آبیاری در ایران

نویسنده : عباس رکاب طلائی

(رئیس هیئت مدیره شرکت باران ساز گیاه ماشین)

مقدمه

کشور ایران با مساحتی برابر ۱۶۵ میلیون هکتار در منطقه نیمه خشک خاورمیانه قرار دارد . ۵۲٪ مساحت کشور را کوهها و کویرها اشغال کرده و ۱۶٪ کشور دارای ارتفاعی بالاتر از ۲۰۰۰ متر نسبت به سطح دریا می باشد . با توجه به جمعیت بیش از ۷۰ میلیونی کشور ، ایران یکی از خشک ترین کشور های دنیا می باشد . میزان متوسط بارندگی کشور برابر ۲۵۲ میلیمتر در سال گزارش شده است که آن هم بصورت غیریکنواخت پخش شده است ، در حالیکه میزان بارندگی در جلگه دریای خزر برابر ۱۶۰۰ میلیمترمی باشد ، در مناطق کویری کشور میزان بارندگی ۲۰ میلیمتر گزارش شده است .

بطور کلی دوسوم مساحت کشور کمتر از ۲۵۰ میلیمتر بارندگی سالیانه دارند . اگر میزان آب مصرفی کشور را ۸۸ بیلیون مترمکعب فرض کنیم میزان ظرفیت اضافی کشور برای آینده فقط ۳۰ بیلیون متر مکعب خواهد بود . چنانکه در جدول زیر مشاهده می شود متوسط آب تجدید شدنی کشور برابر ۱۳۰ بیلیون مترمکعب می باشد ، براساس این جدول بیش از ۹۴ درصد کل آب مصرفی درایران برای آبیاری بکار می رود درحالیکه مصرف خانگی و صنعت بترتیب ۴/۷۵ و ۱ درصد می باشد .

TABLE 1 Water Availability and Use in Iran

Component	Volume (bcm)	Percent of Total
Precipitation	413	100
Evaporation	283	70
Renewable water	130	30
Surface water	105	
Groundwater	25	
Total water use	87.5	100
Agriculture	82.0	94.25
Domestic	4.7	4.75
Industry (etc.)	0.8	1

علیرغم این حقیقت که فقط حدود ۱۲درصد مساحت کل کشور تحت کشت وکار قرار دارد ، کمتر از نصف زمینهای زیرکشت آبیاری می شوند و کشت و کار بقیه زمینها بصورت دیم انجام می گیرد. آبهای زیرزمینی مهمترین منابع آبی کشور می باشند و از ۳۰۰۰ سال قبل ایرانیان با ابداع و حفر قنات نسبت به آبیاری مزارع اقدام نموده اند .

راندمان آبیاری در کشور بصورت متوسط حدود ۳۵ تا ۴۰ درصد گزارش شده است و با توجه به مساحت مزارع تحت آبیاری که حدود ۷/۸ میلیون هکتار گزارش شده است ، اهمیت افزایش راندمان به منظور تامین آب اضافی برای مزارع

جدید مشخص می شود . بکارگیری سیستم های آبیاری تحت فشار باعث افزایش راندمان و کاهش مصرف آب بازای هر هکتار و نتیجتاً امکان زیرکشت آوردن زمین های بیشتری می گردد .

خاک به عنوان منبع ذخیره تغذیه ای گیاه به کار می رود . مقدار آبی که یک خاک می تواند در خود ذخیره کند بستگی به خواص فیزیکی و شیمیایی خاک دارد و این مقدار ذخیره آب در خاک ، طول زمانی را که گیاه قادر است بین دو آبیاری یا بارندگی آب مورد نیاز خود را از خاک تامین نماید مشخص می سازد .

هدف اصلی آبیاری فراهم ساختن آب کافی برای گیاه به منظور بدست آوردن محصول مطلوب و اقتصادی می باشد . زمان آبیاری و میزان آن بستگی به عواملی از قبیل شرایط آب و هوایی ، نوع محصول ، مرحله رشد گیاه ، خواص خاک (مثلا ظرفیت نگهداری آب توسط خاک) و میزان توسعه ریشه گیاه دارد . آب در ناحیه ریشه گیاه بعنوان منبع ذخیره برای تبخیر و تعرق گیاه می باشد . ریشه گیاهان نیاز به رطوبت و اکسیژن برای ادامه حیات دارند و اگر هر یک از این دو فاکتور موازنه خود را از دست دهند وظایف ریشه مختل شده و در نتیجه رشد گیاه کاهش خواهد یافت .

گیاهان برای رشد و خنک کاری خود بخصوص در روزهای آفتابی و گرم نیاز به آب دارند ، گیاهان آب را از خاک بیرون کشیده و آن را به برگ های خود انتقال می دهند . سوراخ های کوچک (روزنه ها) در بالا و زیر برگها جهت فتوسنتز و رشد گیاه دی اکسید کربن را از هوا جذب می نمایند . تبخیر بخار آب از طریق روزنه های برگ ها انجام می گیرد ، این پروسه را تعرق (Transpiration) گویند . بدون تعرق گیاه می تواند به درجه حرارت مرگباری برسد . آب موجود در سطح خاک هم به علت انرژی تابشی یا گرما و وزش باد تبخیر می گردد . با خشک شدن خاک سطحی در اثر تبخیر ، آب موجود در قسمت های عمقی تر خاک از طریق لوله های موئینه (Capillary) به طرف بالا حرکت می کند ، با خشک شدن خاک سرعت جریان آب در خاک کاهش می یابد ، بنابراین با ادامه تبخیر ، مقاومت بیشتری در مقابل جریان آب رخ خواهد داد و در نهایت سرعت جریان آب در خاک تبخیر را محدود خواهد ساخت و این کار باعث خواهد شد تا انرژی مصرفی برای تبخیر آب باعث گرم کردن سطح خاک گردد . با کمتر شدن رطوبت خاک جذب رطوبت توسط ریشه گیاه مشکلتر شده و در نهایت به حد تنش نقطه دائمی پژمردگی گیاه خواهد رسید (۱۵آتمسفر) .

تبخیر آب از خاک و سطح گیاه و همچنین تعرق از روزنه های گیاه بیش از ۹۸٪ آب مصرفی برای بیشتر گونه های گیاهان را بخود اختصاص می دهد . جمع تبخیر و تعرق را Evapotranspiration گویند و با Etc نمایش می دهند .

برای اندازه گیری میزان تبخیر و تعرق گیاه راههای مختلفی وجود دارد که ساده ترین آنها استفاده از تشت تبخیر (Evaporation Pan) می باشد (ظرفی استوانه ای شکل از ورق گالوانیزه به قطر ۴۸ اینچ و ارتفاع ۱۰ اینچ) . بنابراین بایستی از طریق آبیاری رطوبتی را که خاک از دست می دهد تامین نمود . همانطور که قبلاً ذکر شد خاک بصورت یک منبع آبی برای رشد و ادامه حیات گیاهان بشمار می آید ، ماکزیمم آبی که یک خاک می تواند در خود نگه دارد بعنوان ظرفیت نگهداری آب در خاک (Water field capacity) نامیده می شود ، اما همه این آب را گیاه نمی تواند جذب کند ، حجم آبی که گیاه قادر به جذب آن می باشد ظرفیت آب قابل استفاده (Available water capacity) یا AWC نامیده می شود و در حقیقت مقدار آبی در خاک می باشد که برای گیاه قابل استفاده می باشد و واحد اندازه گیری آن بصورت اینچ به ازای هر فوت ارتفاع خاک و یا میلیمتر به ازای هر متر ارتفاع خاک می باشد .

اصطلاح متداول دیگر در امر آبیاری Field capacity یا ظرفیت مزرعه (FC) می باشد و آن مقدار آبی است که در یک خاک خوب زهکشی شده پس از تخلیه آب براثر نیروی ثقل در خاک باقی می ماند . در خاک هایی با بافت درشت بعلت فضاهای درشت بین ذرات عمل زهکشی به سرعت انجام می گیرد اما این کار در خاک هایی با بافت ریز به کندی انجام می شود . عوامل مهم در FC عبارتند از : بافت و ساختمان خاک ، دانسیته خاک و لایه های موجود در خاک که مانع حرکت آب می گردند . معمولاً خاکهایی با بافت ریز آب بیشتری در خود نگه می دارند تا خاکهایی با بافت درشت . در خاک های دانه درشت (Sandy) چند ساعت پس از آبیاری یا بارندگی ، میزان رطوبت خاک به حد FC می رسد اما در خاک های دانه متوسط (loamy) اینکار تقریباً یک شبانه روز به طول می انجامد . در خاک های رسی (Clay) ممکن است چند روز طول بکشد تا میزان رطوبت خاک به حد Field capacity برسد . وقتی رطوبت خاک به تدریج کاهش یافت به نقطه ای می رسد که دیگر گیاه قادر به جذب آب نبوده (به علت پیوند قوی بین ذرات آب و ذرات خاک) و این کار باعث ایجاد پژمردگی دائم در گیاه می شود . این میزان آب در خاک بعنوان نقطه پژمردگی دائم (Permanent wilting point) یا PWP نامیده می شود . برای اینکه گیاه به نقطه پژمردگی دائم نرسد ضریب اطمینانی در نظر گرفته می شود و اینقدر آب از خاک گرفته می شود که قبل از آبیاری بعدی گیاه به مرحله پژمردگی نرسیده باشد که آنرا مدیریت مجاز نقصان یا تقلیل رطوبت (Management allowable depletion) گویند و بصورت MAD نمایش می دهند . در حقیقت MAD درصدی از آب قابل استفاده در خاک می باشد که بین دو راند آبیاری ،گیاه بدون آنکه صدمه جدی ببیند از خاک دریافت میکند و معمولاً آن را بصورت درصدی از ظرفیت آب قابل استفاده (AWC) در منطقه ریشه بیان می کنند .

گیاهان مختلف در مقابله با بی آبی ، مقاومت های متفاوتی دارند حتی یک گیاه خاص هم در زمان های مختلف رشد ، نسبت به بی آبی بصورت متفاوت عمل می کند ، معمولاً MAD بین ۳۰ تا ۶۰ درصد ظرفیت آب قابل استفاده محاسبه می شود . در مدیریت آبیاری درصد MAD برای گیاه انتخاب شده و برآن اساس آبیاری انجام می گردد . مثلاً اگر درصد MAD برابر ۴۰٪ انتخاب شود و میزان آب قابل استفاده (AWC) در ناحیه ریشه یک گیاه ۸ اینچ باشد آبیاری خاص برابر ۳/۲ = ۸ × ۴۰/۱۰۰ اینچ خواهد بود . این که محصول به چه مقدار آب و در چه زمانی نیازمند است بستگی به ظرفیت آب قابل استفاده (AWC) ، مرحله رشد گیاه ، میزان تبخیر و تعرق ، MAD و میزان بارندگی خواهد داشت .

چنانکه قبلاً یادآوری شد به فاصله چند ساعت تا چند روز پس از آبیاری و یا بارندگی (به علت تفاوت در نوع خاک) و خارج شدن آب های ثقلی از خاک ، رطوبت منطقه ریشه به حد ظرفیت نگهداری آب در خاک یا Water holding capacity می رسد که نشان می دهد در هر فوت ارتفاع خاک چند اینچ و یا در هر متر ارتفاع خاک چند میلیمتررطوبت موجود است . با گذشت زمان در اثر تبخیر و تعرق گیاه و استفاده از رطوبت خاک در منطقه ریشه بتدریج رطوبت خاک کاهش می یابد تا آنکه سرانجام به نقطه پژمردگی دائم گیاه می رسد (رطوبت آنقدر کم و پیوند مولکولهای آب با ذرات خاک بقدری محکم می شود که دیگر گیاه قادر به جذب آب از ذرات خاک نمی باشد) .

برای ادامه حیات گیاه و جلوگیری از کاهش رشد آن بایستی زمان آبیاری طوری برنامه ریزی شود که قبل از آنکه رطوبت خاک به نقطه پژمردگی دائم گیاه برسد ، آبیاری دور بعدی انجام گیرد ، بدین منظور معمولاً وقتی رطوبت خاک در ناحیه ریشه به حدود ۵۰ تا ۶۰ درصد رطوبت اولیه (ظرفیت نگهداری آب) رسید بایستی آبیاری تجدید شود و این

همان ضریب کاهش مجاز رطوبت یا Fraction of available soil water می باشد . با داشتن ظرفیت نگهداری آب در خاک و همچنین دانستن ارتفاع ریشه محصول و ضریب کاهش مجاز رطوبت می توان محاسبه کرد که چقدر آب برای رشد گیاه در منطقه ریشه قابل استفاده است . از طرف دیگر معمولاً اداره کشاورزی هر شهر یا شهرستان میزان تبخیر و تعرق در آن ناحیه را در هر ماه سال اندازه گیری و بصورت جداولی ارائه می نماید که نشان می دهد میزان تبخیر و تعرق در آن ناحیه در هر روز چند میلیمتر می باشد . بنابراین با تقسیم آب قابل استفاده در منطقه ریشه (حداکثر عمق آبیاری) به میزان تبخیر و تعرق روزانه دور آبیاری براساس روز محاسبه می گردد . بعلت آنکه راندمان هیچ سیستم آبیاری صددرصد نمی باشد و مقداری از آب داده شده بصورت هرز آب در سطح زمین جاری و از دسترس گیاه خارج می شود و مقداری هم توسط باد از منطقه خارج می گردد ، پس از مشخص کردن آب مورد نیاز برای آبیاری (بصورت خالص) بایستی آن را بر راندمان آبیاری سیستم تقسیم نمود تا آب مورد نیازآبیاری بصورت ناخالص مشخص گردد .

❋ برنامه زمانبندی آبیاری

زمان بندی آبیاری به طور ساده عبارتست از اینکه چه وقت و چه میزان آبیاری کنیم تا برگشت سرمایه ماکزیمم گردد . علاوه بر آن بایستی دقت کرد که در آبیاری توزیع آب بصورت یکنواخت در سطح مزرعه انجام گیرد . آبیاری کمتر از نیاز و بیشتر از حد ، هر دو باعث کاهش راندمان تولید می شوند . آبیاری بیش از حد باعث هدر رفتن آب ، انرژی ، نیروی کار ، شستشوی مواد غذایی ناحیه ریشه و مردابی شدن مزرعه و در نهایت کاهش محصول می گردد . از طرف دیگر آبیاری کمتر از نیاز باعث ایجاد تنش در گیاه ، کاهش محصول و نهایتاً کاهش برگشت سرمایه می باشد . مزایای برنامه زمانبندی آبیاری را می توان بصورت زیر خلاصه کرد :

۱- کاهش انرژی ، آب ، نیروی کار ، هرز آب در سطح مزرعه و تخلیه آب به داخل عمق زمین و خارج شدن از دسترس ریشه گیاه

۲- کاهش هزینه کود بعلت کاهش هرز آب در سطح مزرعه و خارج کردن مقداری کود از دسترس گیاه

۳- افزایش درآمد به علت افزایش محصول و بهبود کیفیت آن

۴- مینیمم کردن مشکل مردابی شدن سطح مزرعه

۵- کمک به کنترل مشکل نمک در ناحیه ریشه از طریق کنترل لیچ (شستشو)

۶- افزایش سطح کشت بعلت مصرف اقتصادی آب

❋ بافت خاک (Soil texture)

این اصطلاح برای نشان دادن ابعاد ذرات تشکیل دهنده خاک مانند ریگ (Sand) ، لای (Silt) یا رس (clay) بکار می رود . بافت خاک اثر بزرگی روی میزان آب ذخیره شده در خاک در مقابل نیروی ثقلی دارد ، همچنین اثر مهمی روی نرخ نفوذ آب در خاک (Infiltration rate) و تراوایی خاک (Permeability) دارد .

❋ ساختمان خاک (Soil structure)

طرز قرار گرفتن ذرات در توده خاک یا کلوخه را با ساختمان خاک نشان می دهند . خاک ها می توانند ساختمان های مختلفی داشته باشند مانند دانه دانه یا خاکدانه مدور (Granular) ، بلوکی (Block) ، خرده ، صفحه ای یا ورقه ای (Plate) و توده ای (Massive) . ساختمان خاک هم روی میزان ظرفیت نگهداری آب و همچنین نرخ نفوذ آب موثر می باشد . در صورت ضعیف بودن ساختمان خاک در لایه سطحی زمین ، آب براحتی نمی تواند در خاک نفوذ کند .

*** نرخ نفوذ آب** (Infiltration rate)

Ir نشان می دهد که آب با چه سرعتی می تواند جذب خاک شود . این نرخ در آبیاری بسیار مهم می باشد ، زیرا اگر نرخ آبیاری بیشتر از نرخ نفوذ آب باشد ، مقداری از آب آبیاری در سطح زمین هرزآب تشکیل داده و علاوه بر هدر دادن آب و مواد غذایی زمین ، باعث گل شدن سطح مزرعه می گردد . در آبیاری با دستگاه باران ساز قرقره ای بایستی سرعت حرکت ارابه را چنان تنظیم کرد که میزان نرخ آبیاری کمتر از میزان نرخ نفوذ آب در خاک باشد .

*** ضریب قابلیت دسترسی** (Availability Coefficient) (AC)

گیاه قادر نیست که تمام رطوبت ذخیره شده در خاک را جذب نماید و فقط قسمتی از آن را می تواند از خاک جدا نموده و به مصرف برساند . ضریب قابلیت دسترسی (Ac) در حقیقت نشان دهنده قسمتی از آب ذخیره شده می باشد که گیاه قادر به جذب آن می باشد . این ضریب بصورت درصد بیان می شود و برای محاسبه (Maximum MSWD Soil Water Deficit) بکار می رود . MSWD ماکزیمم رطوبتی است که می توان از خاک خارج نمود قبل از آنکه به تجدید آبیاری نیاز باشد . ضریب قابلیت دسترسی در گونه های مختلف گیاه متفاوت می باشد ، زیرا گیاهان مختلف در مقابل نقصان رطوبت مقاومت های متفاوتی از خود نشان می دهند .

*** ظرفیت ذخیره آب قابل استفاده** (Available Water Storage Capacity) (AWSC)

AWSC مقدار رطوبتی می باشد که خاک می تواند بین Field capacity و نقطه پژمردگی دائم (PWP) ذخیره نماید . AWSC بستگی به ساختمان و بافت خاک دارد و مقدار تقریبی آن برای خاکهای مختلف در جدول زیر نشان داده شده است .

TABLE 4 SOIL PROPERTIES

SOIL TEXTURE CLASS	AWSC (in. water/ in. soil)	AWSC (in. water/ ft. soil)	AWSC (mm water/ m soil)	INFILTRATION RATE (in/hr)	INFILTRATION RATE (mm/hr)
Clay	0.20	2.4	200	0.25	6.3
Silt loam	0.21	2.5	208	0.35	8.9
Clay loam	0.20	2.4	200	0.30	7.6
Loam	0.18	2.1	175	0.35	8.9
Fine sandy loam	0.14	1.7	142	0.40	10.1
Sandy loam	0.12	1.5	125	0.45	11.4
Loamy sand	0.10	1.2	100	0.65	16.5
Sand	0.08	1.0	83	0.75	19

❋ کل ظرفیت ذخیره آب قابل استفاده (Total AWSC)

Total AWSC از روی ظرفیت ذخیره آب قابل استفاده (AWSC) و عمق فعال ریشه محاسبه می شود . دانستن مقدار ذخیره آب خاک اجازه می دهد تا مشخص کنیم چه میزان آب در هر بار آبیاری به زمین داده شود و چه مدت بین دو آبیاری فاصله زمانی باشد . برای مثال ، میزان آب داده شده در یک زمان به یک خاک ماسه ای که دارای AWSC پایینی می باشد کمتر خواهد بود تا یک خاک Loam (خاک گلدانی) که دارای AWSC بالاتری می باشد (فرض بر این است که در هردو خاک عمق ریشه گیاه یکسان است) .

❋ ماکزیمم تقلیل آب خاک (Maximum Soil Water Deficit) (MSWD)

ماکزیمم کسری آب خاک ، مقدار آبی است که می تواند در خاک ذخیره شود و براحتی در دسترس گیاه قرار گیرد . این ماکزیمم مقدار آبی است که می توان از خاک خارج ساخت (که خاک می تواند از دست بدهد) قبل از اینکه به آبیاری بعدی نیاز باشد . همچنین MSWD ماکزیمم مقدار آبی می باشد که در یک بار آبیاری می توان به زمین داد قبل از آنکه خطر نفوذ به اعماق خاک رخ دهد . برای به دست آوردن MSWD می توان Total AWSC را در ضریب قابلیت دسترسی ضرب نمود . ماکزیمم مقدار آبی که توسط دستگاه باران ساز قرقره ای می توان به خاک داد نباید بیشتر از MSWD باشد .

❋ مدیریت نقصان مجاز (Management Allowable depletion) (MAD)

MAD که به ضریب کاهش مجاز رطوبت نیز معروف است ، بکار گرفته می شود تا درصدی از MSWD را که آبیار اجازه دارد در یک زمان رطوبت خاک را تقلیل دهد مشخص می نماید . برای آبیاری با آبفشان (Sprinkler) کل MSWD معمولاً تقلیل داده می شود ، اما در مورد آبیاری قطره ای درصدی از MSWD ممکن است انتخاب گردد .

ضریب کاهش مجاز رطوبت (MAD) اصطلاحی است که اغلب برای مشخص کردن سطح رطوبت خاک که در آن حد بایستی آبیاری تجدید شود بکار می رود . این یک تصمیم فردی می باشد که توسط آبیار با در نظر گرفتن سیستم آبیاری و نوع خاک گرفته می شود . ضریب MAD در حقیقت MSWD را تنظیم می کند تا مشخص شود چه میزان از رطوبت خاک را می توان گرفت قبل از آنکه آبیاری بعدی مورد نیاز باشد . جدول ذیل MAD را برای خاک های مختلف جهت آبیاری بارانی و آبیاری قطره ای نشان می دهد .

جدول مدیریت نقصان مجاز		
SOIL TEXTURE CLASS	Sprinkler Systems %	Drip Systems %
Clay	70	50
Silt loam	80	60
Clay loam	80	60
Loam	100	60
Fine sandy loam	100	70
Sandy loam	100	70
Loamy sand	100	80
Sand	100	80

* **نرخ آبیاری** (Application Rate) (AR)

AR که آنرا نرخ بارندگی نیز می نامند نشان می دهد که با چه نرخ یا میزانی سیستم آبیاری در واحد زمان یک ناحیه را آبیاری می کند . اگر نرخ آبیاری بیشتر از نرخ قابلیت نفوذ آب در خاک باشد در سطح مزرعه هرزآب تشکیل می شود . بنابراین همیشه بایستی نرخ آبیاری را بمیزانی تنظیم نمود تا خاک قابلیت جذب آن را داشته باشد . واحد نرخ آبیاری اینچ در ساعت یا میلیمتر در ساعت می باشد .

* **راندمان آبیاری** (Application Efficiency) (AE)

با توجه به اینکه همیشه در هر سیستمی مقداری تلفات آب توسط باد و همچنین تبخیر از سطح گیاه و سطح زمین وجود دارد ، راندمان آبیاری هیچوقت صددرصد نبوده و برای سیستم های مختلف آبیاری ، راندمانی در نظر گرفته می شود .

* **تبخیر و تعرق** (Evapotranspiration) (ET)

ET در حقیقت مقدار آبی است که بانک ذخیره گیاه در منطقه ریشه روزانه از دست می دهد و بایستی آن را با آبیاری مجدد جبران نمود . جدول نرخ ET را می توان از ادارات کشاورزی هر منطقه بدست آورد . بصورت تقریب در ماههای رشد گیاه می توان بسته به درجه حرارت محیط مقدار ET را از جدول زیر تخمین زد .

تلفات روزانه آب بر حسب اینچ	شرایط آب و هوایی
۰.۱۰ – ۰.۱۵	سرد – مرطوب
۰.۱۵ – ۰.۲۰	سرد – خشک
۰.۱۵ – ۰.۲۰	گرم – مرطوب

۰.۲۰ - ۰.۲۵	گرم – خشک
۰.۲۰ – ۰.۳۰	خیلی گرم – مرطوب
۰.۳۰ – ۰.۴۰	خیلی گرم – خشک

میزان تبخیر و تعرق فوق ماکزیمم میزان ET برای شرایط آب و هوایی ذکر شده می باشد و ET حقیقی روزانه معمولاً کمتر از مقادیر فوق می باشد . منظور از شرایط آب و هوایی سرد آنست که متوسط درجه حرارت بالای آن کمتر از ۷۰ درجه فارنهایت باشد . منظور از شرایط گرم آنست که درجه حرارت بالای منطقه بین ۷۰ تا ۹۰ درجه فارنهایت باشد . منظور از شرایط خیلی گرم آنست که متوسط درجه حرارت بیشتر از ۹۰ درجه فارنهایت باشد . در مناطقی که متوسط رطوبت نسبی آن بیشتر از ۵۰٪ می باشد با عنوان مرطوب مشخص شده حال آنکه متوسط رطوبت نسبی زیر ۵۰٪ بعنوان منطقه خشک طبقه بندی گردیده است .

*** نرخ جذب آب توسط خاک با بافت های متفاوت**

در جدول زیر خاک های مختلف براساس بافت خاک و درصد شیب زمین توانایی مقداری آبیاری یا بارندگی در هر ساعت برحسب اینچ را دارا می باشند . آبیاری بیش از مقدار مشخص شده در جدول باعث ایجاد هرز آب در سطح مزرعه و هدر رفت آب آبیاری می گردد .

SOIL TEXTURE	MAXIMUM PRECIPITATION RATES (INCHES PER HOUR):							
	0 to 5% slope		5 to 8% slope		8 to 12% slope		12% + slope	
	Cover	Bare	Cover	Bare	Cover	Bare	Cover	Bare
Coarse sandy soils	2.00	2.00	2.00	1.50	1.50	1.00	1.00	0.50
Coarse sandy soils over compact subsoils	1.75	1.50	1.25	1.00	1.00	0.75	0.75	0.40
Uniform light sandy loams	1.75	1.00	1.25	0.80	1.00	0.60	0.75	0.40
Light sandy loams over compact subsoils	1.25	0.75	1.00	0.50	0.75	0.40	0.50	0.30
Uniform silt loams	1.00	0.50	0.80	0.40	0.60	0.30	0.40	0.20
Silt loams over compact subsoil	0.60	0.30	0.50	0.25	0.40	0.15	0.30	0.10
Heavy clay or clay loam	0.20	0.15	0.15	0.10	0.12	0.08	0.10	0.06

*** ظرفیت نگهداری آب در خاک** (SWHC) Soil Water Holding Capacity

ظرفیت نگهداری آب در خاک عبارتست از مقدار آبی بر حسب اینچ در فوت یا میلیمتر در متر که در خاک توسط نیروی موئینه نگهداشته می شود . خاکهای مختلف براساس بافت خود ظرفیتهای متفاوتی دارند. جدول زیر ظرفیت نگهداری آب در خاک برحسب اینچ در هر فوت ارتفاع خاک را برای بافت های مختلف خاک نشان می دهد .

Textural classes	Available water in inches/foot* of depth
Coarse sands	0.60-0.80
Fine sands	0.80-1.00
Loamy sands	1.10-1.20
Sandy loams	1.25-1.40
Fine sandy loams	1.50-2.00
Silt loams	2.00-2.50
Silty clay loams	1.80-2.00
Silty clay	1.50-1.70
Clay	1.30-1.50
*To convert to metrics, use the following equivalents: 1 inch = 2.5 centimeters; 1 foot = 30 centimeters.	

فرمول های مفید در آبیاری و پمپاژ

۱- برای مشخص کردن حداکثر عمق آبیاری از فرمول زیر استفاده می شود :

$$d_{(\max)} = P \times W \times D$$

$d_{(\max)}$ = حداکثر عمق آبیاری برحسب میلیمتر

P = ضریب کاهش مجاز رطوبت (Fraction of available soil water)

W = ظرفیت نگهداری آب در خاک (Water holding capacity) $^{mm}/_{m}$

D = عمق ریشه گیاه برحسب متر

۲- نیاز آبی گیاه برحسب میلیمتر بصورت زیر محاسبه می شود :

٪ راندمان آبیاری × دور آبیاری (روز) × تبخیروتعرق روزانه ($^{روز}/_{میلیمتر}$) = نیاز آبی گیاه (میلیمتر)

۳- دور آبیاری از فرمول زیر محاسبه می شود :

$$\text{I (روز)} = \frac{d_{(MAX)}}{ETc}$$

I = دور آبیاری برحسب روز

$d_{(MAX)}$ = حداکثر عمق آبیاری برحسب میلیمتر

ETc = میزان تبخیر و تعرق گیاه ($^{روز}/_{میلیمتر}$)

۴- اگر دبی آب آبیاری برحسب $\frac{Acre-in}{hr}$ (ایکر – اینچ در ساعت) ارائه شود ، زمان آبیاری از فرمول زیر محاسبه می شود (در سیستم امریکایی) :

$$T = \frac{D \times A}{Q}$$

T = *زمان آبیاری برحسب ساعت*

Q = *دبی آب برحسب* $_{ایکر-اینچ/ساعت}$

A = مساحت مزرعه برحسب Acre

D = عمق آبیاری برحسب اینچ

۵- محاسبه توان موتور پمپ برای پمپاژ آب

$$\text{BHp} = \frac{GPM \times H}{3960 \times \mu} = \frac{GPM \times PSI}{1715 \times \mu}$$

GPM = دبی پمپ $_{(گالن/دقیقه)}$

H = ارتفاع پمپاژ (فوت)

μ = راندمان پمپ

BHP = (Brakr Horse Power) توان الکتروپمپ (اسب بخار)

Psi = فشار (اینچ مربع/پاوند)

۶- Standar Dimension Ratio

$$\text{SDR} = \frac{\text{قطر خارجی لوله}}{\text{ضخامت گوشت لوله}}$$

لوله های مختلف در سایزهای متفاوت که دارای یک SDR یکسان می باشند دارای فشار نامی برابر می باشند . هرچه SDR لوله ها بزرگتر باشند یعنی ضخامت دیواره لوله ها نازکتر و قابلیت تحمل فشار لوله کمتر می باشد و بلعکس .

۷- قوانین پیوستگی (Affinity Laws)

A – در یک پمپ اگر قطر پروانه تغییر نکند با تغییر دور پمپ تغییرات زیر حاصل می شود :

I – دو برابر کردن سرعت دورانی پمپ باعث دوبرابر شدن دبی پمپ می گردد .

II – دوبرابر کردن سرعت دورانی پمپ باعث چهار برابر شدن ارتفاع (هد) پمپ می گردد .

III – دوبرابر کردن سرعت دورانی پمپ باعث می شود که توان مورد نیاز الکتروموتور پمپ هشت برابر گردد .

$$\frac{Q_1}{Q_2}=\frac{N_1}{N_2} \qquad \frac{H_1}{H_2}=\frac{(N_1)^2}{(N_2)^2} \qquad \frac{P_1}{P_2}=\frac{(N_1)^3}{(N_2)^3}$$

P_1 = توان در حالت اول H_1 = هد در حالت اول Q_1 = دبی در حالت اول

P_2 = توان در حالت دوم H_2 = هد در حالت دوم Q_2 = دبی در حالت دوم

B– اگر در یک پمپ دور ثابت باشد با تغییر قطر پروانه تغییرات زیر حاصل می شود :

$$\frac{Q_1}{Q_2}=\frac{D_1}{D_2} \qquad \frac{H_1}{H_2}=\frac{(D_1)^2}{(D_2)^2} \qquad \frac{P_1}{P_2}=\frac{(D_1)^3}{(D_2)^3}$$

D = قطر پروانه پمپ

C – اگر در یک پمپ قطر پروانه و سرعت دورانی پمپ تغییر کنند تغییرات زیر حاصل می شود :

$$Q_2=Q_1(\frac{D_2}{D_1}\times\frac{N_2}{N_1}) \qquad H_2=H_1(\frac{D_F}{D_1}\times\frac{N_2}{N_1})^2 \qquad P_2=P_1(\frac{D_2}{D_1}\times\frac{N_2}{N_1})^3$$

توجه : هر هکتار برابر ۲/۴ ایکر می باشد . هر ایکر برابر ۴۰۴۷ متر مربع

در آبیاری بارانی با ماشین باران ساز قرقره ای می توان از روابط زیر استفاده کرد :

۱– با داشتن دبی پمپ ، سرعت حرکت ارابه و پهنای باند آبیاری می توان میزان عمق آبیاری را برحسب میلیمتر محاسبه کرد (سیستم متریک)

$$D=\frac{1000Q}{V\times E}$$

$$V=\frac{1000Q}{D\times E}$$

$$Q=\frac{D\times V\times E}{1000}$$

Q = دبی پمپ *(ساعت/مترمکعب)*

V = سرعت حرکت ارابه *(ثانیه/متر)*

E = *پهنای باند آبیاری (متر) (۸۰٪ قطر دایره خیس شده)*

D = *میزان آب آبیاری (میلیمتر)*

توجه : همراه دستگاه آبیاری باران ساز گیاه ماشین جدولی تحویل داده می شود که در تمام حالات با داشتن دبی ، ابعاد نازل و فشار آبفشان می توان میزان آبیاری ، فشار لازم پمپ و سرعت ارابه را مشخص کرد .

توجه : در صورت عدم وجود باد در منطقه ، می توان پهنای باند آبیاری را براساس ۸۰٪ قطر دایره خیس شده در نظر گرفت ، در صورت وجود باد می توان از جدول زیر استفاده کرد :

درصد قطر دایره خیس شده	**سرعت باد** (ساعت/مایل)
٪۸۰	بدون باد
٪۷۵ ~ ٪۷۰	سرعت باد کمتر از **۵** ساعت/مایل
٪۶۵ ~ ٪۶۰	سرعت باد کمتر از **۱۰** ساعت/مایل
٪۵۵ ~ ٪۵۰	سرعت باد بیشتر از **۱۰** ساعت/مایل

۲- برای محاسبه نرخ آبیاری برحسب ساعت/اینچ از فرمول زیر استفاده می شود :

$$I = \frac{C \times Q}{R^2 \times \rho}$$

I = متوسط میزان آبیاری (ساعت/اینچ)

C = ضریب ثابت (برای ماشین قرقره ای C =۱۳۶۲۴)

R = شعاع دایره خیس شده (فوت)

Q = دبی پمپ (امریکایی GPM)

ρ = بخشی از دایره آب پاشی که خیس می شود و معمولاً کمتر از ۲۷۰ درجه می باشد (معمولاً ۲۲۰ یا ۲۴۰ درجه بسته به تنظیم آبفشان)

توجه : در کلیه روش های آبیاری بایستی توجه داشت که میزان آب آبیاری کمتر از میزان Infiltration rate خاک زراعی باشد ، در غیر اینصورت در سطح مزرعه هرزآب تشکیل شده و راندمان آبیاری را کاهش و سطح مزرعه را

گل خواهد ساخت . Infiltration rate در حقیقت سرعت نفوذ آب به داخل خاک برحسب ساعت/میلیمتر و یا ساعت/اینچ خواهد بود و همیشه باید میزان آب آبیاری از آن کمتر باشد تا آب فرصت فرورفتن در خاک را پیدا نماید .

۳- محاسبه میزان خالص آبیاری

$$\text{I (میزان خالص آبیاری)} = \frac{GMP \times 1.605 \times e}{V \times E}$$

I = میزان خالص آبیاری برحسب اینچ

GPM = دبی پمپ برحسب گالن در دقیقه (امریکایی)

e = درصد راندمان

V = سرعت حرکت ارابه (دقیقه/فوت)

E = پهنای باند آبیاری (ft) (۸۰٪ قطر دایره خیس شده)

مثال : در یک سیستم بارانساز قرقره ای دبی پمپ آب برابر ۴۰۰ GPM و سرعت ارابه آبفشان ۰/۴ فوت در دقیقه می باشد ، فاصله باندهای آبیاری (پهنای باند آبیاری) ۳۰۰ فوت می باشد در صورتیکه راندمان آبیاری را ۷۰٪ فرض کنیم میزان آبیاری خالص دستگاه را محاسبه نمایید .

$$\text{خالص آبیاری (اینچ)} = \frac{GPM \times 1.605 \times e}{V \times E}$$

$$I = \frac{400(GPM) \times 1.605 \times \frac{70}{100}}{0.4\ ft/\min \times 300\ ft} \qquad I = ۳.۷ \text{ اینچ}$$

در جدول زیر عمق ریشه محصولات مختلف نشان داده شده است (عمق ریشه محصولات بالغ)

(در جدول ۸۰٪ عمق ریشه در نظر گرفته نشده است)

عمق ریشه		عمق ریشه	

(برحسب فوت)	محصول	(برحسب فوت)	محصول
۵	یونجه	۳-۲	هندوانه
۳-۲	لوبیا	۲-۱	پیاز
۲	هویج فرنگی	۳-۲	نخود
۳-۲	ذرت شیرین	۲-۱	فلفل
۴-۳	ذرت دانه ای	۳-۲	سیب زمینی
۴-۳	ذرت سیلویی	۴-۳	کدوتنبل
۵-۴	پنبه	۴	سدرگرم
۲-۱	خیار	۲-۱	اسفناج
۲	بادمجان	۲-۱	توت فرنگی
۲-۱	سیر	۴-۳	سودان گراس
۵	انگور	۵-۴	چغندر قند
۴-۲	چمن	۵-۴	نیشکر
۲-۱	کاهو	۳-۲	شبدر
عمق ریشه (برحسب فوت)	**محصول**	**عمق ریشه (برحسب فوت)**	**محصول**
۱	تربچه	۳-۲	هویج زردک
۳	گوجه فرنگی	۲	کلم

۳-۴	خربزه	۵	مارچوبه
۴	گندم	۳-۴	کدونسما
۴-۵	درختان میوه	۲-۳	شلغم
۳-۴	درختان مرکبات	۲	گل کلم
۱-۲	کرفس	۴	آفتابگردان

* در پمپاژ آب بایستی لوله های مکش و رانش پمپ بصورتی انتخاب شوند که سرعت حرکت آب از محدوده زیر بیشتر نشود :

(ثانیه/فوت ۶ ~ ۳) سرعت مطلوب ۲ ~ ۱ ثانیه/متر برای لوله مکش

(ثانیه/فوت ۱۲ ~ ۹) سرعت مطلوب ۴ ~ ۳ ثانیه/متر برای لوله رانش

* ماکزیمم دبی اقتصادی در لوله ها (قانون سرانگشتی براساس ماکزیمم سرعت آب برابر ۵ ثانیه/فوت در لوله ها) بصورت زیر می باشد :

۱- لوله با قطر ۶ اینچ ← ۴۰۰ دقیقه/گالن # ۹۱ ساعت/مترمکعب

۲- لوله با قطر ۸ اینچ ← ۸۰۰ دقیقه/گالن # ۱۸۲ ساعت/مترمکعب

۳- لوله با قطر ۱۰ اینچ ← ۱۲۰۰ دقیقه/گالن # ۲۷۳ ساعت/مترمکعب

*** تبدیل مقیاسها**

۱ گالن آب برابر ۸/۳ پاوند

۱گالن امریکایی برابر ۳/۷۸ لیتر

۱ کیلوگرم برابر ۲/۲ پاوند

۱ متر مربع برابر ۱۰/۷۶ فوت مربع

۱ متر برابر ۳/۲۸۱ فوت

۱ بار فشار برابر ۱۴/۵ پاوند بر اینچ مربع

۱ متر مکعب برابر ۳۵/۳ فوت مکعب

۱ اتمسفر فشار برابر ۱۴/۷ پاوند بر اینچ مربع مساوی ۳۳/۹۵ فوت ارتفاع آب

۱ اینچ برابر ۲۵/۴ میلیمتر

۱ ایکر برابر ۴۰۴۶/۸ مترمربع

۱ اینچ مکعب برابر ۱۶/۳۹ سانتیمتر مکعب

۱ بار فشار برابر ۱۰۰ کیلوپاسکال

۱ پاوند بر اینچ مربع فشار برابر ۲/۳۱ فوت ارتفاع آب

دقیقه/فوت مکعب × ۷/۴۸ = دقیقه/گالن (امریکایی)

ساعت/ایکر-اینچ × ۴۵۳ = دقیقه/گالن (امریکایی)

گالن انگلیسی × ۱/۲۰۱ = گالن (امریکایی)

دقیقه/گالن × ۲۲۶/۸ = ساعت/لیتر

دقیقه/فوت مکعب × ۱۶۹۹ = ساعت/لیتر

ایکر فوت × ۱۲۳۱/۷ = مترمکعب

ایکراینچ × ۱۰۲/۶۴ = مترمکعب

(Psi) پاوند بر اینچ مربع × ۲/۳۱ = فوت ارتفاع آب

۱ ثانیه/متر = **۳/۶** ساعت/کیلومتر = **۳/۲۸۱** ثانیه/فوت

* در جداول ضمیمه میزان افت فشار در لوله های پلاستیکی و فولادی براساس دبی و قطر داخلی لوله برحسب فوت بازای هر یکصد فوت طول لوله مشخص شده است .

افت فشار در لوله های فولادی

STEEL PIPE: FRICTION LOSS (IN FEET OF HEAD) PER 100 FT.

GPM	GPH	⅜"	½"	¾"	1"	1¼"	1½"	2"	2½"	3"	4"	5"	6"	8"	10"
		ft.	ft.	ft.	ft.	ft.	ft.	ft.	ft.	ft.	ft.	ft.	ft.	ft.	ft.
1	60	4.30	1.86	.26											
2	120	15.00	4.78	1.21	.38										
3	180	31.80	10.00	2.50	.77										
4	240	54.90	17.10	4.21	1.30	.34									
5	300	83.50	25.80	6.32	1.93	.51	.24								
6	360		36.50	8.87	2.68	.70	.33	.10							
7	420		48.70	11.80	3.56	.93	.44	.13							
8	480		62.70	15.00	4.54	1.18	.56	.17							
9	540			18.80	5.65	1.46	.69	.21							
10	600			23.00	6.86	1.77	.83	.25	.11	.04					
12	720			32.60	9.62	2.48	1.16	.34	.15	.05					
15	900			49.70	14.70	3.74	1.75	.52	.22	.08					
20	1,200			86.10	25.10	6.34	2.94	.87	.36	.13					
25	1,500				38.60	9.65	4.48	1.30	.54	.19					
30	1,800				54.60	13.60	6.26	1.82	.75	.26					
35	2,100				73.40	18.20	8.37	2.42	1.00	.35					
40	2,400				95.00	23.50	10.79	3.10	1.28	.44					
45	2,700					30.70	13.45	3.85	1.60	.55					
70	4,200					68.80	31.30	8.86	3.63	1.22	.35				
100	6,000						62.20	17.40	7.11	2.39	.63				
150	9,000							38.00	15.40	5.14	1.32				
200	12,000							66.30	26.70	8.90	2.27	.736	.30	.08	
250	15,000							90.70	42.80	14.10	3.60	1.20	.49	.13	
300	18,000								58.50	19.20	4.89	1.58	.64	.16	.0542
350	21,000								79.20	26.90	6.72	2.18	.88	.23	.0719
400	24,000								103.00	33.90	8.47	2.72	1.09	.279	.0917
450	27,000								130.00	42.75	10.65	3.47	1.36	.348	.114
500	30,000								160.00	52.50	13.00	4.16	1.66	.424	.138
550	33,000								193.00	63.20	15.70	4.98	1.99	.507	.164
600	36,000								230.00	74.80	18.60	5.88	2.34	.597	.192
650	39,000									87.50	21.70	6.87	2.73	.694	.224
700	42,000									101.00	25.00	7.93	3.13	.797	.256
750	45,000									116.00	28.60	9.05	3.57	.907	.291
800	48,000									131.00	32.40	10.22	4.03	1.02	.328
850	51,000									148.00	36.50	11.50	4.53	1.147	.368
900	54,000									165.00	40.80	12.90	5.05	1.27	.410
950	57,000									184.00	45.30	14.30	5.60	1.41	.455
1000	60,000									204.00	50.20	15.80	6.17	1.56	.500

افت فشار در لوله های پلاستیکی

PLASTIC PIPE: FRICTION LOSS (IN FEET OF HEAD) PER 100 FT.

GPM	GPH	⅜"	½"	¾"	1"	1¼"	1½"	2"	2½"	3"	4"	6"	8"	10"
		ft.	ft.	ft.	ft.	ft.	ft.	ft.	ft.	ft.	ft.	ft.	ft.	ft.
1	60	4.25	1.38	.356	.11									
2	120	15.13	4.83	1.21	.38	.10								
3	180	31.97	9.96	2.51	.77	.21	.10							
4	240	54.97	17.07	4.21	1.30	.35	.16							
5	300	84.41	25.76	6.33	1.92	.51	.24							
6	360		36.34	8.83	2.69	.71	.33	.10						
8	480		63.71	15.18	4.58	1.19	.55	.17						
10	600		97.52	25.98	6.88	1.78	.83	.25	.11					
15	900			49.68	14.63	3.75	1.74	.52	.22					
20	1,200			86.94	25.07	6.39	2.94	.86	.36	.13				
25	1,500				38.41	9.71	4.44	1.29	.54	.19				
30	1,800					13.62	6.26	1.81	.75	.26				
35	2,100					18.17	8.37	2.42	1.00	.35	.09			
40	2,400					23.55	10.70	3.11	1.28	.44	.12			
45	2,700					29.44	13.46	3.84	1.54	.55	.15			
50	3,000						16.45	4.67	1.93	.66	.17			
60	3,600						23.48	6.60	2.71	.93	.25			
70	4,200							8.83	3.66	1.24	.33			
80	4,800							11.43	4.67	1.58	.41			
90	5,400							14.26	5.82	1.98	.52			
100	6,000								7.11	2.42	.63	.08		
125	7,500								10.83	3.80	.95	.13		
150	9,000									5.15	1.33	.18		
175	10,500									6.90	1.78	.23		
200	12,000									8.90	2.27	.30		
250	15,000										3.36	.45	.12	
300	18,000										4.85	.63	.17	
350	21,000										6.53	.84	.22	
400	24,000											1.08	.28	
500	30,000											1.66	.42	.14
550	33,000											1.98	.50	.16
600	36,000											2.35	.59	.19
700	42,000												.79	.26
800	48,000												1.02	.33
900	54,000												1.27	.41
950	57,000													.46
1000	60,000													.50