط پارامترهای متعددی دخالت دارند که مهمترین آنها **وضعیت اقلیمی، وضعیت توپوگرافی، مشخصات خاک، مشخصات آب، نوع محصول، شرایط تامین انرژی، زمینه‌های فرهنگی، وضعیت نیروی انسانی، وضعیت بهره‌برداری و نگهداری** و بالاخره **هزینه‌ها** در هر طرح می‌باشد. میزان تاثیر و یا به عبارتی نوع محدودیتی که هر یک از این پارامترها در انتخاب روش آبیاری مناسب ایجاد می‌کند ممکن است به یکی از سه حالت زیر باشد:

الف - میزان محدودیت‌ها در حدی باشد که فقط استفاده از سیستم‌های آبیاری تحت فشار پاسخگو بوده و سایر روش‌های آبیاری غیرعملی و یا غیراقتصادی باشد.

ب - میزان محدودیت‌ها به نحوی باشد که استفاده از روش‌های مختلف آبیاری میسر بوده و باید در شرایط فنی یکسان بین آبیاری تحت فشار و آبیاری ثقلی هر کدام را که عملی‌تر و اقتصادی‌تر باشد برگزید.

ج - محدودیت‌های خاص مربوط به اهداف برخی پروژه‌ها که در واقع ارتباط مستقیم به امر آبیاری نداشته بلکه سیستم آبیاری تحت فشار را برای منظورهای خاص ضروری می‌سازد (نظیر استفاده از آبیاری بارانی برای کنترل یخبندان).

پ-۴-۲-۲ روش کار

امتیازات مربوط به محدوده اثر عوامل

انتخاب روش مناسب آبیاری تحت فشار بر اساس امتیازدهی هر کدام از عوامل در دامنه ۳- تا ۳+ می‌باشد. میزان تاثیر عوامل مختلف با استفاده از ارقام (۳+) تا (۳-) به شرح زیر تفکیک گردیده است:

(۳+) اثر بسیار مطلوب و تایید کننده جهت استفاده از سیستم آبیاری مربوطه

پروژه یاب
University Project

(+۲) اثر خوب در کاربرد سیستم آبیاری مربوطه

(+۱) اثر مثبت معمولی در کاربرد سیستم آبیاری مربوطه

(۰) عوامل غیر موثر در انتخاب سیستم آبیاری در پروژه مورد بررسی

(-۱) اثر منفی در انتخاب سیستم آبیاری در حد مختصر

(-۲) اثر منفی در حد احتراز از انتخاب سیستم آبیاری مربوطه تا حد امکان

(-۳) اثر منفی شدید به لحاظ پایین افتادن بیش از حد راندمان سیستم آبیاری یا بالا رفتن بیش از حد هزینه‌ها و نهایتاً عدم توصیه سیستم آبیاری مربوطه

* اثر منفی در حد مردود شناختن سیستم آبیاری مربوطه در پروژه مورد بررسی.

همان‌طور که ملاحظه می‌گردد دامنه وسیعی از وضعیت تأثیر هر پارامتر درانتخاب روش‌های آبیاری مناسب (به خصوص سیستم‌های آبیاری بارانی) در نظر گرفته شده و کارشناس طرح می‌تواند تا حد امکان درجه دقت خود را بالا ببرد. به عبارت دیگر ارقام یا امتیازات مثبت و منفی که خنثی کننده یکدیگر هستند دارای وزن بوده و در واقع شدت اثر هر پارامتر (مثبت یا منفی) در نظر گرفته شده است. به عنوان مثال اراضی دارای نفوذپذیری خیلی زیاد برای آبیاری ثقلی بسیار نامناسب بوده و در چنین زمین‌هایی استفاده از سیستم‌های آبیاری قابل توجیه و مورد تأکید است، لذا پارامتر نفوذپذیری در جدول مربوطه با نظر طراح رقم (-۳) یا (-۲) را برای استفاده از روش آبیاری ثقلی و امتیاز (+۲) یا (+۳) را برای کاربرد آبیاری بارانی به خود اختصاص می‌دهد. علاوه بر این در مواردی نظیر نفوذپذیری کمتر از ۴ میلی‌متر در ساعت که کاربرد آبیاری بارانی عملی نبوده و قابل قبول نمی‌باشد علامت (*) در جدول مربوطه وارد شده و در واقع اثر سایر پارامترها را از بین برده و استفاده از سیستم آبیاری مربوطه را منتفی می‌سازد. جداول ارائه شده فقط برای انتخاب سیستم‌های آبیاری تحت فشار بوده و جایگاه آبیاری ثقلی در این جداول فقط در حد مقایسه با روش‌های تحت فشار پیش بینی شده است.

جدول پ-۴-۲ امتیازدهی به سیستم‌های مختلف آبیاری در ارتباط با عوامل باد ودمای هوا

ردیف	پارامتر جزئی	آبیاری ثقلی	آبیاری بارانی						آبیاری قطره‌ای
			ثابت Soild set	جابجایی دستی Hand Move	آبفشان خطی Side Roll	قرقره‌ای Rain Gun	عقربه‌ای Center Pivot	خطی Liner Move	Drip
۱	سرعت‌باد بسیار زیاد (24-32 Km/h)	-۲	-۳	-۳	-۳	-۳	-۳	-۳	-۲
۲	سرعت‌باد زیاد (16-24 Km/h)	-۱	-۲	-۲	-۳	-۳	-۳	-۳	-۱
۳	سرعت‌بادملایم (6.4-16 Km/h)	۰	-۱	-۱	-۱	-۲	-۲	-۲	۰
۴	سرعت‌بادکم (0.6-4 Km/h)	۰	۰	۰		۰	۰	۰	۰
۵	دمای هوا در منطقه معتدل و سردسیر	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
۶	دمای هوا در منطقه گرمسیر	-۱	-۲	-۲	-۲	-۲	-۳	-۳	-۱

پروژه یاب
University Project

جدول پ-۴-۳ امتیازدهی به سیستم‌های مختلف آبیاری در ارتباط با عوامل مقدار و یکنواختی شیب و عوارض موجود

ردیف	پارامتر جزئی	آبیاری ثقلی	آبیاری بارانی						آبیاری قطره‌ای
			ثابت Soild set	جابجایی دستی Hand Move	آبفشان خطی Side Roll	قرقره‌ای Rain Gun	عقربه‌ای Center Pivot	خطی Liner Move	Drip
۱	شیب کمتر از ۲ درصد	+۲	+۳	+۳	+۳	+۳	+۳	+۳	+۳
۲	شیب ۴-۲ درصد	+۱	+۲	+۲	+۲	+۳	+۲	+۲	+۲
۳	شیب ۱۰-۴ درصد	-۳	+۱	+۱	+۱	+۲	+۱	+۱	+۱
۴	شیب ۲۰-۱۰ درصد	※	-۳	-۳	-۳	-۲	-۳	-۳	-۳
۵	شیب بیشتر از ۳۰ درصد	※	※	※	※	※	※	※	-۳
۶	شیب کاملاً یکنواخت	+۳	+۳	+۳	+۳	+۳	+۳	+۳	+۳
۷	شیب نسبتاً یکنواخت	-۲	+۱	+۱	+۱	+۲	+۱	+۱	+۲
۸	شیب غیر یکنواخت	※	-۲	-۱	-۲	+۲	-۱	-۲	+۱
۹	عوارض ثابت در سطح زمین	-۲	-۱	-۱	-۲	-۲	-۳	-۳	-۱
۱۰	عوارض ثابت در ارتفاع تا حدود ۳ متری	۰	۰	۰	۰	-۱	-۳	-۳	۰
۱۱	عوارض قابل برطرف کردن در سطح زمین	+۲	+۱	+۲	+۲	+۲	+۲	+۲	+۱
۱۲	عوارض قابل برطرف کردن در ارتفاع تا حدود ۳ متر	۰	۰	۰	۰	+۱	+۲	+۲	۰
۱۳	اراضی بدون عارضه	+۳	+۳	+۳	+۳	+۳	+۳	+۳	+۳

جدول پ-۴-۴ امتیازدهی به سیستم‌های مختلف آبیاری در ارتباط با عوامل نفوذپذیری و آب قابل دسترسی

ردیف	پارامتر جزئی	آبیاری ثقلی	آبیاری بارانی						آبیاری قطره‌ای
			ثابت Soild set	جابجایی دستی Hand Move	آبفشان خطی Side Roll	قرقره‌ای Rain Gun	عقربه‌ای Center Pivot	خطی Liner Move	Drip
۱	نفوذپذیری ۲/۵-۱ میلی متر برساعت	※	※	※	※	※	※	※	-۳
۲	نفوذپذیری ۴-۲/۵ میلی متر برساعت	-۳	※	※	※	※	※	※	-۱
۳	نفوذپذیری ۵۰-۴ میلی متر برساعت	+۲	+۲	+۲	+۱	+۲	+۲	+۲	+۲
۴	نفوذپذیری ۱۲۰-۵۰ میلی متر برساعت	-۲	+۲	+۲	+۲	+۲	+۲	+۲	+۲
۵	نفوذپذیری بیشتر از ۱۲۰ میلی متر برساعت	※	+۲	+۲	+۲	+۲	+۳	+۳	+۳
۶	آب قابل دسترسی ۶۰-۳۰ میلی متر بر متر	※	+۲	+۲	+۲	+۲	+۳	+۳	+۳
۷	آب قابل دسترسی ۱۰۰-۶۰ میلی متر بر متر	-۲	+۲	+۳	+۳	+۲	+۳	+۳	+۳
۸	آب قابل دسترسی ۱۵۰-۱۰۰ میلی متر بر متر	+۱	+۱	+۲	+۲	+۲	+۳	+۳	+۲
۹	آب قابل دسترسی ۲۱۰-۱۵۰ میلی متر بر متر	-۲	+۱	+۲	+۲	+۲	+۲	+۲	+۲

یروژه یاب
University Project

جدول پ-۴-۵ امتیازدهی به سیستم‌های مختلف آبیاری در ارتباط با عوامل کیفیت آب آبیاری

ردیف	پارامتر جزئی	آبیاری ثقلی	آبیاری بارانی						آبیاری قطره‌ای
			ثابت Soild set	جابجایی دستی Hand Move	آبفشان خطی Side Roll	قرقره‌ای Rain Gun	عقربه‌ای Center Pivot	خطی Liner Move	Drip
۱	غلظت مواد کمتر از ۵۰ پی‌پی‌ام	۰	۰	۰		۰	۰	۰	۰
۲	غلظت مواد معلق ۱۰۰-۵۰ پی‌پی‌ام	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	-۱
۳	غلظت مواد بیشتر از ۱۰۰ پی‌پی‌ام	۰	-۱	-۱	-۱	۰	-۱	-۱	-۲
۴	pH کمتر از ۷	-۱	۰	۰	۰	۰	۰	۰	+۱
۵	pH بین ۸-۷	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	-۱
۶	pH بیشتر از ۸	-۱	-۱	-۱	-۱	۰	-۱	-۱	-۲
۷	هدایت‌الکتریکی کمتر از ۱۰۰۰ میکروموس بر سانتی‌متر	+۳	+۳	+۳	+۳	+۳	+۳	+۳	+۳
۸	هدایت‌الکتریکی ۲۰۰۰-۱۰۰۰ میکروموس بر سانتی‌متر	+۲	+۲	+۲	+۲	+۲	+۲	+۲	-۱
۹	هدایت‌الکتریکی ۳۰۰۰-۲۰۰۰ میکروموس بر سانتی‌متر	+۱	-۱	-۱	-۱	-۱	-۱	-۱	-۲
۱۰	هدایت‌الکتریکی ۳۵۰۰-۳۰۰۰ میکروموس بر سانتی‌متر	-۱	-۲	-۲	-۲	-۲	-۲	-۲	-۳
۱۱	هدایت‌الکتریکی ۴۰۰۰-۳۵۰۰ میکروموس بر سانتی‌متر	-۳	-۳	-۳	-۳	-۳	-۳	-۳	##
۱۲	هدایت‌الکتریکی ۴۰۰۰ میکروموس بر سانتی‌متر	-۳	##	##	##	##	##	##	##
۱۳	غلظت سدیم کمتر از ۷۰ پی‌پی‌ام	۰	-۱	-۱	-۱	-۱	-۱	-۱	-۱
۱۴	غلظت سدیم ۳۵۰-۷۰ پی‌پی‌ام	-۱	-۲	-۲	-۲	-۲	-۲	-۲	-۲
۱۵	غلظت سدیم بیشتر از ۳۵۰ پی‌پی‌ام	-۲	-۳	-۳	-۳	-۳	-۳	-۳	-۳
۱۶	غلظت کلرور کمتر از ۱۰۰ پی‌پی‌ام	۰	-۱	-۱	-۱	-۱	-۱	-۱	-۱
۱۷	غلظت کلرور ۷۰۰-۱۰۰ پی‌پی‌ام	-۱	-۲	-۲	-۲	-۲	-۲	-۲	-۲
۱۸	غلظت سدیم بیشتر از ۷۰۰ پی‌پی‌ام	-۲	-۳	-۳	-۳	-۳	-۳	-۳	-۳
۱۹	مواد بیولوژیک و باکتری‌ها کمتر از ۱۰۰۰۰ عدد در میلی لیتر آب	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	-۱
۲۰	مواد بیولوژیک و باکتری‌ها ۱۰۰۰۰-۵۰۰۰ عدد در میلی لیتر آب	+۱	-۱	-۱	-۱	-۱	-۱	-۱	-۲
۲۱	مواد بیولوژیک و باکتری‌ها بیشتر از ۵۰۰۰۰ عدد در میلی لیتر آب	+۲	-۲	-۲	-۲	-۱	-۲	-۲	-۳

یروژه یاب
University Project

جدول پ-۴-۶ امتیازدهی به سیستم‌های مختلف آبیاری در ارتباط با عوامل کیفیت آب آبیاری

ردیف	پارامتر جزئی	آبیاری ثقلی	آبیاری بارانی						آبیاری قطره‌ای Drip
			ثابت Soild set	جابجایی دستی Hand Move	آبفشان خطی Side Roll	قرقره‌ای Rain Gun	عقربه‌ای Center Pivot	خطی Liner Move	
۱	وسعت اراضی قابل آبیاری در محدوده طرح کمتر از وسعت اراضی بر مبنای هیدرومدول یک لیتر بر ثانیه بر هکتار	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
۲	مساوی وسعت اراضی بر مبنای هیدرومدول یک لیتر بر ثانیه بر هکتار	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
۳	بیشتر از وسعت اراضی بر مبنای هیدرومدول یک لیتر بر ثانیه بر هکتار	-۱	-۱	+۱	+۲	+۲	+۳	+۲	+۳

(مقدار آب برای هر سه حالت فوق ثابت فرض شده است)

جدول پ-۴-۷ امتیازدهی به سیستم‌های مختلف آبیاری در ارتباط با عوامل کیفیت آب آبیاری

ردیف	پارامتر جزئی	آبیاری ثقلی	آبیاری بارانی						آبیاری قطره‌ای Drip
			ثابت Soild set	جابجایی دستی Hand Move	آبفشان خطی Side Roll	قرقره‌ای Rain Gun	عقربه‌ای Center Pivot	خطی Liner Move	
۱	اختلاف ارتفاع توپوگرافی کمتر از ۵ متر	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	+۱
۲	اختلاف ارتفاع توپوگرافی ۲۰-۵۰ متر	۰	+۱	+۱	+۱	+۱	+۱	+۱	+۳
۳	اختلاف ارتفاع توپوگرافی ۴۰-۲۰ متر	۰	+۲	+۲	+۲	+۱	+۱	+۱	+۱
۴	اختلاف ارتفاع توپوگرافی ۶۰-۴۰ متر	۰	+۳	+۳	+۳	+۲	+۲	+۲	-۱
۵	اختلاف ارتفاع توپوگرافی بیشتر از ۶۰ متر	۰	+۱	+۱	+۱	+۳	+۳	+۳	-۲

پروژه یاب
University Project

جدول پ-۴-۸ امتیازدهی به سیستم‌های مختلف آبیاری در ارتباط با نوع محصول

ردیف	پارامتر جزئی	آبیاری ثقلی	آبیاری بارانی						آبیاری قطره‌ای
			ثابت Soild set	جابجایی دستی Hand Move	آبفشان خطی Side Roll	قرقره‌ای Rain Gun	عقربه‌ای Center Pivot	خطی Liner Move	Drip
۱	محصولات باعمق ریشه کمتر از یک متر	-۳	+۲	+۲	+۲	+۱	+۳	+۳	+۳
۲	محصولات باعمق ریشه بیشتر از یک متر	+۱	+۱	+۳	+۳	+۲	+۲	+۲	+۲
۳	محصولات با ارتفاع کمتر از ۱/۵ متر	+۱	+۲	+۳	+۳	+۳	+۲	+۲	+۲
۴	محصولات با ارتفاع ۳-۱/۵ متر	+۱	-۳	⁂	⁂	+۲	+۳	+۳	+۲
۵	محصولات با ارتفاع بیشتر از ۳ متر	+۲	-۳	⁂	⁂	⁂	⁂	⁂	+۲
۶	محصولات با کشت متراکم	+۱	+۲	+۳	+۳	+۳	+۳	+۳	⁂
۷	محصولات با کشت ردیفی و غیرمتراکم	+۱	+۱	+۲	+۳	+۱	+۳	+۳	+۳
۸	درخت و باغات	+۱	-۳	-۳	⁂	⁂	⁂	⁂	+۳

جدول پ-۴-۹ امتیازدهی به سیستم‌های مختلف آبیاری در ارتباط با اثرات فرهنگی

ردیف	پارامتر جزئی	آبیاری ثقلی	آبیاری بارانی						آبیاری قطره‌ای
			ثابت Soild set	جابجایی دستی Hand Move	آبفشان خطی Side Roll	قرقره‌ای Rain Gun	عقربه‌ای Center Pivot	خطی Liner Move	Drip
۱	سابقه آبیاری تحت فشار و زمینه های فرهنگی مساعد وجود ندارد	+۲	⁂	-۲	-۳	⁂	⁂	⁂	-۳
۲	سابقه آبیاری تحت فشار وجود ندارد ولی زمینه های فرهنگی مساعد است	+۱	-۳	+۲	+۱	-۲	-۳	-۳	-۱
۳	سابقه آبیاری تحت فشار وجود دارد و زمینه ها هم مساعد است	+۱	+۱	+۳	+۳	+۱	+۱	+۱	+۲
۴	درحال حاضر در منطقه آبیاری تحت فشار وجود دارد.	-۱	+۱	+۳	+۳	+۲	+۲	+۱	+۳

پروژه یاب
University Project

جدول پ-۴-۱۰ امتیازدهی به سیستم‌های مختلف آبیاری در ارتباط با وضعیت نیروی انسانی

ردیف	پارامتر جزئی	آبیاری ثقلی	آبیاری بارانی						آبیاری قطره‌ای
			ثابت Soild set	جابجایی دستی Hand Move	آبفشان خطی Side Roll	قرقره‌ای Rain Gun	عقربه‌ای Center Pivot	خطی Liner Move	Drip
۱	نیروی متخصص و ماهر در منطقه وجود ندارد.	-۱	-۳	-۳	-۳	-۳	⁂	⁂	-۳
۲	نیروی متخصص و ماهر در منطقه وجود دارد یا تأمین می‌شود.	+۳	+۳	+۳	+۳	+۳	+۳	-۳	+۳
۳	نیروی نیمه‌ماهر و کارگری در منطقه وجود ندارد	-۲	-۱	-۳	-۲	-۲	-۱	-۲	-۲
۴	نیروی نیمه‌ماهر و کارگری در منطقه وجود دارد.	+۳	+۲	+۳	+۳	+۲	-۲	+۲	+۳

جدول پ-۴-۱۱ امتیازدهی به سیستم‌های مختلف آبیاری در ارتباط با امکانات بهره‌برداری و نگهداری

ردیف	پارامتر جزئی	آبیاری ثقلی	آبیاری بارانی						آبیاری قطره‌ای
			ثابت Soild set	جابجایی دستی Hand Move	آبفشان خطی Side Roll	قرقره‌ای Rain Gun	عقربه‌ای Center Pivot	خطی Liner Move	Drip
۱	منطقه مورد نظر دورافتاده و محروم است.	۰	-۳	-۳	-۳	-۳	⁂	⁂	-۳
۲	منطقه طرح قابل دسترسی و دارای امکانات است.	+۱	+۲	+۳	+۳	+۳	+۳	+۲	+۳
۳	خدمات تعمیرات و لوازم یدکی قابل تأمین است.	۰	+۲	+۳	+۳	+۲	+۲	+۱	+۲
۴	خدمات تعمیرات و لوازم یدکی محدودیت دارد.	۰	-۳	-۱	-۱	-۲	-۳	-۳	-۲

جدول پ-۴-۱۲ امتیازدهی به سیستم‌های مختلف آبیاری در ارتباط با هزینه آنها

پارامتر جزئی	آبیاری ثقلی	آبیاری بارانی						آبیاری قطره‌ای
		ثابت Soild set	جابجایی دستی Hand Move	آبفشان خطی Side Roll	قرقره‌ای Rain Gun	عقربه‌ای Center Pivot	خطی Liner Move	Drip
امتیاز	-۲	-۲	-۱	-۱	-۱	-۱	-۱	-۳

پروژه یاب
University Project

پ-۴-۲-۳ جمع‌بندی امتیازات جهت انتخاب سیستم

آنچه که در قسمت امتیازدهی به سیستم‌های مختلف آبیاری برای تعیین درجه تاثیر جزئیات هر پارامتر در خصوص انتخاب سیستم مناسب عنوان گردید در واقع الگو و راهنمایی است که امکان بررسی کمی شرایط مختلف یک طرح مطالعاتی را از دیدگاه‌های فنی، اجتماعی و اقتصادی فراهم نموده و به کمک آن سیستم آبیاری مناسب انتخاب می‌گردد. برای این منظور با استفاده از جداول پ-۴-۲ تا ۱۲ امتیاز مربوط به هر پارامتر تعیین و در جدول پ-۴-۱۳ وارد می‌گردد. سپس از جمع جبری امتیازات هر یک از ستون‌های جدول مذکور امتیاز نهایی هر سیستم آبیاری و اولویت‌بندی انتخاب آنها جهت اجرا در پروژه موردنظر مشخص می‌گردد.

یادآوری می‌نماید که در استخراج امتیازات از جداول مربوطه نظر و برداشت کارشناس طراح از شرایط طرح نیز دخیل بوده و می‌تواند امتیاز هر پارامتر جزیی را تا (+۱) امتیاز تغییر دهد. به عنوان مثال در ارتباط با ردیف ۲ جدول پ-۴-۹ استفاده از دستگاه عقربه‌ای برای مناطقی که در آنجا سابقه استفاده از آبیاری تحت فشار وجود نداشته ولی زمینه‌های فرهنگی مساعد می‌باشد چندان توصیه نشده و امتیاز (-۳) برای آن منظور گردیده است. در حالی‌که ممکن است کارشناس طراحی تعداد قابل توجهی از این دستگاه‌ها برای منطقه مزبور پیش‌بینی نموده و با تامین نیروهای فنی مورد نیاز کاربرد آن عملی و اقتصادی باشد لذا می‌تواند از امتیاز (-۲) استفاده نماید. با توجه به اینکه ردیف هزینه‌ها می‌تواند اثرات مهمی در تصمیم‌گیری داشته باشد قضاوت مهندسی در انتخاب نوع سیستم باید مدنظر قرار گیرد. در نهایت سیستمی که بالاترین امتیاز را داشته باشد به‌عنوان سیستم موردنظر برگزیده می‌شود.