



طراحی آبیاری قطره‌ای در مناطق مرطوب

ترجمه و تدوین:

گروه کار سامانه‌های آبیاری در مزرعه

کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران



طراحی آبیاری قطره‌ای در مناطق مرطوب

ترجمه:

گروه کار سامانه‌های آبیاری در مزرعه

کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران

علی گرجی^۲

قاسم زارعی^۱

ویراستار فنی و ادبی:

حسین دهقانی سانج^۳

۱- عضو هیات علمی موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی

۲- کارشناس دفتر بهبود شبکه‌ها و روش‌های آبیاری

۳- استادیار پژوهش، موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی



عنوان و نام پدیدآور : طراحی آبیاری قطره‌ای در مناطق مرطوب/ ترجمه گروه کار سامانه‌های آبیاری در مزرعه، کمیته ملی آبیاری و زهکشی. قاسم زارعی، علی گرجی؛ ویراستار فنی و ادبی حسین دهقانی سانچ.

مشخصات نشر : تهران: کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران، ۱۳۸۸.

مشخصات ظاهری : ر، ۸۰ ص. مصور (بخشی رنگی)، جدول، نمودار.

شابک : 978-964-6668-78-2

وضعیت فهرست نویسی : فیپا

یادداشت : ص.ع. به انگلیسی : Planning and Designing of Micro-Irrigation in Humid Regions

موضوع : آبیاری قطره‌ای

موضوع : آبیاری -- مهندسی

شناسه افزوده : زارعی، قاسم، ۱۳۴۵ - مترجم

شناسه افزوده : گرجی، علی، ۱۳۴۳ - مترجم

شناسه افزوده : دهقانی سانچ، حسین، ۱۳۴۶ -، ویراستار

شناسه افزوده : ایران. کمیته ملی آبیاری و زهکشی

رده بندی کنگره : ۴۱۳۸۸ط۲/۶۱۹S

رده بندی دیویی : ۶۳۱/۵۸۷

شماره کتابشناسی ملی : ۰۴۲۷۰۸۱

نام کتاب: طراحی آبیاری قطره‌ای در مناطق مرطوب

مترجمین: قاسم زارعی، علی گرجی

ویراستار: حسین دهقانی سانچ

ناشر: کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران

چاپ اول: ۱۳۸۸

تیراژ: ۱۰۰۰ نسخه

قیمت: ۱۵۰۰۰ ریال

شابک: ۹۷۸-۹۶۴-۶۶۶۸-۷۸-۲

نشانی: تهران، خیابان شهید دستگردی، خیابان کارگزار، خیابان شهرساز، پلاک ۱، کمیته ملی

آبیاری و زهکشی ایران تلفن: ۲۲۲۵۷۳۴۸ نمابر: ۲۲۲۷۲۲۸۵

<http://www.irncid.org>

حق چاپ برای کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران محفوظ است.

پیشگفتار رئیس کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران:

شرایط اقلیمی کشور ایران به گونه‌ای است که بخش کشاورزی آن به شدت به آب برای تولید محصولات کشاورزی وابسته است. این وابستگی به حدیست که با وجود سطح نسبتاً یکسان اراضی سالانه زیر کشت دیم و فاریاب کشور، حدود ۹۰ درصد فرآورده‌های کشاورزی از زراعت آبی حاصل می‌شود. در چنین شرایطی تأثیرات اقلیمی ناشی از پدیده خشکسالی و یا ترسالی می‌تواند اثرات منفی یا مثبت زیادی بر تولید محصولات کشاورزی و امنیت غذایی ایران داشته باشد.

شرایط متفاوت اقلیمی و منابع آب ایران، طلب می‌کند که محققان، مدیران و مراکز علمی و پژوهشی کشورمان در بخش آبیاری و زهکشی نیز متفاوت‌تر از سایر کشورهای جهان که شرایط طبیعی نسبتاً پایداری دارند باشند. پژوهشگران و مراکز تحقیقاتی ایران می‌بایست از پویایی، ابتکار، نوآوری و پژوهش محوری ویژه‌ای برخوردار باشند تا بتوانند کشور را در شرایط پایدار تولید حفظ نمایند.

کلیه کارشناسان و مراکز علمی و آموزشی که در خانواده بزرگ آب و خاک کشورمان فعال هستند، مسئولیت بزرگی در تأمین امنیت آبی و غذایی برعهده دارند. یکی از مراکز علمی فعال در صنعت آب کشورمان، کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران است که در سال ۱۳۷۰ پس از یک وقفه طولانی به طور رسمی آغاز به کار کرده است. این کمیته ملی طی دهه اخیر نقش مؤثری در اشاعه علوم و فنون آبیاری و زهکشی در ایران داشته است. اثربخشی علمی و فرهنگی بیش از ۱۳۰ کتاب و گزارش فنی این کمیته ملی به همراه برگزاری دهها سمینار و کارگاه‌های فنی در ادبیات کارشناسان و مدیران صنعت آب کشور به خوبی آشکار می‌باشد.

خودباوری کارشناسان ایرانی نه تنها تأثیر عمیقی بر توسعه و پیشرفت آبیاری و زهکشی کشورمان داشته است بلکه از نگاه بیرونی و در سطح بین‌المللی نیز به توفیقات زیادی دست یافته است. اگر بپذیریم که خودباوری و پویایی کارشناسان از ارکان رشد و توسعه هستند توفیق کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران در این زمینه قابل ارزیابی است.

در اینجا جا دارد از کلیه همکارانم در شورایعالی که نقش سیاست‌گذاری کلان را عهده‌دار می‌باشند و هیئت اجرایی که وظیفه نظارت و هدایت بدنه علمی کمیته ملی را بدوش دارند و کادر علمی و فنی متخصص در گروه‌های کار و در نهایت کارکنان دبیرخانه کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران قدردانی و سپاسگزاری نمایم. از خداوند منان پیشرفت و توسعه کشور عزیزمان ایران را در کلیه امور، به ویژه اعتلای صنعت آب و کشاورزی مسئلت داریم.

محمدرضا عطارزاده

معاون وزیر نیرو در امور آب و آبفا

و رئیس شورایعالی کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران

پیشگفتار دبیر کل کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران:

در حال حاضر کشت آبی در تامین مواد غذایی جمعیت رو به رشد جهان نقش کلیدی ایفا می‌کند. با توجه به نقش حیاتی اراضی فاریاب در تأمین نیازهای غذایی مردم ایران، می‌توان اذعان کرد که در حال حاضر بدون انجام عملیات آبیاری تقریباً امکان تولید مطمئن فرآورده‌های کشاورزی و فرآورده‌های غذایی در کشور میسر نخواهد بود. بنابراین توجه بیشتر به مدیریت آبیاری با هدف امنیت غذایی در ایران، همواره حایز اولویت بوده است. بهبود روش‌های آبیاری یکی از ابزارهای مدیریتی است که سهم به سزای در صرفه‌جویی آب و افزایش تولیدات کشاورزی دارد.

یکی از روش‌های آبیاری شناخته شده، خُرد آبیاری است که در مقایسه با سایر روش‌های آبیاری سطحی و بارانی، دارای راندمان و توزیع یکنواختی بیشتری بوده و به این جهت به عنوان یکی از روش‌های آبیاری کارآ، در سال‌های اخیر در جهان جایگاه ویژه‌ای پیدا کرده است. در طول سه دهه گذشته، روش‌های خُرد آبیاری بر اثر ارتقای سطح فناوری‌های ابداع شده و همچنین کمبود منابع آب تخصیص یافته به بخش کشاورزی، رشد شتابانی داشته است. بطوری که سطح تحت کشت با استفاده از این روش آبیاری از سه میلیون هکتار در سال ۲۰۰۰ میلادی، به بیش از شش میلیون هکتار در سال ۲۰۰۶ رسیده است. بررسی روند تغییرات سطح زیر کشت آبی با استفاده از انواع روش‌های آبیاری سطحی و تحت فشار در کشورهای عضو کمیسیون بین‌المللی آبیاری و زهکشی، نشانگر این واقعیت است که تقریباً در سه دهه اخیر، سطح زیر کشت با استفاده از روش‌های آبیاری سطحی در این کشورها کاهش یافته و بالعکس وسعت اراضی که با روش‌های تحت فشار آبیاری می‌شوند، افزایش داشته است. همچنین در دو دهه اخیر، از وسعت سامانه‌های آبیاری بارانی به تدریج کاسته شده و در عوض، کاربرد انواع روش‌های خُرد آبیاری توسعه یافته است.

روش‌های خُرد آبیاری دارای قابلیت‌های مختلفی هستند که از آن جمله می‌توان به موارد؛ بالا بودن کارآئی مصرف آب، امکان استفاده از آب‌های با کیفیت پایین، یکنواختی توزیع آب و مواد غذایی، بهبود عملکرد و کیفیت برخی از گیاهان، افزایش کارآئی مصرف کود و آفت‌کش‌ها، امکان خودکارکردن سامانه آبیاری، نیاز به فشار

نسبتاً پایین و طولانی بودن نسبی عمر اجزای سامانه، اشاره کرد. این روش به رغم مزایای متعددی که دارد، در شرایط کاربرد آب‌های با کیفیت پایین نظیر شرایط ایران با محدودیت‌هایی مواجه بوده و نیاز به مدیریت خاص دارد. گرفتگی قطره‌چکان‌ها از جمله این محدودیت‌ها است.

سامانه‌های خُرد آبیاری در صورت طراحی، اجرا و بهره‌برداری صحیح موجب کاربرد بهینه آب، کود و سم می‌شوند. همچنین در صورت کاربرد صحیح، تلفات ناشی از رواناب، نفوذ عمقی، تبخیر از سطح خاک و تأثیر منفی باد بر قطرات آب به حداقل خواهد رسید. با توجه به چشم انداز رضایت بخش و امیدوار کننده توسعه روش‌های خُردآبیاری در جهان، لزوم آشنایی با مبانی و اصول طراحی، اجرا و بهره‌برداری صحیح این گونه روش‌های آبیاری بیشتر احساس می‌گردد.

در این راستا، کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران انتشار کتاب حاضر تحت عنوان «طراحی سامانه آبیاری قطره‌ای در نواحی مرطوب» را با توجه به محتوای مختصر، مفید و کاربردی آن به صورت راهنمای جیبی به منظور استفاده کارشناسان، مهندسين جوان و دانشجویان مهندسی آبیاری و زهکشی کشور منتشر کرده است. این کتاب از مجموعه کتاب‌های منتشر شده از سوی کمیسیون بین‌المللی آبیاری و زهکشی می‌باشد.

در ترجمه این کتاب، آقایان دکتر قاسم زارعی و مهندس علی گرجی تلاش در خور تقدیری داشته‌اند و همچنین آقای دکتر حسین دهقانی سانپچ نیز نقش مؤثری در ویراستاری و بازخوانی این مجموعه داشته‌اند. جا دارد علاوه بر تقدیر و تشکر از این عزیزان، از کلیه اعضای گروه کار سامانه‌های آبیاری در مزرعه این کمیته ملی که برنامه‌ریزی و پیگیری مستمر برای ترجمه و انتشار به موقع کتاب را فراهم آورده‌اند سپاسگزاری نمایم.

سید اسدالله اسدالهی

دبیر کل کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران

پیش‌گفتار دبیر کل کمیسیون بین‌المللی آبیاری و زهکشی:

تکنولوژی آبیاری قطره‌ای در سراسر دنیا به عنوان یکی از روش‌های مؤثر مدیریت آب برای مقابله با کمبود منابع آب در کشاورزی پذیرفته شده است. امروزه در حدود شش میلیون هکتار از اراضی موجود در نقاط مختلف دنیا، تحت انواع مختلف سیستم‌های آبیاری قطره‌ای قرار دارند. صرفه‌جویی در مصرف آب با کاربرد آبیاری قطره‌ای، نه تنها در نقاط خشک و نیمه خشک به مقدار چشم‌گیری حاصل شده است، بلکه در مناطق مرطوب و برای محصولات باغی، در مزارع و همچنین گلخانه‌ها نیز مشهود است.

گروه کار سامانه‌های آبیاری در مزارع (WG-ON-FARM) رسالتی تحت عنوان "توسعه علم، هنر و فناوری آبیاری در سطح مزارع (روش‌های آبیاری مکانیزه و قطره‌ای) به منظور بهبود مدیریت آبیاری و استفاده بهینه از منابع آب، انتقال فناوری-های مربوط به آبیاری و مطالعه اثرات آن روی عملکرد محصولات و کاربرد آب در موقعیت‌ها و شرایط مختلف" دارا است. این گروه تا کنون اقدام به تهیه و عرضه تعدادی راهنما و دستورالعمل بر اساس تجارب جهانی و بهترین عملیات ممکن در این زمینه کرده است. اگر چه اطلاعات زیادی در این خصوص برای مناطق مرطوب در دسترس نمی‌باشد. پروفسور ماساهارا کورودا، عضو سابق گروه کار سامانه‌های آبیاری در مزارع داوطلب شد تا کتاب راهنمای طراحی و برنامه‌ریزی آبیاری قطره‌ای در مناطق مرطوب تهیه نماید. در راهنمای حاضر، اطلاعاتی در خصوص نحوه محاسبه آب مصرفی و نیاز آبی گیاهان در مناطق مرطوب و در آرایش‌های مختلف آبیاری قطره‌ای، با توجه به موقعیت ویژه ژاپن، ارائه شده است. با هدف روشن ساختن مطلب، نویسنده نمونه‌ای از محاسبات و تحلیل مربوط به طراحی و برنامه‌ریزی استخر ذخیره آب مزرعه‌ای را ارائه کرده است.

صمیمانه از زحمات فداکارانه پروفسور کورودا در تهیه این متن تشکر می‌کنم. از دکتر اس. تانیمّا، نایب رئیس محترم کمیسیون بین‌المللی آبیاری و زهکشی (ICID)

و کمیته ملی ژاپن (JNC-ICID) برای حمایت از تهیه این متن قدردانی می‌کنم. از دکتر اس. ا. کالکارنی، مدیر دفتر مرکزی به خاطر فراهم کردن امکان ویرایش متن و نیز تایپ آن، تشکر می‌شود. امید است این کتاب منبع مفیدی برای مهندسان طراح و تمام متخصصین و دانشجویانی باشد که در تمام دنیا در ارتباط با آبیاری قطره‌ای در نواحی مرطوب فعالیت می‌کنند.

گوپالاکریشنن

دبیرکل کمیسیون بین‌المللی آبیاری و زهکشی

اگوست ۲۰۰۵

مقدمه:

بارندگی حتی در نواحی مرطوب، همیشه به طور یکنواخت اتفاق نمی افتد. وقایع بارندگی نوسانات فصلی و غیرمنظمی دارند. بنابراین، در اراضی فاریاب در نواحی مرطوب به منظور نگهداری رطوبت خاک در حد مطلوب، آبیاری ضرورت دارد. کشت های متراکم به منظور برداشت میوه ها و سبزیجات با کیفیت ضرورت داشته و کاربرد دقیق آب از طریق سیستم آبیاری خیلی ضروری است.

این متن خلاصه شده اطلاعات موجود در باره آبیاری قطره ای در مزرعه در منابع علمی و نیز دستورالعمل های منتشر شده ای است که در خصوص آبیاری اراضی مرتفع به ویژه با تاکید بر نواحی مرطوب نوشته شده اند. این انتشارات به وسیله وزارت کشاورزی، جنگل داری و ماهی گیری (MAFF) کشور ژاپن تهیه و منتشر شده اند. بعضی از این انتشارات نیز به وسیله موسسه آبیاری و زهکشی ژاپن (JIID) ترجمه شده اند.

تقریباً یک دهه قبل، گروه کار سابق آبیاری قطره ای (WG - MICRO) تصمیم گرفت که دستورالعمل در زمینه بهینه سازی آرایش روش های آبیاری قطره ای در نواحی مختلف اقلیمی - کشاورزی جهان را تهیه کند. در سال ۱۹۹۸، گروه کار آبیاری قطره - ای با گروه کار مکانیزاسیون (WG-MECH) ادغام شد. شکل جدید با نام گروه کار سامانه های آبیاری در مزرعه شکل گرفت و ریاست آن به پروفیسور لت ویری محول شد. من از پروفیسور لت ویری و سایر اعضای این گروه کار به خاطر فراهم کردن فرصت برای تهیه این دستورالعمل، تشکر می کنم.

از دکتر شینگ تاکا معاون محترم کمیسیون بین المللی آبیاری و زهکشی (ICID) به خاطر تشویق و حمایت از تهیه این متن تشکر می کنم. همچنین، از دکتر اس. / کالکارنی مدیر دفتر مرکزی ICID برای کمک های ایشان جهت منتشر شدن این متن قدردانی می نمایم. امید است که این متن برای متخصصین، مهندسين و دانشجویان آبیاری مفید واقع شود.

کورودا

فهرست مطالب

صفحه	عنوان
الف	پیشگفتار رئیس کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران
ت	پیشگفتار دبیر کل کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران
ج	پیشگفتار دبیرکل کمیسیون بین‌المللی آبیاری و زهکشی
خ	مقدمه
۱	۱- مفهوم طرح‌های آبیاری
۸	۲- میزان مصرف آب
۸	۲-۱- نکات عمومی
۱۰	۲-۲- روش پنمن
۱۲	۳- برنامه آبیاری
۱۲	۳-۱- الگوی خیس شدگی
۱۶	۳-۲- مقدار آب خالص و دور آبیاری
۱۸	۳-۳- نیازهای آبی چند منظوره
۲۰	۳-۴- تعیین نیاز آبی طرح
۲۷	۴- ترکیب لوازم و تجهیزات آبیاری قطره‌ای
۲۷	۴-۱- اساس ترکیب تجهیزات
۲۹	۴-۲- آرایش سیستم آبیاری در مزرعه
۳۰	۵- طراحی سیستم آبیاری قطره‌ای
۳۰	۵-۱- اساس طراحی سیستم
۳۲	۵-۲- قطعات آبیاری قطره‌ای و چرخش آنها
۳۴	۵-۳- ظرفیت سیستم
۳۷	۵-۴- آرایش لوله‌های تامین آب، لوله‌های فرعی و قطره‌چکان‌ها

فهرست مطالب

عنوان	صفحه
۶- طراحی یک استخر ذخیره آب مزرعه	۴۰
۶-۱- درجه آزادی سیستم توزیع آب	۴۰
۶-۲- طراحی استخر ذخیره آب مزرعه	۴۲
۷- منابع مورد استفاده	۵۷

فهرست اشکال

عنوان	صفحه
شکل ۱-۱: الگوهای رطوبتی در آبیاری قطره‌ای	۲
شکل ۲-۱: تشریح ضریب مقدار رطوبت بهینه گیاه (Cr)	۳
شکل ۳-۱: مراحل محاسبه نیاز آبیاری	۵
شکل ۴-۱: نمودار شماتیک رابطه TRAM و DTRAM	۶
شکل ۵-۱: شماتیک آب مصرفی در آبیاری قطره‌ای در شرایط مقدار رطوبت بحرانی برای آبیاری در مکش $pF=3.0$	۸
شکل ۱-۳: هم‌پوشانی نواحی خیس شده دایره‌ای شکل	۱۳
شکل ۲-۳: عوامل موثر در محاسبه ناحیه خیس شده	۱۴
شکل ۳-۳: مثالی برای اندازه‌گیری عرض خیس شدگی	۱۵
شکل ۱-۴: آرایش‌های ممکن برای تجهیزات آبیاری	۲۷
شکل ۲-۴: انواع آرایش‌های شبکه لوله‌ای آبیاری قطره‌ای	۲۹
شکل ۱-۵: ساختار قطعه‌بندی تجهیزات سیستم آبیاری در مزرعه	۳۲
شکل ۲-۵: توزیع ساعات پیک آبیاری (ناحیه M، سپتامبر ۱۹۷۹، Esaki و همکاران)	۳۶

فهرست اشکال

عنوان	صفحه
شکل ۳-۵: گزینه‌های موجود برای نحوه قرارگیری قطره‌چکان‌ها و گیاهان در سیستم آبیاری قطره‌ای	۳۹
شکل ۱-۶: نمودار نشانگر مفهوم درجه آزادی	۴۱
شکل ۲-۶: الگوی تقاضای آب و تغییرات در ذخیره آب	۴۹
شکل ۳-۶: رژیم هیدرولیکی جریان در کاتال انتقال آب	۵۳
شکل ۴-۶: سطح مقطع عرضی جریان در یک کانال سهمی شکل	۵۵

فهرست تصاویر

عنوان	صفحه
۱- مزارع آبیاری قطره‌ای در مقیاس کوچک	۲۳
۲- نمای نزدیک از خروجی قطره چکان در آبیاری قطره‌ای	۲۴
۳- نمایی از یک مجتمع گلخانه‌ای پلاستیکی	۲۴
۴- سیستم آبیاری قطره‌ای در گلخانه	۲۵
۵- نمایی نزدیک از گلخانه	۲۵
۶- نمایی نزدیک از نوارهای آبیاری قطره‌ای	۲۶
۷- نمایی از آبیاری قطره‌ای در زیر پوشش پلاستیکی	۲۶

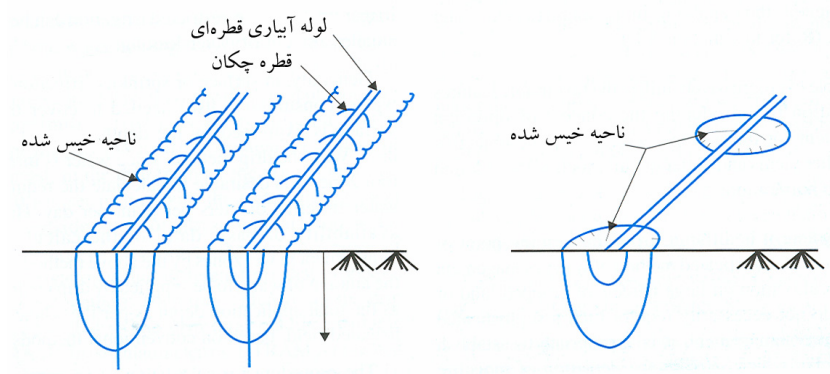
۱- مفهوم طرح‌های آبیاری

یک سیستم آبیاری قطره‌ای باید با در نظر گرفتن مشخصات ویژه‌ای نظیر؛ سیستم آبیاری، اقلیم، گیاهان، روش‌های کشت، الگوهای کشت و... در محدوده پروژه، طراحی و برنامه‌ریزی شود.

در آبیاری قطره‌ای، خاک در محدوده‌های دایره‌ای شکل در اطراف خروجی‌ها مرطوب می‌شود، که از این پس به آن "ناحیه مرطوب شده" اطلاق می‌شود. بنابر این، ضرورت دارد تا روش خاصی برای محاسبه نیاز آبی گیاهان در آبیاری قطره‌ای در اختیار باشد.

همان طور که در شکل ۱-۱ نشان داده شده است، الگوی ناحیه مرطوب شده در اطراف خروجی‌ها به شکل دایره‌ای به اطراف گسترش پیدا می‌کنند. الگوی رطوبتی ایجاد شده به دو شکل هستند؛ الف- توزیع نواری که در آن ناحیه رطوبتی بوجود آمده توسط هر خروجی با ناحیه رطوبتی خروجی دیگر همپوشانی پیدا می‌کند و ب- توزیع دایره‌ای مستقل که در آن نواحی خیس شده در اطراف هر خروجی به طور مستقل بوده و یا همپوشانی آنها قابل اغماض است.

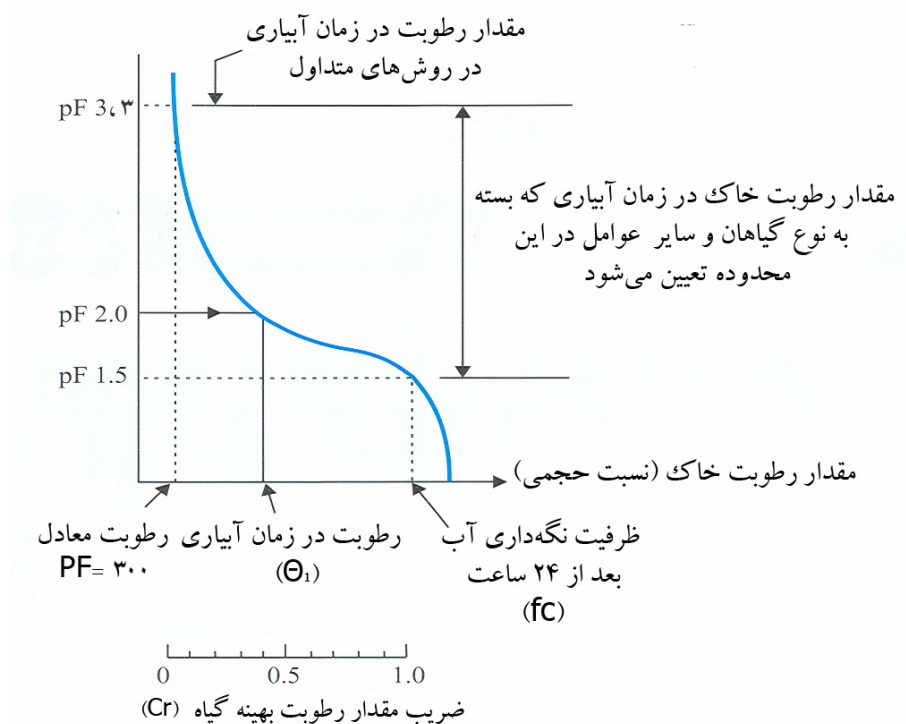
تصمیم‌گیری در خصوص توزیع رطوبت در خاک به صورت نواری یا دایره‌ای مستقل، اساساً بستگی به تراکم کشت گیاهان دارد. معمولاً توزیع نواری برای زمانی است که گیاهان به صورت ردیفی و یا خطی کشت می‌شوند، در حالی که توزیع دایره‌ای مستقل برای گیاهانی که با فاصله زیاد از هم کشت می‌شوند، پیشنهاد می‌گردد.



شکل ۱-۱: الگوهای رطوبتی در آبیاری قطره‌ای

در آبیاری قطره‌ای از آنجایی که، آب بطور پیوسته در اختیار گیاه قرار می‌گیرد، تنها تغییراتی جزئی در مقدار رطوبت خاک در منطقه ریشه اتفاق می‌افتد، لذا مدیریت دقیق آب را تضمین کرده و از وارد شدن تنش آبی به گیاهان جلوگیری می‌شود. ویژگی-های آبیاری قطره‌ای زمانی بیشتر مورد توجه قرار می‌گیرد که فواصل آبیاری (دور آبیاری) کوتاه‌تر، زمان آبیاری (دوره آبیاری) طولانی‌تر و یا شدت آبیاری کم است. به همین دلیل توصیه می‌شود، بسته به نوع گیاهان تحت آبیاری، مقدار رطوبت بحرانی مناسب برای آبیاری (θ_1) در لایه مؤثر خاک در رشد گیاه و در ناحیه رطوبتی، بین ظرفیت نگهداری آب در خاک پس از مدت ۲۴ ساعت از اشباع شدن، (θ_{fc}) و تخلیه رطوبتی برای رشد بهینه، ($pF=3.0$) انتخاب گردد. به عنوان شاخص میزان رطوبت بحرانی در خاک برای شروع آبیاری، ضریب مقدار رطوبت بهینه گیاه (Cr) مطابق معادله ۱-۱ تعریف و همچنین در شکل ۱-۲ نشان داده شده است.

$$Cr = \frac{\theta_1 - \theta_{pF=3.0}}{\theta_{fc} - \theta_{pF=3.0}} \quad (1-1)$$



شکل ۱-۲: تشریح ضریب مقدار رطوبت بهینه گیاه (Cr)

در معادله فوق؛ θ_1 مقدار رطوبت بحرانی در خاک، $\theta_{pF=3.0}$ مقدار رطوبت خاک در مکش ده اتمسفر آب در خاک و θ_{fc} ظرفیت نگهداری آب در خاک پس از ۲۴ ساعت است. ضریب Cr مقادیر کمتر از یک را دارد و میزان رطوبت بحرانی برای آبیاری می‌تواند کمتر یا بیشتر از رطوبت موجود در $pF=3.0$ در نظر گرفته شود. برای گیاهان مقاوم به خشکی، مقدار این ضریب بطور قابل ملاحظه‌ای کوچکتر خواهد شد. به عبارت دیگر، اگر این ضریب برای رطوبت بهینه به ۱ نزدیک باشد و رطوبت بحرانی در سطح بالا (در حدود fc) تنظیم شود، مقدار کار برد آب آبیاری در یک دور آبیاری عموماً می‌تواند کاهش یافته و دور آبیاری کوتاه‌تر شود. بنابراین، قادر به مدیریت بهینه آب خواهیم بود (رجوع شود به معادله ۳-۱).

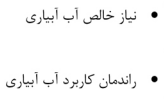
استفاده روزافزون از ویژگی‌های مطلوب آبیاری قطره‌ای با معرفی مفهوم مقدار رطوبت بهینه خاک مفید می‌باشد، بخصوص برای گیاهانی مانند محصولات گلخانه‌ای که در آنها هدف بدست آوردن عملکرد بالاتر با کیفیت برتر است.

از نقطه نظر کشت، برای مناطقی که اجرای یک روش جامع و مدرن مدیریتی در مزارع روباز با کشت در قطعات بزرگ دشوار می‌باشد و یا در جاهایی که اصولاً گیاهان کشت شده نیازی به اجرای چنین روش مدیریتی آب ندارند، بهتر است برنامه آبیاری را طوری طراحی کرد که میزان تخلیه مجاز رطوبتی در خاک برای رشد بهینه گیاه فراهم شود (رجوع شود به معادله ۳-۱).

در آبیاری بارانی، تلفات آب ناشی از عواملی همچون؛ پراکنده شدن قطرات آب به وسیله باد (بادبردگی)، تبخیر آب از سطح برگ و نفوذ عمقی آب و غیره، در مقایسه با آبیاری قطره‌ای نسبتاً بیشتر است. در مناطقی که از لحاظ دسترسی به آب محدودیت داشته و منبع آب آنها غیر دائمی است، تلفات آب افزایش می‌یابد و گاه منابع آب در دسترس با نیاز آبی گیاهان هماهنگ نخواهد بود. لیکن، با استفاده از روش آبیاری قطره‌ای و به علت مقادیر کمتر تلفات، آبیاری محدود و کنترل شده می‌تواند اعمال شود.

معمولاً در آبیاری سطحی یا بارانی، حجم آب لازم برای پوشاندن کل سطح مزرعه بر حسب عمق آب در روز (mm/day) بیان می‌شود. در روش آبیاری قطره‌ای از آنجایی که آب مستقیماً به منطقه ریشه وارد می‌شود، محاسبه مقدار آب مورد نیاز بر حسب لیتر در روز به ازای هر گیاه مطلوب‌تر است. لیکن، از آنجا که موجودیت داده‌های پایه برای محاسبه نیاز آبی در ناحیه خیس شده به روش بالا کاملاً محدود است، میزان آب به کار رفته در روش قطره‌ای نیز مطابق روش‌های متداول آبیاری بر حسب کل عمق کاربرد آب در تمام سطح مزرعه آبیاری شده، مشخص می‌گردد.

است.



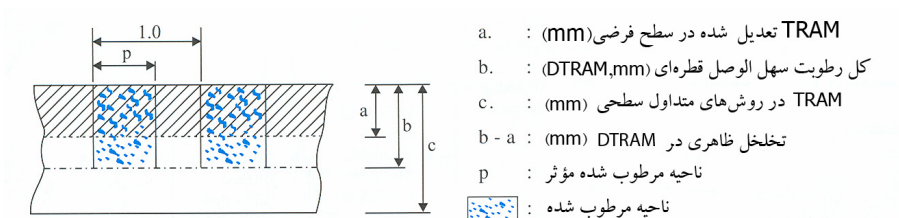
شکل ۱-۳: مراحل محاسبه نیاز آبیاری

رطوبت خاک (SMEP) بدست می آید.

در این جا، رطوبت قابل دسترس حاصل تفاوت بین ظرفیت نگهداری آب بعد از ۲۴ ساعت (fc) و تخلیه میزان رطوبت تا حد مورد نیاز برای رشد بهینه گیاه است. عموماً در روش متداول، تخلیه میزان رطوبت برای رشد بهینه گیاه معادل میزان رطوبت در مکش آب در خاک $pF=3.0$ تخمین زده می‌شود. در مقابل، در آبیاری قطره‌ای، رطوبت بحرانی برای شروع آبیاری (θ_1) با توجه به مسائل مدیریتی آب و روابط فیزیولوژیکی آب گیاهی تنظیم می‌شود. بنابراین، روش مشخص کردن محدوده رطوبتی ($fc - \theta_1$) در آبیاری قطره‌ای، متفاوت از مفاهیم روش متداول است. کل رطوبت سهل الوصول (TRAM) در آبیاری قطره‌ای را می‌توان به صورت کل رطوبت سهل الوصول قطره‌ای (DTRAM) نامید. از نظر محاسباتی، کل رطوبت

سهل‌الوصول قطره‌ای (DTRAM) حاصل ضرب کل رطوبت سهل‌الوصول (TRAM) در عبارت $(1 - Cr)$ است (رجوع شود به معادله ۱-۳). از آنجایی که آبیاری قطره‌ای ناحیه رطوبتی محدودی را بوجود می‌آورد، می‌توان مقدار خالص آب مورد نیاز را از طریق ضرب DTRAM در نسبت سطح خیس شده (سطح تمام مزرعه / کل سطح خیس شده $P =$ بدست آورد. مقدار بدست آمده، معرف خصوصیات مقدار ناحیه خیس‌شدگی است. ولی همان طوری که در شکل ۱-۴ نشان داده شده، این مقدار معادل عمق آبی لازم برای پوشاندن تمام سطح مزرعه است. از این رو، تئوری فوق بیان‌کننده عمق آب با فرض پوشش یکنواخت در کل سطح مزرعه و به عنوان "کل رطوبت سهل‌الوصول (TRAM) تعدیل شده برای سطح فرضی ($P \times DTRAM$)" تعریف می‌شود.

شکل ۱-۴ روابط DTRAM و سایر پارامترها را در پروفیل خاک نشان نمی‌دهد، اما به طور شماتیک رابطه بین ظرفیت‌های جداگانه رطوبتی در خاک را نشان می‌دهد (برای نمونه a ، b و c).



شکل ۱-۴: نمودار شماتیک رابطه TRAM و DTRAM

به علاوه مصرف آب در آبیاری قطره‌ای مشخصات زیر را دارا است:

درجایی که بارندگی مؤثر نمی‌باشد، مصرف رطوبت در آبیاری قطره‌ای، تنها در ناحیه مرطوب اتفاق می‌افتد. در حالی که، در روش‌های متداول آبیاری از قبیل بارانی و

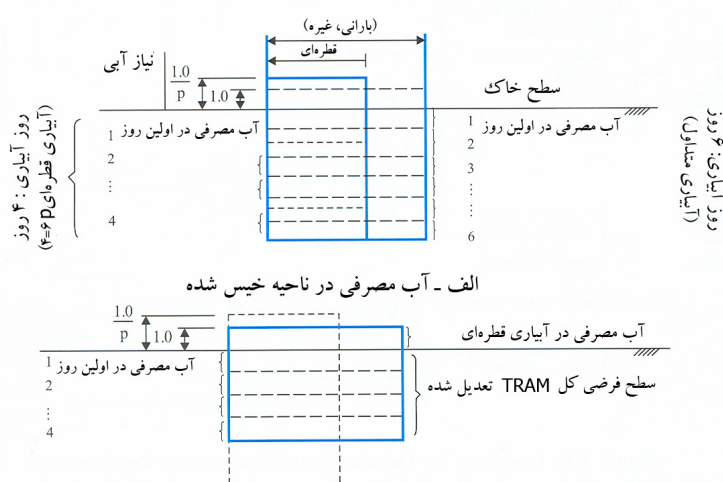
غیرو، رطوبت در تمام سطح مزرعه مصرف می‌شود. با این فرض این که مقدار مصرف رطوبت (برحسب حجم) در هر دو روش بارانی و قطره‌ای یکسان باشد (با تاکید بر این که آنها نسبتاً متفاوت هستند)، رابطه موجود بین آنها در شکل ۱-۵ نشان داده شده است. میزان مصرف آب (که بر حسب عمق آب بیان می‌شود) در منطقه مرطوب برای آبیاری قطره‌ای با نسبت $1/P$ و برای روش‌های متداول با نسبت واحد بیان می‌شود. اگر مقدار ارائه شده در شکل ۱-۵-الف به ظرفیتی تبدیل شود که به صورت عمق در واحد طول بیان شود، میزان آب مصرفی برای آبیاری قطره‌ای به صورت $(1/P) \times P = 1$ و برای روش‌های متداول به صورت $1 \times 1 = 1$ بیان می‌شود و به این ترتیب مقدار یکسانی در هر دو روش بدست می‌آید. DTRAM، مقدار مشخصه در ناحیه مرطوب شده، به میزان آبی که به طور فرضی تمام سطح مزرعه را به طور یکنواخت پوشانده، تبدیل شده و به عنوان کل رطوبت سهل‌الوصول (TRAM) تصحیح شده در سطح فرضی به کار می‌رود.

این رابطه در شکل ۱-۵-الف نشان داده شده است. در این راهنما، از آنجا که میزان مصرف آب با مقادیر تبدیل یافته مطابق با آنچه که در بالا آمده است، در هر وضعیت رطوبتی به هنگام محاسبه ظرفیت سیستم در طرح، این تبدیل بایستی مورد توجه قرار گیرد. مصرف رطوبت تحت شرایط خشکی عمدتاً در ناحیه مرطوب شده رخ می‌دهد. لیکن، مصرف رطوبت در مناطق تحت تأثیر بارندگی، نه تنها در ناحیه مرطوب، بلکه در سطوح خارج از ناحیه خیس شده نیز اتفاق می‌افتد. بنابراین، تمام سطح مزرعه را پوشش می‌دهد. در نتیجه، بارندگی ذخیره شده در فضاهای خالی DTRAM (DTRAM) - سطح فرضی - کل TRAM تصحیح شده که در شکل ۱-۴ نیز نشان داده شده است، به عنوان بارندگی مؤثر منظور خواهد شد. به همین دلیل، سهم بارندگی مؤثر در مقایسه با مقدار بدست آمده از روش‌های متداول، افزایش خواهد یافت.

۲- میزان مصرف آب

۲-۱- نکات عمومی

اساساً، میزان آب مصرفی از طریق اندازه‌گیری به دست می‌آید. از آنجایی که کشت مزرعه‌ای در مقایسه با کشت گلخانه‌ای، محیط رطوبتی متفاوتی در خاک برای گیاهان فراهم می‌کند، بنابراین، ضرورت دارد به دنبال تعیین روشی مناسب و متناسب با وضعیت رطوبتی در خاک باشیم تا میزان آب مصرفی گیاه کشت شده مشخص گردد. همچنین، میزان آب مصرفی روزانه طراحی شده باید بر اساس مشخصات گیاه مربوطه، فاکتورهای هواشناسی و غیرو محاسبه شود. در جایی که مدیریت دقیق رطوبت مد نظر است، اصولاً باید آب مصرفی برای مراحل مختلف رشد به طور جداگانه محاسبه شود.



شکل ۵-۱: شماتیک آب مصرفی در آبیاری قطره‌ای در شرایط مقدار رطوبت بحرانی برای آبیاری در مکش $pF=3.0$

در شرایطی که بارندگی وجود ندارد، میزان رطوبت خاک که از طریق آب آبیاری اعمال می‌شود، به طور یکنواخت در ناحیه خیس شده توزیع نخواهد شد. در این شرایط مقدار رطوبت در مجاورت خروجی‌ها (قطره‌چکانها) بیشتر و با افزایش فاصله از آنها، کاهش خواهد یافت. در عین حال، در اراضی زراعی که در معرض بارندگی قرار می‌گیرند، بعد از گذشت مدت زمانی معین از شروع بارندگی، تمام سطح مزرعه مرطوب می‌شود و مقدار رطوبت به طور یکنواخت در آن توزیع می‌گردد. به طور کلی اعتقاد بر آن است که میزان مصرف آب در شرایطی که بارندگی وجود ندارد و خیس شدگی زمین است و نسبت به شرایطی که زمین کاملاً مرطوب می‌شود، کمتر است. این تفاوت عمدتاً مربوط به کمتر بودن مؤلفه تبخیر از میان دو مؤلفه تعیین کننده آب مصرفی یعنی تبخیر از سطح خاک و تعرق گیاهی است. بنابراین به عبارت دقیق‌تر، میزان آب مصرفی تحت شرایط مرطوب شدن نسبی باید با مقدار آن در مناطقی که تحت تاثیر بارندگی قرار دارند، کاملاً متفاوت در نظر گرفته شود. در ژاپن، کشت در مزارع روباز تحت تاثیر بارندگی‌های متناوب و طولانی بودن فصل بارندگی قرار دارد. لیکن، بررسی جداگانه دو مؤلفه تشکیل دهنده میزان آب مصرفی (یعنی تبخیر و تعرق) بدون این که در نتایج تفاوت ذاتی حاصل کند، تنها منجر به پیچیده شدن طرح خواهد شد. میزان آب مصرفی در مزارع روباز به طور رضایت بخشی از طریق اندازه‌گیری رطوبت مجاز تخلیه شده در خاک براساس استاندارد اشاره شده در بخش قبلی (همان طوری که در مورد سایر سیستم‌های آبیاری نیز با در نظر گرفتن رژیم رطوبتی مناسب در خاک زمانی که رطوبت در کل لایه خاک به طور یکنواخت از مقادیر رطوبت اولیه موجود به حد ظرفیت نگهداری آب در مزرعه می‌رسد) بدست خواهد آمد. قابل توجه است که میزان آب مصرفی به دست آمده از روش بالا، مشخصات مقدار آب در ناحیه خیس شده را تفکیک نمی‌کند، ولی مشخص کننده مقدار آب مصرفی با فرض آبیاری یکنواخت در تمام سطح مزرعه است. علاوه بر این، در این متن جزئیات اندازه‌گیری‌ها نظیر؛ موقعیت نقاط اندازه‌گیری براساس روش تخلیه رطوبت خاک و غیرو، معیاری برای استاندارد سازی است. در کشت‌های گلخانه‌ای، آب تحت شرایطی که بارندگی هیچ گونه تاثیری در آبیاری

ندارد، تامین می‌شود و یک وضعیت مرطوب شدن نسبی در شرایط اندازه‌گیری شکل می‌گیرد. همچنین، همان طوری که قبلاً گفته شد، از آنجا که شرایط رطوبت خاک ناشی از آبیاری در روی سطح خاک یا در عمق خاک یکنواخت صورت می‌گیرد، الگوی توزیع ریشه در محیط خاک در این شرایط رطوبتی، با شرایط کشت در فضای باز متفاوت خواهد بود. بنابراین، حتی در حالتی که روش اندازه‌گیری رطوبت خاک برای تعیین میزان آب مصرفی بکار می‌رود، نمی‌توان نمونه‌های اندازه‌گیری شده نقطه‌ای را به کل تعمیم داد. به همین دلیل، ضرورت دارد اندازه‌گیری‌ها تنها پس از تعیین دقیق مکانی که در آنجا ریشه‌های جاذب آب به طور یکنواخت توزیع شده‌اند، انجام پذیرد. از آنجا که میزان اندازه‌گیری شده دلالت بر مشخصات ناحیه خیس شدگی دارد، ضروری است به منظور استفاده از میزان آب مصرفی برای اهداف طراحی، با فرض انجام آبیاری یکنواخت در تمام سطح مزرعه، آن را تغییر دهیم. در واقع، میزان آب مصرفی در آبیاری قطره‌ای از طریق تعیین میزان متوسط مصرف روزانه آب و جمع آنها برای هر ماه به دست می‌آید. برای اعمال مدیریت دقیق‌تر رطوبت در خاک، فصل زراعی باید به چندین مرحله رشد تقسیم شود و میزان مصرف متوسط روزانه آب برای هر مرحله رشد با استفاده از روش پنمن تعیین شود.

۲-۲- روش پنمن

شکل اصلی معادله پنمن (۱۹۸۴) برای تخمین تبخیر پتانسیل (E_p) و تبخیر-تعرق پتانسیل (E_{tp}) استفاده می‌شود. همان طوری که در استاندارد ژاپن برای طراحی آبیاری در اراضی آبی توضیح داده شده است، این مقادیر از طریق حاصلضرب ضریب گیاهی (k_c) و تبخیر پتانسیل (E_p) بدست آمده است (MAFF, ۱۹۹۷). داده‌های مورد نیاز برای تخمین تبخیر پتانسیل (E_p) از معادله پنمن، شامل چهار پارامتر آب و هوایی؛ متوسط درجه حرارت هوای روزانه ($T_{mean}, ^\circ C$)، مدت زمان آفتابی در طول روز (n ، بر حسب ساعت)، متوسط رطوبت نسبی روزانه ($H_{mean}, \%$)

و متوسط روزانه سرعت باد در ارتفاع دو متری (u_2 , m/sec)، هستند. معادله پمن با واحدهای تبدیل شده به سیستم متریک در زیر آورده شده است:

$$E_p = \frac{\Delta}{\Delta + \gamma} \times \frac{S}{l} + \frac{\gamma}{\Delta + \gamma} \times f(u_2)(e_{sa} - e_a)$$

که در آن؛

E_p : تبخیر پتانسیل (mm/day)

S : تابش خالص (تابعی از T_{mean} و H_{mean})

Δ : شیب منحنی فشار بخار اشباع در مقابل دما (تابعی از T_{mean})

L : گرمای نهان تبخیر آب (تابعی از T_{mean})

γ : ثابت سایکرومتری (رابطه بین کمبود فشار بخار و افت دمای تر)

$f(u_2)$: تابع سرعت باد (تابعی از u_2)

e_{sa} : فشار بخار اشباع در دمای T_{mean}

e_a : متوسط فشار بخار واقعی هوا (تابعی از T_{mean} و H_{mean})

a (آلبیدو): یک فاکتور مهم برای بدست آوردن تابش خالص (S) است و برای سطح آب در شرایط معمولی مقدار آن برابر ($a = 0.06$) می‌باشد.

تبخیر- تعرق مرجع (ET_0) معیاری را برای تعیین؛ (۱)- تبخیر- تعرق در مراحل مختلف رشد و (۲)- تبخیر- تعرق برای گیاهان مختلف (ET_c)، فراهم می‌کند. تبخیر تعرق گیاه به شکل زیر تعریف می‌شود:

$$ET_c = K_c \times E_p \text{ (mm/day)}$$

که در آن؛ K_c ضریب گیاهی مشخص برای مراحل مختلف رشد گیاه مورد نظر است.

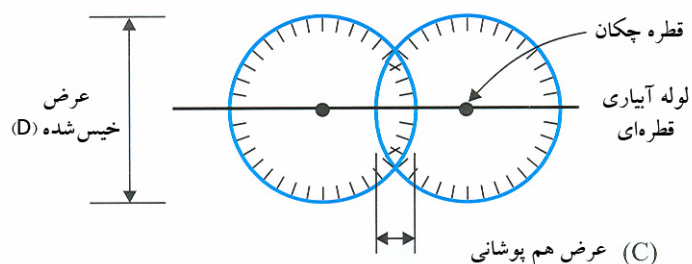
۳- برنامه آبیاری

۳-۱- الگوی خیس شدگی

الگوی خیس شدن خاک بستگی به این دارد که چه مقدار از منطقه خیس شده در اطراف یک خروجی جداگانه دارای هم‌پوشانی شده است. پهنای منطقه خیس شده معمولاً از طریق اندازه‌گیری‌های مزرعه‌ای تعیین می‌شود. الگوی خیس شدن خاک تحت تأثیر عوامل زیر است:

۱. عوامل اقلیمی (بارندگی، درجه حرارت، تابش خورشیدی و تبخیر)،
۲. عوامل خاک (بافت خاک، رطوبت اولیه و ...)،
۳. عوامل گیاهی (توزیع منطقه ریشه، تبخیر و تعرق، ارقام گیاهی و ...)،
۴. عوامل آبیاری (شدت آبیاری، مدت آبیاری و فاصله خروجی‌ها)،

در صورتی که عوامل نامبرده شده (۱) تا (۳) یکسان باشند، الگوی ناحیه خیس شدگی بستگی بسیار زیادی به فاصله خروجی‌ها خواهد داشت. اگر فاصله بین خروجی‌ها متراکم (کم) باشد، توزیع رطوبت به صورت نواری و در صورتی که فاصله بین آنها زیاد باشد، توزیع رطوبت به صورت دایره‌های مستقل شکل خواهد گرفت. این که نوع الگوی ناحیه خیس شدن به صورت نواری و یا دایره‌های جدا از هم در طراحی سیستم آبیاری قطره‌ای مورد استفاده قرار می‌گیرد، بستگی به مقدار هم‌پوشانی ناحیه خیس شدگی در اطراف هر خروجی نسبت به خروجی دیگر دارد. در صورتی که درجه هم‌پوشانی خروجی‌ها به ۲۰٪ یا بیشتر برسد، توزیع رطوبت بصورت نواری و چنانچه میزان هم‌پوشانی کمتر از ۲۰٪ باشد، توزیع رطوبت بصورت دایره‌ای شکل مستقل منظور خواهد شد (شکل ۳-۱).



شکل ۳-۱: همپوشانی نواحی خیس شده دایره‌ای شکل

نسبت مساحت خیس شده (P)، که برابر با نسبت مساحت ناحیه خیس شده به کل سطح مزرعه است، به روش زیر محاسبه می‌شود. اصولاً برای تعیین عرض ناحیه خیس شده، اندازه‌گیری در شرایط واقعی لازم است. لیکن، زمانی که اندازه‌گیری این پارامتر مشکل باشد، می‌توان مقدار اندازه‌گیری شده در مزارع مجاور را که دارای شرایط مشابه هستند، به کار برد:

توزیع نواری رطوبت (با خروجی‌های نزدیک به هم)

$$P = (D \times L \times \text{سطح مزرعه کشت شده}) / (\text{تعداد لوله‌های فرعی آبیاری قطره‌ای})$$

توزیع دایره‌ای شکل مستقل رطوبت (با خروجی‌های با فاصله بیشتر از هم)

$$P = [(\pi/4) D^2 \times \text{سطح مزرعه کشت شده}] / (\text{تعداد قطره‌چکانها})$$

که در آنها؛ D عرض ناحیه خیس شده به وسیله هر قطره‌چکان و L نیز فاصله لوله‌های فرعی آبیاری قطره‌ای از یکدیگر است.

الف- اندازه‌گیری عرض مرطوب شده

همان طوری که در شکل ۳-۳ نشان داده شده است، به منظور اندازه‌گیری رطوبت در هر نقطه از مزرعه، قسمتی از مزرعه تحت مطالعه به صورت شبکه‌های ۱۰ cm × ۱۰ cm از نقطه خروجی قطره‌چکان تا محدوده توسعه رطوبت

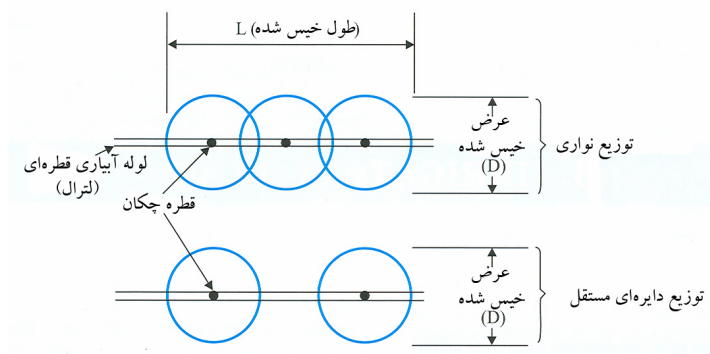
(معمولاً برابر با $L/2$) در هر دو جهت افقی و عمودی تقسیم بندی می‌شود. بدین منظور بایستی به نکات زیر توجه شود:

۱) اندازه گیری باید در دوره زمانی حداکثر مصرف آب توسط گیاهان و هنگامی که خاک کاملاً زهکشی شده و بارندگی نیست، انجام شود.

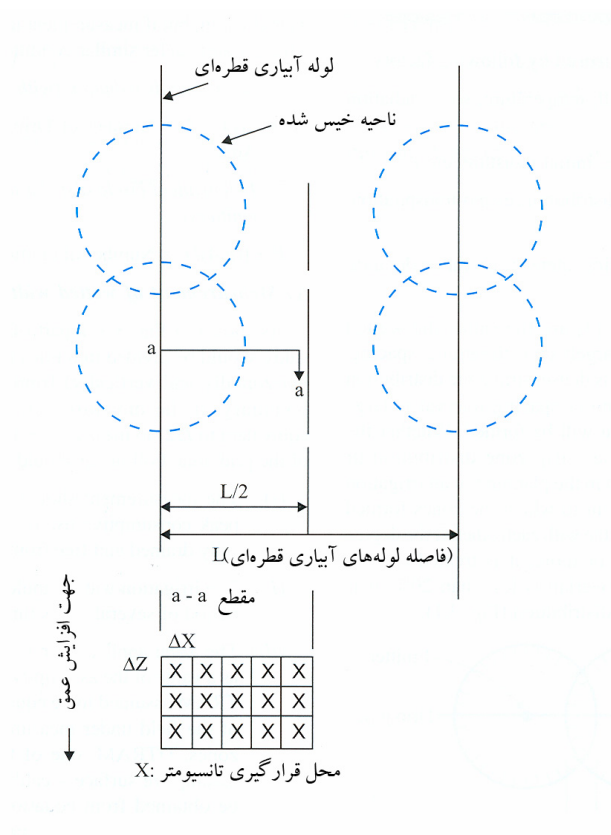
۲) آب آبیاری باید به آهستگی و در طول چندین ساعت با آبیاری قطره‌ای انجام شده باشد.

۳) شدت کاربرد آب در هر نوبت آبیاری بر اساس سطح فرضی است که در آن مقدار کل TRAM اصلاح شده معادل با برنامه آبیاری طراحی شده در مزرعه تحت اندازه‌گیری فرض می‌گردد که در آن سطوح خیس نشده نیز در نظر گرفته شده‌اند. DTRAM، یکی از فاکتورهایی که در بر گیرنده TRAM اصلاح شده با سطح فرضی است، باید از طریق معادله ۳-۱ بدست آید. مقدار P باید بر اساس مقدار استاندارد برای پهنای خیس شده که در شکل ۳-۳ نشان داده شده است، محاسبه شود.

۴) اندازه گیری باید سریعاً پس از کامل شدن آبیاری انجام شود. اندازه‌گیری‌ها برای ایجاد نقشه‌های توزیع با خطوط هم تراز رطوبت خاک، انجام می‌شوند و پهنای خیس شدگی با نقطه‌ای که حداکثر محدوده توزیع رطوبت را نشان می‌دهد، تعیین می‌شود.



شکل ۳-۲: عوامل موثر در محاسبه ناحیه خیس شده



شکل ۳-۳: مثالی برای اندازه‌گیری عرض خیس شدگی

ب- مقادیر استاندارد عرض خیس شده

به عنوان مرجع، مقادیر استاندارد عرض خیس شده برای انواع خاک‌ها در جدول زیر ارائه شده است:

بافت خاک	پهنای مرطوب شده (سانتیمتر)
شن و شن لومی	۳۰
لومی	۴۰
رسی لومی و رس	۵۰

۳-۲- مقدار آب خالص و دور آبیاری

مقدار آب خالص که بایستی جایگزین شود و دور آبیاری به طور معمول با توجه به گیاهان، عملیات کشاورزی و ظرفیت تسهیلات مرتبط در محدوده پروژه تعیین می‌شود.

۱) کل رطوبت سهل‌الوصول قطره‌ای

معادلات لازم برای محاسبه رطوبت سهل‌الوصول در روش‌های متداول آبیاری در زمین‌های بلند (TRAM) و در روش آبیاری قطره‌ای (DTRAM) در زیر آورده شده‌اند:

$$\begin{aligned}
 TRAM &= (f_C - M_L) \times D \times 1 / C_p \\
 DTRAM &= (f_C - \theta_1) \times D \times 1 / C_p \\
 &= (f_C - \theta_L / f_C - M_L) \times (f_C - M_L) \times D \times 1 / C_p \\
 &= (f_C - \theta_L / f_C - M_L) \times TRAM \\
 &= (1 - Cr) \times TRAM
 \end{aligned} \tag{۳-۱}$$

که در آن؛

C_p : الگوی جذب رطوبت خاک (%)

f_C : ظرفیت نگهداری آب در مزرعه (نسبت حجمی)

M_L : میزان رطوبت تخلیه شده برای رشد بهینه (نسبت حجمی)

θ_1 : میزان رطوبت در هنگام شروع آبیاری قطره‌ای (نسبت حجمی)

C_r : ضریب گیاهی در شرایط رطوبت بهینه (به معادله ۱-۱ مراجعه شود).

D : عمق لایه مؤثر خاک برای رشد ریشه گیاه

کل رطوبت سهل الوصول قطره‌ای (DTRAM) از طریق معادله مربوط به کل رطوبت سهل الوصول (TRAM) محاسبه می‌شود، لیکن مقدار تخلیه مجاز رطوبتی در نقطه رشد بهینه با مقدار رطوبت اختیاری برای شروع زمان آبیاری، جایگزین می‌شود. در ابتدا، کل رطوبت سهل الوصول مطابق روش‌های آبیاری متداول با استفاده از نتایج اندازه‌گیری‌ها، محاسبه و سپس برای بدست آوردن کل رطوبت سهل الوصول قطره‌ای (DTRAM) در ضریب $(1 - Cr)$ ضرب می‌شود.

۲) محاسبه دور آبیاری

TRAM = اصلاح شده - سطح فرضی

$$= DTRAM \times P$$

که در آن؛ P نسبت سطح خیس شده است. دوره‌های آبیاری طراحی شده (بر حسب روز) از معادله زیر به دست می‌آیند:

(TRAM اصلاح شده - سطح فرضی)

$$= \frac{\text{دور آبیاری (روز)}}{\text{حداکثر مصرف روزانه آب در طراح}}$$

حداکثر مصرف روزانه آب در طراح

عدد دور آبیاری طراحی بایستی با گرد کردن^۱ دور آبیاری محاسبه شد به نزدیکترین عدد صحیح، بدست آید.

۳) نیاز آبی خالص

مقدار نیاز آبی خالصی که بایستی جایگزین شود، از حاصلضرب دور آبیاری طراحی شده (بر حسب روز) در میزان آب مصرفی برای هر دوره کشت بدست می‌آید. چنانچه حداکثر میزان آب مصرفی روزانه در محاسبه فوق بکار رود، مقدار حداکثر نیاز آبی خالصی که باید در طرح جایگزین شود، بدست خواهد آمد.

1- Rounding off the figure

بعضی از دستورالعمل‌های امریکایی و اروپایی مثل کتاب دستورالعمل (1982) CRC و غیره، ضریب رطوبت بهینه گیاه (C_r) را در تخلیه مجاز رطوبتی معادل $pF = 4.2$ و یا تا نقطه پژمردگی دائمی به عنوان حد بالای مقادیر pF تعریف می‌کنند. برعکس، در ژاپن این ضریب (C_r) را در تخلیه مجاز رطوبتی معادل $pF = 3.0$ تعریف می‌کنند. این نکته زمانی که ضریب C_r بدست آمده از راهنماهای اروپایی و امریکایی با راهنماهای ژاپنی مقایسه می‌شود، حائز اهمیت است.

۳-۳- نیازهای آبی چند منظوره

امکانات آبیاری قطره‌ای نه تنها برای تأمین رطوبت گیاه، بلکه به منظور اهداف متفاوت دیگری نیز استفاده می‌شود. در استفاده چند منظوره از آبیاری قطره‌ای، از آنجایی که نیاز آبی و دوره آبیاری بستگی زیادی به کاربرد آن دارد، در نظر گرفتن این جنبه‌ها در زمان طراحی، بسیار ضروری است.

بنظر می‌رسد که هزینه فراهم کردن تجهیزات برای آبیاری زمین‌های بلند (کوهستانی) در سال‌های اخیر بسیار افزایش پیدا کرده و همچنین هزینه تأمین آب نیز بسیار بالا رفته است. بنابراین، امروزه، یک روش پویاتر برای فرمول‌بندی طرح‌ها در استفاده چند منظوره از تجهیزات آبیاری مورد نیاز است. به عبارت دیگر، ممکن است بتوانیم از امکانات آبیاری قطره‌ای علاوه بر تأمین رطوبت مورد نیاز در خاک، برای موثر و کارآ کردن عملیات کاشت، کاهش نیروی کارگری در مزرعه و دیگر عوامل استفاده کنیم. علاوه بر تأمین آب، استفاده بیشتر از تجهیزات و مزایای پروژه آبیاری را می‌توان از طریق کاربرد چند منظوره تاسیسات آبیاری قطره‌ای بدست آورد که به طور خلاصه به صورت زیر تشریح شده‌اند.

۱) کاشت

در آبیاری قطره‌ای سرعت جوانه زنی بذور و گسترش ریشه در مقایسه با سایر روش‌های متداول آبیاری بیشتر است، زیرا پدیده سخت شدن سطح خاک و تشکیل سله که به واسطه انرژی حاصل از قطرات ریزشی آب ایجاد می‌شود، هرگز در

آبیاری قطره‌ای اتفاق نمی‌افتد. اگر چه نیاز آبی برای چنین عملیاتی بندرت بیشتر از میزان آب مورد نیاز برای تأمین رطوبت است، لذا بایستی شدت کاربرد آب آبیاری کم و مدت زمان کاربرد آب حداکثر شود تا شرایط مرطوبی روی سطح خاک در حد ممکن حفظ شود.

۲) کاربرد کود

در آبیاری قطره‌ای، کاربرد کود می‌تواند از طریق مخلوط کردن کودهای مایع (نیتروژن، فسفر، پتاسیم و ریز مغذی‌ها) با آب آبیاری انجام شود که در نتیجه آن، آب دیگری برای کاربرد کود نبایستی در نظر گرفته شود. معمولاً مقدار آب آبیاری از طریق محاسبه غلظت کود مایعی که باید به کار رود، تعیین می‌شود. لیکن، نیاز است تا کود بیشتری برای جبران ضعف رویشی در کشت‌های متراکم پیش‌بینی شود.

۳) کنترل درجه حرارت خاک

در آبیاری قطره‌ای درجه حرارت در لایه‌های خاک می‌تواند برای ارتقای رشد گیاه کنترل شود. در این مورد، آبیاری متناوب با مقادیر کم کاربرد آب که یکی از ویژگی‌های آبیاری قطره‌ای است، عمدتاً نشانگر تأثیر این روش است. عموماً کاربرد آب با شدت‌های کمتر همراه با زمان طولانی‌تر آبیاری بدون این که افزایشی در میزان نیاز آبی بوجود آید، توصیه می‌شود.

۴) ضد عفونی خاک

مواد شیمیایی محلول را می‌توان برای کنترل بیماری‌ها و آفات در خاک از طریق مخلوط کردن با آب آبیاری به کار برد. از آن جایی که در این روش آبیاری تلفات در اثر نفوذ عمقی بسیار محدود است، مقدار مواد شیمیایی مایع مورد نیاز می‌تواند کاهش یابد. اگر چه عموماً مواد شیمیایی محلول به محدوده خارج از منطقه مرطوب شده نفوذ نمی‌کنند، امکان بسیار کمی وجود دارد که شدت آب کاربردی مورد نیاز برای این هدف بیش از مقدار آب مورد نیاز آبیاری برای تأمین رطوبت گیاه شود.

۵) کنترل علف‌های هرز

به علت مساحت خیس شده محدود در سطح مزرعه، در صورت تأثیر نداشتن بارندگی در کشت (نظیر شرایط گلخانه‌ای)، رشد علف‌های هرز در خارج از مساحت خیس شده، به علت کمبود رطوبت محدود خواهد شد. علف‌های هرز موجود در داخل ناحیه خیس شده را نیز می‌توان از طریق مخلوط کردن علف‌کش‌ها با آب آبیاری کنترل کرد. امکان بسیار کمی وجود دارد که مقدار آب مورد نیاز برای این هدف از میزان آب مورد نیاز آبیاری برای تأمین رطوبت خاک بیشتر شود.

۶) آبخوبی و بهبود خاک

در مواردی که آب آبیاری شور است یا خاک دارای نمک است، ممکن است شور شدن در نتیجه آبیاری مشاهده شود. برای جلوگیری از شور شدن خاک لازم است که کل آب کاربردی را با اضافه کردن ۱۰٪ به نیاز آبی افزایش دهیم تا آبخوبی منظم خاک اتفاق افتد. همچنین، ضروری است که آب اضافه برای بهبود خاک در دوره کشت مجدد برای گیاهان گلخانه‌ای در نظر گرفته شود.

۳-۴- تعیین نیاز آبی طرح

برای جستجوی روش‌های بهبود و رفع نیاز پروژه، مسایل کاشت و داشت و دلایل آنها باید مشخص شود. به علاوه با بررسی شرایط کنونی مدیریت کاشت و داشت، می‌توان فرآیند توسعه و استقرار طرح را مورد بررسی قرار داد.

۱- راندمان آبیاری

راندمان کاربرد، تلفات انتقال و راندمان کلی آبیاری قابل دسترسی در آبیاری قطره‌ای در ذیل آورده شده‌اند:

راندمان کاربرد	تلفات انتقال	راندمان کل آبیاری
۹۵٪ یا بیشتر	۵-۱۰٪	۸۵-۹۵٪

در آبیاری قطره‌ای، تغییرات جریان در یک واحد فرعی کاملاً محدود است. معمولاً راندمان آبیاری قطره‌ای از روش‌های بارانی و سایر روش‌های آبیاری سطحی متداول، بیشتر است.

۲- نیاز آب آبیاری

نیاز آب آبیاری را می‌توان با استفاده از راندمان فرضی آبیاری و حداکثر مصرف روزانه آب محاسبه کرد. نیاز آبی ناخالص به شکل زیر قابل محاسبه است:

$$\text{دور آبیاری} \times \text{حداکثر مصرف روزانه آب طراحی شده} = \text{نیاز خالص آب آبیاری}$$

$$\text{راندمان کاربرد} / \text{نیاز خالص آب آبیاری} = \text{نیاز آب آبیاری مزرعه}$$

$$\text{راندمان آبیاری} / \text{نیاز خالص آب آبیاری} = \text{نیاز ناخالص آب آبیاری}$$

۳- نیاز آب آبیاری فصلی

نیاز آب آبیاری فصلی در سرتاسر منطقه را می‌توان به صورت زیر محاسبه کرد:

مساحت ناحیه‌ای که باید آبیاری شود $\times$ مصرف آب روزانه طراحی شده = نیاز خالص آب آبیاری

راندمان آبیاری / نیاز خالص آب آبیاری = نیاز ناخالص آب آبیاری

در مواردی که بایستی نیاز آبی چند منظوره مد نظر قرار گیرد، برای بدست آوردن نیاز خالص و ناخالص آبیاری، لازم است تا آب مورد نیاز برای تامین موارد مختلف به میزان مصرف آب روزانه طراحی شده، اضافه گردد.

۴- بارندگی مؤثر

روش‌های متفاوتی برای محاسبه بارندگی مؤثر در منابع پیشنهاد شده‌اند. روش‌های زیر عموماً به عنوان یک استاندارد در ژاپن پذیرفته شده‌اند:

۱- ضرب هر مقدار بارندگی ثبت شده در ضریب ۰/۸

$$R_0 = 0.8 \times R \quad (\text{زمانی که } R < 5 \text{ mm})$$

۲- مقدار حد بالای بارندگی مؤثر (R_0) از اختلاف رطوبت نگهداری شده در خاک دقیقاً قبل از بارندگی نسبت به DTRAM محاسبه می‌شود (سطح رطوبت باید از رطوبت موجود برای آبیاری بیشتر شود).

۵- منابع آب

منابع طبیعی آب شامل آب رودخانه‌ها، آب زیرزمینی، آب مخازن و منابع سطحی و... هستند. در مقایسه با سایر منابع، آب رودخانه را می‌توان به طور اقتصادی‌تری مهار و برای آبیاری زمین‌های بلند مورد استفاده قرار داد، اما از این منابع برای آبیاری اراضی پست به طور گسترده استفاده می‌شود. بنابراین، منابع جدید آب اغلب باید از طریق پمپاژ کردن آب زیرزمینی و یا با ساخت مخازن آب مهار و مورد بهره‌برداری قرار گیرند. ویژگی‌های لازم منابع آب برای استفاده در روش آبیاری قطره‌ای به صورت زیر هستند:

الف- مقدار آب مورد نیاز می‌تواند کمتر از مقادیر آب لازم در روش‌های متداول باشد.

ب- فشار کاربرد آب در آن می‌تواند کمتر از فشار آب مورد نیاز در روش‌های دیگر باشد.

ج- کیفیت آب در آن باید مناسب باشد.



(الف)



(ب)

تصویر ۱: مزارع آبیاری قطره‌ای در مقیاس کوچک



تصویر ۲: نمای نزدیک از خروجی قطره چکان در آبیاری قطره‌ای



تصویر ۳: نمایی از یک مجتمع گلخانه‌ای پلاستیکی



تصویر ۴: سیستم آبیاری قطره‌ای در گلخانه



تصویر ۵: نمایی نزدیک از گلخانه



تصویر ۶: نمایی نزدیک از نوارهای آبیاری قطره‌ای



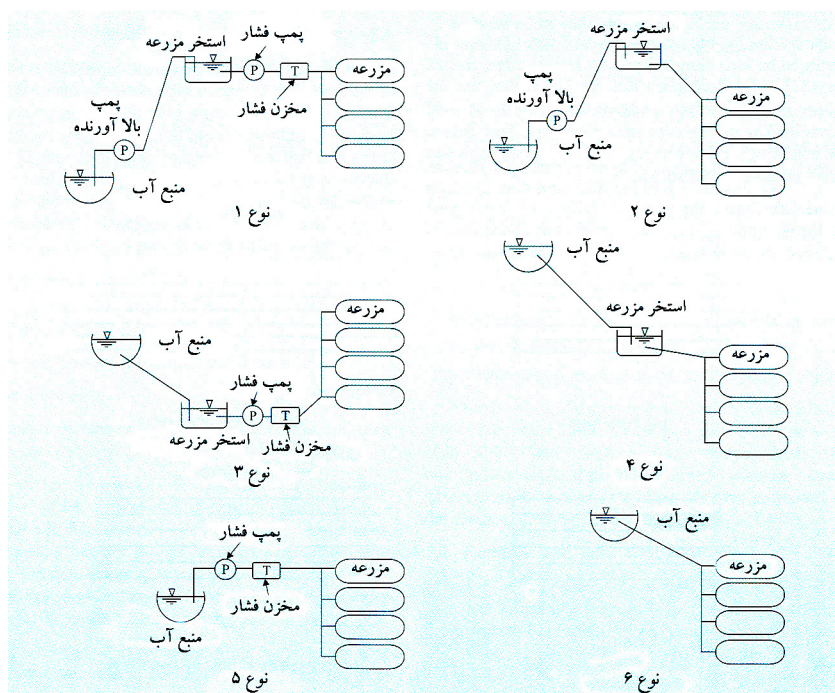
تصویر ۷: نمایی از آبیاری قطره‌ای در زیر پوشش پلاستیکی

۴- ترکیب لوازم و تجهیزات آبیاری قطره‌ای

۴-۱- اساس ترکیب تجهیزات

تناسب چیدمان و ترکیب تجهیزات آبیاری و تسهیلات موجود در مزرعه، در انجام موفق عملیات آبیاری در مزرعه و استقرار کشاورزی فاریاب تأثیر می‌گذارد. بنابراین، چیدمان و ترکیب تجهیزات با در نظر گرفتن فاکتورهای مذکور بایستی در طراحی دیده شود.

آرایش‌های ممکن برای تجهیزات آبیاری که اغلب در ژاپن استفاده می‌شوند، در شکل ۴-۱ نشان داده شده‌اند.



شکل ۴-۱: آرایش‌های ممکن برای تجهیزات آبیاری

اجزای هر یک از آرایش‌های فوق بشرح جدول زیر هستند:

نوع	اجزاء
۱	منبع آب ← پمپ بالا برنده ← استخر مزرعه ← پمپ فشار ← مخزن فشار ← مزرعه
۲	منبع آب ← پمپ بالا برنده ← استخر مزرعه ← (فشار ثقل) ← مزرعه
۳	منبع آب ← (جریان طبیعی) ← استخر مزرعه ← پمپ فشار ← مخزن فشار ← مزرعه
۴	منبع آب ← (جریان طبیعی) ← استخر مزرعه ← (فشار ثقل) ← مزرعه
۵	منبع آب ← پمپ فشار ← مخزن فشار ← مزرعه
۶	منبع آب ← (فشار ثقل) ← مزرعه

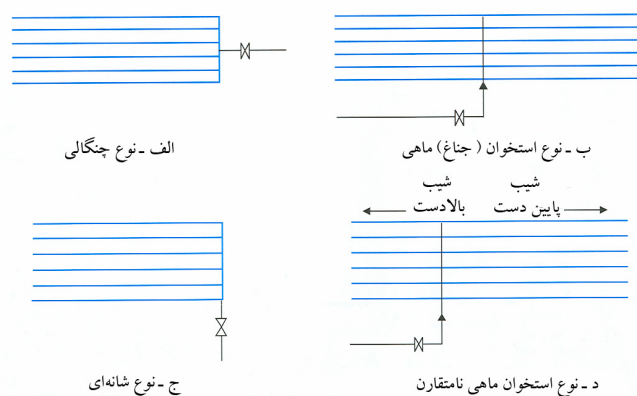
از میان شش آرایش فوق، آرایش‌های نوع (۱) تا (۴) برای سیستم‌های آبیاری بزرگ مقیاس و آرایش‌های نوع (۵) تا (۶) برای سیستم‌های آبیاری کوچک مقیاس استفاده می‌شوند. معمولاً، آرایش‌های نوع (۱) و (۴) برای مناطق محلی ترجیح داده می‌شوند، در صورتی که در آرایش‌های نوع (۱) و (۳) که پمپ فشار در طرف دیگر استخر ذخیره قرار می‌گیرد، بطور رضایت بخشی مورد استفاده است. این روند در نواحی دور افتاده که وضعیت انرژی الکتریکی به علت محدودیت انتقال و توزیع برق با مشکل مواجه‌اند، قابل توجه است.

علاوه بر آن، آرایش‌های نوع (۱) پیش از ورود به استخر ذخیره به یک پمپ بالا برنده آب مجهز است. در چنین سیستمی، امکان قطع شدن جریان آب بر اثر ورود هوا به سیستم لوله‌ای ثانویه بعد از استخر ذخیره به علت دشواری در هماهنگ کردن پمپ‌های بالا برنده و تامین فشار آب و یا محدودیت ظرفیت استخر ذخیره، وجود دارد. برای جلوگیری از این مشکل، ضرورت دارد یا ظرفیت استخر ذخیره آب افزایش یابد و یا ارتباط داخلی (مستقیمی) بین پمپ‌های بالا برنده و تامین فشار آب برقرار شود.

فراهم کردن امکان آبیگری ثقلی به وسیله سیستم لوله‌ای ثانویه از استخر ذخیره آب برای اطمینان خاطر از رسیدن آب به مزرعه مطلوب به نظر می‌رسد. این روش به خصوص در آرایش نوع (۴) که در آن آب را می‌توان از طریق جریان طبیعی از استخر ذخیره به مزرعه رساند، مهم است. یکی از مزایای این آرایش کاهش هزینه‌های بهره‌برداری است. چنانچه محل و نیز رقوم منبع آب از عوامل محدود کننده باشند، آرایش نوع (۲) دومین گزینه مناسب و قابل تطبیق خواهد بود. نظر به این که بعضی از اوقات آرایش‌های نوع (۵) و (۶) نیز دیده می‌شوند، این آرایش‌ها اغلب برای مقیاس‌های کوچک به صورت گروهی و یا انفرادی به کار گرفته می‌شوند.

۴-۲- آرایش سیستم آبیاری در مزرعه

مطابق شکل ۴-۲، آرایش‌های نوع چنگالی، استخوان (جناغ) ماهی و شانه‌ای شکل در سیستم لوله‌ای آبیاری قطره‌ای مزارع، از انواع اصلی آرایش‌ها هستند. آرایش نوع چنگالی از نظر قابلیت کار در مزارع کشت شده، توصیه می‌شود. اگر در استفاده از آرایش چنگالی به دلیل طولانی شدن طول لوله‌های فرعی امکان رسیدن به یکنواختی معقول فراهم نبود، می‌توان برای حصول به یکنواختی قابل قبول، از آرایش استخوان ماهی استفاده کرد. در مزارع شیبدار، آرایش استخوان ماهی نامتقارن هم در جهت بالا دست و هم در جهت پایین دست، موثر هستند.



شکل ۴-۲: انواع آرایش‌های شبکه لوله‌ای آبیاری قطره‌ای

۵- طراحی سیستم آبیاری قطره‌ای

۵-۱- اساس طراحی سیستم

انتخاب نوع سیستم و طراحی آبیاری قطره‌ای که شامل لوازم و تجهیزاتی متنوعی است، باید بعد از مقایسه و آزمایش گزینه‌های متعددی تحت یک ارزیابی استاندارد مربوطه انجام شود.

۱- استاندارد ارزیابی

استانداردهای ارزیابی زیر برای بررسی گزینه‌های مختلف طرح و جهت انتخاب یکی از آرایش‌های ممکن برای تجهیزات آبیاری، به کار گرفته می‌شوند:

۱. استفاده مؤثر از منابع آب، به ویژه از منظر به حداقل رساندن آب پمپاژ شده و یا آب باقیمانده در استخر ذخیره،
۲. توزیع تدریجی و موثر آب با یک سیستم کنترلی ساده،
۳. بهره‌برداری ساده با حداقل مشکلات و قابل نگهداری با ضریب اعتماد بالا،
۴. هزینه پایین سرمایه‌گذاری (ساخت)، به عبارت دیگر، اقتصادی بودن طرح از طریق کاهش هزینه‌های سرمایه‌گذاری،
۵. هزینه‌های پایین بهره‌برداری و سرویس و نگهداری،

۲- طرح سیستم

چارچوب اصلی طرح سیستم آبیاری قطره‌ای و تجهیزات و ترتیب آنها به قرار زیر است:

منبع آب (استخر ذخیره) ← کانال اصلی ← استخر تنظیمی ← کانال انتقال آب ← استخر مزرعه ← شبکه لوله‌ای توزیع آب ← تجهیزات سیستم آبیاری قطره‌ای داخل مزرعه.

پمپ‌های بالابرنده آب و پمپ‌های ایجاد فشار نیز در صورت لزوم به سیستم اضافه می‌شوند. به منظور بهره‌برداری، سرویس و نگهداری مناسب از سیستم، تجهیزات مناسبی نظیر؛ شیرهای مختلف، واحدهای کنترل، وسایل فیلتراسیون و صافی‌ها و واحدهای تزریق کودهای مایع، ممکن است به سیستم اضافه گردد.

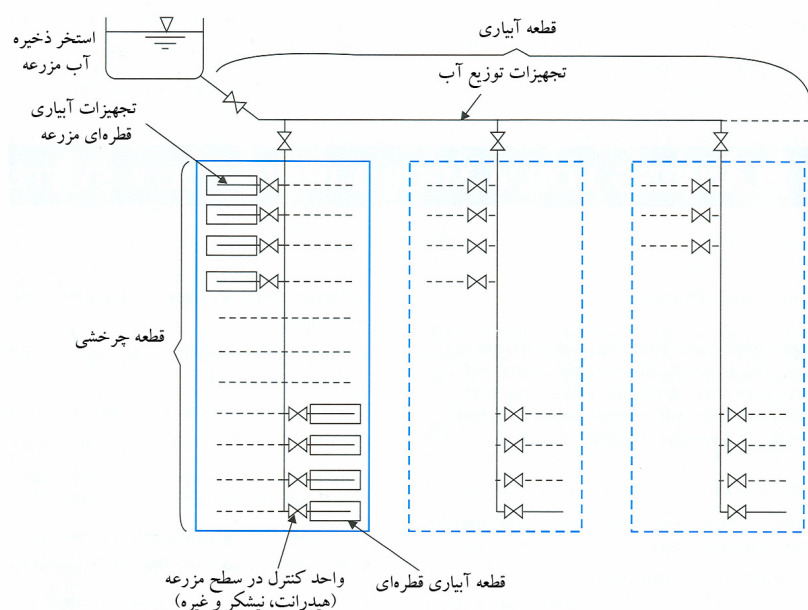
فرآیند طراحی سیستم با تعیین منبع آب و تجهیزات انتقال آب شروع می‌گردد که نیاز به مراحل زیر دارد:

۱. طراحی کانال اصلی و تعیین ظرفیت استخر تنظیم آب،
۲. مطالعه اندازه و تعداد ایستگاه‌های پمپاژ آب مورد نیاز،
۳. تعیین مسیر کانال‌های انتقال آب،
- تجهیزات سیستم آبیاری قطره‌ای داخل مزرعه براساس موارد ذیل طراحی می‌گردند:
۴. بررسی حالت‌های مختلف و ابزار و تجهیزات کمکی (فرعی) از قبیل وسایل تزریق کود،
۵. ارزیابی تجهیزات آبیاری قطره‌ای،
۶. بررسی مسیر شبکه خطوط آبرسان برای تجهیزات سیستم آبیاری قطره‌ای داخل مزرعه،
- به علاوه، به منظور اطمینان از ایمنی و سهولت بهره‌برداری، طراحی سیستم انتقال و توزیع آب و سیستم آبیاری قطره‌ای داخل مزرعه می‌بایستی براساس قوانین هیدرولیکی ساده مطالعه و طراحی شده باشد. این فرایند شامل مراحل زیر است:
۷. مطالعه جابجایی قطعات آبیاری،
۸. انتخاب محل احداث استخر مزرعه،
۹. تعیین آرایش شبکه لوله‌ای توزیع آب و طراحی اندازه لوله‌ها،
۱۰. تعیین تعداد پمپ‌های فشار مورد نیاز،

به هنگام طراحی و ارائه جزئیات کامل طرح برای سیستم‌های آبیاری قطره‌ای، مهم نیست که نقطه شروع طراحی کجا باشد. شروع طراحی می‌تواند از منبع آب یا سیستم انتقال آب، سیستم توزیع آب و یا تجهیزات سیستم آبیاری میکرو داخل مزرعه باشد. به طور کلی می‌توان توصیه کرد که طرح باید با در نظر گرفتن محدود کننده‌ترین فاکتورها، شروع گردد.

۵-۲- قطعات‌های آبیاری قطره‌ای و چرخش آنها

قطعه زمینی که در پایین دست استخر ذخیره آب زیر پوشش سیستم توزیع آب قرار دارد و برای طراحی سیستم توزیع آب در نظر گرفته می‌شود، بلوک یا قطعه آبیاری نامیده می‌شود. قطعه آبیاری مرکب از یک یا چند قطعه چرخشی آبیاری بوده که هرکدام از آنها شامل چند قطعه تحت سیستم آبیاری قطره‌ای داخل مزرعه هستند.



شکل ۵-۱- ساختار قطعه‌بندی تجهیزات سیستم آبیاری در مزرعه

اندازه این قطعات باید یک بار و با در نظر گرفتن تمام شرایط طرح از نظر برنامه‌های زراعی، الگوی کشت، شرایط توپوگرافی، شرایط یکپارچگی مزرعه، توجیه اقتصادی لوازم و تجهیزات و غیره تصمیم‌گیری شود.

تجهیزات آبیاری فقط تجهیزات مزرعه‌ای نیستند، بلکه شامل وسایل هیدرولیکی برای توزیع آب نیز هستند. در شرایط کاربرد آنها برای توزیع آب، یک برنامه‌ریزی جامع برای ارتباط دادن بین منبع آب، سیستم اصلی انتقال آب و سیستم توزیع آب داخل مزرعه و با در نظر گرفتن استخر ذخیره آب مزرعه مورد نیاز است.

سیستم‌های توزیع آب برای قطعات آبیاری باید بگونه‌ای طراحی شده باشند که نه تنها سیستم انتقال و توزیع آب، بلکه تجهیزات آبیاری داخل مزرعه نیز به طور یکنواخت کار نمایند. تمامی تجهیزات باید ضمن لحاظ هزینه‌های ساخت، بهره‌برداری و نگهداری دارای توجیه اقتصادی باشند.

تجهیزات سیستم توزیع آب شامل شبکه خطوط لوله و تجهیزات مناسب هیدرولیکی هستند که هر قطعه آبیاری قطره‌ای را از استخر ذخیره آب تا تجهیزات سیستم آبیاری قطره‌ای داخل مزرعه به یکدیگر متصل می‌نماید. تجهیزات سیستم آبیاری قطره‌ای داخل مزرعه نیز شامل شبکه خطوط لوله‌های آبرسان متشکل از لوله‌های نیمه اصلی/فرعی، لوله‌های آبده و گسیلنده‌های قطره‌ای در قطعات آبیاری قطره‌ای هستند که از هیدرانت‌ها شروع می‌شوند. ساختار قطعات مختلف و تجهیزات مختلف اشاره شده در بالا، در شکل ۵-۱ نشان داده شده است.

عوامل اصلی که به هنگام طراحی سیستم آبیاری میکرو باید مورد توجه قرار گیرند، به طور خلاصه به شرح ذیل می‌باشند:

۱. گیاهان تحت آبیاری، الگوی کشت و اهداف آبیاری
۲. شرایط توپوگرافی، توجیه اقتصادی قطعات آبیاری و فاصله از منبع آب
۳. سیستم نهایی بهره‌برداری آبیاری در مزرعه و ساعات ممکن برای بهره‌برداری
۴. شرایط یکپارچگی اراضی با تأکید بر جاده دسترسی

۵. مالکیت اراضی

۶. سطح توجیه اقتصادی برای تجهیزات سیستم آبیاری

وقتی برای قطعات آبیاری تصمیم‌گیری می‌شود، باید موارد (۱) و (۴) و در مواقعی که قطعات چرخشی مطالعه می‌شوند بایستی موارد (۱) تا (۶) و به هنگام نهایی کردن قطعات آبیاری قطره‌ای باید موارد (۱)، (۳) و (۵) مورد مطالعه قرار گیرند.

۵-۳- ظرفیت سیستم

ظرفیت سیستم اساس طراحی سیستم توزیع آب است و به صورت حداکثر ظرفیت انتقال آب مورد نیاز برای طرح آبیاری تعریف می‌شود. زمانی که آبیاری برای کشت-های فشرده انجام می‌شود، پیشنهاد شده است که قدری افزایش در پیش‌بینی ظرفیت سیستم توزیع آب لحاظ گردد تا تأمین آب در زمان حداکثر مصرف با مشکل مواجه نشود. در این شرایط، باید توجیه اقتصادی طرح به طور کامل انجام شود.

۱- ظرفیت سیستم

عموماً ظرفیت سیستم برای آبیاری تکمیلی را می‌توان مطابق فرمول زیر با این فرض که جابجایی (چرخش) سیستم به طور کامل در طرح انجام خواهد شد، محاسبه کرد.

$$Q = 2.78 (A \times E_2) / (F \times T) \quad (5-1)$$

که در آن؛

Q: ظرفیت سیستم (Lit/sec)،

A: مساحت قطعه مورد آبیاری (ha)،

E₂: آب ناخالص آبیاری (mm)،

F: دور آبیاری طراحی شده (day)،

T: ساعت آبیاری خالص در روز (hr)،

به عبارت دیگر معادله (۲-۵) در شرایطی به کار برده می‌شود که تجهیزات سیستم آبیاری قطره‌ای و مساحت هر قطعه آبیاری قطره‌ای از فاکتورهای محدود کننده باشند. برای مثال در شرایط کشت گلخانه‌ای:

$$Q = 2.78(h \times A_u \times N_a) / (1 - E_m) \quad (2-5)$$

که در آن؛

h: شدت آبیاری (mm/hr)،

A_u : مساحت قطعه آبیاری قطره‌ای (ha)،

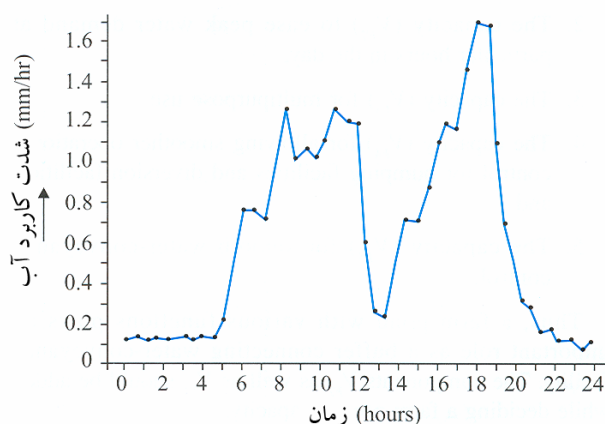
N_a : تعداد قطعات چرخشی در یک قطعه آبیاری یا تعداد قطعات آبیاری قطره‌ای که هم زمان آبیاری می‌شوند (عدد صحیح)،

E_m : نرخ افت در مسیر انتقال (به اعشار)،

۲- درجه آزادی

الف- ضرورت درجه آزادی

پیش‌بینی درجه آزادی در ظرفیت سیستم آبیاری برای زراعت‌هایی با سطوح بزرگ (مانند گیاهان نیشکر، سیب زمینی شیرین و علوفه) که منابع آب آبیاری آنها براساس سیستم چرخشی احداث شده است، ضرورت ندارد. به عبارت دیگر، پیش‌بینی درجه آزادی در ظرفیت تجهیزات توزیع آب در اراضی با وسعت زیاد تحت کشت‌های گلخانه‌ای یا محصولات سبزی صیفی کشت شده در فضای باز (مزرعه‌ای) و یا در اراضی که بعدها احتمالاً تبدیل به کشت‌های گلخانه‌ای خواهند شد، به همراه کاربرد تجهیزات آبیاری ضروری است. دلیل برای این کار آن است که در این گونه کشت‌ها، اغلب منبع آب همزمان و به صورت تجمعی مصرف می‌شوند و لذا لازم است هماهنگی در امر تامین و بهره‌برداری از آب برای جوابگویی به تقاضای آب در ساعات پیک مصرف روزانه، پیش‌بینی شود.



شکل ۵-۲: توزیع ساعات پیک آبیاری (ناحیه M، Esaki و همکاران سپتامبر ۱۹۷۹)

ب- تعریف درجه آزادی

ظرفیت سیستم در یک سیستم چرخشی را می‌توان به وسیله رابطه (۱-۵) محاسبه کرد. به عبارت دیگر، ظرفیت سیستم (Q_f) زمانی که آب برابر با دفعات متعددی (f) در یک سیستم چرخشی برای تامین حداکثر تقاضای نیاز آبی در ساعات خاصی از روز بکار می‌رود را می‌توان از رابطه (۳-۵) محاسبه کرد:

$$Q = 2.78 \times f \times A \times E_2 / F \times T \quad (۳-۵)$$

ظرفیت سیستم که در تعداد محدودی از قطعات سیستم آبیاری قطره‌ای بکار برده می‌شود را می‌توان از رابطه (۲-۵) محاسبه کرد. به عبارت دیگر ظرفیت سیستم (Q_f) زمانی که آب برابر با دفعات آبیاری (f) تعداد هیدرانت‌های باز شده است و با توجه به بلوک‌های آبیاری قطره‌ای (N_a) برای تامین حداکثر آب مورد تقاضا در ساعات خاصی از روز را می‌توان از رابطه (۴-۵) محاسبه کرد.

$$Q_f = 2.78 \times h \times A_u (f \times N_a) / (1 - E_m) \quad (۴-۵)$$

بنابراین، درجه آزادی، هم در رابطه (۳-۵) و هم در رابطه (۴-۵) به روش زیر قابل محاسبه است:

$$f = Q_f / Q \quad (5-5)$$

به عبارت دیگر، درجه آزادی، نشانگر ظرفیت تامین همزمان حداکثر آب مورد نیاز تعداد مشخصی از قطره چکان ها در قطعات سیستم آبیاری قطره‌ای (N_a) است.

ج- نقش و عملکرد استخر مزرعه

اجزای مختلف یک استخر مزرعه و ارتباط بین آنها به شرح زیر هستند:

۱. ظرفیت (V_{F1}) برای تنظیم اختلاف زمانی بین ساعات مورد نیاز برای تغذیه

استخر و خروج آب از خط اصلی انتقال آب برای آبیاری قطعات مورد نظر

۲. ظرفیت (V_{F2}) برای حداکثر نیاز آبی در ساعاتی خاص از روز

۳. ظرفیت (V_{F3}) برای مصرف چند منظوره

۴. ظرفیت (V_{F4}) برای فراهم کردن امکان بهره‌برداری آسان از تجهیزات

ایستگاه پمپاژ و تجهیزات انحراف آب

۵. ظرفیت (V_{F5}) برای کنترل آسان انتقال آب

بنابراین، یک استخر مزرعه با عملکرد چندگانه، نقش مهمی را به عنوان تعدیل کننده

بین تجهیزات تامین و مصرف آب دارا است. ظرفیت (V_{F2}) همانند ظرفیت (V_{F1}) برای

تصمیم‌گیری در خصوص ظرفیت استخر مزرعه باید لحاظ گردد.

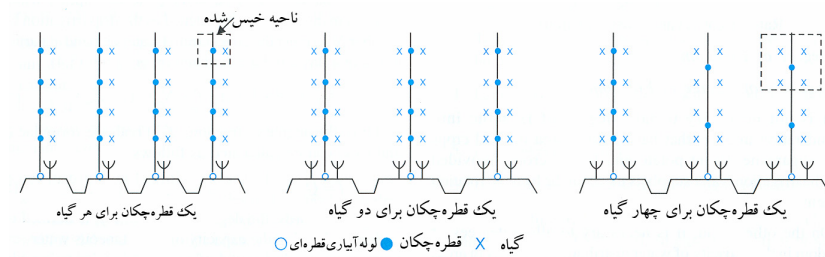
۴-۵- آرایش لوله‌های تامین آب، لوله‌های فرعی و قطره‌چکانها

تعیین آرایش لوله‌های تامین آب، لوله‌های فرعی و قطره‌چکانها نه تنها به فاصله کشت

گیاهان، بلکه به شرایط توپوگرافی مزرعه نیز بستگی دارد.

عموماً فواصل کشت گیاهان براساس میزان عملکرد محصول در واحد سطح و یا ایجاد سهولت در عملیات مزرعه ای تعیین می‌گردد. در سیستم آبیاری قطره‌ای، فواصل کشت با در نظر گرفتن وضعیت قرارگیری لوله‌های فرعی، قطره‌چکانها و غیره، تعیین می‌گردد. علاوه بر موارد ذکر شده قبلی، محل قرارگیری قطره‌چکانها باید به گونه‌ای باشد تا ناحیه رطوبتی ایجاد شده در صورت کشت گیاهان ردیفی نظیر سبزی‌ها و صیفی‌ها به صورت نوار باشد. در حالتی که فواصل زیادی برای گیاهان کشت شده مورد نیاز باشد (همانند باغات میوه و یا کشت هندوانه)، ناحیه رطوبتی ایجاد شده، می‌تواند به صورت دایره‌های جدا و مستقل از هم باشد. در هر دو حالت تا آنجا که امکان داشته باشد، باید تمام گیاهان در ناحیه مرطوب شده کشت شوند. لیکن، چنانچه تعداد لوله‌های آبدی در اثر کم شدن فاصله ردیف‌های کشت افزایش یابد، اثر منفی در توجیه اقتصادی پروژه خواهد داشت. در چنین شرایطی، بعضی از آرایش‌های ویژه کشت نظیر؛ ردیف‌های کشت گروهی یا دو تایی ممکن است مورد نیاز باشند.

نحوه آرایش قطره چکانها در اطراف گیاهان در یک مزرعه، در حالتی که برای هر ردیف کشت یک لوله فرعی پیش‌بینی شده است، در شکل ۵-۳ ترسیم شده است. رابطه بین قطره چکانها و گیاهان کشت شده به صورت $n:1$ داده شده است که در آن n عدد صحیح بوده و نشانگر تعداد گیاهان کشت شده‌ای است که از یک قطره‌چکان آب دریافت می‌کنند. لیکن، در حالتی که در طرح‌های پیشنهادی ایجاد نوار رطوبتی پیش‌بینی شده است، به علت تعیین فاصله قطره چکانها براساس اندازه ناحیه خیس شده، ضرورت ندارد که n عدد صحیح باشد.



شکل ۵-۳: گزینه‌های موجود برای نحوه قرارگیری قطره‌چکانها و گیاهان در سیستم آبیاری قطره‌ای

عموماً لوله‌های انتقال آب و لوله‌های آبدۀ قطره‌ای (لترال‌ها) با توجه شیب موجود در اراضی به شرح زیر قرار می‌گیرند:

۱- مزرعۀ بدون شیب

معمولاً یک قطعه ۳۰۰۰ متر مربعی (با ۱۰۰ متر طول و ۳۰ متر عرض) به عنوان یک مساحت استاندارد برای انجام عملیات یکپارچه‌سازی در نظر گرفته می‌شود. در طراحی هیدرولیکی، امکان دارد لوله‌های آبرسان و لوله‌های فرعی در طول و یا در عرض مزرعۀ بدون شیب استقرار یابند. به همین دلیل، لوله‌های آبرسان در طول جاده‌های دسترسی داخل مزرعۀ و لوله‌های آبدۀ سیستم‌های آبیاری قطره‌ای نیز به صورت عمود نسبت به آنها پیش‌بینی می‌شوند. همچنین، محل نصب تجهیزاتی از قبیل شیرآلات، فیلترها یا دستگاه‌های ترکیب و تزریق کود، می‌توانند در کارآمدی طرح سیستم آبیاری قطره‌ای مؤثر باشند. در این حالت، لوله‌های فرعی آبدۀ سیستم آبیاری قطره‌ای در طول پشته‌های کشت و نیز لوله‌های آبرسان به صورت قائم نسبت به آنها قرار می‌گیرند.

۲- مزرعۀ شیب دار

در یک مزرعۀ با شیب مثبت (نزولی) برای جبران افت اصطکاک جریان آب، لوله‌های فرعی در جهت شیب مزرعۀ و لوله‌های آبرسان نیز به صورت قائم نسبت به آنها

قرار داده می‌شوند. همچنین، در شیب‌های بیشتر، لوله‌های فرعی در طول خطوط تراز و لوله‌های آبرسان نیز به صورت قائم نسبت به آنها قرار داده می‌شوند.

۳- اراضی تراس بندی شده

در مزارع تراس بندی شده، لوله‌های فرعی در طول خطوط تراز قطعات و نیز لوله‌های آبرسان نیز در جهت خطوط ارتباطی قطعات که با اختلاف ارتفاع همراه است، قرار می‌گیرند. در این حالت، اصولاً لوله‌های آبرسان باید در جهت شیب اصلی (نزولی) قرار گیرند. هنگامی که اختلاف فشار در لوله‌های آبرسان به دلیل اختلاف ارتفاع خیلی زیاد موجود به وسیله افت اصطکاک در مسیر جریان قابل جبران نباشد، به منظور تنظیم فشار باید از شیرهای فشار شکن در ورودی هر لوله فرعی استفاده گردد.

۶- طراحی استخر ذخیره آب مزرعه

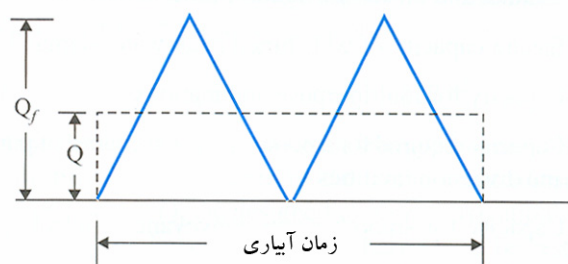
۶-۱- میزان درجه آزادی توزیع آب

موقعی که تأمین آب اساساً برای کشت متراکم گیاهان انجام می‌شود، به منظور مقابله با حداکثر تقاضای آب مورد نیاز باید درجه آزادی کافی در ظرفیت سیستم توزیع آب لحاظ گردد. در این حالت، توجیه اقتصادی سیستم نیز باید مدنظر قرار گیرد.

۶-۱-۱- نیاز به افزایش ظرفیت سیستم

در کشت‌های گلخانه‌ای بزرگ مقیاس و مزرعه‌ای سبزی و صیفی کاری، مطابق شکل ۶-۱ تقاضای حداکثر برای مصرف آب در زمان‌های خاصی از روز اتفاق می‌افتد. ظرفیت سیستم توزیع آب به وسیله معادله (۵-۱) که براساس سیستم چرخشی است و یا براساس معادله (۵-۲) که براساس بهره‌برداری هم زمان از چند قطعه واقع در یک بلوک آبیاری است، تعیین می‌گردد. در چنین شرایطی، ظرفیت سیستم تأمین آب پاسخ‌گوی حداکثر تقاضای آب آبیاری نخواهد بود. بنابراین، بایستی سیستم دارای

ظرفیت اضافی جهت مواجه و انطباق با تغییرات تقاضای آب باشد. این مقدار ظرفیت اضافی، «درجه آزادی» نامیده می‌شود.



شکل ۱-۶: نمودار نشانگر مفهوم درجه آزادی

۶-۱-۲- تعریف میزان درجه آزادی

الف- در سیستم گردش، ظرفیت سیستم توزیع آب (Q) به وسیله معادله (۱-۵) و به شرح ذیل محاسبه می‌شود:

$$Q = 2.78 \times \frac{A \times E_2}{F \times T} \quad (۱-۶)$$

دیگر ظرفیت سیستم (Q_p)، که در آن دبی f دفعه آبیاری به اندازه سیستم چرخشی مورد انتظار در زمان‌های حداکثر تقاضای آب (یا تعداد بلوک‌هایی که هم زمان بهره-برداری می‌شوند) از رابطه زیر بدست می‌آید:

$$Q = 2.78 \times f \times \frac{A \times E_2}{F \times T}$$

ب- اگر تعداد محدودی از بلوک‌های آبیاری در حال بهره‌برداری بوده باشند، ظرفیت سیستم توزیع آب (Q) با تعداد محدودی از بلوک‌های آبیاری در حال بهره‌برداری (N_a) از معادله (۲-۶) به دست می‌آید:

$$Q = 2.78 \times \frac{h \times A_u \times N_a}{(1 - E_m)} \quad (2-6)$$

اگر f دفعه بلوک‌های آبیاری در حال کار باشند (N_a) تا اوج تقاضای آب شکل بگیرد، ظرفیت سیستم (Q_f) خواهد بود.

ج- در هر حالت، میزان درجه آزادی (f) با رابطه زیر بیان می‌شود:

$$f = \frac{Q_f}{Q} \quad (3-6)$$

میزان درجه آزادی (f) به عنوان مقیاسی برای نشان دادن امکان تمرکز مجاز تقاضای آب براساس تعداد قطعات محدود شده‌ی در حال بهره‌برداری (N_a)، تعریف می‌شود.

۳-۱-۶ اندازه درجه آزادی

اندازه درجه آزادی (f) برای کشت‌های گلخانه‌ای معمولاً ۲ است. این مقدار با توجه به این واقعیت است که تأمین آب به مقدار حداکثر دو بار در روز (یک بار صبح و بار دیگر بعد از ظهر) اتفاق می‌افتد. همچنین، آبیاری یا آبیاری در هر روز تقریباً چهار بار تکرار می‌شود. آب مورد نیاز جهت تأمین درجه آزادی (f)، از ظرفیت آزاد سازی سیستم در زمان‌های خاص (V_{F2}) که در قسمت ۲-۶ و معادله (۸-۶) تشریح شده است، به دست می‌آید.

۲-۶ طراحی استخر ذخیره آب مزرعه

هدف از ایجاد یک استخر ذخیره آب در سیستم توزیع آب مزرعه‌ای، هماهنگی بین کانال اصلی بالا دست و تجهیزات آبیاری موجود در مزرعه، افزایش درجه آزادی در

استفاده از آب در مزرعه، ایجاد سهولت در بهره‌برداری از تجهیزات مربوط به کنترل دبی جریان نظیر پمپ‌ها و نیز کاهش تلفات مدیریت آب، است.

اساساً یک استخر ذخیره آب مزرعه‌ای، امکان تنظیم عرضه و تقاضای آب را به منظور آبیاری هر بلوک، فراهم می‌کند. اندازه و آرایش یک استخر ذخیره آب مزرعه-ای طوری باید تعیین شود که از لحاظ شرایط جغرافیایی و اقتصادی دارای عملکرد بهینه باشد.

۶-۲-۱- نقش و عملکرد استخر ذخیره آب مزرعه

معمولاً جریان آب در کانال بالا دست و زمان آبیاری مزرعه‌ای، با هم هماهنگ نیستند. با ذخیره موقتی آب کانال اصلی در استخر ذخیره در مواقعی که آبیاری مزرعه انجام نمی‌شود، ظرفیت کانال اصلی با کم شدن مقدار تلفات آب می‌تواند کاهش یابد و نیز در مدیریت انتقال آب در کانال بالا دست مزرعه، تسهیل ایجاد گردد. اغلب بدین منظور استخر ذخیره آب مزرعه‌ای ساخته می‌شود. علاوه بر این، استخر ذخیره نوسانات موجود در تأمین آب مزرعه را کنترل کرده و باعث تعدیل این نوسانات در دوره‌های کوتاه مدت می‌شود. به همین دلیل، در مواقعی که مدیریت انتقال آب از کانال اصلی بالادست در خلال آبیاری در مزرعه با محدودیت مواجه است، استخر ذخیره آب مزرعه‌ای جبران‌کننده این کمبود است. بنابراین، استخر ذخیره آب مزرعه‌ای درجه آزادی عمل در استفاده از آب در سطح مزارع را افزایش می‌دهد.

کاهش نوسانات منبع تامین آب نیز یک روش مهم جهت کنترل تجهیزات انتقال و توزیع آب (به ویژه در مواقع روشن و خاموش کردن پمپ‌ها) است. وظائف (عملکرد) یک استخر ذخیره آب مزرعه‌ای به طور خلاصه به شرح ذیل است:

۱. تنظیم تاخیر زمانی بین ظرفیت جریان آب کانال اصلی و زمان آبیاری در مزرعه،
۲. ظرفیت سازی برای پاسخگویی در زمان اوج تقاضا،
۳. ایجاد ظرفیت لازم برای استفاده چند منظوره،
۴. ظرفیت‌سازی لازم جهت بهره‌برداری روان از پمپ‌ها و تجهیزات انحراف آب،
۵. ایجاد ظرفیت برای کنترل روان فرآیند انتقال آب،

بنابراین یک استخر ذخیره آب مزرعه‌ای وظائف مختلفی دارد که مربوط به ارتباط بین کانال اصلی و سیستم توزیع آب در مزرعه است. این موضوع در سیستم‌های اتوماتیک و چند منظوره مهم است. بنابراین، طراحی یک استخر ذخیره آب مزرعه‌ای بایستی براساس مطالعات کامل مدل، ظرفیت و شرایط به گونه‌ای انجام شود که پاسخگوی هرکدام از وظائف آن باشد.

۶-۲-۲- ظرفیت استخر ذخیره مزرعه

الف- ظرفیت تنظیم تأخیر زمانی جریان بین کانال اصلی و زمان آبیاری در مزرعه

مدت زمان آبیاری اغلب ۱۶ تا ۲۰ ساعت به طول می‌انجامد. زمان خالص آبیاری از کم کردن زمان لازم جهت جابجایی خطوط لوله و تجهیزات آبیاری متحرک از این زمان، بدست می‌آید. به عبارت دیگر، جریان در کانال اصلی تمام طول روز را شامل می‌شود تا ظرفیت‌سازی و مدیریت سیستم انتقال آب امکان‌پذیر شود. تأخیر زمانی بین کانال اصلی انتقال آب و استفاده از آب در مزرعه به وسیله استخر ذخیره آب

تنظیم می‌شود. حجم مورد نیاز استخر ذخیره آب مزرعه (V_{F1}) بر حسب مترمکعب از روابط بدست می‌آید:

$$V_{F1} = \frac{D}{E_f} \times \frac{10}{24} (24 - T) \times A \quad (۴-۶)$$

که در آن،

D : مصرف روزانه آب طراحی شده بر حسب (mm/day)

E_f : راندمان آبیاری (اعشاری)

T : مدت خالص آبیاری در هر روز طراحی شده برای مصرف روزانه آب (hr)

A : مساحت اراضی تحت پوشش استخر ذخیره آب مزرعه (ha)

زمانی که زمان خالص آبیاری جهت رسیدن به حداکثر عمق آب مصرفی طراحی شده (D_m : mm/day)، برابر با T_m (hr) باشد و در صورتی که از تجهیزات آبیاری مشابه در مزرعه استفاده شده باشد، رابطه زمان خالص آبیاری (T) برای آب مصرفی روزانه طراحی شده در مزرعه (D) به صورت زیر است:

$$D = \frac{D_m}{T_m} \times T \quad (۵-۶)$$

با حذف D از معادلات (۴-۶) و (۵-۶)، معادله درجه دوم بر اساس زمان (T)، به صورت زیر بدست می‌آید:

$$V_{F1} = \frac{D_m}{E_f \times T_m} \times \frac{10}{24} \times (24T - T^2) \times A$$

از معادله فوق، حداکثر مقدار V_{F1} برای زمانی که $T = 12$ hr است، به شرح ذیل بدست می‌آید:

$$V_{F1} = \frac{60}{E_f} \times \left(\frac{D_m}{T_m} \right) \times A \quad (6-6)$$

اگر زمان آبیاری با کمترین مصرف روزانه طراحی شده در محدوده ۱۲ ساعت نباشد، از معادله (۶-۴) باید استفاده کرد. در این حالت، D و T مقادیری متناسب با حداقل آب مصرفی روزانه خواهند بود. اگر حد پائین دبی جریان (m^3/sec) در خطوط لوله آبرسان به استخر ذخیره از طرف پمپ دچار محدودیت شود، تمهیدات لازم باید در این خصوص، بکار گرفته شوند.

ب- ظرفیت‌سازی برای حداکثر تقاضای آب

به منظور افزایش ضریب اطمینان در سیستم توزیع آب، باید استخر ذخیره آب مزرعه باید تجهیز شده و ظرفیت کافی را داشته باشد. معمولاً حداکثر تقاضای آب در گلخانه‌ها دو بار در روز (مثلاً یک بار در صبح و بار دیگر بعد از ظهر همان روز) اتفاق می‌افتد. اگر دو زمان مربوط به حداکثر تقاضای آب در دو مثلث (با فرض درجه آزادی $f=2$) اتفاق بیافتد، حجم (V_{F1}) مورد نیاز برای کاهش تمرکز محدود حداکثر آب مورد نیاز زمانی به شرح ذیل می‌تواند محاسبه گردد:

ب-۱- ذخیره آب در هر زمان داده شده

تغییر در مقدار آب ذخیره شده در یک استخر ذخیره متناسب با الگوی تقاضای آب (به شکل ۶-۲-الف مراجعه شود) و با ذخیره آب (V) در زمان داده شده، به صورت زیر بیان می‌شود:

$$V = Q_{in} \times t \quad \text{با } 0 \leq t \leq t_1$$

$$V = Q_{in} \times t - \int_{t_1}^t \frac{2f^2 - Q_0}{T} \times (t - t_1) dt \quad \text{با } t_2 < t \leq t_3$$

$$V = Q_{in} \times t - \frac{T}{4} \times Q_0 + \int_{t_2}^t \frac{2f^2 \times Q_0}{T} \times (t - t_3) dt \quad \text{با } t_2 < t \leq t_3$$

$$V = Q_{in} \times t - \frac{T}{2} \times Q_0 \quad \text{با } t_3 < t \leq t_4$$

$$V = Q_{in} \times t - \frac{T}{2} \times Q_0 + \int_{t_4}^t \frac{2f^2 \times Q_0}{T} \times (t - t_4) dt \quad \text{با } t_4 < t \leq t_5$$

$$V = Q_{in} \times t - \frac{3}{4} \times T \times Q_0 + \int_{t_5}^t \frac{2f^2 \times Q_0}{T} \times (t - t_6) dt \quad \text{با } t_5 < t \leq t_6$$

که در آنها Q_0 عبارت است از مقدار آب مصرفی (m^3/hr) در واحد زمان با درجه آزادی ($f=1$) که به وسیله معادله زیر بیان می‌شود:

$$Q = \frac{10 \times D_m \times A}{T_m \times E_f}$$

Q_{in} نیز عبارت است از دبی جریان ورودی به یک استخر مزرعه (m^3/hr) که در ۲۴ ساعت انتقال آب به صورت زیر بیان می‌شود.

$$Q_{in} = \frac{T}{24} \times Q_0$$

ب-۲- ظرفیت استخر مزرعه با زمانهای t_A و t_B و t_C و t_D که هم ظرفیت استخر مزرعه در حداکثر و حداقل تقاضای آب (V_{F1+F2}) و هم منحنی آب ذخیره شده با درجه آزادی که به آن اضافه گردیده، عبارتند از:

$$V_A = \frac{T}{48} \times (48 - T) \times Q_n - \left[\frac{T^2}{24 \times f} \right] \times Q_0 + \left[\frac{T^3}{48^2 \times f^2} \right] \times Q_0$$

$$V_B = \frac{T}{48} \times (24 - T) \times Q_0 - \left[\frac{T^3}{48^2 \times f^2} \right] \times Q_0$$

$$V_C = \left[\frac{T}{2} \right] \times Q_0 - \left[\frac{T^2}{24 \times f} \right] \times Q_0 + \left[\frac{T^3}{48^2 \times f^2} \right] \times Q_0$$

$$V_D = \left[\frac{T^3}{48^2 \times f^2} \right] \times Q_0$$

از معادلات بالا، $V_A > V_C$ و $V_B > V_D$ را می‌توان استنتاج کرد. بنابراین، ظرفیت استخر مزرعه (V_{F1+F2}) بر حسب مترمکعب بر اساس زمان خالص آبیاری (T hr) تغییر می‌کند. زمان آبیاری که در آن ظرفیت استخر ذخیره آب طراحی شده حداکثر است، از رابطه ذیل به دست می‌آید:

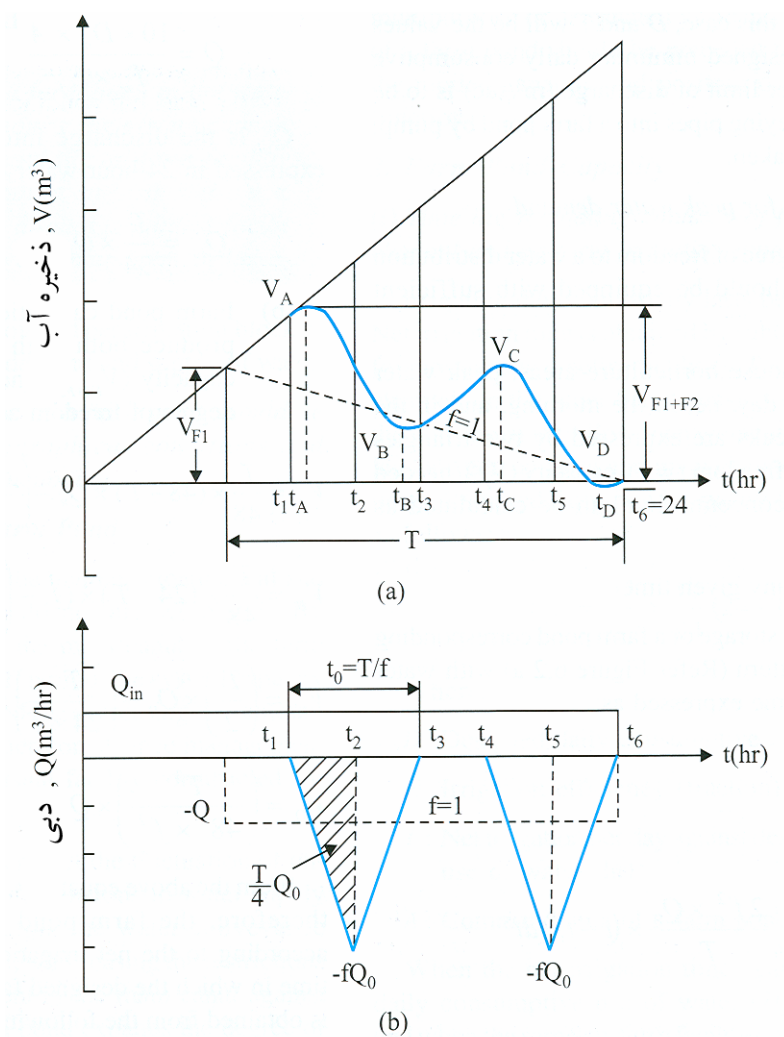
$$V_{F1+F2} = V_A - V_D = \frac{T}{48} \times (48 - T) \times Q_0 - \left[\frac{T^2}{24 \times f} \right] \times Q_0 + \left[\frac{2 \times T^3}{48 \times f^2} \right] \times Q_0 \quad (7-6)$$

زمان آبیاری در موقعی که ظرفیت مخزن طراحی شده حداکثر می‌شود، از رابطه زیر به دست می‌آید:

$$T = 8 f^2 + 16 f - \sqrt{64 f^2 + 256 f^3 - 128 f^2}$$

اگر مدت زمان آبیاری خالص با حداقل مصرف آب طراحی شده روزانه طرح در محدوده محاسبه شده نباشد (T)، از کمترین زمان آبیاری طراحی شده، استفاده می‌-

شود. وقتی که محدودیت دبی جریان به خاطر پمپاژ آب به یک استخر وجود داشته باشد، بایستی تمهیدات ویژه‌ای در نظر گرفته شود.



شکل ۶-۲: الگوی تقاضای آب و تغییرات در ذخیره آب

ب-۳- ظرفیت افزایش یافته استخر مزرعه با درجه آزادی اضافه شده (V_{F2}) و یا ظرفیت ضروری به منظور افزایش زمان تمرکز (V_{F2} بر حسب مترمکعب) از رابطه ذیل به دست می‌آید:

$$VF_2 = V_{F1+F2} - V_{F1} \quad (۸-۶)$$

V_{F1} نیز از رابطه (۶-۴) و یا (۶-۶) به دست می‌آید. معمولاً الگوی تقاضای آب نسبت به زمان تمرکز با یک مثلث نشان داده می‌شود. همچنین، در موقعی که زمان آبیاری به علت محدودیت سطح استخر مزرعه، سیستم‌های کشت و یا سطح اتوماسیون، متمرکز است، این الگو ممکن است به شکل دوزنقه و یا مربع باشد. الگوی در نظر گرفته شده بایستی متناسب با امکانات و اثرات آن باشد.

ج- ظرفیت برای استفاده چند منظوره

ظرفیت مورد نیاز (V_{F2} بر حسب مترمکعب) برای یک دوره ثابتی که در آن تقاضای آب جهت جلوگیری از صدمات یخ بندان و شوری افزایش می‌یابد، بر اساس تعداد، مشخص محاسبه می‌شود.

د- ظرفیت لازم جهت بهره‌برداری مناسب از پمپ‌ها و تجهیزات انحراف آب

به منظور پمپاژ آب از کانال اصلی پس از تعیین سطح آب در استخر ذخیره مزرعه و کنترل تجهیزات انحراف آب، داشتن ظرفیت (V_{F4} بر حسب مترمکعب) برای ایجاد سهولت در بهره‌برداری و کنترل (روشن و خاموش کردن) سیستم، ضروری است. به دلایل حفاظتی، این ظرفیت براساس حد پائین سطح آب در استخر ذخیره محدود می‌گردد.

$$V_{F4} = Q_p \times T_0 \quad (9-6)$$

$$V_{F4} \geq 0.2 \times h \times A_0 \quad (10-6)$$

V_{F4} باید در معادلات (۹-۶) و (۱۰-۶) صادق باشد. همچنین، در معادلات فوق؛

Q_p : ظرفیت پمپاژ (m^3/min)

T_0 : مدت زمان عدم کارکرد پمپ (۲۰ دقیقه یا بیشتر به دقیقه)

A_0 : ابعاد استخر مزرعه (m^3)

h : نوسان مجاز سطح آب در استخر که براساس کارکرد یک شناور، منجر به روشن و خاموش شدن پمپ می‌شود و مقدار آن بایستی ۲۰ سانتی‌متر یا بیشتر باشد.

همچنین، بایستی امکان تعدیل فشار با باز کردن شیرهای تخلیه هوا در انتهای هر یک از لوله‌های آبیاری قطره‌ای وجود داشته باشد.

م- ظرفیت لازم برای کنترل روان انتقال آب

در کانال‌های اصلی در مقیاس بزرگ (کانال روباز) تأخیر زمانی ناشی از رژیم هیدرولوژیکی مابین نقطه ورودی و نقطه تقسیم آب، باعث ناکارایی در انتقال آب و نیاز به مدیریت بیشتر در موقع کاهش ظرفیت بهره‌برداری و کاهش تقاضا در موقع افزایش ظرفیت بهره‌برداری می‌شود. به منظور کنترل روان آب در سیستم، یک استخر ذخیره مزرعه‌ای بایستی دارای ظرفیت V_{F5} (به متر مکعب) به شرح ذیل باشد:

$$V_{FS} = \Delta Q \times t \quad (11-6)$$

که در آن؛

ΔQ : تغییرات دبی (تغییرات ناشی از حداکثر اختلاف بین تغییرات فصلی نیاز آبی روزانه طراحی شده) جریان ناشی از نوسانات مصرف روزانه طراحی شده (m^3/sec)

t: تأخیر زمانی در رژیم هیدرولوژیکی (sec)

زمان واکنش (t) در یک کانال رو باز با شکل هندسی مستطیلی را می‌تواند به شرح ذیل محاسبه کرد:

• اطلاعات از شرایط جریان ماندگار اولیه و طبقه بندی شرایط رسیدن به آن

زمان رسیدن سرعت موج (sec, T_h)

زمان تغییر در ذخیره کانال (sec, T_e)

$$T_h = l / (\bar{V}_b + \sqrt{g \times \bar{h}_b}) \quad \text{زمان تغییر در ذخیره کانال } (\text{sec}, T_e)$$

$$T_h = \Delta V / \Delta Q$$

که در آن؛

l: طول کانال (m)

g: شتاب ثقل ($8/9 \text{ m/sec}$)

$\bar{V}_b$: سرعت متوسط اولیه (m/sec)

$\bar{h}_b$: عمق آب متوسط اولیه (m)

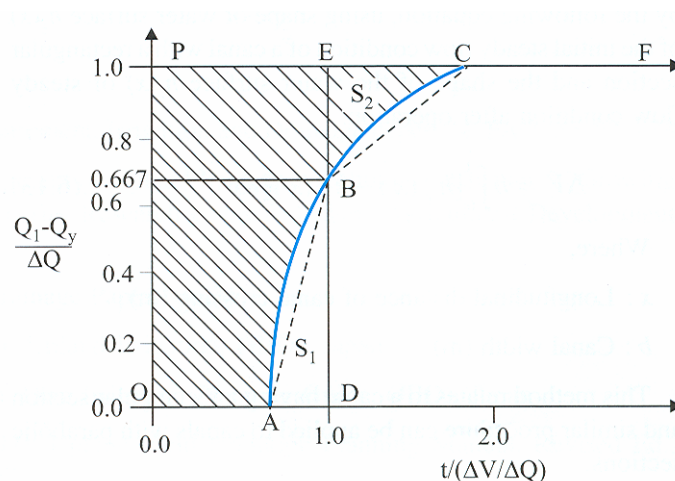
ΔV : تغییرات در ذخیره کانال (m^3)

• برای $T_h > T_e$

با تأثیر بیشتر برگشت آب و حجم کم $V\Delta$ ، شرایط رسیدن آب در T_h تماماً تغییر می‌کند، آنگاه: τT_h (ثانیه).

• برای $T_h < T_s$

یک منحنی بدون بعد مانند آنچه که در شکل زیر نشان داده شده است، به دست می‌آید:



شکل ۶-۳: رژیم هیدرولیکی جریان در کاتال انتقال آب

مختصات نقطه A عبارتست از $(T_h / T_e, 0)$. اگر طول نقطه B برابر مختصات $t/(\Delta V/\Delta Q)=1$ باشد، عرض آن برابر 0.667 است (ثابت تجربی). بنابراین مختصات نقطه B (667/0) 1 است.

چنانچه قسمت هاشور خورده شکل (۳-۶) که نشان دهنده تغییرات در ذخیره است و قسمت افقی محور در نقطه C با مشخصات $[t / \Delta V / \Delta Q]_c$ ، مساحت‌های $ABD\Delta$ و $BEC\Delta$ را بسازند (S_1 و S_2):

$$[t / \Delta V / \Delta Q]_c = 3.0 - [2.0 \frac{T_h}{T_e}] = (3.0 - 2.0) \times \frac{(\frac{1}{\bar{V}_b + \sqrt{g \times \bar{h}_b}})}{(\frac{\Delta V}{\Delta Q})}$$

بنابراین، مختصات نقطه C عبارت است از:

$$\left[(3.0 - 2.0) \times \frac{(\frac{1}{\bar{V}_b + \sqrt{g \times \bar{h}_b}})}{(\frac{\Delta V}{\Delta Q})}, 1.0 \right]$$

همان طوری که در شکل ملاحظه می‌شود، مقدار بی بعد V_{FS} به صورت ناحیه هاشور خورده نشان داده شده است. با $S_2 = S_1$ ، مقدار بی بعد V_{FS} می‌تواند به صورت مستطیل ODEP باشد. موقعی که V_{FS} به صورت معادله (۶-۱۱) داده شده باشد، τ (بر حسب ثانیه) برابر است با:

$$\tau = \frac{\Delta V}{\Delta Q} \quad (۶-۱۲)$$

موقعی که شیب کانال بیشتر از یک به سه هزار باشد ($3000/1$)، $V\Delta$ با استفاده از رابطه زیر و براساس ارتفاع سطح آب (h_b) در شرایط جریان ماندگار اولیه در کانالی با شکل هندسی مستطیلی و ارتفاع سطح آب شرایط جریان ماندگار کانال h_e (x) بعد از بهره‌برداری، از رابطه زیر به دست می‌آید:

$$\Delta V = b \int_0^1 [h_e(x) - h_b(x)] dx \quad (۱۳-۶)$$

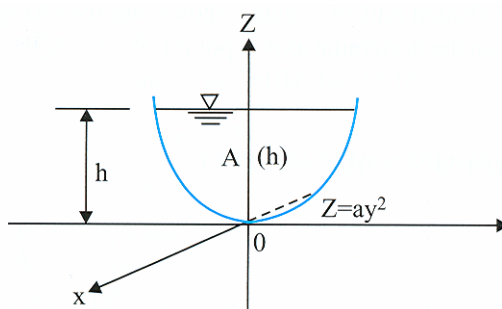
که در آن؛

x: فاصله طولی از مقطع کانال به متر

b: عرض کانال به متر

این روش برای کانال‌های دارای شکل هندسی مستطیلی است و روش مشابهی می‌تواند برای کانالی با مقطع سهمی شکل به کار برده شود. سطح مقطع عرضی جریان

در کانال سهمی شکل با معادله $Z = ay^2$ در شکل زیر نشان داده شده است. $A(h) = \frac{4h^{3/2}}{3\sqrt{a}}$



شکل ۶-۴: سطح مقطع عرضی جریان در یک کانال سهمی شکل

$$\Delta V = \frac{4}{3\sqrt{a}} \int_0^1 \{ [(h_e(x))^{3/2} - [h_b(x)]^{3/2}] \} dx$$

که در آن؛ $h_b(x)$ و $h_e(x)$ عبارتند از ارتفاع سطح آب به ترتیب در شرایط جریان ماندگار اولیه و جریان ماندگار بعد از بهره‌برداری.

۳- محل استقرار استخر مزرعه

یک استخر ذخیره آب مزرعه بایستی با درنظر گرفتن ملاحظات ذیل مکان‌یابی شود:

الف- حوضچه مزرعه بایستی نزدیک قطعه آبیاری باشد تا اطمینان لازم از فشار مورد نیاز از طریق جریان ثقلی فراهم آید.

ب- بهره برداری و نگهداری آسان از آن امکان پذیر و هزینه‌های جاری آن پائین باشد.

ج- دارای سیستم راهبری مناسب و شرایط نگهداری آسان و اقتصادی با استفاده از روش تانک توزیع آب باشد (ساخت استخر مزرعه در نقاط مرتفع همیشه مناسب نمی‌باشد).

د- از استخرهای ذخیره آب مزرعه‌ای موجود استفاده مؤثر بشود.

و- قبل از ساخت استخر مزرعه، مطالعات اولیه با توجه به ملاحظات جغرافیایی انجام شود.

ی- یک مکان مناسب به منظور زهکشی آب‌های مازاد و مقابله با مسائل اضطراری، پیش‌بینی گردد.

بعضی مواقع شرایط اقتصادی و جغرافیایی موجود در یک منطقه اجازه ساخت استخر ذخیره آب مزرعه خوب را نمی‌دهند. بهبود مکانیزم کنترل تخلیه کانال‌های اصلی و فرعی می‌تواند شرایط کارکرد یک استخر مزرعه را کامل کند. معمولاً تسهیل در عملیات آبیاری اغلب همراه با استفاده مطلوب از آب نیست و این موضوع با گذشت زمان تغییر می‌کند. استخر ذخیره آب مزرعه به عنوان ابزار محافظتی و ایمنی طراحی و ساخته می‌شود و بنابراین، نبایستی حذف شود، مگر به دلایل ویژه‌ای که باید برای این کار وجود داشته باشد. اگر استخر ذخیره مزرعه احداث نشود، در این صورت بایستی اقدامات ویژه‌ای از نظر فراهم کردن ایمنی به جهت تامین مطمئن آب مزرعه انجام شود.

۷- منابع مورد استفاده:

Doorenbos J. and W.O. Pruitt (1975): Crop Water Requirement, Irrigation and Drainage paper, 24, FAO, pp. 57 – 83.

FAO (1997): Crop Water Requirement, Irrigation and Drainage Paper No. 24.

Goto Yasushi (1983): Upland Field and Water – Development of Upland Irrigation Techniques, Chapter 3 “Growing circumstances for crops”, Agricultural, Forestry and Fisheries Research Council, Upland Agricultural Development Association. pp. 112 – 120

Japanese Institute of Irrigation and Drainage (1990): Upland Irrigation, (JIID), Japan.

Japanese Institute of Irrigation and Drainage (1990): Drip Irrigation Planning Guide, (JIID), Japan.

Ministry of Agriculture, Forestry and Fisheries (1997): Upland Field Irrigation Planning Manual, Revised Ed., (MAFF), Japan.

Ministry of Agriculture, Forestry and Fisheries (1994): Micro-irrigation Guidelines, (MAFF), Japan.

Ministry of Agriculture, Forestry and Fisheries (1987): Drip Irrigation Guidelines, (MAFF), Japan.

Ministry of Agriculture, Forestry and Fisheries (1982): Upland Field Irrigation Planning Manual, (MAFF), Japan.

Nir D. (1982): Drip Irrigation - in Handbook of Irrigation Technology, volume 1, editor Herman, J.F. CRC Press. Florida. pp. 247 – 298.

لیست انتشارات کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران

شماره	نام کتاب
۱	فرهنگ فنی آبیاری و زهکشی
۲	تحلیلی بر رانده‌مان‌های آبیاری
۳	سالنامه سال ۱۳۷۳
۴	سالنامه سال ۱۳۷۴
۵	دستورالعمل‌های کم آبیاری
۶	مجموعه مقالات ششمین سمینار کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران
۷	مجموعه مقالات هفتمین سمینار کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران
۸	مجموعه مقالات هشتمین سمینار کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران
۹	ارزیابی عملکرد سیستم‌های آبیاری و زهکشی و عوامل مؤثر در آن
۱۰	آبیاری موجی
۱۱	آشنایی با آبیاری کابلی
۱۲	مدیریت محلی سیستم‌های آبیاری و زهکشی
۱۳	راهنمای ارزیابی اثرات زیست محیطی طرح‌های آبیاری و زهکشی
۱۴	مجموعه مقالات اولین کارگاه فنی ارزیابی عملکرد سیستم‌های آبیاری و زهکشی
۱۵	راهنمای احداث زهکش‌های زیرزمینی
۱۶	معرفی جهات نظری و کاربردی روش پنمن - مانتیس
۱۷	Water and Irrigation Techincs in Ancient IRAN
۱۸	تلاش ایرانیان در تأمین و مدیریت توزیع آب
۱۹	تحلیلی بر ارزیابی اثرات زیست محیطی طرح‌های آبیاری و زهکشی
۲۰	تجارب جهانی مشارکت کشاورزان در مدیریت آبیاری
۲۱	مجموعه مقالات نهمین همایش کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران
۲۲	مفاهیم زهکشی و شوری آب و خاک
۲۳	مجموعه مقالات کارگاه مسائل و مشکلات اجرای شبکه‌های زهکشی

شماره	نام کتاب
۲۴	معیارهای انتخاب سیستم‌های آبیاری
۲۵	فن سنجش از دور در آبیاری و زهکشی
۲۶	استفاده از آب‌های شور و لب شور برای آبیاری
۲۷	مجموعه مقالات همایش مشارکت کشاورزان در مدیریت شبکه‌های آبیاری
۲۸	مجموعه مقالات همایش جنبه‌های زیست محیطی استفاده از پساب‌ها در آبیاری
۲۹	فرهنگ آب و آبیاری سنتی
۳۰	مجموعه مقالات دومین کارگاه فنی ارزیابی عملکرد سیستم‌های آبیاری و زهکشی
۳۱	چاره آب در تاریخ فارس
۳۲	مجموعه مقالات کارگاه آموزشی مدیریت استفاده از آب‌های شور
۳۳	جنبه‌های مالی مدیریت آب
۳۴	عرضه و تقاضای آب در جهان از سال ۱۹۹۰ تا ۲۰۲۵ «سناریوها و مسائل»
۳۵	تدارک برای انجام پروژه‌های کوچک آبیاری
۳۶	خلاصه مقالات کارگاه فنی - آموزشی کم آبیاری
۳۷	مجموعه مقالات کارگاه فنی - آموزشی آبیاری میکرو
۳۸	مجموعه مقالات دهمین همایش کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران
۳۹	مجموعه کارگاه فنی ساخت کانال‌های آبیاری، محدودیت‌ها و راه حل‌ها
۴۰	راهنمای روش‌های غیرسازه‌ای مدیریت سیلاب
۴۱	مجموعه مقالات کارگاه فنی روش‌های غیرسازه‌ای مدیریت سیلاب
۴۲	مجموعه مقالات دومین کارگاه فنی زهکشی
۴۳	مدیریت کیفیت زه‌آب‌های کشاورزی
۴۴	نرم‌افزارهای مرتبط با آبیاری و زهکشی (جلد اول)
۴۵	انسان و آب
۴۶	چاره آب در تاریخ فارس (جلد دوم)
۴۷	استفاده از فاضلاب‌های تصفیه شده در کشاورزی

شماره	نام کتاب
۴۸	CD کتاب‌ها و نشریات مؤسسات بین‌المللی
۴۹	راهنمای مقابله با خشکسالی
۵۰	مجموعه مقالات کارگاه آموزشی کاربرد اینترنت در آبیاری
۵۱	مجموع مقالات همایش تاریخ آب و آبیاری کشور
۵۲	سومین کارگاه فنی ارزیابی عملکرد سیستم‌های آبیاری و زهکشی
۵۳	مجموعه مقالات همایش اثرات زیست محیطی پساب‌های کشاورزی بر آب‌های سطحی و زیرزمینی
۵۴	لوح فشرده فرهنگ فنی آبیاری و زهکشی (انگلیسی - فرانسه)
۵۵	رهنمودهای انتقال مدیریت خدمات آبیاری
۵۶	راهنمای پایش و ارزشیابی انتقال مدیریت آبیاری
۵۷	زهکشی؛ کمیت و کیفیت جریان برگشتی
۵۸	واکنش گیاهان به شوری
۵۹	نگرشی بر مسائل و مشکلات مطالعات و اجرای زهکشی زیرزمینی در ایران
۶۰	برنامه‌ریزی مدیریت بهره‌برداری و نگهداری از شبکه‌های آبیاری و زهکشی
۶۱	بررسی و مقایسه تطبیقی روش پنمن - مانتیس با روش‌های فائو ۲۴ در ایران
۶۲	لوح فشرده نرم‌افزارهای مرتبط با آبیاری و زهکشی (نسخه شماره ۲)
۶۳	مدیریت آب در کشاورزی؛ پیامدهای اقتصادی - اجتماعی
۶۴	قیمت‌گذاری آب آبیاری: بررسی ادبیات موضوع
۶۵	دانشنامه مشاهیر فنون آب و آبیاری و سازه‌های آبی
۶۶	لوح فشرده مجموعه مقالات کنفرانس‌های بین‌المللی
۶۷	مجموعه مقالات کارگاه تخصصی مدیریت بهره‌برداری و نگهداری از شبکه‌های آبیاری و زهکشی
۶۸	استاندارد ادوات و تجهیزات آبیاری تحت فشار
۶۹	استفاده از آب‌های شور در کشاورزی پایدار

شماره	نام کتاب
۷۰	نظریه‌ها و مدل‌های زهکشی
۷۱	مدیریت نوین آبیاری و تأثیر آن بر عملکرد شبکه‌های آبیاری
۷۲	آبیاری در مقیاس کوچک برای مناطق خشک، اصول و روش‌ها
۷۳	نگرشی بر روند توسعه و چشم‌انداز آبیاری تحت فشار در ایران
۷۴	مهار آلودگی آب ناشی از فعالیت‌های کشاورزی
۷۵	استفاده از لوله‌های کم فشار در آبیاری سطحی
۷۶	مدیریت آب آبیاری در مزرعه
۷۷	ارزیابی عملکرد سیستم‌های آبیاری تحت فشار بر مبنای تقاضا
۷۸	تاریخ آب و آبیاری استان کرمان
۷۹	لوح فشرده مجموعه مقالات کارگاه بین‌المللی راهکارهای مدیریت خشکسالی
۸۰	دانشنامه مشاهیر فنون آب و آبیاری و سازه‌های آبی (جلد دوم)
۸۱	مواد و مصالح سامانه‌های زهکشی زیرزمینی
۸۲	بهره‌وری آب کشاورزی
۸۳	مجموعه مقالات یازدهمین همایش کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران
۸۴	نگرشی بر مسائل، مشکلات و تجربه‌های ساخت کانال‌های آبیاری در ایران
۸۵	انتخاب روش‌های آبیاری در کشاورزی
۸۶	ارزیابی شوری خاک
۸۷	لوح فشرده کتاب‌ها و نشریات مؤسسات بین‌المللی (جلد سوم)
۸۸	مدیریت آبیاری در سامانه‌های روباز آبیاری
۸۹	مجموعه مقالات سومین کارگاه فنی زهکشی
۹۰	راهنمای ارزیابی مقایسه‌ای و کاربرد آن در شبکه‌های آبیاری و زهکشی
۹۱	مجموعه مقالات چهارمین کارگاه فنی ارزیابی عملکرد سیستم‌های آبیاری
۹۲	مجموعه مقالات کاربرد سامانه‌های اطلاعات جغرافیایی و سنجش از دور در آبیاری و زهکشی

شماره	نام کتاب
۹۳	مجموعه مقالات کارگاه سیستم زهکشی زیر پوشش کانال‌ها
۹۴	نظام آبیاری سستی در نائین
۹۵	نرم‌افزارهای مرتبط با آبیاری و زهکشی (جلد سوم)
۹۶	فرآیند ارزیابی سریع و کاربرد آن در شبکه‌های آبیاری و زهکشی
۹۷	مجموعه مقالات کارگاه فنی آبیاری بارانی «توانمندی‌ها و چالش‌ها»
۹۸	مجموعه مقالات کارگاه فنی آبیاری سطحی مکانیزه
۹۹	مجموعه مقالات کارگاه آموزشی مدلسازی در آبیاری و زهکشی
۱۰۰	اصول و کاربرد کم آبیاری
۱۰۱	مجموعه مقالات چهارمین کارگاه فنی مشارکت کشاورزان در مدیریت شبکه‌های آبیاری و زهکشی
۱۰۲	پیش‌بینی و هشدار سیل
۱۰۳	راهنمای عملی ارزیابی عملکرد آبیاری و زهکشی
۱۰۴	مروری بر استانداردها و تجارب استفاده از پساب‌ها برای آبیاری
۱۰۵	مجموعه مقالات کارگاه فنی همزیستی با سیلاب
۱۰۶	کاربرد ژئوسنتتیک در آبیاری و زهکشی
۱۰۷	مجموعه مقالات چهارمین کارگاه فنی زهکشی
۱۰۸	مجموعه مقالات دومین کارگاه فنی خرد آبیاری «توسعه و چشم‌انداز»
۱۰۹	مجموعه مقالات کارگاه فنی مدیریت، بهره‌برداری و نگهداری شبکه‌های آبیاری و زهکشی
۱۱۰	انتقال مدیریت آبیاری (مبانی و روش‌شناسی)
۱۱۱	کارآیی مصرف آب در کشت گلخانه‌ای
۱۱۲	راهنمای روش مشارکت‌مدار برای تشخیص سریع مسایل و طرح‌ریزی عملیات در سامانه‌های آبیاری
۱۱۳	مدیریت، بهره‌برداری و نگهداری شبکه‌های آبیاری و زهکشی

شماره	نام کتاب
۱۱۴	Proceedings of the 4 th Asian Regional Conference and 10 th International Seminar on Participator Irrigation Management
۱۱۵	Proceedings of the International History Seminar on Irrigation and Drainage
۱۱۶	Water and Irrigation Techniques in Ancient Iran
۱۱۷	مجموعه مقالات اولین کارگاه فنی خودکارسازی سامانه‌های آبیاری تحت فشار
۱۱۸	مدیریت زهاب کشاورزی در مناطق خشک و نیمه خشک
۱۱۹	خرد آبیاری در مناطق خشک و نیمه خشک راهنمای برنامه و طرح (در حال چاپ)
۱۲۰	زهکشی زیرزمینی؛ برنامه‌ریزی، اجرا و بهره‌برداری
۱۲۱	نگرشی بر روش‌های خودکار کردن سامانه‌های آبیاری تحت فشار
۱۲۲	تبخیر و تعرق گیاهان (دستورالعمل محاسبه آب مورد نیاز گیاهان) (در حال چاپ)
۱۲۳	مجموعه مقالات اولین کارگاه فنی ارتقای کارایی مصرف آب با کشت محصولات گلخانه‌ای
۱۲۴	کارگاه فنی اثرات تغییر اقلیم در مدیریت منابع آب
۱۲۵	راهنمای عملیات نگهداری سامانه‌های آبیاری (در حال چاپ)
۱۲۶	راهنمای برنامه‌ریزی رهیافت‌های سازه‌ای مدیریت سیلاب (در حال چاپ)
۱۲۷	کارگاه آشنایی با راهبردهای مهندسی در آبیاری و زهکشی
۱۲۸	مجموعه مقالات سمینار علمی طرح ملی آبیاری تحت فشار و توسعه پایدار
۱۲۹	مجموعه مقالات دومین سمینار راهکارهای بهبود و اصلاح سامانه‌های آبیاری سطحی
۱۳۰	مجموعه مقالات پنجمین کارگاه فنی زهکشی و محیط زیست
۱۳۱	انتقال مدیریت آبیاری: تلاش‌های جهانی و نتایج
۱۳۲	مجموعه مقالات پنجمین کارگاه فنی مشارکت آب‌بران در شبکه‌های آبیاری و زهکشی
۱۳۳	پوشش‌های زهکشی
۱۳۴	مقدمه‌ای بر آب مجازی
۱۳۵	طراحی آبیاری قطره‌ای در مناطق مرطوب

Planning and Designing of Micro-Irrigation in Humid Regions

Masaharu Kurda

**Prof. of Kyushu-Kyortsu University, Japan
Member, Working Group on On-farm Irrigation Systems
(WG-ON-FRM)**



ICID•CIID

**INTERNATIONAL COMMISSION ON IRRIGATION
AND DRAINAGE (ICID)**

Planning and Designing of Micro-Irrigation in Humid Regions

Working Group on On-farm
Iranian National Committee on
Irrigation and Drainage (IRNCID)

Translated By:

Ghasem zarei

Ali Gorji

Edited By:

Hossein Dehghanisani

Planning and Designing of Micro-Irrigation in Humid Regions



ICID.CIID

International Commission on
Irrigation and Drainage (ICID)

Iranian National Committee on
Irrigation and Drainage (IRNCID)



شابک: ۹۷۸-۹۶۴-۶۶۶۸-۷۸-۲

ISBN: 978-964-6668-78-2

Publication Issue: 135

2009